UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

Scienze Agrarie, Alimentari, Forestali e Ambientali

DIPARTIMENTO SCIENZE AGRARIE, ALIMENTARI E FORESTALI

SSD AGR/03

DINAMICHE DI CRESCITA E QUALITÀ DEI FRUTTI DI MANGO (*MANGIFERA INDICA* L.) IN AMBIENTE MEDITERRANEO E SUBTROPICALE

IL DOTTORE
GIUSEPPE GIANGUZZI

TUTOR
CHIAR.MO PROF. PAOLO INGLESE

COORDINATORE
CHIAR.MO PROF. VINCENZO BAGARELLO

CO-TUTOR
PROF. VITTORIO FARINA

CICLO XXXII

2020

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

Scienze Agrarie, Alimentari, Forestali e Ambientali

DIPARTIMENTO SCIENZE AGRARIE, ALIMENTARI E FORESTALI

SSD AGR/03

DINAMICHE DI CRESCITA E QUALITÀ DEI FRUTTI DI MANGO (*MANGIFERA INDICA* L.) IN AMBIENTE MEDITERRANEO E SUBTROPICALE

IL DOTTORE
GIUSEPPE GIANGUZZI

COORDINATORE
CHIAR.MO PROF. VINCENZO BAGARELLO

TUTOR
CHIAR.MO PROF. PAOLO INGLESE

CO-TUTOR
PROF. VITTORIO FARINA

CICLO XXXII

2020

INDICE

1. INTRODUZIONE 5

2. L'IMPORTANZA DELLA COLTIVAZIONE DEL MANGO NEL MONDO 8

2.1 CARATTERISTICHE BOTANICHE 12

2.2 LE CULTIVAR COMMERCIALI 13

2.3 QUALITÀ ED USI DEL MANGO 14

3. LE AREE DI INDAGINE 17

3.1 SICILIA 17

3.1.1 Lineamenti fisiografici, geolitologici e pedologici 19

3.1.2 Clima e inquadramento bioclimatico 20

3.2 TENERIFE 23

3.2.1 Lineamenti fisiografici, geolitologici e pedologici 25

3.2.2 Clima e inquadramento bioclimatico 25

4. IPOTESI SCIENTIFICA E OBIETTIVI 28

5. FENOLOGIA E FISIOLOGIA 30

5.1 APPLICAZIONE DEGLI STUDI FENOLOGICI 32

5.2 FIORITURA 37

5.3 FRUTTIFICAZIONE 40

6. EVOLUZIONE DEGLI STADI FENOLOGICI E DELLA QUALITÀ DEI FRUTTI DI CINQUE CULTIVAR DI MANGO COLTIVATE IN SICILIA 43

6.1 MATERIALI E METODI 44

6.1.1 Luogo della prova 45

6.1.2 Materiale vegetale 45

6.1.3 Disegno sperimentale 46

6.1.4 Campionamento e applicazione della Scala BBCH 47

6.2 RISULTATI E DISCUSSIONI 48

6.2.1 Dati climatici dell'area oggetto di studio 48

6.2.2 Considerazioni sulla produttività delle piante campionate 48

6.2.3 Descrizione delle piante oggetto di studio 49

6.2.4 Campionamento e applicazione della Scala BBCH 50

***6.2.5 Fioritura e crescita dei frutti* 56**

6.2.6 Caratteristiche qualitative dei frutti 62

6.3 CONCLUSIONI 63

7. STUDIO DELLE DINAMICHE DI CRESCITA GIORNALIERA DEI FRUTTI DI CULTIVAR DI MANGO COLTIVATE IN AMBIENTE MEDITERRANEO 65

7.1 MATERIALI E METODI 68

7.1.1 Disegno sperimentale 68

7.2 RISULTATI E DISCUSSIONE 73

7.3 CONCLUSIONI 84

8. STUDIO DELL'EVOLUZIONE QUALITATIVA DEI FRUTTI DI MANGO DELLA CULTIVAR *OSTEEN* IN RELAZIONE ALLA DATA DI RACCOLTA 86
8.1 MATERIALI E METODI 87
8.1.1. Luogo della prova 87
8.1.2. Caratterizzazione climatica dell'area 87
8.1.3. Disegno sperimentale 88
8.1.4 Analisi qualitative 89
8.1.5. Analisi statistica 90
8.2 RISULTATI 90
8.3 CONCLUSIONI 99

9. EFFETTO DELLA TEMPERATURA DI CONSERVAZIONE SUL COMPORTAMENTO FISIOLOGICO POST-RACCOLTA E SULLA QUALITÀ DI DUE CULTIVAR TARDIVE DI MANGO 101
9.1 MATERIALI E METODI 103
9.1.1 Analisi fisico-chimiche e sensoriali 103
9.1.2 Analisi sensoriale 105
9.1.3 Valutazioni danni da freddo 106
9.1.4 Analisi dei dati 106
9.2. RISULTATI E DISCUSSIONE 106
9.2.1 Maturazione del frutto a 13 °C e 90% di RH 108
9.2.2 Maturazione del frutto a 20 °C e 70% di RH 111
9.2.3 Analisi sensoriale 113
9.3 CONCLUSIONI 113

10. FRUTTO DI MANGO *MATURE-RIPE*: CARATTERIZZAZIONE FISICO-CHIMICA E PROFILO SENSORIALE DI 5 CULTIVAR COLTIVATE NEL MEDITERRANEO 115
10.1 MATERIALI E METODI 116
10.1.2 Analisi fisico-chimiche 116
10.1.3 Analisi prossimale 117
10.1.4 Analisi sensoriale 118
10.2 RISULTATI E DISCUSSIONE 119
10.2.1 Analisi fisico-chimiche 119
10.2.2 Composizione minerale 121
10.2.3. Analisi sensoriale 122
10.3 CONCLUSIONI 124

11. CONCLUSIONI 125

12. BIBLIOGRAFIA 129

RINGRAZIAMENTI 141

1. INTRODUZIONE

La Regione mediterranea – con clima caratterizzato da temperature miti, con lungo periodo di siccità estiva ed inverni relativamente piovosi – si colloca in una zona di transizione tra il clima arido del Nord-Africa e quello temperato-umido dell'Europa centrale (Lionello *et al*., 2006). Essa è influenzata dalle interazioni tra medie latitudini e fenomeni tropicali che la rendono potenzialmente vulnerabile ai cambiamenti climatici, determinati da un aumento della temperatura e dalla diminuzione delle precipitazioni, tanto da essere identificata come uno dei più importanti *hot-spot* degli ultimi decenni (Giorgi, 2006; Giorgi & Lionello, 2008; Luterbacher *et al*., 2006). E ciò determina evidenti impatti anche sull'agricoltura (Mariani *et al.*, 2012; Sthapit *et al.*, 2012; Nath *et al*., 2019), considerato che in questi territori si assiste anche ad importanti trasformazioni colturali indirizzate verso nuove produzioni di frutti esotici di origine tropicale, precedentemente anche poco conosciuti (Farina *et al*., 2015; 2017; Mossad *et al*., 2016; Yasin *et al*., 2008).

Si tratta di un fenomeno in continua evoluzione e probabilmente destinato a modificare in maniera profonda sia i comportamenti del mercato nei prossimi decenni, sia le stesse scelte produttive delle aziende agricole (Galán Saúco & Lu, 2018). E' risultato evidente come il paesaggio agrario legato ad importanti zone agricole irrigue delle fasce costiere più calde dell'intero bacino del Mediterraneo tenda a mutare ed evolvere i lineamenti produttivi (Rodríguez Pleguezuelo *et al*., 2018), benchè il fenomeno sia connesso anche ad altri fattori socio-economici (es. l'abbassamento dei prezzi di importanti prodotti ortofrutticoli tradizionali, la liberalizzazione dei mercati, la pressione competitiva di paesi concorrenti, ecc.; Idda *et al*., 2005; Corrado *et al.*, 2016).

Tra le specie arboree da frutto di origine tropicale e sub-tropicale di nuova introduzione (De Michele *et al*., 2005; Galán Saúco & Hormaza, 2009) figurano il mango (*Mangifera indica* L.), l'avocado (*Persea americana* Mill.), l'anona (*Annona cherimola* Mill.), la papaya (Carica papaya L.) ed il lici (*Litchi chinensis* Son.). Tali specie tendono infatti ad espandersi soprattutto in Spagna – in particolare nella costa orientale dell'Andalusia (Durán Zuazo *et al*., 2003; Galán Saúco & Farré, 2005; Rodríguez Pleguezuelo *et al*., 2012) – nonché in Egitto (Elsheshetawy *et al*., 2016; Tharanathan *et al*., 2006), nell'Isola di Creta (Lionakis *et al.*,1996; Lotos *et al*., 2018), in Israele (Finkelshtain *et al*., 2011) ma anche in Italia (Farina *et al*., 2017b), dove fino a circa 20 anni fa erano pressoché sconosciute. In Sicilia, ad esempio, si è passati negli ultimi anni da esigue superfici ad alcune centinaia di ettari (Coldiretti, 2019), in particolare nelle zone costiere; ciò a scapito di una generale

contrazione agrumicola, legata in parte alle problematiche anzidette, ma soprattutto alla crescente concorrenza di Paesi concorrenti (Spagna, Israele, Marocco, ecc.) che ha portato ad un notevole ampliamento delle produzioni, ed una certa saturazione del mercato (Testa *et al.*, 2018). Ad aggravare la situazione ha contribuito la globalizzazione dei mercati, nonché la politica comunitaria tendente ad una progressiva riduzione di interventi a sostegno degli agricoltori e degli imprenditori agricoli (Palmieri & Pirazzoli, 2013). Ciò ha comportato un graduale abbandono colturale, a partire dalle zone marginali, oltre ad un netto decremento di nuovi investimenti nel settore, ritenuti poco redditizi (Testa *et al.*, 2018).

In Sicilia, tra le diverse specie in regresso, le maggiori contrazioni di superfici sono state registrate dal comparto agrumicolo, conseguentemente a un minore reddito dovuto ad abbassamenti qualitativi del prodotto, ma anche dall'accrescimento dei costi di produzione, tendente talora a comportare una riduzione delle stesse pratiche colturali (Bellia, 1999). Evidenti esempi si rilevano nelle zone pianeggianti ed irrigue della fascia costiera tirrenica – quali ad esempio la "mitica" Conca d'Oro di Palermo, nonché il tratto litoraneo che si estende dal palermitano alla provincia di Messina e la stessa Piana di Catania – caratterizzate un tempo dalla diffusa presenza di colture di antica tradizione, oggi in crisi e non più redditizie (Fabroni *et al*., 2015). Conseguente è la ricerca di colture alternative di pregio, quali appunto alcuni fruttiferi subtropicali, quali il mango che denota interessanti potenzialità di espansione, laddove si presentano delle caratteristiche pedoclimatiche favorevoli (Barone, 2010). Infatti, in alcune aree calde ed irrigue del contesto sublitoraneo, questa specie sembrerebbe costituire una valida alternativa colturale, garantendo nel contempo redditi più soddisfacenti. Alcuni produttori ne hanno pertanto incrementato la coltivazione, incoraggiati dall'ottenimento di produzioni dagli elevati standard qualitativi (Farina *et al*., 2017b; Lauricella *et al*., 2017); essa si distingue quale coltura innovativa tra le più interessanti del momento, tanto da conquistare un posto sempre più stabile anche nelle preferenze degli stessi consumatori. Trattasi di un frutto di pregio – grazie anche ai ben noti effetti salutistici e nutrizionali (Lauricella *et al*., 2017) – che ha rapidamente conquistato anche fette di mercato europeo nel cui ambito, tra i maggiori paesi importatori, figurano il Regno Unito, i Paesi Bassi, la Francia e la Germania (Narayana *et al*., 2012).

Sulla base di queste premesse, la presente tesi di dottorato tende ad apportare un contributo conoscitivo sulla distribuzione attuale, lo sviluppo e la potenzialità di questa coltura nel bacino del Mediterraneo e nell'Isola di Tenerife, approfondendo aspetti relativi alle tecniche colturali, alla fenologia ed alle dinamiche di crescita della specie, ed infine al

miglioramento della gestione post-raccolta dei frutti. Ciò a seguito di indagini bibliografiche, di esperienze in campo ed in laboratorio nei seguenti territori:

a) Sicilia (Italia), dove sono stati seguiti alcuni appezzamenti sperimentali (Fig. 1) sparsi soprattutto lungo la fascia costiera tirrenica, tra Caronia e Rocca di Caprileone (facendo riferimento alle strutture del Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali);
b) Tenerife (Arcipelago delle Canarie, Spagna), dove sono stati seguiti altri campi sperimentali del Dipartimento di Frutticoltura Tropicale dell'*Instituto Canario de Investigaciones Agrarias* di Tenerife (ottobre 2017/settembre 2018);
c) Madrid (Spagna), dove è stata effettuata un'esperienza di studio sulla commercializzazione dei frutti tropicali, presso il Dipartimento di Qualità del Gruppo Eurobanan, ossia il principale gruppo spagnolo di commercializzazione di frutta tropicale in Europa (gennaio-maggio 2019).

Fig. 1 – Campo di mango lungo la costa tirrenica della Sicilia, impiantato su terreni sabbiosi irrigui, adeguatamente protetto da frangiventi vivi (*Cupressus sempervirens*) e morti (reti in polietilene).

2. L'IMPORTANZA DELLA COLTIVAZIONE DEL MANGO NEL MONDO

Il mango (*Mangifera indica* L.) è la specie più importante della famiglia delle *Anacardiaceae* – tra quelle coltivate – sia per la sua produzione mondiale che per la sua ampia distribuzione globale (Tharanathan *et al*., 2006). La coltura interessa le regioni tropicali e subtropicali del mondo (Litz, 2009), dal 33° latitudine sud (Sudafrica) al 37° latitudine nord (Sicilia), con una produzione di circa 50 milioni di tonnellate, distribuita in oltre 100 paesi (Faostat, 2017; Mitra, 2014;2016).

La produzione globale è concentrata principalmente in Asia, ed in particolare in India (Pawar & Singh, 2018), dove il mango è coltivato per 2,2 milioni di ettari, con un volume di 19,57 milioni di tonnellate (Faostat, 2017). Tra le differenti nazioni produttrici, le prime 10 – India, Haiti, Cina, Thailandia, Indonesia, Messico, Pakistan, Brasile, Bangladesh ed Egitto (Fig. 2) – coprono più dell'80% della produzione mondiale (Galán Saúco, 2010; Memon, 2016). La comparsa del mango nel mercato internazionale ha assunto volumi significativi soltanto a partire dagli anni '70, essendo in precedenza pressoché sconosciuto tra i consumatori al di fuori dei tropici (Calatrava-Requena *et al*., 1997; 2010). Si tratta pertanto di un frutto esotico relativamente nuovo, la cui diffusione è stata favorita dalla liberalizzazione del commercio internazionale, dal miglioramento nei trasporti e dalle nuove preferenze da parte dei consumatori (Proctor *et al*., 1994; Litz, 2009; Ahmed *et al*., 2012; Galán Saúco, 2015). Infatti, in questi ultimi decenni i quantitativi di esportazione di frutta tropicale – e soprattutto di mango – hanno registrato tassi di crescita medi annui ben più elevati rispetto ad altri importanti prodotti alimentari di ampia commercializzazione, quali ad esempio cereali, carni, olii, verdure, canna da zucchero, ecc. (Altendorf *et al*., 2017).

Su questa base, dagli anni '90 la produzione di mango nelle diverse condizioni agro-climatiche è pressoché triplicata (Fig. 3), anche a seguito del miglioramento delle tecniche culturali (Galán Saúco & Lu, 2018). Basti pensare che, tra i frutti tropicali coltivati al mondo, i quantitativi stimati di mango rappresentano circa la metà della produzione totale (Galán Saúco & Lu, 2018; Altendorf *et al*., 2017). Peraltro, grazie alla sua distribuzione in diverse zone del globo, il frutto è presente sul mercato quasi tutto l'anno, a parte che nel periodo tra settembre e ottobre, ossia tra la fine della raccolta nei paesi dell'emisfero Nord e l'inizio della produzione nell'emisfero Sud (Galán Saúco, 2009). Sebbene l'Europa – con i paesi anzidetti – e l'Oceania (in particolare Australia) siano ancora considerati degli attori minori, i frutti di mango vengono pertanto prodotti in tutti i continenti del mondo, con l'Asia principale produttore (76%), cui seguono l'America e l'Africa (Galán Saúco, 2015).

La domanda mondiale di mango è quindi in aumento, ma nel contempo anche le produzioni si sono notevolmente incrementate (Lux *et al*., 2003; Tharanathan *et al*., 2006; Liguori *et al*., 2018), contribuendo in tal modo a compensare le richieste (Fao, 2018; Evans *et al*., 2017; Zahedi *et al*., 2016).

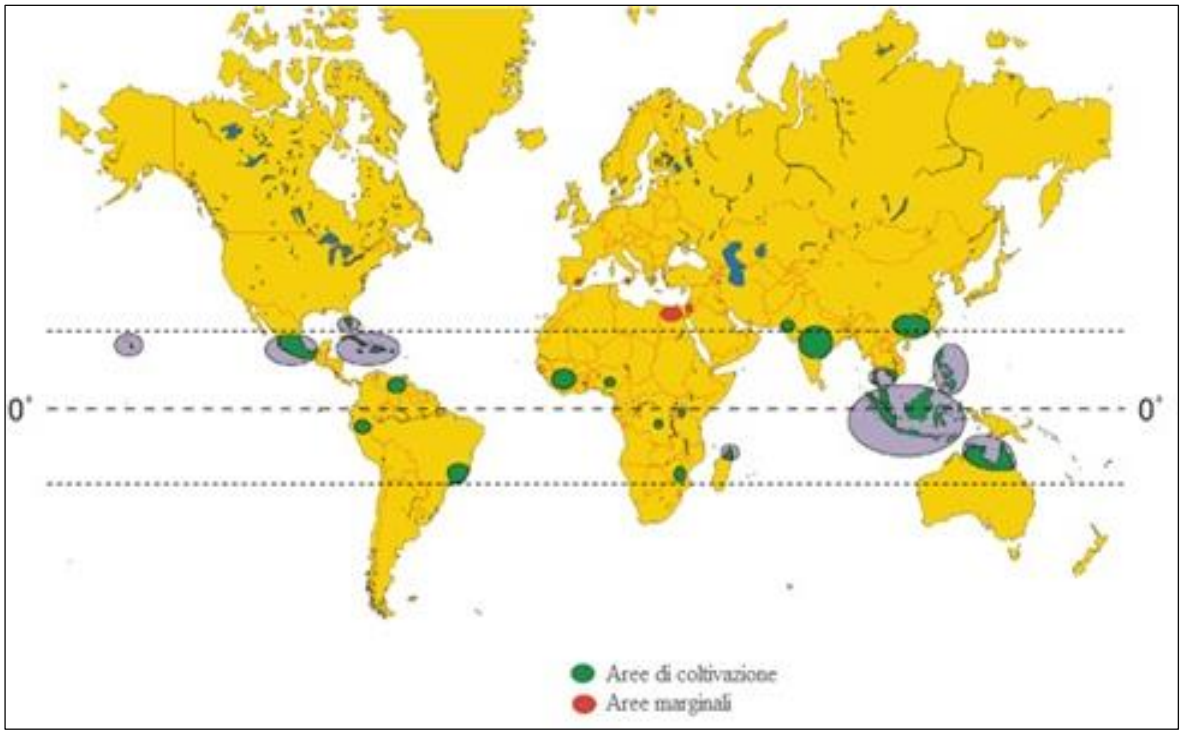

Fig. 2 – Distribuzione della coltura di mango nel mondo (da Galán Saúco, 1999).

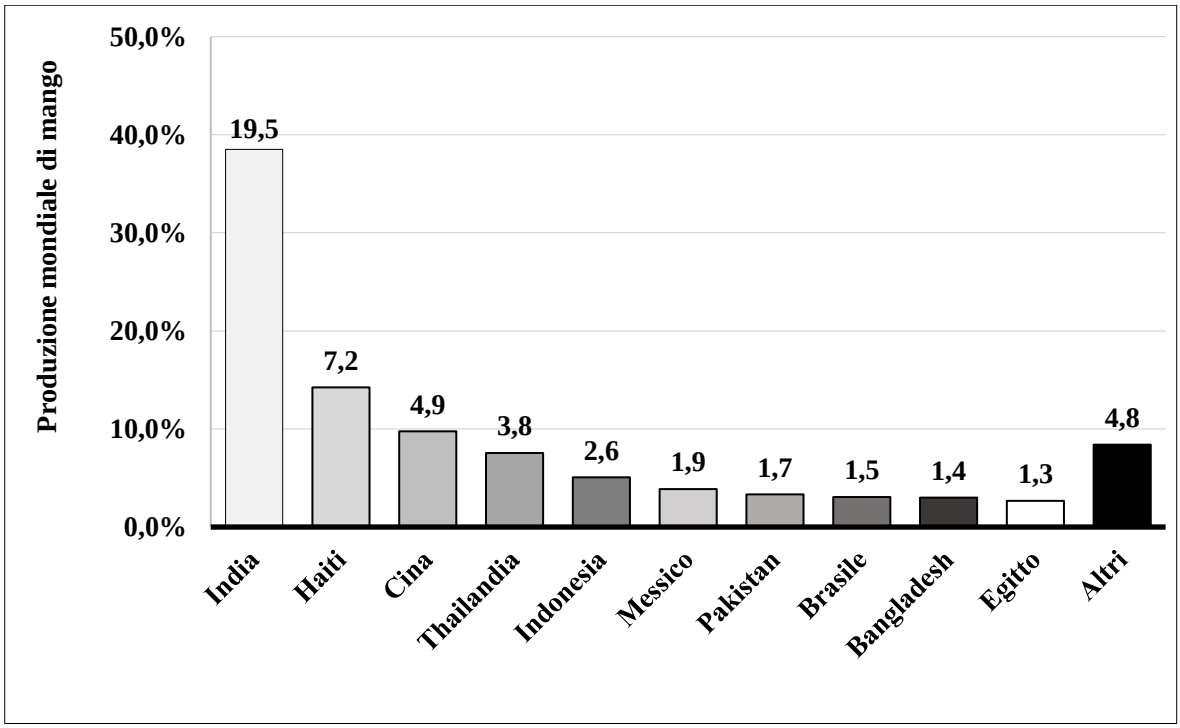

Fig. 3 – Produzione percentuale di mango dei primi 10 paesi produttori al mondo, con rispettiva indicazione dei volumi, in milioni di tonnellate (dati FAOSTAT, 2017).

Dagli inizi del secolo la produzione mondiale è passata da circa 24 milioni di tonnellate – con il 50% prodotto allora soltanto dall'India (Medina & García, 2002) – ad oltre 50 milioni (Faostat, 2017). La Figura 4 mette in evidenza l'incremento della stessa produzione a partire dal 1961, mostrando una sua quintuplicazione nell'arco di circa 60 anni (Tiyayon & Paull, 2017).

Anche il mercato europeo del mango è pertanto cresciuto esponenzialmente (Brecht *et al*., 2017), tanto che esso si colloca tra i prodotti ortofrutticoli più richiesti dai consumatori (Nakasone & Paull, 1998). Infatti, secondo dati *Eurostat* nel decennio fra il 2007 e il 2016 si è avuto un incremento medio costante di 5,8 milioni di tonnellate per anno nei primi 5 anni; dal 2011 l'incremento medio è stato di 7,3 milioni di tonnellate per anno, registrando quindi un ulteriore incremento di circa il 25%. Da dati raccolti in relazione ai compratori, si può constatare come il consumo medio per abitante dell'Unione Europea sia passato in 10 anni da 11,3 a 14,4 Kg.

Nel mercato europeo si è quindi registrata un aumento del 56% della commercializzazione del mango (Macchi *et al*., 2018), di cui la maggior parte del prodotto giunge dal Sud America, via mare o via aerea (Fig. 5), ed anche dall'Africa, con differenze di prezzi sostanziali. Il ranking sull'esportazione vede il Brasile al primo posto, con 104 mila tonnellate (Carneiro *et al*., 2019), seguito dal Perù (83 mila tonnellate) e dalla Costa d'Avorio (30 mila tonnellate). In particolare, le varietà più commercializzate sono *Palmer* (Brasile) e *Kent* (Perù), accompagnate da numerose altre cultivar come *Keitt* e *Tommy Atkins* (Souza *et al.*, 2015; Ledesma & Campbell, 2017).

L'unico paese europeo a produrre mango su scala commerciale è la Spagna (Galán Saúco, 2009), dove secondo la FAO nel 2008 sono state raggiunte 20.000 tonnellate. La produzione riguarda soprattutto le Isole Canarie, ma anche la regione dell'Andalusia, cui si aggiuge nella parte opposta del bacino del Mediterraneo l'Israele (Galán Saúco, 2015). Tra le cultivar, in Spagna è presente principalmente la varietà *Osteen* (Calatrava-Requena *et al*., 2010; Pay, 2009) mentre in Israele prevale la *Ataulfo*, seguite dalla cultivar tardiva *Keitt* (Durán Zuazo *et al*., 2004; Knight *et al*., 2009). Il vantaggio di questi paesi è determinato dall'ottenimento di prodotti che hanno un'alta quotazione di mercato, all'interno di una nicchia di consumi d'*élite* o nella commercializzazione in grande distribuzione organizzata (GDO); i contesti colturali sono favorevoli, per la possibilità di poter raccogliere il frutto in uno stadio di maturazione più avanzato rispetto ai paesi extra-europei (Liguori *et al*., 2018). In quest'ambito tende appunto ad inserirsi la stessa Sicilia dove si rileva un certo interesse

per la produzione locale – considerata di ottima qualità organolettica e sensoriale – creando forti potenzialità per un eventuale frutto *made in Sicily* (Columba *et al*., 2012).

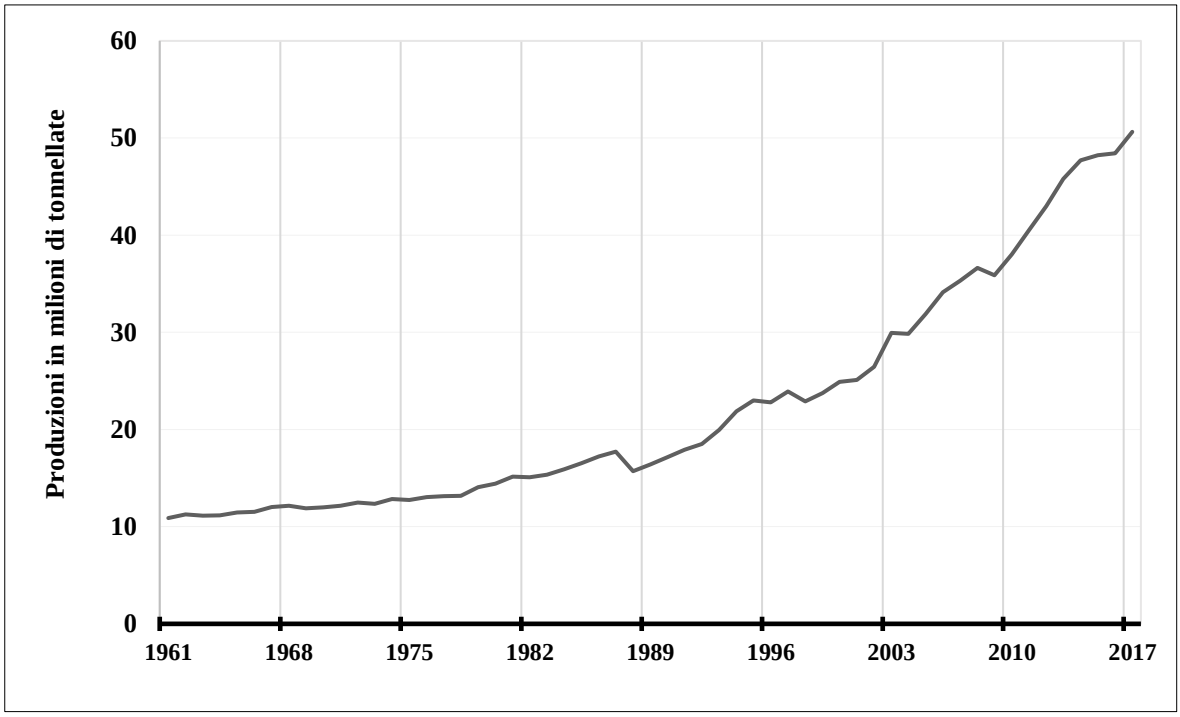

Fig. 4 – Incremento delle produzioni di mango nel mondo negli ultimi 60 anni, in milioni di tonnellate (dati FAOSTAT, 2017).

Fig. 5 – Frutti di mango *tree-ripe* importati dal Brasile per via aerea dall'Azienda Arc-Eurobanan di Madrid, da dove vengono poi commercializzati in vari paesi dell'Europa.

2.1 CARATTERISTICHE BOTANICHE

Il mango (*Mangifera indica* L.) è originario delle aree comprese fra India e la Birmania e probabilmente dalle zone prossime al Nepal e al Bhutan, ai piedi dell'Himalaya, dove sono tutt'oggi presenti genotipi selvatici (Kostermans & Bompard, 1993). Si tratta di una pianta sempreverde a fusto eretto e vigoroso, con chioma simmetrica, variabile da bassa e densa, a dritta e aperta. Ai tropici la pianta può raggiungere altezze anche di 40 metri, mentre in zone subtropicali la velocità d'accrescimento e il portamento sono notevolmente ridotti, con piante che arrivano al massimo ad una altezza di 10 metri (Litz, 2009).

Il tronco presenta una corteccia di colore grigio più o meno chiaro, ricca di canali resiniferi; essa nei primi stadi di crescita è liscia, divenendo gradualmente rugosa in età più avanzata. E' di colore grigiastro-rosso, normalmente fessurata, con solchi longitudinali; in alberi stressati e invecchiati risulta molto screpolata (Calabrese, 1993). L'apparato radicale è anch'esso robusto e vigoroso; in condizioni normali possiede un grosso fittone (6-8 metri di profondità), con un ricco sistema di radici superficiali avventizie, la cui concentrazione risulta essere maggiore nei primi 250 cm dalla superficie del suolo, in particolare nello strato tra 60 e 120 cm (Manica, 1981). Le foglie sono perenni, lunghe tra 12 e 40 cm e larghe tra 2 e 13 cm; sono alterne, disposte a spirale, semplici, coriacee, di forma variabile tra ellittica e lanceolata (Galán Saúco, 2009). Nella pagina superiore il colore è verde intenso, divenendo di un verde pallido in quella inferiore. Le foglie giovani hanno colori caratteristici variabili con le cultivar, tendenti anche al rosso-ramato (in particolare nei giovani germogli), costituendo un carattere differenziale nella stessa tipizzazione varietale. I germogli sono di un color rosso bronzato, tendente gradualmente al verde chiaro, nonché al verde scuro da adulte (Yadav & Singh, 2017).

L'infiorescenza è una pannocchia terminale ramificata, costituita da un'asse principale con varie ramificazioni secondarie; essa è portata all'apice o lateralmente ai rami, alcune formantesi anche da gemme ascellari. Ognuna di esse è lunga tra 10 e 40 cm, glabra o pubescente, con una colorazione rossastra sia del rachide che dei peduncoli. Le pannocchie apicali sono isolate, mentre le laterali si presentano raggruppate e sono di dimensioni minori, con un numero di fiori variabili da 500 a ben 10.000, a seconda della varietà. La pannocchia può essere mista, formata da fiori e foglioline piccole o solamente riproduttiva. I fiori sono composti da 5 sepali e 5 petali, con l'androceo formato da 5 stami di cui solo uno è fertile, mentre il gineceo è composto da un ovulo obliquamente ovoidale con un colore verde-giallastro o rosa. I fiori possono essere di due tipi (ermafroditi e staminiferi); il frutto è una drupa, il cui endocarpo – formato da un solo seme – è filamentoso (Sivakumar *et al*., 2011).

2.2 LE CULTIVAR COMMERCIALI

Le varietà di mango esistenti al mondo sono il risultato di un intenso lavoro di selezione e miglioramento svolto nel corso degli ultimi 100 anni. I parametri distintivi fanno riferimento alle differenti colorazioni dei frutti e della pannocchia, nonché alla morfologia delle foglie ed al numero di embrioni di un seme (Torres *et al.*, 1997). In particolare, in cultivar monoembrioniche i semi di mango contengono un singolo embrione zigotico, mentre le poliembrioniche presentano un numero aggiuntivo di embrioni derivanti direttamente dai tessuti della nucella (Litz, 2009), che riproducono fedelmente le caratteristiche della pianta madre.

La classificazione delle varietà è ancora piuttosto confusa, mancando una precisa linea scientifica che consente di distinguerle chiaramente. In relazione all'origine, vengono appunto distinti tre diversi gruppi: "razza indiana", "razza indocinese" e "cultivar della Florida" (Calabrese, 1993). La "razza indiana" include circa 283 cultivar, di cui 30 ad ampia diffusione nel mondo; i frutti sono di forma variabile, fibrosi, con un particolare sapore derivato dalla notevole presenza di trementina (Gunjate *et al*., 1983).

Le cultivar sono maggiormente monoembrioniche, tra le quali la più diffusa è Alphonso, di qualità eccezionale per sapore e profumo (Trivedi *et al.*, 2015).

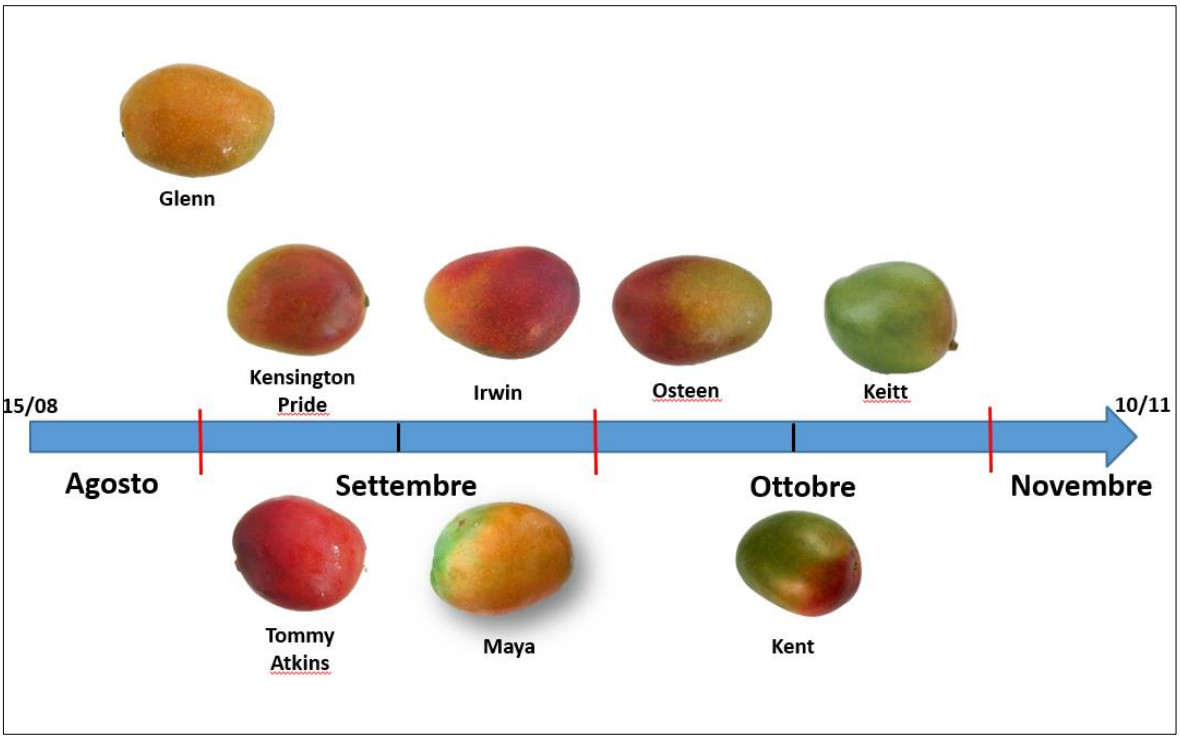

Fig. 6 – Calendario di maturazione delle differenti varietà di mango coltivate in Sicilia.

Le varietà indocinesi sono generalmente poliembrioniche (Calabrese, 1993), caratterizzate da frutti a punta acuta, maggiormente sviluppati in lunghezza, schiacciati e con tipiche colorazioni giallo uniforme o verde-giallo dell'epidermide a maturazione, a volte con leggere tinte rossastre. Tra queste cultivar è compresa la *Carabao*, o *Manila*, che è una delle più commercializzate al mondo (Lecap *et al*., 2019).

Le cultivar della Florida sono state storicamente descritte come ibridi tra cultivar indiane e asiatiche, ben adattate alle condizioni pedoclimatiche del territorio. Esse hanno mostrato una buona attitudine in coltura in svariati altri ambienti e pertanto sono state introdotte in numerose piantagioni di paesi tropicali e subtropicali; tra queste vanno menzionate *Tommy Atkins, Zill, Glenn, Haden, Lippens, VanDyke, Sensation, Osteen, Keitt* (Olano *et al*., 2005).

L'emisfero orientale si basa principalmente su manghi dall'epicarpo giallo, rappresentati da una vasta gamma di cultivar, tra le più diffuse figurano la succitata Alphonso, nonché *Kesar, Dusheri, Langra* e *Totapuri* in India e Pakistan, *Nam Doc Mai*, in Thailandia e *Carabao* dalle Filippine (Deshpande *et al.*, 2017).

In occidente, invece, le cultivar più diffuse presentano una colorazione rossa, grazie ad una maggiore attrazione verso il consumatore europeo (Durán Zuazo *et al*., 2006), tra le quali vanno menzionate *Tommy Atkins, Ataulfo, Kent, Keitt* e *Haden* (Ledesma & Campbell, 2017). In Sicilia, grazie a diverse prove svolte presso le aziende diffuse su tutto il territorio – benché nel breve periodo – è stata sperimentata l'adattabilità di un'ampia scelta varietale della specie; tra queste, quelle che hanno trovato una maggiore diffusione nei giovani impianti sono *Gleen, Keitt, Tommy Atkins, Maya, Irwin, Kent, Kensington Pride, Osteen, Valencia Pride*, ecc. Come evidenziato in Fig. 6, la stessa scelta varietale tende a coprire un lungo calendario di maturazione, protraendosi da inizio agosto fino a novembre inoltrato (Farina *et al*., 2017a). Da rispettive analisi dei più importanti parametri qualitativi delle stesse varietà è possibile evidenziare anche un'ampia variabilità del peso dei frutti. In termini di contenuto zuccherino i valori sono tendenzialmente elevati, con una certa diversificazione, a seconda della cultivar (Farina *et al.*, 2016; La Mantia *et al.*, 2015).

2.3 QUALITÀ ED USI DEL MANGO

Dal punto di vista nutrizionale i frutti di mango rappresentano una preziosa integrazione nelle diete alimentari in numerosi paesi tropicali; se consumati regolamente possono costituire un'ottima fonte nutrizionale, in quanto caratterizzati da innumerevoli composti chimici, i quali conferiscono anche un particolare colore e sapore (Grundhofer *et*

al., 2001). Tali frutti sono considerati una buona fonte di antiossidanti alimentari, come acido ascorbico, composti fenolici e carotenoidi (Shieber *et al*., 2000; González Aguilar *et al*., 2008), di cui il β-carotene è il più abbondante (Ribeiro *et al*., 2017), con differenze sostanziali in relazione alle cultivar. In particolare nelle varietà *Haden* e *Ataulfo* vengono segnalati contenuti di β-carotene superiori a quelli di *Kent* e *Tommy Atkins* (Ornelas-Paz *et al.*, 2007). In uno stadio avanzato di maturazione, il contenuto di clorofilla dei frutti di mango diminuisce mentre i carotenoidi tendono ad aumentare (Tharanathan *et al.*, 2006), comportando una tipica colorazione del mesocarpo gialla-arancio (Ornelas-Paz *et al.*, 2007, 2008).

La parte commestibile del frutto è costituita principalmente da glucosio, fruttosio e saccarosio. Il contenuto totale di zuccheri può variare dall'11,5 al 25%, a seconda del tipo di mango e della fase di maturazione (Sivakumar *et al.*, 2011). La presenza della vitamina C (acido ascorbico) varia in relazione alla cultivar, benché non sia generalmente molto elevata (Gentile *et al.*, 2019). Lo stesso frutto è riconosciuto come fonte di vitamina E, calcio, fosforo, magnesio e fibre; ha una forte attività antiossidante e potenzia notevolmente le difese immunitarie, possedendo altresì proprietà antibiotiche, diuretiche e lassative (Kim *et al*., 2007). Tra i composti fitochimici, i polifenoli sono i metaboliti secondari antiossidanti predominanti; il contenuto dei parametri evidenziati varia evidentemente in relazione al periodo di persistenza del frutto in pianta, condizionandone pertanto la stessa potenzialità nutrizionale (Talcott *et al.*, 2005; Gentile *et al.*, 2019).

Per quanto concerne il momento della raccolta – essendo anch'esso determinante sulla qualità del prodotto (Kevers *et al*., 2007) – bisogna tener conto in primo luogo della distanza dei mercati, della metodologia di conservazione e della resistenza dell'esocarpo. Infatti, il frutto di mango è molto sensibile al deterioramento, in particolare quando l'epicarpo è danneggiato in seguito alla manipolazione; è pertanto importante prestare particolare attenzione durante le varie fasi di raccolta e di stoccaggio, al fine di limitare le perdite di prodotto. Generalmente i frutti vengono prelevati dall'albero con una porzione di rachide di circa 10 cm, per evitare che la fuoriuscita di linfa venga a contatto con l'esocarpo, causandone l'alterazione (Jha *et al.*, 2010), nonché un difetto tendente a declassarne la qualità del prodotto.

Durante l'esperienza presso l'Azienda Eurobanan di Madrid, è stato accertato come i frutti di mango provenienti da paesi sudamericani – in particolare dal Perù, Brasile e Venezuela – e diretti verso mercati europei attraverso il trasporto via mare, vengono generalmente raccolti a maturazione incompleta (*mature-green*); avendo il tragitto una

durata minima di 21 giorni, essi riescono a mantenere in tal modo una consistenza ideale in refrigerazione a temperature comprese tra 8-13 °C, con optimum tra 10-12 °C. In assenza di queste temperature di conservazione, i frutti tendono appunto a deteriorarsi, comportando anche la perdita della gran parte del prodotto. I danni accertati personalmente, durante l'esperienza di dottorato, riguardano sia l'epicarpo, con evidenti effetti sul colore delle lenticelle, ma soprattutto l'alterazione della polpa, con abbassamento repentino della consistenza. In Sicilia, vista la vicinanza con i mercati europei, i frutti possono essere raccolti ad uno stadio di maturazione più avanzato (*mature-ripe*), mantenendo in tal modo migliori caratteristiche qualitative ed organolettiche, in funzione della maggiore persistenza in pianta (Fig. 7) (Farina *et al.*, 2017a). Considerato che il calendario di maturazione delle varietà siciliane si colloca peraltro nel periodo tardo estivo-autunnale, questo prodotto maturato all'albero (*tree ripe*) tende peraltro a trovare anche una migliore collocazione sul mercato, in linea con la stessa carenza di offerta che si registra in questa fase.

Ad oggi la quasi totalità della produzione siciliana viene destinata al mercato europeo (Germania e Svizzera), mentre i frutti non idonei al mercato estero sono acquistati dalle comunità indiane locali e, in parte, rivenduti nei mercati storici palermitani (Columba *et al.*, 2012).

Fig. 7 – Piante di mango della cultivar *Osteen* coltivate in Sicilia, presso Caronia (azienda Cupitur).

3. LE AREE DI INDAGINE

La presente tesi di dottorato tende ad apportare un contributo conoscitivo sulle dinamiche fenologiche e sul post-raccolta della coltura del mango; pertanto sono state eseguite indagini a carattere bibliografico, nonché ricerche in campo e in laboratorio, a loro volta connesse con lo sviluppo della specie in Sicilia, dove la stessa coltura è in crescente espansione, benché sia stata introdotta da poco tempo. Il territorio insulare si colloca al centro dell'area mediterranea, nel cui ambito la specie in oggetto trova il limite settentrionale dell'areale colturale; nell'ottica di ampliare le conoscenze sugli argomenti d'indagine sono state altresì previste ulteriori fasi di studio e di confronto nell'Isola di Tenerife (Arcipelago delle Canarie, Spagna), la quale si colloca in clima subtropicale oceanico. In quest'ultimo territorio la coltura risulta introdotta dal XVIII secolo ed è ancor oggi coltivata con ottimi risultati; qui esiste peraltro anche un importante centro di ricerca specializzato nel settore, quale appunto l'*Instituto Canario de Investigaciones Agrarias* (ICIA) di Santa Cruz de Tenerife.

Su questa base ci si è posti quindi l'obiettivo di attuare la ricerca sia in ambiente mediterraneo (Sicilia), sia in ambiente subtropicale oceanico (Isola di Tenerife), avvalendosi della possibilità di studiare i fenomeni oggetto della tesi facendo riferimento alle strutture del Dipartimento Scienze Agrarie Alimentari e Forestali dell'Università degli Studi di Palermo, nonché del Dipartimento di Frutticoltura Tropicale e subtropicale dell'ICIA.

3.1 SICILIA

Da qualche decennio si è sviluppato anche in Sicilia un crescente interesse per la coltura del mango, finendo per raggiungere degli ottimi risultati, portando alla produzione di un frutto di eccellente qualità, per sapore e proprietà organolettiche. Si registrano dei prezzi relativamente elevati di mercato, denotando un certo interesse anche sotto l'aspetto commerciale; è quindi evidente che in prospettiva futura questa specie potrebbe anche rappresentare una valida alternativa ad alcune colture tradizionali irrigue, nei territori più xerici. Impianti frutticoli sono ad oggi diffusi in alcuni tratti sublitoranei, dove denotano una certa potenzialità di espansione; infatti, esistono già da tempo diversi appezzamenti in coltura, benché distribuiti in maniera frammentaria, interessando un ampio tratto delle fasce costiere, sia tirrenica, che ionica (De Michele *et al*., 2005).

I primi studi sulla possibilità agronomica di questa specie in Sicilia risalgono a Calabrese (Barone, 2010), che introdusse la coltura in alcuni campi sperimentali localizzati

lungo la fascia tirrenica. Tuttavia dopo un iniziale entusiasmo essa ebbe difficoltà ad affermarsi, a causa delle stesse ridotte superfici d'impianto, nonché la mancanza di un'adeguata domanda del frutto – allora sconosciuto e poco apprezzato dai consumatori – comportando conseguentemente una scarsa remunerazione del prodotto (Calabrese *et al*., 2007).

La coltura del mango, in continua espansione nel mondo, cominciava a diffondersi in altri territori del Mediterraneo come in Spagna – in particolare nella regione dell'Andalusia – nonché in Egitto ed Israele (Galán Saúco & Massip, 2006; Columba *et al*., 2012). In Sicilia, intorno al 2003 si registra il primo impianto industriale nel territorio di Caronia (Messina), realizzato da parte della società Cupitur s.r.l. presso la foce del Fiume Furiano. Furono messe in coltura alcune varietà di pregio introdotte da varie parti del mondo, innestate su portinnesto Gomera 3, già utilizzato a vasta scala nel mondo (Durán Zuazo *et al*., 2006). Nell'area regionale non esiste ad oggi un dato certo sull'estensione della coltura, ma è possibile stimare intorno a 150 ettari le superfici, maggiormente in pieno campo, ma anche in apprestamenti protettivi; la distribuzione è più o meno frammentaria, localizzata lungo i versanti tirrenico e jonico (Fig. 8). Date le importanti premesse colturali, questa distribuzione a macchia di leopardo risente probabilmente anche della mancanza di studi approfonditi sull'adattabilità della specie in funzione delle variabili climatiche nei diversi ambiti territoriali. Resta chiaro che con maggiori certezze sulla riuscita e sulla produttività degli impianti, la coltura avrebbe probabilmente una maggiore espansione.

Gli impianti di mango sono oggi principalmente localizzati tra Balestrate (provincia di Palermo) e Milazzo (provincia di Messina), con una maggiore concentrazione tra le foci dei Fiumi Furiano e del Torrente Zappulla, nei territori di Caronia, Acquedolci, S. Agata di Militello e Capo D'Orlando; qui attualmente la coltura registra un certo impulso – tendente in parte a scalzare i vecchi impianti agrumicoli – derivato appunto dalla stessa remunerazione del prodotto che coinvolge alcuni agricoltori. Sul versante settentrionale della Sicilia la messa a coltura di altri campi si è registrata in questi ultimi anni in tutta l'area – ma alquanto puntiforme – nei territori di Marsala, Alcamo, Partinico, Terrasini, Palermo, Ficarazzi, Lascari, Torrenova, Rocca di Caprileone, Patti, Falcone, Milazzo e Spadafora. Altri appezzamenti più o meno estesi e puntuali sono localizzati anche lungo la fascia costiera ionica della Sicilia, in particolare ad Acireale, Giarre, Piana di Catania, Fiumefreddo nonché lungo le coste del siracusano (Solarino, Carlentini e Pachino; Aiello *et al*., 2015). Mancano riferimenti per la fascia meridionale della Sicilia, dove fattori limitanti alla

possibile espansione della specie è probabilmente l'assenza di superfici irrigue e poco salmastre.

Ad oggi, i campi rilevati si collocano preminentemente in ambiti sublitoranei, entro 50-100 m s.l.m.; il campo a quote più elevate è stato accertato a Partinico (PA), in C.da bosco Falconeria a quote di circa 170 m s.l.m.. Altri isolati casi di introduzioni della coltura sono stati tuttavia accertati anche in ambiti più interni, a quote intorno ai 250-300 m – ad es. nel territorio Balestrate (prov. Palermo) e di Mirto (prov. Messina) – registrando però degli insuccessi già nel breve periodo, a causa dei danni deleteri provocati alle piante dalle basse temperature invernali. Ciò, in particolare dei freddi record verificatisi in Sicilia nell'inverno del 2014, quando le temperature hanno raggiunto valori prossimi allo 0 °C anche a ridosso delle coste. Infatti, com'è noto, queste temperature – benché sporadiche lungo la costa – costituiscono dei fattori limitanti per la specie, determinando la stessa morte delle piante (Campbell & Campbell, 2006).

Per quanto concerne il quadro varietale, la prima cultivar diffusa in Sicilia è stata la *Kensington Pride*, di origine australiana, inizialmente sperimentata e consigliata agli agricoltori dagli studiosi palermitani (De Michele *et al*., 2005), essendo ritenuta la più resistente alle basse temperature. Essa ha una fruttificazione abbastanza precoce (fine agosto-settembre), ed è stata coltivata nei primi impianti attuati lungo la costa nord-orientale della Sicilia ma anche nel catanese; più recentemente è stata sostituita da altre cultivar – prevalentemente attraverso il reinnesto, più che l'espianto – soprattutto per l'eccessiva fibrosità del frutto. Tra queste nuove cultivar, quelle che hanno avuto ad oggi un maggiore successo risultano essere *Gleen, Osteen, Tommy Atkins* e *Keitt*, tutte innestate o su *Gomera 3* o, appunto, su *Kensington Pride* (Soat, 2010).

3.1.1 Lineamenti fisiografici, geolitologici e pedologici

Dal punto di vista altimetrico, i campi sperimentali oggetto del lavoro si trovano nei territori comunali di Caronia, Acquedolci e S. Agata di Militello, a quote comprese fra 6 e 50 m s.l.m. I substrati pedologici fanno riferimento ad alluvioni recenti e piane litoranee, riferite all'Olocene (Lentini *et al.*, 2000); in particolare esse sono costituite da limi, sabbie e ghiaie, talora terrazzati, presenti lungo le pianure costiere o a margine dei corsi d'acqua. Come evidenziato dalla "Carta dei suoli della Sicilia" di Fierotti *et al*. (1988), sotto l'aspetto pedologico, si tratta di spianate più o meno ampie, colme di materiale eroso, generalmente ricche di scheletro. Hanno tessitura prevalentemente sabbiosa e possiedono scarsa ritenzione

idrica; favorendo il rapido deflusso dell'acqua, risultano pertanto ideali per l'espansione dell'apparato radicale delle piante in coltura.

3.1.2 Clima e inquadramento bioclimatico

Al fine di pervenire ad una caratterizzazione climatica delle fasce costiere – tirrenica e ionica – della Sicilia in cui risultano distribuiti gli appezzamenti coltivati a mango, sono stati consultati:

1) i dati termo-pluviometrici del Servizio Idrografico del Genio Civile (Ministero dei Ll. Pp., 1926-85), elaborati da Duro *et al*. (1996);
2) la carta delle temperature medie annue del Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano (SIAS; http://www.sias.regione.sicilia.it/);
3) le elaborazioni relative alle stazioni pluviometriche dell'Osservatorio delle Acque (http://www.osservatorioacque.it/).

Sono stati considerati i dati di 10 stazioni termometriche e 10 pluviometriche – non identiche – tutte comunque distribuite all'interno del comprensorio, nell'areale potenzialmente vocato alla coltura della specie. Delle stesse stazioni vengono di seguito riportate le analisi dei dati complessivi.

Temperature

Le 10 stazioni termometriche considerate si localizzano tutte lungo la fascia costiera, a quote relativamente compatibili con la coltura del mango, appunto comprese fra 4 e 194 m s.l.m..

I dati riportati in Tab. 1 evidenziano come nelle stesse stazioni i valori minimi di temperatura si registrano nei mesi invernali di dicembre, gennaio e febbraio, con le medie delle minime che raggiungono il valore più basso nella stazione ionica di Simeto (10,5 °C), seguita da quelle di Acireale e Marsala (in ambedue 12,7 °C), ed il più alto nelle stazioni tirreniche di Cefalù (15,7 °C), nonché Capo S. Vito e Messina (15,5 °C), quindi Termini Imerese (15,1 °C) e Palermo (14,8 °C). I valori massimi di temperatura si rilevano durante i mesi estivi di luglio e agosto, con le medie delle massime che registrano i valori più alti nelle stazioni di Simeto (23,3 °C), cui seguono Siracusa (22,9 °C), quindi Capo S. Vito (22,4 °C), Catania (22,3 °C) e Marsala (23,2 °C); più bassi si hanno ad Acireale, Messina e Palermo (rispettivamente: 20,7, 21,3 e 21,8 °C).

Tra i due estremi termici stagionali, invernale ed estivo, si verifica un graduale aumento delle temperature durante il periodo primaverile (da marzo a maggio), e una

Tab. 1 – Temperature medie annue (in °C) massime, minime, diurne, escursioni giornaliere, massime e minime assolute rilevate nelle 10 stazioni termometriche ricadenti nel territorio in cui si sviluppa la coltura della Sicilia nel trentennio (Duro *et al*., 1996).

Stazione	m s.l.m.	Massime	Minime	Diurne	Escursione	Mass. Ass.	Min. Ass.
Acireale	194	20,7	12,7	16,7	8,0	43,2	-2,2
Capo San Vito	10	22,4	15,5	19,0	6,9	43,0	2,4
Catania (Oss. Astr.)	4	22,3	13,8	18,0	8,5	44,3	-3,6
Cefalù	30	22,0	15,7	18,8	6,3	43,5	0,0
Marsala	54	22,2	12,7	17,4	9,6	44,5	-4,5
Messina-Ist.Geof.	54	20,9	15,5	18,2	5,5	39,7	0,4
Palermo-Serv. Idr.	19	21,8	14,8	18,3	7,1	48,0	-3,0
Simeto (staz.)	26	23,6	10,5	17,1	13,0	46,2	-2,2
Siracusa	23	22,9	13,6	18,2	9,3	43,5	0,1
Termini Imerese	23	21,6	15,1	18,3	6,5	37,3	1,6

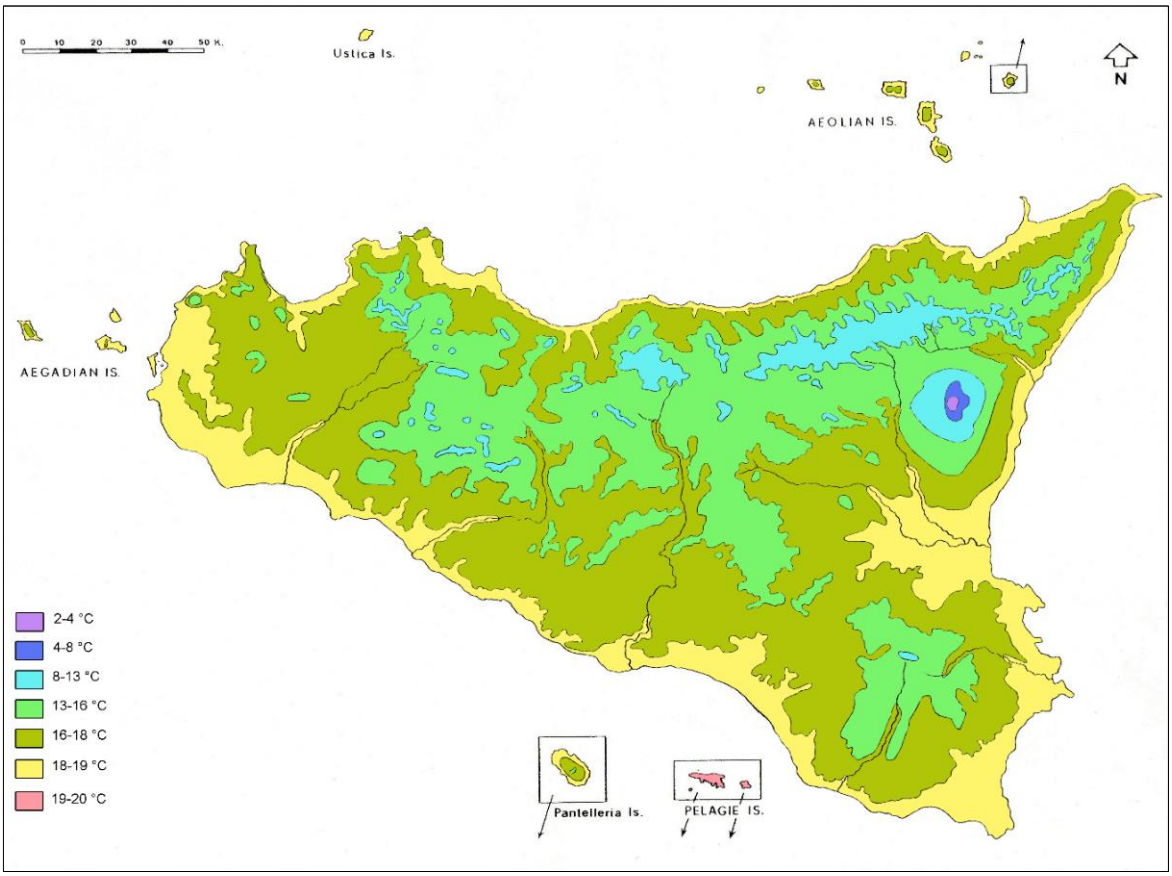

Fig. 8 – Carta delle temperature medie annue della Sicilia.

progressiva diminuzione in quello autunnale (da settembre a novembre).

L'intervallo medio annuo delle temperature diurne è alquanto omogeneo in tutte le stazioni, variando tra un minimo di 16,7 °C, registrato ad Acireale, ed un massimo di 19,0 °C, rilevato a Capo S. Vito. L'escursione termica media annua – ovvero la differenza tra la media delle massime e quella delle minime – registra il minimo a Messina (5,5 °C), cui seguono Cefalù e Termini Imerese, rispettivamente con 6,3 e 6,5 °C; al contrario, il massimo di escursione media annua si riscontra invece nella stazione di Simeto con 13,1 °C, cui seguono quelle di Marsala (9,6 °C), Siracusa (9,3 °C) e Catania (8,5 °C).

Minime assolute al di sotto lo 0°C – che va sottolineato come risultino alquanto deleterie per la specie – sono state registrate nelle stazioni di Marsala (-4,5 °C), Catania (-3,6 °C), Palermo (-3.0 °C) ed Acireale (-2.2 °C).

Va altresì messo in risalto come nelle altre stazioni costiere tirreniche non si registrano mai temperature al di sotto dello 0 °C – con la più alta a Capo S. Vito (2,6 °C) – denotando una certa potenzialità per l'espansione colturale.

Le temperature massime assolute più elevate sono state altresì registrate nelle stazioni di Palermo (48 °C), nonché Simeto (46,2 °C) e Catania (Oss. Astr.), con la più bassa a Termini Imerese, con 37,3 °C.

Precipitazioni

Le 10 stazioni pluviometriche prese in rassegna si localizzano anch'esse lungo la fascia costiera potenzialmente idonea alla coltura della specie, benché non coincidenti con quelle termometriche considerate in precedenza; esse ricadono comunque a quote comprese fra 2 (Milazzo) e 194 m s.l.m. (Acireale).

I dati riportati in Tab. 2 evidenziano come nelle stesse stazioni i valori medi mensili minimi si registrano a luglio, compresi tra i 3,2 mm della stazione di Capo S. Vito ed i 3,4 mm di Catania e Siracusa; i massimi si verificano tra novembre e gennaio, con il valore più alto rilevato ad Acireale (121 mm a dicembre) – la cui stazione si colloca tuttavia alla quota più elevata di 191 m s.l.m. –, cui seguono valori tra 103 mm a dicembre di Palermo e 98 mm sempre a dicembre di Cefalù; il più basso in questo trimestre si registra nella stazione di Simeto (65,5 mm a gennaio), denotando comunque una certa costanza ed uniformità nell'intero tratto costiero in cui gravita la specie. Nel complesso delle stazioni considerate il valore massimo di precipitazione media annua è stato registrato ad Acireale (804 mm, distribuiti in 63 giorni piovosi), mentre quello minimo riguarda la stazione di Simeto, nella Piana di Catania con 465,3 mm in 53 giorni piovosi.

Tab. 2 – Medie mensili ed annuali delle precipitazioni (mm) registrati in 256 stazioni pluviometriche distribuite in Sicilia (periodo 1926-1985) (Duro *et al*., 1996).

Stazione	m s.l.m.	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	TOT.
Acireale	194	118,2	79,6	78,8	42,4	24,4	7,4	3,9	14,0	58,7	137,7	118,0	121,0	**804,0**
Capo d'Orlando	10	89,2	71,8	65,7	51,7	30,4	11,8	7,5	14,2	39,3	71,6	78,1	83,4	**614,7**
Capo S. Vito	6	68,4	58,6	42,8	35,1	18,1	5,6	3,2	9,1	41,6	71,2	66,7	82	**502,4**
Catania	4	88,1	54,3	47,2	29,6	15,8	5,2	3,4	11,3	37,1	76,9	80,6	89,8	**539,3**
Cefalù	30	95,3	81,2	70,7	48,5	28,8	12,8	6,7	19,5	45,7	88,9	97,2	98,0	**693,3**
Milazzo	2	85,9	66,9	62,3	44,9	28,8	16,3	12,4	20,9	44,2	80	90,6	95,7	**648,9**
Palermo	19	93,3	81,6	60,9	42,8	21,9	8,7	3,6	17,5	40,2	85,2	85,0	103,0	**643,8**
Simeto	26	65,5	44,1	50,1	27,1	22,0	8,6	4,5	10,3	30,9	75,2	63,0	64,0	**465,3**
Siracusa	23	78,9	54,1	50,2	28,8	14,1	6,2	3,4	11,2	47,5	96,3	77,6	74,7	**543,0**
Termini Imer.	75	80,5	74,0	58,5	41,4	25,1	97	7,8	16,4	41,6	75,5	70,2	77,6	**578,3**

La media annua delle precipitazioni della fascia costiera tirrenica è di 530,2 mm, mentre nel versante ionico è di 587,9 mm.

Sulla base delle elaborazioni dei dati termopluviometrici registrati nell'area regionale e della classificazione di Rivas-Martínez (1985), il territorio della Sicilia è ripartito all'interno di 6 differenti piani bioclimatici (Brullo e Spampinato, 1990). Come evidenziato in Fig. 8 le stazioni costiere oggetto dell'indagine – e potenzialmente interessate alla coltura del mango – ricadono esclusivamente nella fascia dell'*Inframediterraneo* ($T_{med.\ annua}$ ≥18 °C), sia nella fascia tirrenica che ionica. Sotto l'aspetto pluviometrico il territorio va preminentemente riferito all'ombrotipo *secco* ($P_{med.\ annua}$ 350-600 mm: Simeto, Catania, Siracusa, Capo S. Vito, Termini imerese), nonché *subumido* ($P_{med.\ annua}$ ≥ 600mm: Capo D'Orlando, Palermo, Milazzo, Cefalù ed Acireale).

3.2 TENERIFE

L'ICIA (*Instituto Canario de Investigaciones Agrarias)* di Tenerife costituisce uno dei più importanti centri di ricerca del mondo sul mango, impegnato da vari decenni nell'introduzione, miglioramento e valorizzazione di colture tropicali e subtropicali nelle Isole Canarie. I campi sperimentali sono dislocati in tutta l'Isola di Tenerife, oltre che in quella di Las Palmas de Gran Canaria, svolgendovi diverse linee di ricerca; infatti, dispone di differenti collezioni varietali di specie tropicali e subtropicali qui introdotte e sperimentate, quali la papaya (*Carica papaya* L.), l'avocado (*Persea americana* Mill.), l'ananas [*Ananas comosus* (L.) Merr.], il platano delle Canarie (*Musa acuminata* Colla), nonché il mango e altre specie minori.

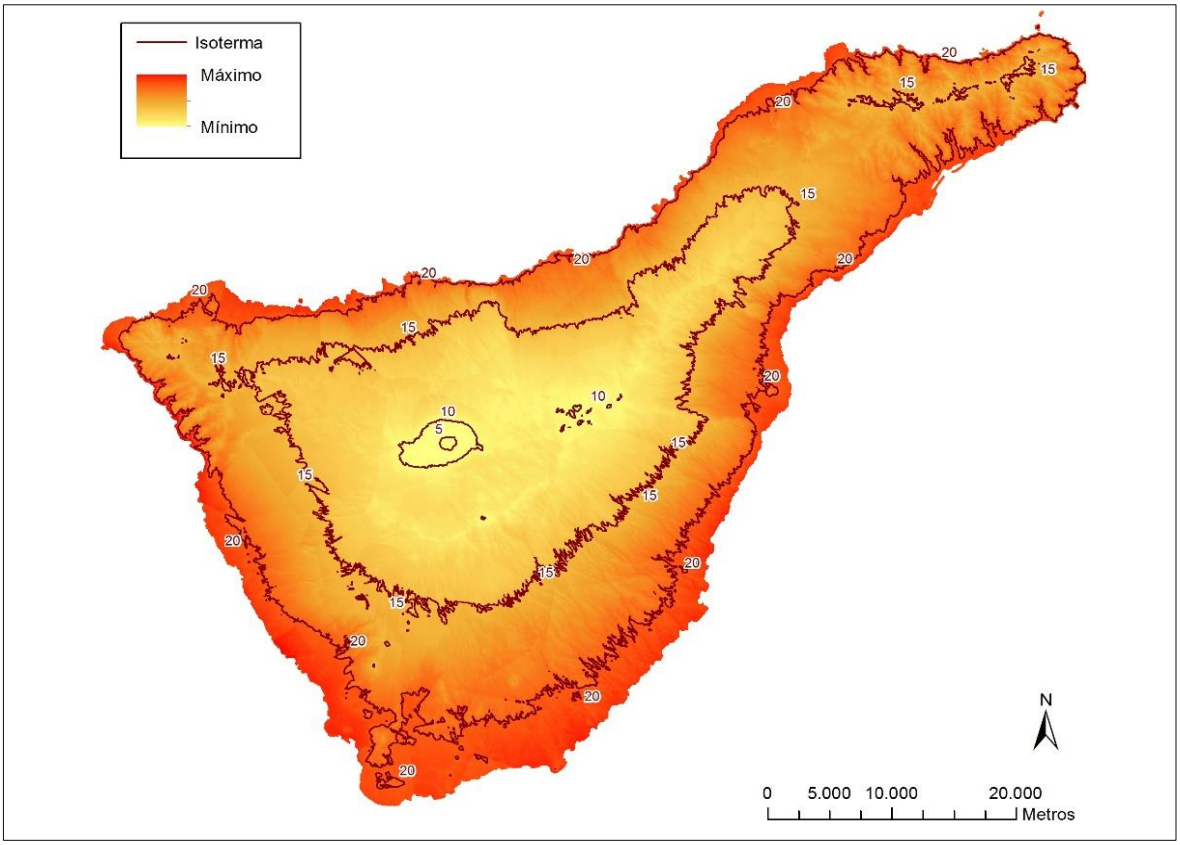

Fig. 9 – Carta delle temperature medie annue di Tenerife (Isole Canarie, Spagna).

A Tenerife è presente la più grande collezione varietale di mango provenienti da tutto il mondo (Galán Saùco *et a*l., 2009); in particolare come evidenziato nel sito dell'ICIA (https://www.icia.es) nei campi sperimentali di Cueva del Polvo vengono censite 93 varietà ascrivibili a *Mangifera indica*, oltre a diverse specie affini del genere *Mangifera* (*M. casturi* Kosterm., *M. foetida* Lour., *M. laurina* Blume, *M. odorata* Griff., *Mangifera pajang* Kosterm., *Mangifera zeylanica* (Blume) Hook.f.) (Mukherjee *et al*., 1985).

Sulla base di dati dell'ISTAC (*Instituto Canario de Estatistica*) nel 2018 nell'intero Arcipelago delle Canarie sono presenti circa 443 ettari di mango, di cui 127 ha nell'Isola di Tenerife, 18 dei quali in serra; si tratta di una superficie coltivata inferiore a quella della Sicilia, ma in ogni caso notevole, considerata peraltro l'estensione dell'isola, pari a circa 1/12 della stessa Sicilia.

L'area in oggetto si localizza lungo la fascia strettamente costiera dell'isola, a quote comprese entro 350-400 m s.l.m., con due distinti areali, rispettivamente ubicati il primo lungo il versante settentrionale ed il secondo nella parte meridionale ed orientale del territorio insulare (Fig. 9).

3.2.1 Lineamenti fisiografici, geolitologici e pedologici

Tenerife (2.034,38 km²) è la più grande isola dell'Arcipelago delle Canarie – a sua volta localizzato nell'oceano Atlantico – dentro il quale occupa una posizione centrale. L'isola si trova a 28° 35' 35" di latitudine N (Roque de Afuera), 27° 59' 59" di latitudine S (Punta Salema), 16° 5' 27" di longitudine E (Punta de Anaga) e 16° 55' 4" di longitudine E (Punta de Teno). È di forma più o meno triangolare, caratterizzandosi per diversi tipi di edifici vulcanici, strutturata attraverso una catena di rilievi che attraversa l'isola da Nord-Est a Sud-Ovest, nel cui ambito svetta il Teide che, con i suoi 3.718 m s.l.m., rappresenta la cima più elevata dell'Arcipelago. Lungo i versanti meridionali e settentrionali il perimetro dell'isola è solcato da profondi ed impressionanti anfratti torrentizi, denominati "barrancos".

Le coste si presentano generalmente aspre e ripide, le cui ampie diversificazioni morfologiche sono conseguenza della variabilità litologica e strutturale delle formazioni vulcaniche, più o meno antiche. Coste basse si alternano a piccole spiagge di sabbia vulcanica e scogliere laviche nonché a promontori. In generale la costa settentrionale tende ad essere più ripida e ricca di scogliere, dove il mare in tempesta porta ad infrangere le onde.

La rete idrografica di Tenerife, data la morfologia dell'isola, evidenzia una chiara tendenza radiale, costituita da numerosi torrenti caratterizzanti spesso profonde forre ("barrancos"), nel cui ambito l'acqua scorre con una certa intensità soltanto durante i periodi di pioggia abbondanti. La ripidità e la pendenza sono condizionate dall'età e dall'erodibilità delle formazioni vulcaniche che attraversano; l'impressionante profondità che talora raggiungono nei substrati più antichi, prova l'esistenza di cicli di precipitazioni più elevate rispetto a quelle odierne. Gli stessi flussi idrici hanno visto a loro volta diminuire nel tempo la loro attività a causa dello sfruttamento e del conseguente esaurimento delle stesse sorgenti naturali.

3.2.2 Clima e inquadramento bioclimatico

Tenerife è un'isola dai grandi contrasti climatici, i quali hanno favorito la straordinaria biodiversità floristica e naturalistica che le è riconosciuta. Le nuvole che circondano l'isola segnano i limiti inferiori dell'inversione termica; essa risulta evidente nelle giornate più limpide, consentendo appunto di rilevare i paesaggi più brulli nella parte soprastante delle montagne più elevate dell'isola, mentre la parte bassa del territorio risulta in parte notevolmente lussureggiante; e ciò soprattutto sul versante settentrionale dell'area insulare.

La climatologia locale è in parte influenzata dall'arrivo occasionale di venti caldi, saturi di polveri sottili provenienti dal deserto del Sahara (*calima*), evidenziando appunto la vicinanza geografica dell'Arcipelago al continente africano ed una certa influenza climatica, soprattutto sui versanti meridionali.

L'effetto benefico degli alisei – venti che spirano regolari con costante intensità, appartenenti alla cella di circolazione atmosferica posta nella fascia intertropicale – e la fredda corrente marina che caratterizza le Isole Canarie contribuiscono a mantenere la presenza di un clima temperato di natura oceanica. I due versanti dell'isola determinano pertanto condizioni differenti, con aspetti paesaggistici alquanto mesici, freschi e fertili nella parte nord, i quali contrastano notevolmente con paesaggi siccitosi legati ai versanti meridionali, che riflettono condizioni di aridità talora estrema.

Al fine di pervenire ad una caratterizzazione climatica della fascia costiera dell'Isola di Tenerife in cui risultano distribuiti gli appezzamenti di mango sono stati consultati i dati di 6 stazioni termo-pluviometriche (Adeje, Candelaria, Guimar, Los Silos, Puerto de la Cruz e Santa Cruz).

Temperature

Le 6 stazioni termometriche considerate si localizzano tutte lungo la fascia costiera interessata dalla coltura del mango, appunto comprese fra 6 (Candelaria) e 276 m s.l.m. (Adeje). I dati riportati in Tab. 3 evidenziano come nelle stesse stazioni i valori minimi di temperatura si registrano nei mesi invernali, con le medie delle minime abbastanza stabili in tutte le stazioni, variando tra 15,4 (Adeje e Guimar) e 17,5 °C (Candelaria e Santa Cruz); rispetto alla Sicilia – la cui media delle minime è compresa tra 10,5 e 15,7 °C – si tratta di valori più alti. I valori massimi di temperatura si rilevano durante i mesi estivi, con le medie delle massime più elevate nella stazione di Candelaria (24,3 °C), cui seguono Puerto de La Cruz (23,4 °C), quindi Los Silos (23,1 °C); il valore più basso si registra a Santa Cruz (20,9 °C). L'intervallo medio annuo delle temperature diurne è alquanto omogeneo in tutte le stazioni, variando tra un minimo di 18,9 °C (Guimar ed Adeje), ed un massimo di 20,9 °C (Candelaria); per le massime in Sicilia risultano valori più o meno simili.

L'escursione termica media annua – ovvero la differenza tra la media delle massime e quella delle minime – registra il minimo a Santa Cruz (3,4 °C) ed il massimo a Guimar ed Adeje (7 °C); in Sicilia invece è molto diversa variando tra 5,5 e 13,1 °C. Un aspetto importante da evidenziare è che le minime assolute non scendono mai al di sotto di 0°, come

invece si verifica in Sicilia e talora anche sulla costa; e ciò con notevoli impatti sulla fisiologia delle piante.

Precipitazioni

Le stazioni pluviometriche prese in rassegna (Tab. 4) evidenziano come la media annua delle precipitazioni è molto più bassa rispetto alla Sicilia, variando tra 266 e 361 mm, mentre in Sicilia non scende mai sotto i 530,2 mm; tuttavia in entrambi i casi, la coltura necessita di interventi irrigui, per un fabbisogno della coltura di 80 mc/ha.

Sulla base delle elaborazioni dei dati termopluviometrici registrati e della classificazione di Rivas-Martínez *et al*. (1993), il territorio dell'Isola di Tenerife è ripartito all'interno di 5 differenti piani bioclimatici. In particolare, le stazioni costiere oggetto dell'indagine – e potenzialmente interessate alla coltura del mango – ricadono nella fascia dell'*Inframediterraneo*, con ombrotipo variabile fra il desertico arido superiore e lo xerofitico semiarido inferiore.

Tab. 3 – Temperature medie annue (in °C) massime, minime, diurne, escursioni giornaliere, massime e minime assolute rilevate in 6 stazioni termometriche ricadenti nel territorio in cui si sviluppa la coltura del mango a Tenerife (Isole Canarie).

Stazione	m s.l.m.	Massime	Minime	Diurne	Escursione
Adeje	279,0	22,4	15,4	18,9	7,0
Candelaria	6,0	24,3	17,4	20,9	6,9
Guimar	277,0	22,4	15,4	18,9	7,0
Los Silos	144,0	23,1	16,3	19,6	6,8
Puerto de la Cruz	119,0	23,4	16,5	19,9	6,9
Santa Cruz	30,0	20,9	17,5	20,3	3,4

Tab. 4 – Medie mensili ed annuali delle precipitazioni (mm) registrate in stazioni pluviometriche distribuite a Tenerife (periodo 1926-1985) (Duro *et al*., 1996).

Stazione	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	TOTALE
Adeje	54,0	42,0	37,0	18,0	8,0	3,0	1,0	1,0	7,0	35,0	65,0	72,0	**343,0**
Candelaria	44,0	37,0	28,0	13,0	4,0	2,0	0,0	0,0	4,0	29,0	50,0	57,0	**268,0**
Guimar	57,0	45,0	40,0	20,0	9,0	4,0	1,0	1,0	7,0	37,0	67,0	73,0	**361,0**
Los Silos	54,0	43,0	36,0	18,0	8,0	3,0	0,0	1,0	6,0	35,0	64,0	71,0	**339,0**
Puerto de la Cruz	52,0	43,0	35,0	17,0	7,0	3,0	0,0	1,0	6,0	34,0	61,0	68,0	**327,0**
Santa Cruz	44,0	38,0	28,0	13,0	4,0	2,0	0,0	0,0	3,0	29,0	49,0	56,0	**266,0**

4. IPOTESI SCIENTIFICA E OBIETTIVI

I meccanismi di crescita dei frutti sono determinati da eventi biochimici e biofisici che permettono l'accumulo di acqua e sostanza secca nei tessuti. L'ottenimento di un prodotto qualitativamente elevato è strettamente legato alla conoscenza puntuale delle dinamiche di sviluppo della pianta durante le diverse fasi dell'anno, dallo sviluppo delle infiorescenze alla maturazione del frutto, in relazione alle caratteristiche genetiche delle differenti varietà ma anche e soprattutto alle condizioni ambientali dell'areale di coltivazione. Proprio questi fattori potrebbero determinare un comportamento vegeto-produttivo assai diverso, in relazione alle caratteristiche micro- e macro-climatiche dell'area interessata dalla coltura e una risposta cultivar-dipendente.

Gli impatti dei cambiamenti climatici hanno suscitato un crescente interesse per l'evoluzione delle fenofasi delle colture da frutto tropicali in nuove zone di coltivazione. I meccanismi di risposta della pianta alle variabili ambientali potrebbero essere differenti rispetto a quanto osservato nelle zone di origine del mango. Una loro conoscenza permetterà di valutare la potenzialità di differenti cultivar di mango in contesti microclimatici non tropicali, determinando l'idoneità alla coltivazione oltre il limite attuale di adattamento geografico e definendo possibili accorgimenti per una corretta gestione della pianta nel suo microclima.

Lo studio della fenologia in condizioni climatiche diverse da quelle tropicali potrebbe quindi fare comprendere l'influenza delle dinamiche ambientali sulle differenti fasi vegetative, ma anche il loro impatto diretto sulla resa e sulla qualità dei frutti. Il monitoraggio dell'evoluzione della crescita dei frutti delle diverse cultivar di mango (Fig. 10-11), anche attraverso l'utilizzo di sistemi di misurazione in continuo (Fig. 12), potrà fornire informazioni dettagliate dalle quali potranno essere elaborati modelli di sviluppo del frutto, utili a identificare e valorizzarne l'epoca di raccolta.

Il rilevamento di dati sulle caratteristiche vegetative delle piante in coltura, combinate con la fenologia e la fisiologia della crescita del frutto, nonché sulle variazioni delle qualità organolettiche in post-raccolta, consentirà di definire una valutazione della potenzialità delle diverse cultivar analizzate nel contesto climatico di riferimento (Fig. 13). Lo studio delle correlazioni fra l'evoluzione del processo di maturazione dei frutti ed i parametri ambientali, proseguite nella fase post-raccolta, consentirà di definire eventuali effetti sulle caratteristiche fisico-chimiche e la successiva *shelf-life* dei frutti, nell'ottica di poterne valutare la variazione dei parametri qualitativi delle cultivar in esame.

Fig. 10 – Frutti di diverse varietà di mango coltivati a Tenerife.

Fig. 11 – Frutti della cv *Osteen*.

Fig. 12 – Applicazione di un fruttometro.

Fig. 13 – Campo sperimentale presso Caronia (ME).

La definizione degli indici di raccolta in funzione della qualità al consumo e delle modalità di conservazione di questi frutti consentirà di poter individuare tempi e modi ottimali di raccolta, anche in relazione alla destinazione commerciale; ciò al fine di preservare le caratteristiche fisico-chimiche del frutto, limitandone i processi biochimici di degradazione.

Altri presupposti dello studio sono determinati dalla stessa assenza di dati scientifici sulla fisiologia e fenologia della coltura in ambiente mediterraneo, data la sua recentissima introduzione, rispetto agli areali tropicali, dove invece la specie è affermata da tempo.

5. FENOLOGIA E FISIOLOGIA

Gli aspetti che concernono lo sviluppo e l'accrescimento delle piante di mango sono strettamente connessi al clima (Léchaudel *et al*., 2007). Oggi questa specie viene coltivata in diversi biomi, dal subtropicale (umido) al deserto tropicale, dal tropicale secco alla foresta pluviale tropicale (Bally *et al*., 2009; Briceño *et al.*, 2005; Davenport *et al*., 2003). I fabbisogni termici della specie sono elevati, ai fini di un perfetto metabolismo e di una buona capacità vegetativa e produttiva (Calabrese, 1993).

In grandi paesi come il Brasile e l'India, è una specie spontanea in vaste aree, consentendo in tal modo una produzione costante durante differenti stagioni, con una disponibilità commerciale dei frutti quasi tutto l'anno (Galán Saùco & Lu, 2018). Il cambiamento climatico sta avendo impatti diversi sulla produzione di mango in diverse aree (Galán Saúco & Farré, 2009), confermato dal fatto che alcune zone precedentemente adatte alla coltivazione della specie divengono gradualmente improduttive, mentre altre aree stanno diventando idonee alla coltura di differenti varietà (Sthapit *et al.,* 2012). Oggi infatti si osserva una diffusione a macchia d'olio della specie, ivi comprese anche particolari aree dove la specie era considerata termicamente inadeguata (Galán Saúco & Hormaza, 2009).

Alcuni autori sostenevano in passato come la pianta fosse in grado di svilupparsi in zone con temperatura media del mese più freddo non inferiore ai 15 °C (Ochse *et al.*, 1965), con temperature ottimali di accrescimento comprese tra i 24 e i 33 °C nella fase critica della fioritura (Puresglove, 1968; Chachko, 1986). Si è invece visto come lo sviluppo della specie, con opportuni accorgimenti, possa essere introdotta anche in zone dove le temperature dei mesi più freddi sono inferiori, anche di 11-12 °C, come ad esempio nella zona di Malaga, a sud della Spagna (Crespo *et al*., 2016; Durán Zuazo *et al*., 2006), ma anche in Sicilia.

È noto che le fasi fenologiche del mango tra l'ambiente tropicale e il subtropicale sono nettamente differenti (Galàn Saùco, 2009). In contrasto con il ciclo fenologico descritto per le condizioni subtropicali, gli alberi di mango nelle zone tropicali presentano un modello di crescita asincrono (Ramírez & Davenport, 2010; Rajan *et al.,* 2011). Infatti, in climi con stagioni ben definite è possibile osservare una separazione netta fra la fase vegetativa, di latenza e riproduttiva (Galán-Saúco, 1999). In questi ambienti, i germogli seguono una fase di sviluppo "sincrona", data dall'attività discontinua dei meristemi apicali, e un successivo periodo di latenza seguito da un nuovo accrescimento vegetativo e/o degli iniziali fiorali (Ramírez & Davenport, 2010; Léchaudel & Joas, 2007).

L'effetto della temperatura sulla fioritura è quindi più evidente in condizioni subtropicali rispetto alle zone tropicali (Davenport, 2009; Mouco *et al*., 2011). Reece *et al.* (1949) hanno inoltre evidenziato come essa può essere influenzata in minor misura dallo stress idrico. Questo avviene soprattutto ai tropici, dove alte temperature non consentono un arresto vegetativo e si interviene portando le piante sotto stress per stimolarne l'induzione fiorale (Núñez-Elisea & Davenport, 1994). Infatti, è stato evidenziato da diversi autori, come temperature medie minime autunnali di circa 15 °C consentono l'induzione fiorale in tutti i rami contemporaneamente, indipendentemente dalle condizioni di stress, esercitando un controllo sulla fase vegetativa della pianta (Beal & Newman, 1986; Núñez-Elisea & Davenport, 1995; Pal *et al.*, 1998). Nonostante tale effetto positivo delle basse temperature sull'induzione fiorale, Taylor e Rowley (1971) hanno notato come le temperature al di sotto dei 10 °C per un periodo prolungato possono causare inibizione della fotosintesi e foto-ossidazione della clorofilla o un incremento degli ovari abortiti (Issarakraisila *et al.*, 1992).

Whiley e Schaffers (1997) segnalano come siano più resistenti alle basse temperature le varietà monoembrioniche a discapito di quelle poliembrioniche, in relazione ad una maggiore variabilità genetica. Una presenza ed alternanza di basse ed alte temperature tra il giorno e la notte (18/10 °C giorno/notte) può comportare una induzione della fioritura dell'80% dei germogli apicali, indipendentemente dal periodo dell'anno (Núñez-Elisea & Davenport, 1991).

Viene altresì rilevato come, rispetto alla media di altri fruttiferi, l'intervallo fra la differenziazione fiorale e l'emissione della pannocchia è ristretto rispetto alla media di altri fruttiferi, ossia di circa 29 giorni (Goguey *et al.*, 1997). Se non vi è una separazione netta tra le diverse stagioni non si ha "sincronìa" e le fasi risultano parzialmente sovrapposte, come riscontrato in ambienti tropicali ("asincronìa") (Verheij, 1986).

In condizioni tropicali, infatti si possono rinvenire nello stesso momento in diverse porzioni della chioma fiori, frutti e germogli in riposo vegetativo (Davenport & Núñez-Elisea, 1997; Goguey, 1997; Galán-Saúco, 2009; Davenport, 2009).

La temperatura è un fattore importante per la crescita e lo sviluppo del mango (Fig. 14); il freddo è un fattore limitante, tanto che temperature inferiori a 6 °C possono provocare la morte delle piante (Campbell & Campbell, 2006). Viene indicato come il limite estremo di tolleranza al freddo del mango sia – 6 °C, per quanto già a 0°C si registrano danni ai germogli, mentre di 40-50 °C è il *range* di tolleranza massima della specie, ma con 48 °C si evidenziano danni evidenti alla fruttificazione (Calabrese, 1993). In Sud Africa il *range* di temperatura ideale nelle fasi critiche di sviluppo è compreso fra i 27 e i 36 °C.

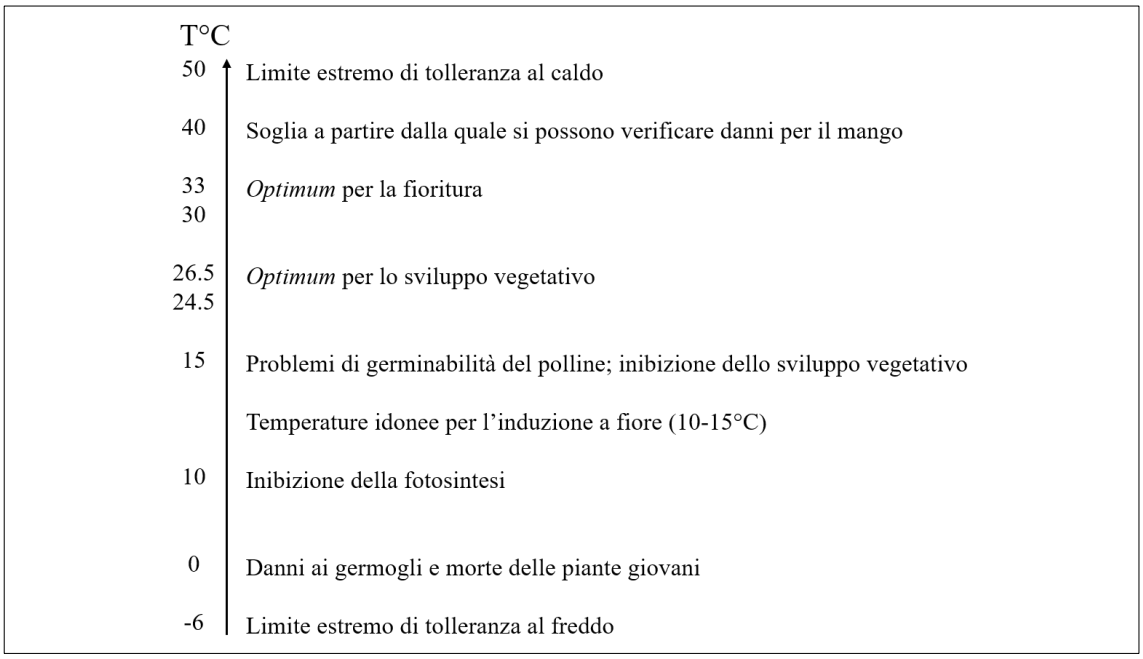

Fig. 14 – Effetto delle temperature sul mango (da Galán Saúco, 2009, modif.).

In merito alle esigenze idriche, Schaffer (1994) indicano il mango come una pianta tollerante alla siccità, ed altri autori (Singh e Jawanda, 1961; Chachko, 1986; Whiley, 1986) mostrano come uno stress idrico contenuto sia il fattore ambientale responsabile della sincronia e intensità di fioritura in climi subtropicali (Fig. 15). Diversi autori riportano come un quantitativo di pioggia annuale pari a 700 mm annui uniformemente distribuita con una fase secca in prefioritura sia ideale per lo sviluppo della pianta, anche se è in grado di adattarsi a diversi microclimi (250-2500 mm) (Calabrese *et al*., 2007). I venti, soprattutto quelli caldi, hanno un'influenza negativa durante il periodo di fioritura, causando la cascola dei fiori (Galán Saúco, 1990). A questo proposito, è da segnalare l'importanza della presenza di frangivento (Fig. 16) in zone particolarmente esposte, nell'ottica di limitare danni durante la fase riproduttiva e quella di allegagione.

5.1 APPLICAZIONE DEGLI STUDI FENOLOGICI

Gli studi fenologici sono importanti per comprendere l'influenza delle dinamiche climatiche sulla crescita vegetativa, sulla fioritura e sulla fruttificazione (Rajan *et al*., 2011), sia per la grande importanza economica che esse hanno, sia per un impatto diretto sulla resa finale dei frutti (Kushwaha & Singh, 2008). Lo studio della fenologia permette previsioni dell'impatto di eventi meteorologici sulla coltura e di definire strategie di coltivazione opportune, individuando le varietà più adatte a determinati climi. Per descrivere le fasi

fenologiche del mango in ambiente tropicale e subtropicale, vengono utilizzate le scale BBCH (*Biologische Bundesantalt, Bunessortenamt und Chemische Industrie*), al fine di confrontare oggettivamente i differenti areali di coltivazione (Rajan *et al.*, 2011). Lo studio degli eventi che caratterizzano lo sviluppo biologico del mango – come l'emissione e lo sviluppo dei germogli o le diverse fasi della fioritura – rappresenta un importante strumento conoscitivo per la sua introduzione in nuovi areali, nonché alla relativa gestione agronomica.

Prima degli anni '90 non esisteva una codificazione standardizzata di queste fasi di sviluppo fenologico (Galán Saúco, 2009). Era di largo utilizzo la scala di Fleckinger, che si basava su combinazioni alfanumeriche che descrivevano esclusivamente lo sviluppo delle infiorescenze (Fleckinger, 1948). Dagli anni '70, Aubert e Lossois prima e Oosthuyse poi, proposero scale basate rispettivamente su lettere e numeri, le quali descrivevano le fasi che vanno dallo sviluppo dei germogli alla fioritura (Hernández Delgado *et al.*, 2011).

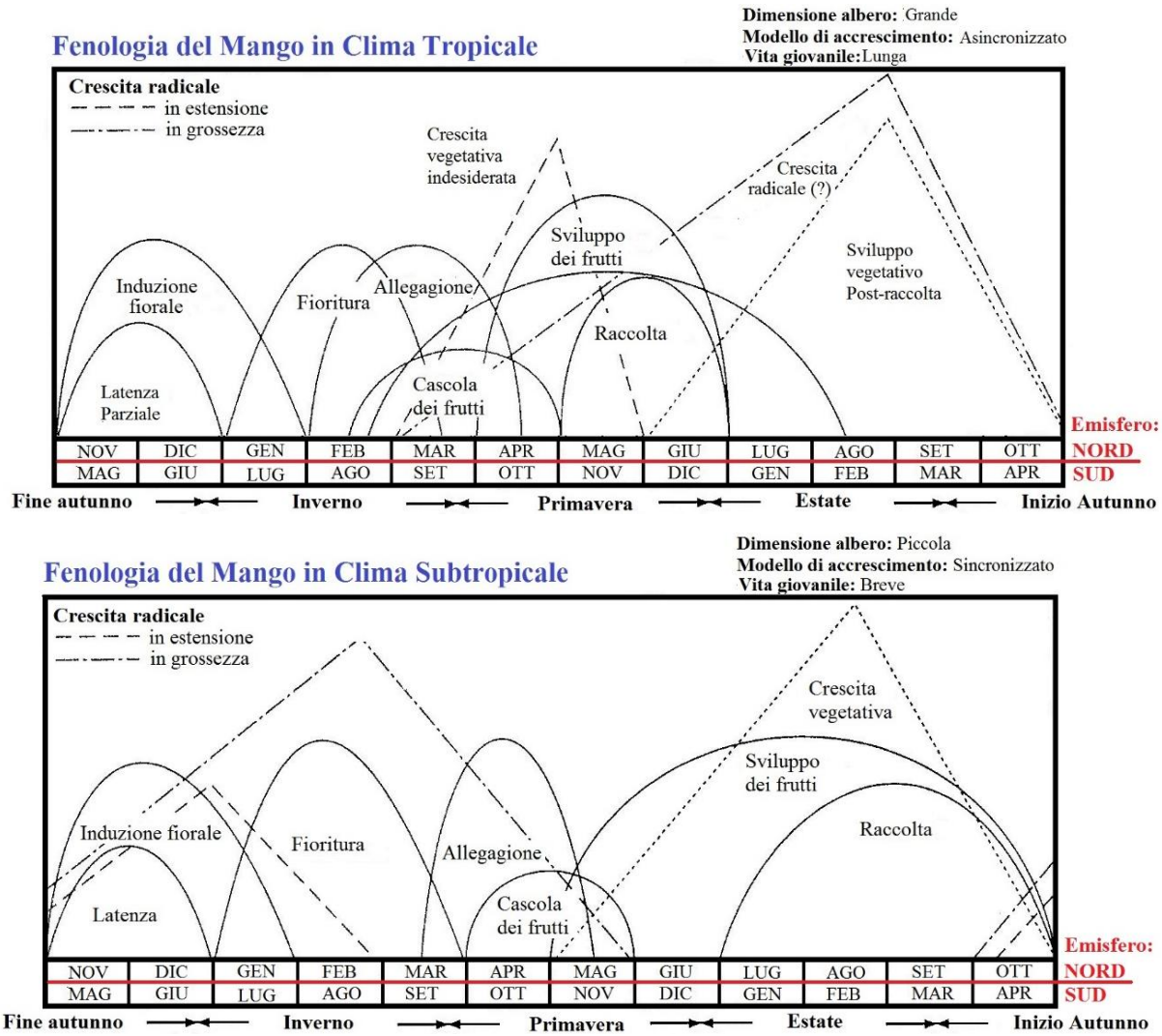

Fig. 15 – Fasi fenologiche del mango in zone a clima tropicale e subtropicale (da Galán Saúco, 2009, modif.).

La scala BBCH proposta da Bleiholder *et al.* (1989) - e successivamente nella sua versione estesa da Hack *et al.* (1992) - è un sistema utile ad uniformare la classificazione degli stadi fenologici di specie sia mono- che dicotiledoni e si basa su un sistema decimale a tre cifre che descrive sia la fase vegetativa che quella riproduttiva.

Per lo studio della fenologia del mango è stata elaborata da Hernández Delgado *et al.* (2011) una scala specifica (Fig. 17) che si serve di sette delle dieci fasi complessive della scala estesa, ritenuta più completa rispetto quella proposta da Aubert e Lossois (1872); essa descrive, la comparsa di germogli e infiorescenze, nonché delle gemme, delle foglie e delle infiorescenze. Nello specifico:

- tre fasi riguardano lo sviluppo vegetativo [*fase 0*) la comparsa delle gemme; *fase 1*) lo sviluppo delle foglie e dei germogli; *fase 3*) allungamento dei germogli];
- due la fioritura [*fase 5*) l'emergenza delle infiorescenze e lo sviluppo fiorale; *fase 6*) la fioritura];
- due riguardano la fruttificazione [*fase 7*) sviluppo del frutto; *fase 8*) maturazione del frutto].

Le fasi 4 e 9, rispettivamente relative alla raccolta di parti vegetative e alla senescenza, non sono incluse in quanto non interessano il mango. Ogni fase di crescita principale è stata quindi classificata in fasi secondarie che descrivono intervalli di sviluppo più brevi nella fase di crescita principale, rappresentate dalla seconda cifra e numerati da 0 a *n*. Infine, la terza

Fig. 16 – Frangivento con cipressi e reti ombreggianti presso l'azienda Cupitur (Caronia, Messina).

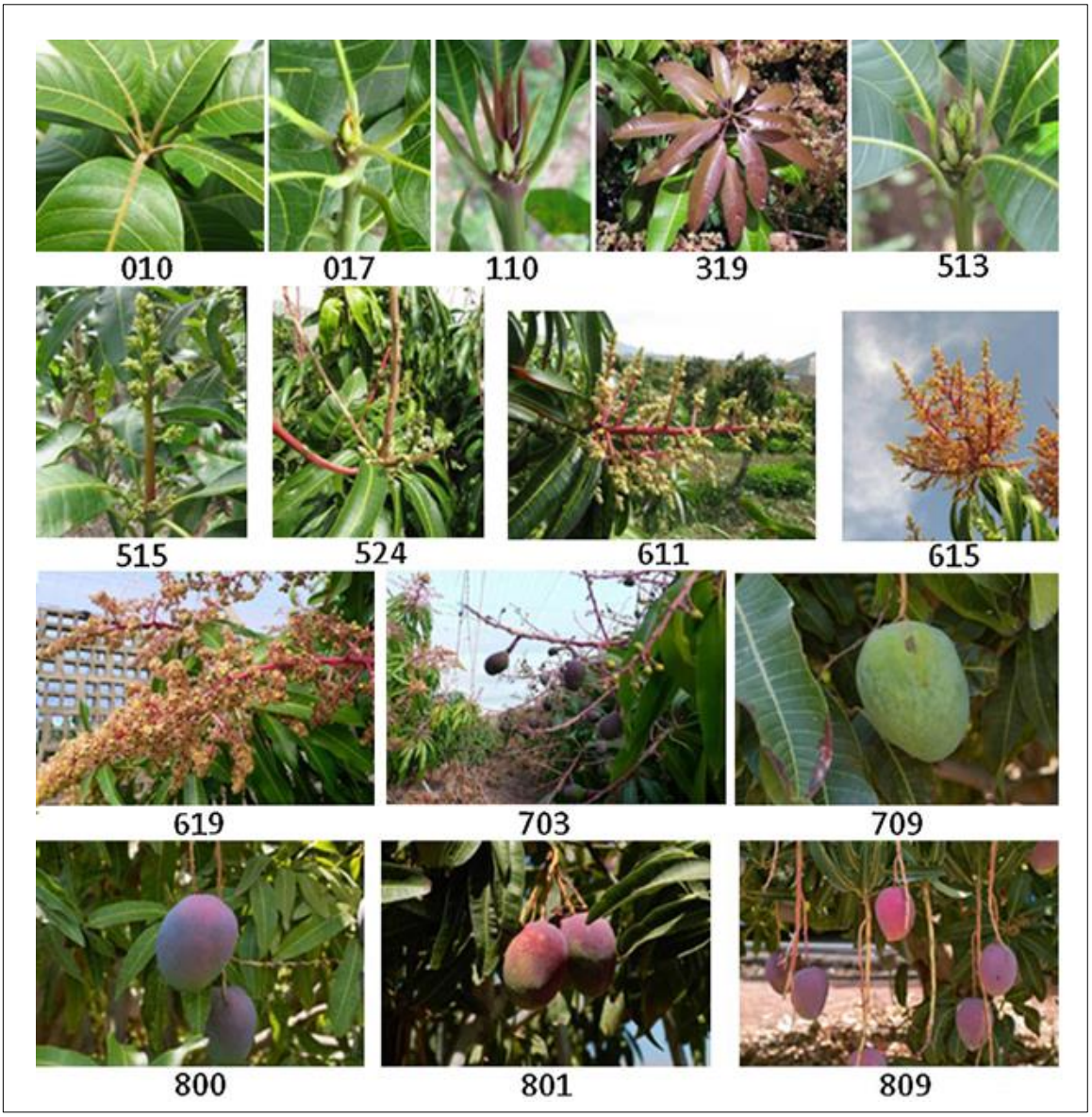

Fig. 17 – Scala BBCH elaborata da Hernández Delgado *et al.*, (2014).

cifra del codice descrive le relative percentuali di sviluppo di gemme, foglie, germogli, infiorescenze e frutti e sono numerate da 0 a 9.

Le fasi di crescita salienti alle quali è assegnato uno specifico codice a tre cifre sono così descritte (Fig. 17):

Sviluppo delle gemme:

−010 dormienza: le gemme fogliari sono coperte da scaglie verdi o brune;

−017 fase iniziale dell'apertura delle gemme: sono appena visibili le punte delle giovani foglie dal colore verde chiaro o ramato;

Sviluppo delle foglie:

−110 foglie sono visibili al di sopra delle delle gemme per più di 10 mm;

Sviluppo dei germogli:

−319 sviluppo del germoglio al 90% della lunghezza finale;

Emergenza delle infiorescenze:

−513 germogliamento: primordi fiorali visibili, inizio dello sviluppo delle infiorescenze;

−515 i fiori sono distinguibili, gli assi secondari della pannocchia iniziano ad allungarsi;

−524 le pannocchie iniziano ad allungarsi. Nelle pannocchie miste sono visibili le foglie;

Fioritura:

−611 inizio della fioritura: il 10% dei fiori sulla pannocchia sono aperti;

−615 piena fioritura: più del 50% dei fiori sulla pannocchia sono aperti;

−619 fine della fioritura. Cascola dei petali, ormai secchi. Allegagione;

Sviluppo dei frutti:

−703 frutti al 30% della dimensione finale. Fine della cascola fisiologica dei frutti;

−709 frutti della dimensione standard relativamente alla cultivar. Mesocarpo di colore verde;

Maturazione dei frutti:

−800 maturazione fisiologica: frutti completamente sviluppati. Mesocarpo di colore giallo pallido;

−801 inizio del viraggio (epicarpo);

−809 colore del frutto completamente sviluppato. Frutti pronti per il consumo. Giusta consistenza. Inizio della senescenza.

Le problematiche riguardanti l'applicazione della scala BBCH nel mango fino ad oggi riscontrate, e messe in luce da Rajan *et al.* (2011), riguardano la difficoltà nell'assegnare il corretto codice a stadi fenologici non distinguibili con estrema precisione. Infatti gli stadi sono morfologicamente e visivamente molto simili tra loro, ma differenti a livello di sviluppo (es. 010 e 510), considerando inoltre che le osservazioni dipendono in parte anche dalla precisione del soggetto che utilizza la scala.

Ad oggi, mancano degli studi relativi all'applicazione di tale scala sul mango in ambiente mediterraneo.

5.2 FIORITURA

Il mango è una pianta monoica ma poligama, produce due tipi di fiori ermafroditi e staminiferi, questi ultimi di solito in numero superiore rispetto ai primi (Fig. 18).

La percentuale dei fiori ermafroditi varia in funzione della cultivar, delle condizioni di coltivazione, del clima, della posizione nella pianta, dell'epoca di emissione dei fiori e della produttività della pianta stessa (Pimentel *et al.*, 1984, Hernández Delgado *et al.*, 2011). Il rapporto tra i fiori perfetti e staminiferi varia anch'esso con la cultivar, ma di solito è minore del 50% (Davenport & Núñez-Elisea, 1997) e può influenzare l'allegagione e la produttività (Singh & Singh, 1959; Singh, 1960).

La punta verticale finale della pannocchia è composta quasi esclusivamente da fiori perfetti. Sholefield & Oag (1984) hanno stimato che un frutto maturo viene raccolto ogni 169 fiori perfetti nella metà distale della pannocchia, mentre 592 fiori perfetti sono tenuti a produrre un frutto nella metà prossimale. Un aspetto di cui tener conto nei climi più freddi per la specie è il frequente fenomeno dell'aborto dell'embrione; esso è determinato da basse temperature che si verificano durante la fioritura.

In particolare, come già evidenziato temperature al di sotto dei 14-15 °C non sono sufficienti a garantire un regolare svolgimento dei processi di germinazione del polline, l'allungamento del tubetto pollinico, e quindi la fecondazione e lo sviluppo completo dell'embrione. A Tenerife, una tecnica colturale utilizzata nelle zone più fredde dell'isola volta a contrastare questo fenomeno, consiste nell'eliminare le pannocchie della prima fioritura (dicembre-marzo), così da indurre le piante a emetterle di nuovo in un momento successivo (aprile-maggio), quando appunto le temperature sono più favorevoli.

Questa stessa tecnica colturale potrebbe probabilmente trovare una possibile ed utile applicazione anche in Sicilia, considerate appunto le condizioni climatiche più fredde del nostro territorio. Infatti, la piena fioritura si raggiunge a cavallo tra maggio e giugno (De Michele *et al.*, 2005); tuttavia, sulla base delle osservazioni personali effettuate durante le attività di campionamento nell'area di indagine, essa può verificarsi già dal mese di marzo (es. nelle cultivars *Irwin* e *Glenn*), con fioriture straordinarie anche nei due mesi precedenti. In questi casi, al verificarsi di basse temperature e gelate tardive, si potrebbe verificare la presenza di frutti abortiti e pertanto sperimentare anche qui l'emissione di seconde fioriture basali, attraverso l'asportazione delle pannocchie primarie (Calabrese, 1993).

Per verificare l'eventuale aborto dell'embrione è necessario effettuare un taglio a metà dei frutticini appena allegati, prelevati da diverse infiorescenze.

Fig. 18 – Particolari dell'infiorescenza e fiori di mango; a) infiorescenza mista della cultivar *Keitt* (si distinguono le foglie sul rachide); b) dettaglio della parte apicale dell'infiorescenza; c) primo piano di fiori, rispettivamente, maschile (a sinistra) ed ermafrodita (a destra).

Il taglio, effettuato con un coltello da innesto, consente di verificare la presenza o meno del seme; infatti, se il frutto è vuoto è evidentemente abortito. Il punto di taglio dell'infiorescenza principale dev'essere però effettuato alla base della pannocchia, sopra il nodo terminale delle foglie, evitando di asportare totalmente il rachide; ciò favorisce l'emissione di seconde fioriture le quali – anche se un po' ritardate e con frutti di pezzatura relativamente inferiore – garantiscono comunque il recupero della produzione.

Il periodo della fioritura del mango è alquanto variabile nelle diverse regioni del mondo, influenzato principalmente dalle condizioni climatiche locali dei siti, nonché in funzione delle stesse varietà coltivate. Nell'emisfero settentrionale le gemme a fiore cominciano a differenziarsi tra ottobre e novembre, con fioritura tra gennaio e marzo mentre nell'emisfero meridionale la fioritura si ha generalmente tra luglio ed agosto, con la differenziazione a fiore delle gemme che avviene tra aprile e maggio.

Il polline del mango ha una dimensione tra i 25 e 30 μ, con un tasso di fertilità elevata (tra il 93-99%); germina 1-2 ore dopo la sua adesione allo stigma. I fiori di mango

solitamente iniziano tra la notte e l'inizio del giorno, raggiungendo la massima apertura intorno alle 11 della mattina. In generale l'impollinazione si verifica verso mezzogiorno (Mallik, 1957; Randhawa & Damodaran, 1961); il pistillo è tuttavia recettivo dalla sera prima dell'antesi sino ai due giorni seguenti (Calabrese *et al.,* 1993), con optimum entro 3 ore dall'antesi (Robbertse *et al.,* 1994). La germinazione del polline si verifica generalmente entro 90 minuti dalla deposizione, sebbene la percentuale di germinazione è relativamente bassa, con la fecondazione dell'ovulo che si verifica entro 48-72 ore (Singh, 1961; Ram *et al.,* 1976).

L'impollinazione del mango è essenzialmente entomofila, anche se la specie è autofertile, e di conseguenza è possibile la produzione di frutti senza impollinazione incrociata. Tuttavia, la presenza di insetti pronubi aumenta notevolmente la percentuale di allegagione; tra questi figurano la mosca comune, l'ape domestica e i tripidi, ed altri insetti anche se in misura minore (Iyer & Schnell, 2009).

La caduta di frutticini è spesso associata all'aborto dell'embrione (Ram *et al.,* 1976) ed è indicata come stenostermocarpia (Soule, 1985), che è insolita nel mango ma si verifica regolarmente in alcune cultivar (Núñez-Elisea & Davenport, 1983; Whiley *et al.,* 1988). Questi frutti hanno tassi di crescita più lenti rispetto ai frutti normali e generalmente diventano deformi e non riescono a raggiungere la dimensione completa, o cadono prima del pieno sviluppo, dopo una persistenza in pianta anche di 80 giorni. Come accennato in precedenza, la stenostermocarpia in alcune cultivar è correlata a basse temperature che si verificano durante la fioritura (Schaffer, 1994). Anche la presenza di alte temperature può portare ad una alta proporzione di frutti stenospermocarpici (Chacko, 1995). L'abscissione di fiori e frutticini si ottiene mediante la rapida formazione di uno strato di separazione nella giunzione del peduncolo (Barnell, 1939).

La maggior parte delle pannocchie perde tutti i frutti (Núñez-Elisea & Davenport, 1983) durante le prime settimane dopo l'antesi (Núñez-Elisea & Davenport, 1983; Prakash & Ram, 1984; Searle *et al.,* 1995). Eccetto la tendenza a trattenere il frutto nella porzione distale delle pannocchie, l'abscissione di fiori e frutti è casuale ed indipendente dalle dimensioni o dalla posizione. In generale la percentuale di allegagione è tra l'8 e il 13%, ma un quantitativo al di sotto dell'1% raggiunge la maturazione. Viene evidenziato da diversi autori (Hartless, 1914; Rao *et al*., 1997; Singh, 1959) come il mango sia una specie alternante, con elevate differenze nelle produzioni tra i diversi anni, per la mancanza di iniziazione fiorale. In qualche cultivar questo fenomeno è più accentuato (Galán Saúco & Lu, 2018).

5.3 FRUTTIFICAZIONE

Il frutto del mango è una grande drupa carnosa contenente un mesocarpo commestibile di spessore variabile che cresce all'estremità di un lungo peduncolo. La polpa è molto profumata, di colore giallo arancio al punto di consumo, gustosa e carnosa, con fibre più o meno abbondanti che si addentrano nel seme e nella polpa stessa in relazione alla varietà (Pinto *et al*., 2002; Rodríguez Pleguezuelo *et al*., 2012). Lo spessore della polpa è variabile a seconda della cultivar, delle condizioni agronomiche e microclimatiche (Jha *et al*., 2006). Il sapore varia a in base alle cultivar (Kader *et al.*, 2008), alcune delle quali posseggono sentore di trementina, con caratteristiche organolettiche gradevoli derivanti da un alto tenore di zuccheri e acidi (Kim *et al*., 2007; Mazzaglia *et al*., 2012). Nel frutto di mango, l'epicarpo e i semi ammontano al 35-60% del peso totale del frutto (Larrauri *et al.*, 1996).

L'endocarpo è un grosso nòcciolo che occupa buona parte del frutto, ha una forma ovoidale-oblunga, circa il 20-40% del frutto intero, ed è ricco di grassi, più o meno filamentoso, raramente tondeggiante, il quale contiene uno o più embrioni. Il peso del frutto può variare dai 200 g ai circa 2 kg (Le Lagadec & Köhne, 2004). L'epicarpo è liscio e coriaceo; inizialmente è di colore verde intenso ma, approssimandosi alla maturazione, assume il colore tipico della cultivar, variando dal verde pallido-giallo all'arancio-rosso, fino al violaceo (Fig. 19). In alcune cultivar l'epicarpo è ricco di lenticelle. Generalmente il mango maturo è dolce, ma il sapore dipende dalla cultivar ed è differente per ognuna, in alcuni casi anche in maniera accentuata. Alcuni frutti hanno consistenza morbida, altri invece una polpa più solida (Kienzle *et al.*, 2011). Il frutto solitamente si acquista acerbo e si conserva a temperatura ambiente, fino a quando non acquisisce la consistenza adeguata al consumo (Sivakumar *et al*.,2011).

La crescita del frutto di mango può essere descritta da una curva di tipo sigmoidale. Il tempo necessario per il completo sviluppo e la maturazione del frutto è diverso a seconda delle varietà. Nelle varietà più precoci sono sufficienti due mesi, nelle varietà di medio periodo la maturazione richiede da tre a tre mesi e mezzo, per quelle più tardive anche quattro-cinque mesi (Galán Saúco & Lu, 2018). Studi sul corso naturale dei cambiamenti metabolici nel corso dello sviluppo del frutto e nelle fasi successive hanno messo in evidenza 4 fasi più o meno ben distinte (Singh, 1960):

- stadio primordiale, comprende i primi 21 giorni dopo la fecondazione.
- stadio dell'adolescenza, dal 21° al 49° giorno.
- stadio di crescita, dal 49° giorno al 77° giorno.
- stadio della senescenza, dal 77° giorno in poi.

Fig. 19 – Aspetti colturali del mango in Sicilia; a) giovani germogli con tipica colorazione bronzata (cv *Osteen*); b) frutti di differenti cultivar; c) impianto di mango presso Acquedolci (ME): d) pianta di *Mangifera indica* tra la fioritura e l'allegagione.

La fase iniziale è contraddistinta da una crescita accelerata del pericarpo, che inizialmente ha una colorazione verdastra, insieme al peso e alle dimensioni finali del seme. Durante la seconda fase, l'intensità della crescita del pericarpo e dei semi diminuisce drasticamente, raggiungendo durante questo periodo un grande indurimento dell'endocarpo. L'embrione inizia e termina la sua crescita o sviluppo definitivo. Durante la fase finale, il pericarpo termina il suo sviluppo, raggiungendo la sua massima crescita e iniziando la maturazione del frutto, con evidenti riduzioni del tasso di crescita, ed aumento dell'accumulo del glucosio (Galán Saúco & Lu, 2018).

Dopo l'allegagione, la caduta dei frutti sembra essere nel mango un fenomeno continuo. La prima cascola, dei fiori e dei frutti durante l'allegagione è molto intensa (più del 90%), e avviene in particolare nei mesi di aprile-maggio (Calabrese *et al.,* 1993).

Solitamente per quanto riguarda la fase di fioritura la cascola dura circa tre settimane e riguarda solitamente i fiori strutturalmente e funzionalmente anormali, fiori ermafroditi non impollinati. La successiva cascola dei frutticini invece è dovuta alla competizione che si ha tra i numerosi frutti in via di accrescimento e i fattori ambientali (l'elevata temperatura, l'umidità relativa bassa e i venti caldi).

Alcuni frutti possono giungere a maturazione privi di semi o con abbozzi di cotiledoni rudimentali, l'arresto della crescita è dovuto alla mancanza di produzione degli ormoni (gibberelline e simili), in seguito al mancato sviluppo del seme.

Numerosi studi hanno preso in considerazione la qualità del mango durante la maturazione del frutto, in funzione del momento di raccolta e in post-raccolta (Barman *et al.,* 2014; Ngamchuachit *et al.,* 2014).

È noto che, indipendentemente dalla cultivar, la curva di crescita dei frutti di mango segue un modello sigmoidale, e può essere ottenuta monitorando costantemente parametri come la lunghezza del diametro longitudinale e quella del diametro equatoriale (Da Silva *et al*., 2014).

In ambienti subtropicali è stata rinvenuta una fase giovanile della curva di crescita molto lenta (fino a 21 giorni), che si traduce in uno sviluppo stentato sia nel diametro longitudinale che equatoriale, ed una successiva fase di crescita accelerata, fino a circa 80 giorni per differenti cultivar (*Keitt* e *Palmer*) (Da Silva *et al*., 2014). Il frutto può essere raccolto a vari gradi di maturazione in funzione della destinazione.

6. EVOLUZIONE DEGLI STADI FENOLOGICI E DELLA QUALITÀ DEI FRUTTI DI CINQUE CULTIVAR DI MANGO COLTIVATE IN SICILIA

L'adattabilità delle cultivar di mango alle condizioni climatiche è estremamente variabile (Lechaudel *et al*., 2007) e, conseguentemente, anche il loro comportamento vegeto-produttivo. Per descrivere lo sviluppo fenologico delle piante in ambiente tropicale e subtropicale lo strumento più largamente utilizzato è la scala BBCH (*Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical industry*), al fine di confrontare oggettivamente i differenti areali di coltivazione attraverso un riferimento univoco (Rajan *et al.*, 2011). I cambiamenti nel tempo delle fasi fenologiche degli alberi da frutto determinano l'adattamento delle piante e hanno anche un'elevatissima importanza economica, poiché influenzano direttamente la produzione finale (Kushwaha & Singh, 2008).

Il mango, coltivato in clima tropicale e sub-tropicale, ha dimostrato una sostanziale stagionalità riguardo alle fasi di germogliamento, sviluppo dell'infiorescenza e fruttificazione (Parrado-Rosselli *et al.*, 2006), pertanto è stata elaborata sperimentalmente una scala BBCH specifica, riconosciuta a livello mondiale, al fine di descrivere la fenologia delle diverse cultivar nelle differenti condizioni microclimatiche (Hernández Delgado *et al.*, 2011).

Questa consente di definire il comportamento delle gemme in relazione alle variazioni stagionali (Rajan *et al.*, 2011).

La raccolta di dati fenologici nel mango relativamente alle fenofasi in funzione del tempo è importante al fine di determinare come i parametri microclimatici influiscano sulle produzioni e sullo sviluppo fisiologico della pianta durante la crescita (Rajan *et al*., 2013). Indagini specifiche sono state effettuate in particolari aree di origine, mentre al contrario, mancano informazioni circa il comportamento della pianta nelle nuove aree di coltivazione (Da Silva *et al*., 2009; Sthapit *et al*., 2012), come il bacino del Mediterraneo.

Il clima mediterraneo è il meno esteso dei climi temperati (Koppen, 1936), definito come un clima caldo con presenza di almeno un mese invernale (tra dicembre, gennaio e febbraio nell'emisfero boreale; tra giugno, luglio e agosto nell'emisfero australe), con il triplo delle precipitazioni del mese estivo più secco (giugno, luglio e agosto nell'emisfero boreale; dicembre, gennaio e febbraio nell'emisfero australe), le quali sono inferiori a 30 mm, e con temperatura del mese più caldo di almeno 22 °C. Le aree costiere tirreniche della Sicilia presentano spesso inverni miti, caratterizzati da massime che raggiungono e superano i 15 °C e rarissimi periodi di gelo o neve, ed estati molto calde, con temperature mitigate dalle

brezze marine e dai livelli di umidità non elevata. Le precipitazioni sono scarse (quasi nulle in estate) e molto irregolari, per cui occorre in agricoltura fare ricorso ad interventi irrigui.

In zone a clima mediterraneo è soprattutto la temperatura il fattore determinante per la crescita e lo sviluppo del mango, infatti periodi al di sotto di 0 °C possono provocare la morte delle piante (Campbell & Campbell, 2006).

Sulla base delle esperienze condotte negli ultimi anni in Sicilia (De Michele *et al.*, 2005; Farina *et al.*, 2017c), le temperature attuali non sembrerebbero impedire l'evoluzione fenologica delle piante; esse permettono un buon adattamento delle stesse, soprattutto in alcune aree costiere, ad esclusione di alcune criticità invernali conseguenti all'esposizione ai venti freddi. Spesso, infatti, è necessario intervenire con frangivento realizzati con pali e reti ombreggianti o attraverso la copertura delle giovani piante con protezioni in tessuto non tessuto (TNT) (Tripodo *et al.*, 2015). Ad oggi, comunque, non si dispone di informazioni dettagliate circa l'evoluzione fenologica di piante di mango in clima mediterraneo in rapporto alla temperatura dell'aria; tale informazione diventa di fondamentale importanza, visto l'intensificarsi degli impianti e il ricorso all'introduzione di nuove cultivar di diversa origine.

A tal fine, lo studio in oggetto ha avuto l'obiettivo di descrivere l'evoluzione della crescita di alberi di mango in ambiente mediterraneo in relazione alle variabili climatiche più importanti, quali temperatura e umidità relativa; ciò al fine di valutarne l'alternanza delle diverse fasi fenologiche e lo sviluppo riproduttivo, evidenziandone potenzialità e criticità.

Il monitoraggio attraverso la scala BBCH è stato applicato su piante di cinque cultivar di mango più diffuse, precoci, di media epoca e tardive. La ricerca ha tenuto conto del diverso sviluppo delle gemme e della differente epoca di maturazione delle cultivar osservate, incentrandosi sulle fenofasi più critiche per l'acclimatamento di questa specie. Tale analisi, attraverso l'ottenimento di informazioni relative allo sviluppo vegetativo e alla crescita del frutto in clima mediterraneo, ha permesso anche di definire il comportamento vegeto-produttivo di ciascuna cultivar in relazione alle variabili climatiche stagionali osservate nell'area di studio.

6.1 MATERIALI E METODI

L'esperimento è stato condotto in un campo sperimentale situato presso l'azienda Cupitur S.r.l., sita in località Furiano nel comune di Caronia (ME) (Sicilia, Italia; 38°3'N, 14°33'E; 5 m s. l. m.), nel periodo compreso tra aprile 2018 e ottobre 2019.

6.1.1 Luogo della prova

L'appezzamento, posto a ridosso del Mar Tirreno, ha un'estensione di circa 1,5 ha con giacitura pianeggiante. L'impianto è stato realizzato nell'anno 2003, con sesto d'impianto di 5 m x 4 m.

L'area in questione è caratterizzata da forti venti, i quali possono comportare una rottura delle branche; per tale motivo sono presenti delle barriere frangivento realizzate con piante di cipresso (*Cupressus sempervirens* L.) e con reti sorrette da pali di legno per un'altezza di 5 m, disposte ad intervalli di circa 20 m.

I dati termo-pluviometrici riferiti alla stazione del Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano (SIAS) di Caronia Buzza (50 m s.l.m.), la quale dista circa 6 Km dall'area in questione, evidenziano come la temperatura media annuale dell'area è 17,7 °C, mentre la media annuale di piovosità è di 533 mm. Il mese più caldo dell'anno è agosto, con una temperatura media di 25,9 °C, mentre il più freddo è gennaio, con una temperatura media di 11,1 °C.

Durante il periodo secco vengono distribuiti normalmente 60-120 l di acqua per pianta a settimana, con una media annua di 5000 m^3/ha.

L'approvvigionamento idrico è assicurato per mezzo di un pozzo collegato ad un impianto di fertirrigazione. L'impianto irriguo è costituito da tubazioni in polietilene semi-interrate; ciascuna tubazione percorre la testata dei campi, dalla quale si dipartono condotte di adduzione, tanti quanto sono i filari, terminanti negli irrigatori a goccia (2, 4 e 8 litri/ora secondo il tipo di terreno).

Per quel che riguarda le lavorazioni del suolo si pratica il *no tillage*, volto a controllare le infestanti, con l'uso di un piccolo trattore munito di organi falcianti. Il periodico passaggio, ogni quindici giorni circa, consente di controllare lo sviluppo del tappeto erboso; attorno alle piante, per ridurre la competizione con le infestanti erbacee, si esegue un diserbo manuale per un raggio di poco più di un metro.

6.1.2 Materiale vegetale

La prova ha riguardato piante di mango (3 per 5 cultivar) dell'età di 15 anni allevate a globo, innestate su Gomera 3 e sottoposte a cure colturali ordinarie, in termini di concimazione e di irrigazione. In particolare, sono state analizzate le seguenti cinque cultivar: *Gleen*, *Keitt*, *Osteen*, *Tommy Atkins* e *Valencia Pride*.

Le cultivar, tra le più rappresentate del bacino del Mediterraneo e nel mondo, sono state scelte in quanto caratterizzate da una differente epoca di maturazione.

6.1.3 Disegno sperimentale

I parametri misurati per caratterizzare le piante sono stati i seguenti:

- altezza totale della pianta;
- altezza del tronco (tra il suolo e il punto di innesto);
- diametro del fusto (misurato a 10 cm dal suolo);
- diametro del fusto (misurato a 30 cm dal suolo).

Il periodo di fioritura è stato descritto attraverso una caratterizzazione quantitativa e morfologica delle pannocchie pienamente formate, attraverso la misurazione di:

- numero di pannocchie per pianta;
- lunghezza e larghezza massima di 12 pannocchie per pianta, con 3 repliche per esposizione (N, S, E, O);
- diametro di base (mm) sulle stesse 12 pannocchie per pianta;
- numero di assi secondari;
- piena fioritura.

Il periodo di fruttificazione è stato descritto attraverso la misurazione di:

- numero di frutti per pianta;
- diametro longitudinale ogni 10/15 gg su 10 frutti per pianta;
- diametri equatoriali dei frutti ogni 10/15 gg su 10 frutti per pianta, denominati come 1 (maggiore) e 2 (minore), data l'irregolarità trasversale dei frutti di mango;
- produzione per pianta;
- periodo di raccolta.

In prossimità del momento della raccolta di ciascuna cultivar, sono stati prelevati, in due diversi anni, 30 frutti (10 per pianta) sui quali – dopo un periodo di conservazione di circa 10 giorni a temperatura ambiente, volto a raggiungere il momento ideale di consumo – sono stati misurati i seguenti parametri fisico-chimici:

- peso (g);
- colore (L*a*b*) attraverso l'utilizzo di un colorimetro Minolta modello CR–400 (Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan) con 3 misurazioni effettuate sull'epicarpo del frutto;
- contenuto in solidi solubili (°brix) mediante 3 letture per frutto tramite l'utilizzo di un rifrattometro digitale Atago Palette PR – 32 (Atago Co., Ltd., Tokyo, Giappone).

Nel mangheto sono stati inseriti dei sensori di temperatura e umidità al fine di ottenere informazioni microclimatiche più dettagliate, che sono state confrontate con i dati di crescita monitorati costantemente.

In particolare, i sensori scelti sono strumenti PCE, modello USB PCE-HT71, (intervallo di misure: 0-100% di umidità relativa, -40 / + 70 ºC temperatura; risoluzione 0,1% U e precisione ± 0,5 °C) (Di Matteo *et al*., 2016).

L'analisi dei dati è stata effettuata utilizzando il software XLSTAT (Addinsoft, 2015). I valori raccolti sono stati sottoposti ad analisi unidirezionale della varianza (ANOVA; modello lineare generale).

Le differenze tra le cultivar sono state determinate attraverso il test di elevata significatività (HSD) di Tukey ($P \leq 0,05$). Il test di Grubbs è stato applicato per rilevare valori anomali nel set di dati.

6.1.4 Campionamento e applicazione della Scala BBCH

Durante la sperimentazione è stata monitorata l'evoluzione fenologica di tutte le piante esaminate, seguendo la scala BBCH, nel periodo tra gennaio 2019 e ottobre 2019 secondo il modello di Hernández Delgado *et al.* (2011); essa è volta a confrontare gli stadi di sviluppo con ambienti in cui queste varietà sono affermate in coltura, sia in pieno campo che in apprestamento protettivo.

Sono state individuate tre piante per ciascuna cultivar (per un totale di 15 piante), sulle quali sono state selezionate ed etichettate 12 gemme apicali (tre per ogni punto cardinale: Nord, Sud, Est, Ovest).

Le parti vegetative rappresentative – gemme e successivamente infiorescenze e frutti – sono state identificate e codificate secondo la scala, attraverso un codice a tre cifre, tenendo conto degli stadi di crescita fenologica primari e secondari; sono state altresì fotografate, per un riscontro e confronto visivo successivo ad intervalli di dieci giorni circa.

La scala BBCH elaborata da Hernández Delgado *et al.* (2011) e applicata da Rajan *et al.* (2011) in clima subtropicale è stata riadattata agli scopi della nostra indagine. Sono state prese in esame quattro fasi principali di crescita, chiaramente riconoscibili e distinguibili sulle otto della scala generale. 7

Nello specifico, le quattro fasi hanno riguardato lo stadio riproduttivo: a) l'emergenza delle infiorescenze e lo sviluppo fiorale (fase 5); b) la fioritura (fase 6); c) lo sviluppo dei frutti (fase 7); la maturazione (fase 8).

Ogni fase di crescita principale è stata quindi classificata in fasi secondarie, le quali descrivono intervalli di sviluppo più brevi, rappresentati dalla seconda cifra e numerati da 0 a *n*. La terza cifra del codice, infine, descrive le relative percentuali di sviluppo, numerate da 0 a 9.

6.2 Risultati e Discussione

6.2.1 Dati climatici dell'area oggetto di studio

L'andamento climatico dell'area di indagine, relativo agli anni 2018 e 2019, in cui sono stati effettuati i monitoraggi, si può evincere dai dati acquisiti relativamente alla stazione termopluviometrica di Caronia-Buzza, rispettivamente riportati nei grafici alle Figg. 20, 21 e 22.

6.2.2 Considerazioni sulla produttività delle piante campionate

La quantità e la distribuzione delle precipitazioni hanno un'influenza determinante sulla produzione delle piante di mango (Sthapit *et al.*, 2012). Sebbene questa specie cresca naturalmente in zone con differenti entità di precipitazioni, variabili tra 250 e 3000 mm annui, i fenomeni piovosi durante lo sviluppo e la maturazione dei frutti possono comportare un effetto dannoso. Infatti, l'aumento delle precipitazioni, può ritardare il numero di giorni richiesti per la completa maturazione in pianta, con danni all'epicarpo ed una maggiore esposizione a malattie di origine fungina (Sthapit *et al.*, 2012). Nel 2018, con una stagione primaverile-estiva relativamente piovosa (427 mm), è stato registrato nell'area di campionamento un decremento produttivo del 60% su quasi tutte le cultivar in esame, con evidenti fenomeni di antracnosi sulle piante oggetto di studio, comportando una limitazione dal punto di vista commerciale. Nel 2019, invece, gli standard produttivi sono rientrati nella media delle annate precedenti (circa 60-70 kg per pianta), con fenomeni piovosi più rari, come evidenziato da Fioravanti *et al*. (2020).

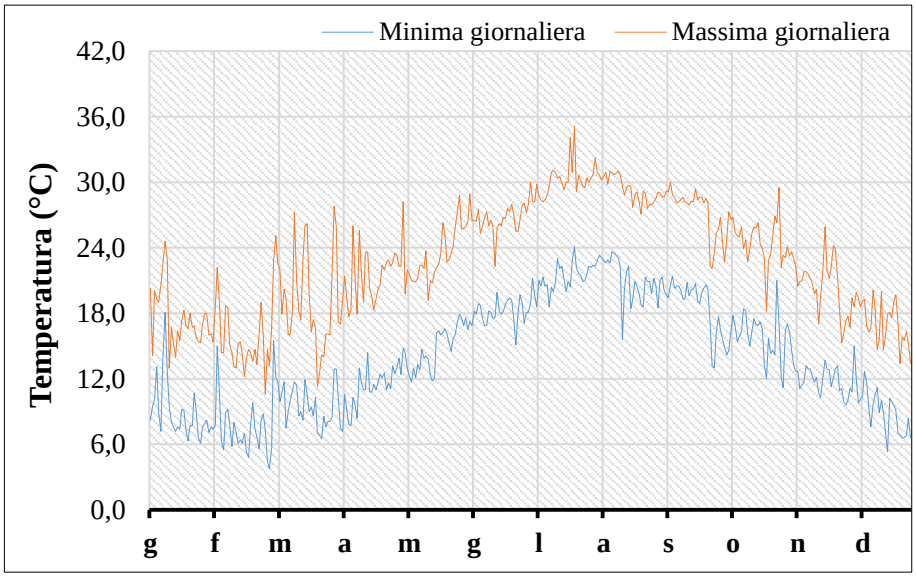

Fig. 20 – Andamento della temperatura dell'aria minima e massima giornaliera durante i diversi mesi dell'anno 2018, nella stazione termopluviometrica del SIAS di Caronia-Buzza (50 m s.l.m.).

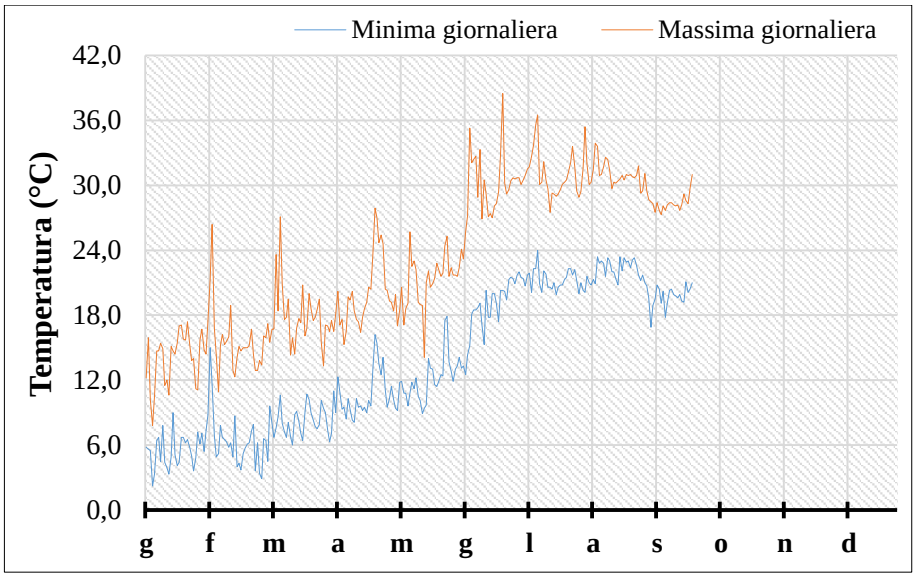

Fig. 21 – Andamento della temperatura dell'aria minima e massima giornaliera nell'arco dell'anno 2019 (dati fino a settembre), nella stazione termopluviometrica del SIAS di Caronia-Buzza.

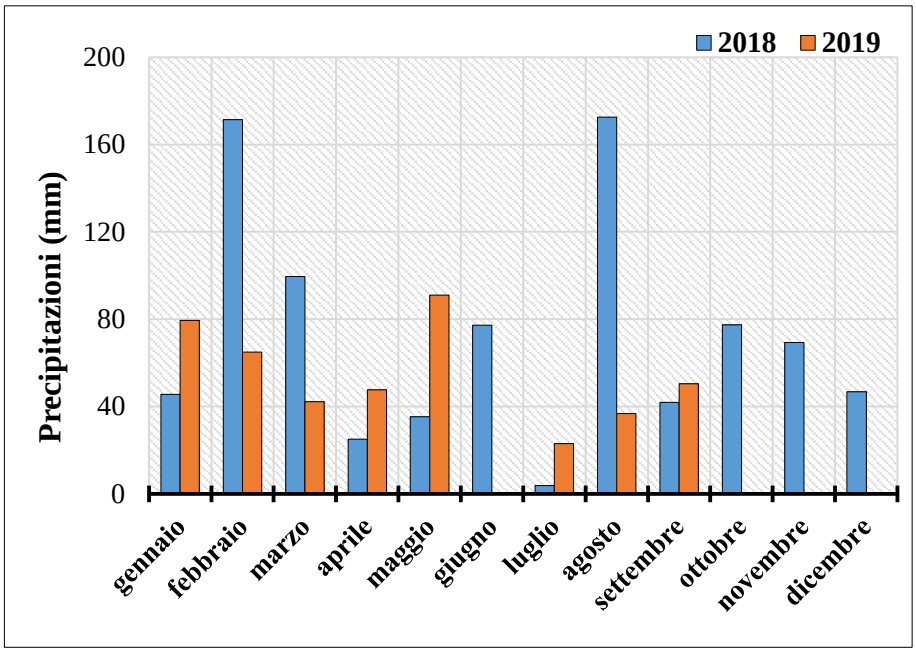

Fig. 22 – Andamento delle precipitazioni mensili durante i diversi mesi dell'anno (2018 e 2019) nella stazione termopluviometrica del SIAS di Caronia-Buzza (dati fino a settembre 2019).

6.2.3 Descrizione delle piante oggetto di studio

Sono state osservate differenze morfologiche poco marcate tra le piante oggetto di studio. In Tab. 5 vengono definiti i parametri medi delle piante, in relazione alle diverse cultivar.

Tab. 5 – Caratteristiche delle piante delle differenti cultivar di mango oggetto di studio. I dati sono espressi come media ± deviazione standard. I valori, nella stessa colonna, seguiti da differenti lettere, sono significativamente diversi (test di Tukey, p< 0,05; ns= non significativo).

Cvs	Altezza pianta (m)	Altezza punto di innesto (cm)	Diametro basale (cm)	Diam. punto di innesto (cm)
Gleen	2,24 ± 0,10 ab	55,10 ± 7,07 ns	7,60 ± 0,42 ns	6,30 ± 1,06 ns
Keitt	2,11 ± 0,38 ab	44,33 ± 4,04 ns	8,70 ± 1,13 ns	8,17 ± 1,04 ns
Osteen	2,26 ± 0,33 ab	47,00 ± 2,83 ns	11,40 ± 1,27 ns	10,60 ± 0,42 ns
Tommy Atkins	2,79 ± 0,27 a	43,50 ± 4,82 ns	10,93 ± 1,21 ns	10,50 ± 0,71 ns
Valencia Pride	1,79 ± 0,28 b	44,00 ± 2,13 ns	6,70 ± 0,85 ns	6,30 ± 1,06 ns

Nelle piante della cultivar *Tommy Atkins* si è evidenziato un elevato sviluppo dell'intera porzione vegetativa, con una altezza per pianta maggiore, rispetto alle altre cultivar. Le piante di *Valencia Pride*, di due anni più giovani rispetto alle altre, presentavano delle dimensioni inferiori per ogni parametro considerato.

6.2.4 Campionamento e applicazione della Scala BBCH

Il comportamento fenologico delle gemme di mango studiate è stato elaborato in relazione alla durata delle differenti fasi principali (apertura della gemma, sviluppo dell'infiorescenza, fioritura, fruttificazione) (Tab. 6). La durata di ciascuna fase è chiaramente influenzata dalla variabilità stagionale, regionale e specifica della cultivar.

I dati della scala BBCH sono stati rappresentati attraverso tabelle che descrivono la durata media dello stadio fenologico sulle gemme considerate, a partire da gennaio 2019 fino alla raccolta e alla maturazione dei frutti.

Nel mango lo sviluppo di una gemma terminale è influenzato da una serie di fattori interni ed esterni che ne regolano gli eventi di induzione, i quali determinano la formazione di germogli riproduttivi, vegetativi o misti (Wang *et al*., 2018).

Tab. 6 – Durate in giorni (medie ± dev. Standard) degli stadi fenologici, relativi alla scala BBCH di Hernández Delgado *et al*. (2011), riscontrati nelle varietà oggetto di studio. In ciascuna riga le diverse lettere indicano la presenza di differenze significative tra le cultivar per gli stadi considerati (test di Tukey, p< 0,05; ns= non significativo).

Stadio BBCH	*Gleen*	*Keitt*	*Osteen*	*Tommy Atkins*	*Valencia Pride*
510	62,02 ± 20,14 ns	67,43 ± 16,09 ns	77,00 ± 23,01 ns	40,28 ± 20,68 ns	77,42 ± 19,63 ns
511-519	46,58 ± 8,05 b	38,17 ± 12,25 c	42,50 ± 13,53 b	63,25 ± 15,85 a	46,75 ± 16,24 b
610-615	22,59 ± 7,30 ns	27,92 ± 9,94 ns	22,18 ± 9,70 ns	29,69 ± 10,73 ns	26,17 ± 4,78 ns
617-619	24,87 ± 6,85 ns	24,85 ± 10,31 ns	18,80 ± 7,06 ns	21,90 ± 7,24 ns	19,83 ± 5,42 ns
701-709	62,50 ± 7,91 ab	77,17 ± 16,35 a	64,83 ± 11,82 b	66,42 ± 9,15 ab	60,17 ± 13,08 b
800-809	18,41 ± 4,01 d	53,75 ± 9,78 a	42,08 ± 4,79 b	29,16 ± 5,11 c	31,58 ± 4,90 c

Sebbene nei climi tropicali la crescita e la fioritura del mango siano strettamente correlate all'inizio della stagione piovosa, in condizioni subtropicali, esse sono principalmente governate dalla durata e dall'intensità delle basse temperature (Davenport, 2009). A questo proposito, l'evoluzione delle fenofasi è stata interpretata in relazione alle temperature minime giornaliere avvenute durante l'arco della prova.

Nei climi tropicali, con stagioni indefinite, il mango ha un andamento asincrono, infatti la chioma mostra uno sviluppo non omogeneo ed i singoli rami attraversano fasi fenologiche differenti. Ciò perché ai tropici il mango inizia un flusso riproduttivo in risposta alle prime piogge significative della stagione, quando le piante sono in stress idrico. Non tutti i rami rispondono allo stesso modo alla disponibilità di acqua nel suolo e possono rimanere a riposo per tutta la stagione. Dalle osservazioni effettuate in campo, viene evidenziato uno sviluppo omogeneo su tutte le piante analizzate delle differenti cultivar (Ramirez *et al*., 2014). In particolare, durante lo studio, gli aspetti fenologici relativi alle cultivar attenzionate sono stati interpretati in relazione agli estremi termici, alle temperature medie, alla piovosità giornaliera e all'umidità relativa che hanno interessato l'area durante la raccolta dei dati. Nelle regioni subtropicali, infatti, la temperatura viene considerata il principale fattore che regola l'induzione vegetativa o riproduttiva (Silva *et al*., 2014). Nel nostro caso, luglio è stato il mese più caldo, con una temperatura media di 27,8 °C, mentre gennaio il più freddo, con una temperatura media di 10,9 °C. La minima assoluta si è verificata il 23 febbraio 2019 con 4,4 °C, mentre la massima assoluta il 25 giugno 2019 con 40,2 °C. Da un'indagine dell'Ispra (Fioravanti *et al.*, 2020) è noto come il 2019 sia stato il terzo anno più caldo dal 1961, preceduto solo dal 2018 e dal 2015. Infatti, dai dati confrontati con le serie storiche precedenti, viene rilevato come tutti i mesi dell'anno sono stati nettamente più caldi della norma, ad eccezione di gennaio e maggio, anche di 3,27 °C in più rispetto alla media in Sicilia.

Durante la prima fase di sviluppo (gennaio-febbraio), lo stadio iniziale 510 (gemme chiuse e/o in fase di ingrossamento) (Figg. 23-24) è stato quello maggiormente riscontrato per tutte le cultivar. Nel corso di questo periodo si sono osservate temperature medie minime al di sotto dei 10 °C e una mortalità di gemme per danni da freddo compresa fra il 6,4 e l'11,1% tra tutte le cultivar; tra queste la *Keitt* è risultata quella più colpita. È doveroso sottolineare che tale percentuale di mortalità in questo periodo – la più alta riscontrata durante la fase di crescita – è presumibilmente causata da temperature potenzialmente dannose registrate durante un arco di tempo prolungato (Graham & Patterson, 1982). In

particolare, tra l'11 gennaio e il 16 febbraio sono state rilevate temperature minime al di sotto dei 7°C, con punte assolute di 5 °C.

Tutte le cultivar, hanno mostrato una durata similare della fase, con una apertura delle gemme che si è verificata tra fine febbraio e inizio marzo. In particolare, le temperature hanno toccato i valori massimi durante questa fase, superando anche i 25 °C, per poi crollare nella seconda metà di marzo a valori da pieno inverno (Fioravanti *et al*., 2020). Durante questa fase si sono osservate temperature minime di circa 10 °C, con minimi assoluti solo occasionalmente al di sotto dei 9 °C.

Questo dato è accompagnato da una riduzione della mortalità delle gemme dall'8,3% della prima parte del mese, al 6,1% delle ultime due settimane. In seguito, lo sviluppo degli stadi dal 511 al 519 è avvenuto con una differente sequenza temporale in funzione della cultivar. In particolare, *Gleen*, *Osteen* e *Valencia Pride* hanno mostrato una durata media compresa tra 40 e 47 giorni, mentre lo sviluppo dell'infiorescenza nella cultivar *Tommy Atkins* è avvenuto in un periodo medio più ampio, pari a circa 63 giorni. La cultivar *Keitt*, come riscontrato da altri autori in zone a clima subtropicale (Souza *et al*., 2015), mostra un numero inferiore di giorni per lo sviluppo completo dell'infiorescenza rispetto ad altre cultivar.

Nel mese di aprile, con temperature medie minime stabilmente al di sopra dei 10 °C, infatti, si sono verificate condizioni ideali per lo sviluppo degli stadi 514 e 515 (assi principali delle infiorescenze in allungamento), con una prevalenza tra il 22 e il 30%; in minor misura, sono stati rilevati anche gli stadi dal 510 al 513, fino al 519 (fine sviluppo dell'infiorescenza, con petali visibili) (Figg. 25-26). Nella fase di passaggio tra le temperature invernali e quelle primaverili si può quindi notare chiaramente un'assenza di sincronia in tutte le cultivar, nell'avanzamento degli stadi fenologici. Sukhvibul *et al*. (1999) hanno documentato come il mango necessita di temperature giornaliere superiori a 15 °C per lo sviluppo dell'infiorescenza e l'allungamento della stessa, in quanto si evidenziano al di sotto di questi limiti effetti negativi durante la fase riproduttiva della specie (Huang *et al*., 2010).

Nella stazione sperimentale oggetto di studio, durante il periodo tra marzo ed aprile, l'innalzamento delle temperature ha creato quindi le condizioni idonee per l'induzione a fiore, ossia nell'intervallo tra 10 e 15 °C (Galán Saúco & Lu, 2018). Nell'indagine di campo, contestualmente all'innalzarsi delle temperature (comprese tra i 10 e i 26 °C), la mortalità delle gemme riscontrata è scesa intorno al 5,1%. Successivamente, durante il mese di maggio, si è osservata una sincronia di sviluppo per tutte le cultivar (Fig. 27), nel periodo in cui le temperature medie erano comprese tra 24 e 33 °C, ossia durante l'*optimum* termico per lo

sviluppo completo delle infiorescenze del mango, in accordo con Puresglove (1968) e Chachko (1986). Nello specifico, lo stadio prevalente è stato il 615 (piena fioritura, con almeno il 50% dei fiori aperti, Fig. 28) in differenti cultivar, in accordo con quanto sostenuto da vari autori (Núñez-Elisea & Davenport, 1994), secondo i quali a temperature notturne inferiori ai 15 °C – le stesse misurate tra gennaio e aprile – e diurne non superiori a 25 °C, influenzano l'induzione fiorale contemporaneamente su tutti gli apici (Dambreville e*t al*., 2013), indipendentemente dal fotoperiodo (Núñez-Elisea & Davenport, 1995).

Tra le fenofasi degli alberi di mango, è noto come la durata della fioritura è la più complessa, e può essere influenzata da condizioni stazionali, induzioni artificiali, o anche dalla produttività delle annate precedenti (Huang *et al*., 2010).

Dalle analisi nell'area oggetto di studio è stato evidenziato come da maggio in poi tutte le infiorescenze hanno seguito uno sviluppo omogeneo e sincronizzato con il passaggio pressoché contemporaneo dallo stadio 615 al 617 (cascola dei petali – Fig. 28,29) e infine 619 (allegagione; Fig. 30), con prevalenza di questi stadi dal 50 al 90%.

Temperature al di sopra dei 40 °C e umidità relativa dell'aria elevata durante la fase di fioritura possono determinare disidratazione degli organi riproduttivi e mancata impollinazione (Galán Saúco, 2009). Nell'area oggetto di studio le temperature medie massime che hanno caratterizzato questo periodo, non sono mai arrivate al di sopra dei 30 °C, superando i 35 °C solo successivamente alla fase di allegagione, non influendo quindi sulla fase di fioritura della pianta. La fase fenologica 615 è stata la prevalente per le cultivar *Glenn* e *Tommy Atkins* già il 3 maggio; per tutte le altre la prevalenza di questa fase è stata riscontrata il 17 maggio. Il passaggio tra le fasi fenologiche 615 e 619 si è registrato tra l'ultima settimana di maggio e la prima settimana di giugno.

La cascola dei fiori è durata per circa 4 settimane e ha riguardato principalmente fiori strutturalmente e funzionalmente anormali, nonchè fiori ermafroditi non impollinati (Souza *et al.*, 2015). In generale, nelle diverse infiorescenze durante la seconda metà del mese di giugno, si è verificata una cascola fisiologica che ha riguardato tutte le piante. Essa è dovuta alla competizione tra gli stessi frutti in via di accrescimento e i fattori ambientali (elevata temperatura, umidità relativa bassa e venti caldi) (Galán Saúco, 2018).

Giugno è risultato il mese tra i più caldi dell'ultimo secolo, con valori di temperatura che in Sicilia hanno raggiunto un picco termico pari a +10 °C nell'ultima settimana del mese, a causa di una anomala ondata di calore (Fioravanti *et al.*, 2020).

Dall'inizio del mese di luglio, è stato osservato un numero di frutti per pannocchia tra 1 e 4, come ampiamente riscontrato in bibliografia (Wang *et al.*, 2018), corrispondente alla

fase 703, mentre alcune pannocchie, prive di frutti, sono state completamente eliminate. L'abscissione delle infiorescenze e dei frutticini è principalmente legata alla mancanza di impollinazione, che genera frutti partenocarpici, i quali finiscono per staccarsi (Gehrke-Vélez *et al*., 2012) entro i primi 50 giorni dall'allegagione. Per quanto riguarda lo sviluppo dei frutti, le variazioni osservate nei comportamenti di fruttificazione sono state funzione della precocità o tardività della cultivar. In particolare, in *Tommy Atkins* è stata evidenziata una crescita più rapida rispetto alle altre cultivar, mentre la fase di sviluppo nella cultivar *Keitt* (tardiva) è avvenuta in un periodo di 77 giorni circa.

L'evoluzione fenologica durante i mesi estivi ha seguito un decorso dipendente dalla cultivar, in relazione alla precocità e/o tardività delle stesse. In particolare viene evidenziato come la fase di maturazione è avvenuta in un periodo di circa 18 giorni nella cultivar *Glenn*, considerata come la cultivar più precoce in Sicilia, raccolta ad inizio settembre, mentre di circa 53 giorni in *Keitt*, con i frutti che sono maturati nel periodo tra fine ottobre e inizio novembre. L'andamento delle fasi di sviluppo è stato messo a confronto con quello studiato in diversi ambienti subtropicali indiani da Rajan *et al.* (2011) su piante della varietà *Totapuri*, riscontrando come esse coincidano per la quasi totalità degli stadi. È stato possibile osservare come il passaggio dallo stadio 510 al 511 sia avvenuto – nelle due aree a confronto – solo quando le temperature medie minime si sono stabilizzate al di sopra dei 10 °C. Tale fenomeno è stato rilevato a cavallo tra febbraio e marzo in clima subtropicale e solo tra marzo e aprile nell'area tirrenica oggetto di studio.

Nel territorio d'indagine questo ha comportato uno slittamento dell'intero ciclo di sviluppo – dalla fase 511 in poi – di circa venti giorni, garantendo comunque una piena fioritura durante il mese di maggio; ciò indipendentemente dai caratteri di tardività o precocità di ciascuna cultivar, confermando quanto ipotizzato da De Michele *et al*. (2005). Secondo Rajan *et al.* (2011), eventi piovosi prolungati e di alta intensità possono provocare eccessivo rigoglio vegetativo e cascola dei fiori.

Durante la fase di fioritura non si sono verificati eventi piovosi di tale portata. Ciò consente di affermare che il decorso della fioritura non ha subito rallentamenti. La percentuale di gemme danneggiate dal freddo, durante l'intero arco di sviluppo, si è sempre mantenuta al di sotto di soglie che compromettessero la fioritura delle piante.

La cultivar *Tommy Atkins* è risultata quella con la percentuale più bassa di gemme danneggiate, denotando fra tutte una maggiore resistenza alle basse temperature invernali registrate in campo.

Fig. 23 – Gemme chiuse (510).

Fig. 24 – Apertura delle gemme (511).

Fig. 25 – Primordi fiorali visibili (513).

Fig. 26 – Allungamento dei primordi fiorali (514).

Fig. 27 – Inizio fioritura (611).

Fig. 28 – Piena fioritura (615).

Fig. 29 – Inizio caduta petali (617).

Fig. 30 – Caduta della maggior parte dei petali (619).

Tab. 7 – Percentuale di gemme danneggiate dal freddo durante il periodo critico.

Cv	11-gen	31-gen	14-feb	12-mar	26-mar	10-apr	30-apr
Gleen	6,3 %	18,7 %	40,0 %	6,3 %	6,3 %	3,1 %	-
Keitt	6,3 %	21,8 %	21,8 %	31,0 %	6,3 %	6,3 %	6,3 %
Osteen	9,3 %	6,3 %	6,3 %	3,1 %	6,3 %	3,1 %	6,3 %
Tommy Atkins	-	-	-	-	3,1 %	-	-
Valencia Pride	3,1 %	6,5 %	3,1 %	3,1 %	3,1 %	-	-

Le cultivar *Glenn* e *Keitt* sono invece risultate le più colpite, in particolare quest'ultima per la quale è stata riscontrata una mortalità del 40% delle gemme il 14 febbraio (Tab. 7); ciò evidenzia il ruolo negativo delle basse temperature al di sotto dei 15 °C, seppur per un periodo di tempo limitato.

Lo studio effettuato da Rajan *et al.* (2011) non tiene conto della mortalità delle gemme per danni da freddo, per cui si reputa di particolare interesse il dato rilevato nel presente studio. In ultima analisi è interessante sottolineare come i risultati del seguente studio contraddicano quanto sostenuto da Ochse (1985), secondo il quale con temperature medie al di sotto dei 15 °C nel mese più freddo (nel caso presente i 10,9° C di gennaio) la pianta non dovrebbe sopravvivere. La maggior parte delle indagini sulla fenologia degli alberi di mango sono state effettuate in condizioni subtropicali, dove si verificano un insieme lineare di eventi e si possono individuare diverse scale fenologiche. Tuttavia, nei tropici, la grande variabilità ambientale rende difficile applicare una tale scala (Ramírez *et al.*, 2014).

6.2.5 Fioritura e crescita dei frutti

Le cinque varietà (Figg. 31-35) campionate hanno raggiunto la piena fioritura durante la terza settimana di maggio nel 2018, mentre durante l'anno 2019 la fioritura è stata ritardata, verificandosi tra l'ultima settimana di maggio e la prima settimana di giugno.

Per quanto riguarda entità e morfologia delle infiorescenze vengono riportate in Tab. 8 i dati relativi alle cinque cultivar oggetto di studio. In relazione alla morfologia delle pannocchie di *Tommy Atkins*, è da segnalare una riduzione in lunghezza rispetto ad altre zone di coltivazione riportate in bibliografia.

In particolare, quelle del Brasile (Da Silva *et al*., 2009) presentano infiorescenze di dimensioni medie tra 32,38 e 41,63 cm. La lunghezza e il diametro di una infiorescenza nel mango sono influenzate dalle condizioni ambientali dove si sviluppa la pianta, come evidenziato nei lavori di Kumar & Jaiswal (2004) e Majumder *et al*. (2011).

Tab. 8 – Caratteristiche morfologiche delle fioriture in cultivar di mango (medie di 2 anni ± dev. standard). In ciascuna riga le diverse lettere indicano la presenza di differenze significative tra le cultivar per gli stadi considerati (test di Tukey, p< 0,05; ns= non significativo).

cultivar	N° Fioriture per pianta	Diametro basale infiorescenza (cm)	Lunghezza (cm)	Larghezza (cm)	N° Assi secondari
Gleen	111,00 ± 22,00 ab	0,68 ± 0,19 a	33,54 ± 5,26 ns	26,54 ± 8,46 a	29,50 ± 8,27 a
Keitt	128,33 ± 55,37 ab	0,43 ± 0,12 b	26,03 ± 6,40 ns	10,92 ± 5,89 b	22,29 ± 5,73 b
Osteen	160,00 ± 72,81 a	0,44 ± 0,15 b	21,94 ± 6,76 ns	12,28 ± 4,27 b	21,19 ± 7,40 b
Tommy Atkins	117,33 ± 54,05 ab	0,54 ± 0,21 ab	22,52 ± 5,95 ns	10,02 ± 5,74 b	20,62 ± 5,89 b
Valencia Pride	48,50 ± 19,09 b	0,32 ± 0,11 b	22,30 ± 5,47 ns	12,40 ± 8,46 b	22,90 ± 6,21 b

Fig. 31 – Infiorescenza e fruttificazione della cv *Gleen* nell'area oggetto di studio.

Fig. 32 – Particolare dell'infiorescenza e del frutto nella cv *Keitt* (Azienda Cupitur – Caronia, ME).

Fig. 33 – Fioritura e fruttificazione della cv *Osteen* (Caronia, ME).

Fig. 34 – Pannocchia in piena fioritura e particolare di un frutto della cv *Tommy Atkins* (Caronia, ME).

Fig. 35 – Infiorescenza e frutti etichettati per il monitoraggio della cv *Valencia Pride* (Caronia, ME).

In generale le cvs *Tommy Atkins* e *Keitt* crescono in condizioni tropicali con due distinte stagioni piovose e possono avere un ciclo di crescita che è ripetuto due volte su rami diversi durante l'anno (Ramírez & Davenport, 2010; Ramírez & Davenport, 2012).

Possono quindi produrre germogli e frutti su diversi rami della chioma durante tutto l'anno, a seconda dell'età del fusto e dell'influenza di condizioni climatiche e piovose. Nelle Filippine alcune varietà di mango vengono raccolte 100-110 giorni dopo la piena fioritura, tra aprile e giugno; quelli prelevati da gennaio a marzo sono il risultato della conservazione sull'albero per un periodo più lungo (circa 125 gg), durante la parte più fresca dell'anno (Ram & Rajan, 2003). Alcune cultivar – come *Tommy Atkins* e *Keitt* – denotano un comportamento di crescita non univoco; infatti, mentre in clima tropicale crescono e fioriscono normalmente, in aree subtropicali il comportamento di crescita è governato dal verificarsi di particolari temperature stagionali (Davenport, 2009) o da condizioni di stress (Da Silva *et al.*, 2014). Per quanto riguarda la durata del periodo di fruttificazione, durante l'evoluzione delle due diverse annate di monitoraggio, nelle varietà precoci quale *Gleen* si è rilevato il completo sviluppo del frutto in un periodo di 100 giorni; nella *Tommy Atkins* ciò si è verificato in 110 giorni, in *Osteen* e *Valencia Pride* in 120-130 giorni, nonché, nella tardiva *Keitt* in 150 giorni. Nelle diverse varietà il frutto accresce la sua dimensione, sia per quanto riguarda il diametro equatoriale che quello longitudinale, secondo uno stesso modello di tipo sigmoidale (Figg., 36-40), come peraltro evidenziato da vari autori (Ventura *et al.*, 2014; Souza *et al.*, 2014; Galán Saúco & Lu, 2018).

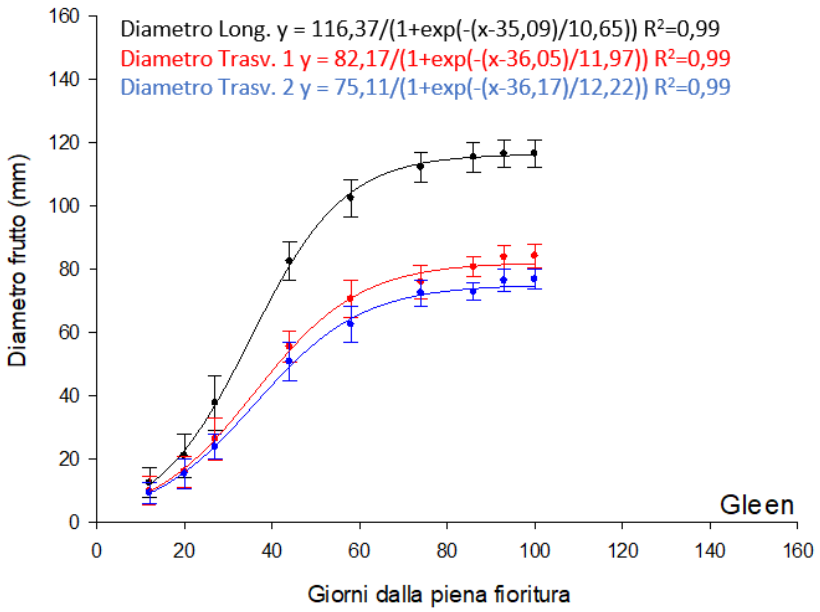

Fig. 36 – Curva di crescita diametrale dei frutti delle cv *Gleen* monitorati a Caronia (ME).

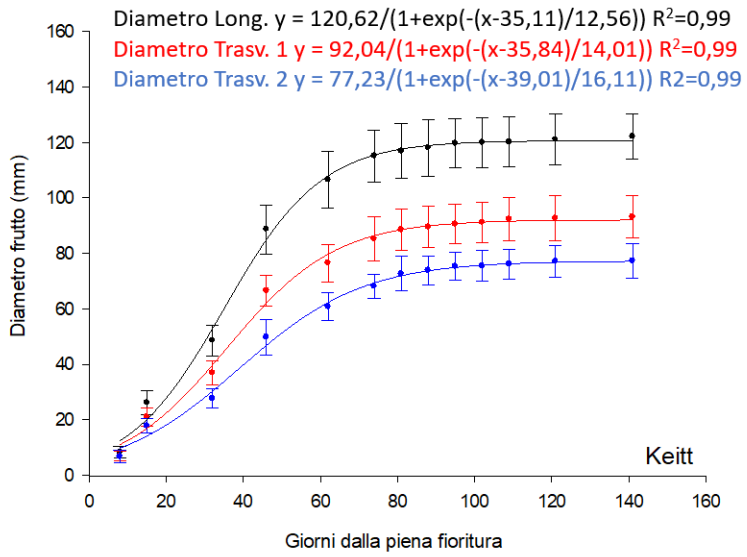

Fig. 37 – Curva di crescita diametrale dei frutti delle cv *Keitt* monitorati a Caronia (ME).

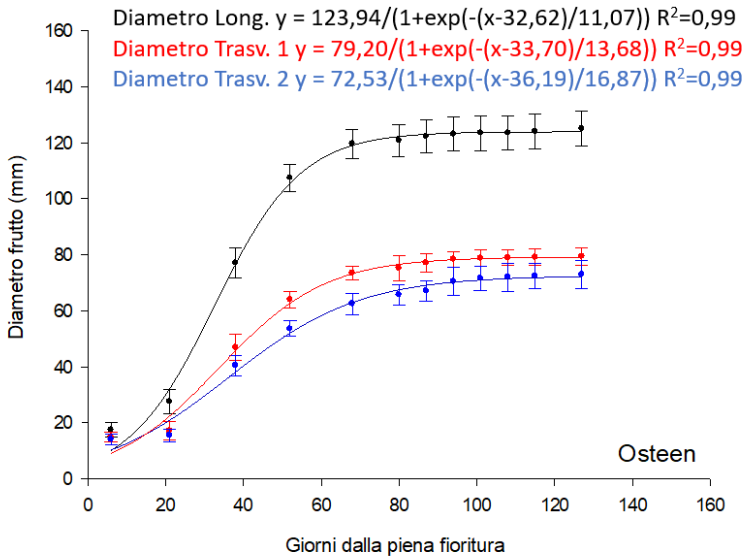

Fig. 38 – Curva di crescita diametrale dei frutti delle cv *Osteen* monitorati a Caronia (ME).

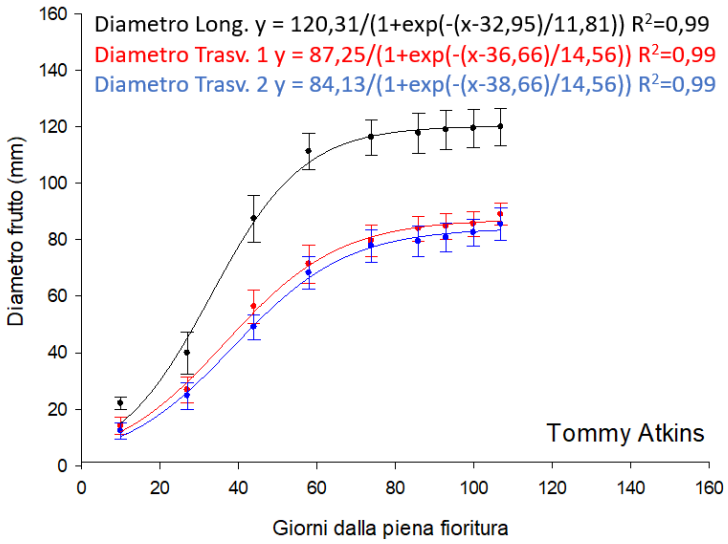

Fig. 39 – Curva di crescita diametrale dei frutti delle cv *Tommy Atkins* monitorati a Caronia (ME).

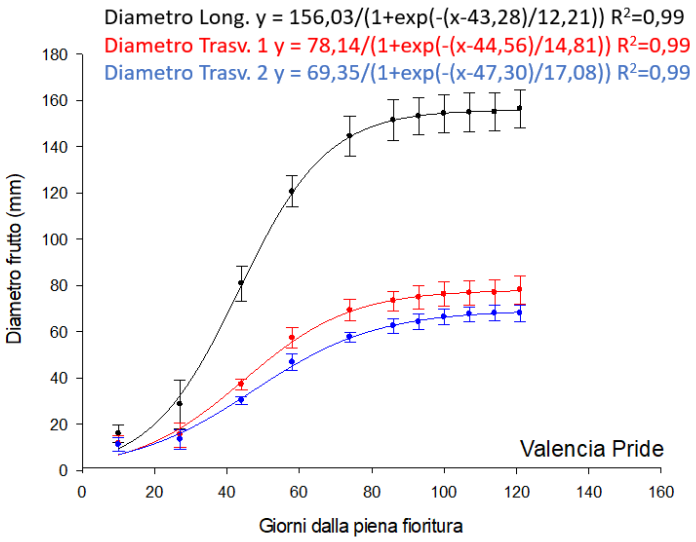

Fig. 40 – Curva di crescita diametrale dei frutti delle cv *Valencia Pride* monitorati a Caronia (ME).

Nelle aree monitorate, i frutti di mango registrano, nei primi stadi di sviluppo, un grande aumento delle dimensioni, superiore rispetto a quello riscontrato in altre stazioni; il tasso di crescita tende tuttavia a diminuire nettamente, in maniera e con una durata cultivar dipendente. A questo proposito da studi personali sulle stesse cultivar, nella medesima annualità in una zona a clima tropicale secco a Tenerife, si evidenzia una maggiore durata della seconda fase di sviluppo del frutto, influenzata dalla presenza di temperature medie più basse rispetto a quelle riscontrate in clima mediterraneo.

Dall'analisi dei frutti della varietà *Gleen* monitorati nella stazione di Caronia, è da sottolineare come il tasso di crescita tenda via via a rallentare a partire da 85 giorni dalla piena fioritura, fino ad arrestarsi in prossimità del completo sviluppo; esso avviene intorno a circa 100 giorni, durante la seconda metà del mese di agosto. Per la cultivar tardiva *Keitt* il completo sviluppo del frutto avviene in 150 giorni; tuttavia, per la stessa cultivar è stata riscontrata in altri ambienti una persistenza in pianta anche di 200 giorni. Secondo Souza *et al.* (2015) i frutti di questa varietà richiedono un numero maggiore di giorni per raggiungere la maturazione fisiologica e un maggiore accumulo di gradi-giorno per completare il ciclo. In particolare, dallo stesso autore viene riscontrato un periodo di fruttificazione per la cultivar *Keitt* pari a 190 giorni circa. Tuttavia, Ramírez *et al.* (2014), per la stessa varietà riscontra in Colombia (a La Mesa) – in clima subtropicale – un periodo di fruttificazione di 150 giorni; tali valori rispecchiano i dati acquisiti nei due anni a Caronia. Infine, Fallas *et al.*, (2010), per la stessa varietà, ma in clima tropicale (nel Costa Rica), evidenzia altresì periodi di fruttificazione ancor più ridotti (ca.129 gg).

6.2.6 Caratteristiche qualitative dei frutti

La qualità dei frutti rappresenta il traguardo finale del complesso fenomeno della crescita e maturazione della drupa. Una corretta evoluzione fenologica della pianta che veda un evolversi di fioritura, allegagione, crescita e maturazione priva di fenomeni negativi legati a criticità ambientali deve concludersi con l'ottenimento di una buona produzione sotto il profilo quantitativo e qualitativo.

Per quanto riguarda la pezzatura, alla raccolta i frutti monitorati della varietà *Gleen* presentavano un peso medio di 368,15 g, mentre quelli della varietà *Tommy Atkins* e *Keitt* una maggiore dimensione, con peso, rispettivamente, di 410,17 g e 465,98 g. A maturazione i frutti di *Gleen* presentavano una colorazione gialla, con alcune zone di colore rosso; quelli di *Tommy Atkins* erano più rossastri, quelli di *Keitt* violacei (Fig. 41) e quelli di *Osteen* rosso-violacee, mentre quelli di *Valencia Pride* giallo-arancione e di pezzatura più elevata.

In particolare alla piena maturazione le varietà presentavano dei valori di colore L*, a*, b*, pari a quelli riportati in Tab. 9. Per il mango, il colore dell'epicarpo è uno degli attributi di qualità più importanti e svolge un ruolo importante nell'attrazione da parte del consumatore (Medlicott *et al.*, 1986, Chaplin *et al.*, 1991).

Nonostante ciò, studi sulle preferenze dei consumatori condotti in Europa mostrano che *Tommy Atkins* non è il mango preferito durante i *consumer test* (Galán Saúco & Lu, 2018).

Nonostante il fatto che questa varietà ha valutazioni inferiori a *Keitt* in termini sensoriali, i frutti vengono di gran lunga preferiti dai fornitori per aspetto, resistenza al trasporto (anche 3-4 settimane) e lunga *shelf life* (Osuna-García *et al*., 2019). Infatti, per quanto riguarda il contenuto in solidi solubili, i frutti di *Keitt* alla raccolta hanno registrato, con *Valencia Pride*, un valore di °brix più alto (17,5) rispetto alle altre varietà.

Tab. 9 – Caratteristiche morfologiche dei frutti delle varietà di mango oggetto di studio (medie di 2 anni). In ciascuna riga le diverse lettere indicano la presenza di differenze significative tra le cultivar per gli stadi considerati (test di Tukey, p< 0,05; ns= non significativo).

Cultivar	Peso	Colore esterno			°Brix
		L	a*	b*	
Gleen	368,2 ± 64,1 b	61,1 ± 5,1 a	-0,8 ± 8,4 b	39,1 ± 6,9 b	16,5 ± 1,9 ns
Keitt	466,0 ± 75,9 a	44,7 ± 3,1 b	13,8 ± 5,3 ab	19,7 ± 4,3 c	17,6 ± 1,6 ns
Osteen	425,5 ± 41,2 ab	52,5 ± 7,7 ab	14,6 ± 12,6 ab	27,1 ± 10,3 bc	15,3 ± 1,4 ns
Tommy Atkins	410,2 ± 50,6 ab	64,6 ± 4,6 a	8,1 ± 6,3 ab	70,1 ± 5,7 a	16,3 ± 1,4 ns
Valencia Pride	490,1 ± 36,1 a	60.2 ± 3,1 a	24,0 ± 8,4 a	40,5 ± 7,3 b	17,5 ± 1,2 ns

6.3 CONCLUSIONI

Questo lavoro ha messo in luce alcuni aspetti relativi alla coltivazione del mango in ambiente mediterraneo durante il periodo di fruttificazione delle diverse cultivar precoci e tardive. Lo studio della fenologia, con le valutazioni dell'adattamento climatico e dello sviluppo delle differenti varietà di mango prese in esame, ha consentito di ottenere interessanti informazioni scientifiche sull'evoluzione delle piante e dei frutti in ambiente mediterraneo. L'area in questione sembrerebbe quindi idonea per il corretto evolversi delle fasi vegetative e produttive di questa specie, con l'ottenimento di frutti dalle qualità organolettiche paragonabili a quelle coltivati nelle aree di origine. Dalle analisi effettuate si è visto come il periodo di fioritura delle diverse varietà analizzate è quasi contemporaneo nella fase di piena antesi, mentre la crescita dei frutti segue invece un modello sigmoidale sui diversi diametri (longitudinale, equatoriale corto e lungo), di durata differente in relazione alla cultivar, come peraltro riscontrato anche da diversi autori in altre zone di coltivazione. È da segnalare come il periodo di crescita del frutto sia nettamente ridotto rispetto a zone in cui la coltura è affermata da molti anni, anche di 30 giorni circa, con cultivar precoci che completano il pieno sviluppo in pianta in 90-100 giorni circa, mentre cultivar come *Keitt* anche in 150-160 giorni. La maggior parte delle indagini sulla fenologia degli alberi di mango condotte in condizioni subtropicali descrivono la fenologia come un insieme lineare di eventi. Tuttavia, secondo Ramírez *et al*. (2014) gli alberi di mango non hanno una fenologia distintiva, ma mostrano invece una serie di fasi che si verificano indipendentemente sui singoli rami.

Questo studio mostra che, sebbene questa tendenza sia vera, le piante di mango hanno avuto nel clima mediterraneo un comportamento omogeneo e dipendente dalla cultivar in tutte le piante considerate. A questo proposito, l'acquisizione di dati climatici, relativi alla temperatura ed alle precipitazioni annuali correlata all'evolversi delle fenofasi è fondamentale nell'ottica di indagare il comportamento delle piante di mango in diverse situazioni microclimatiche (Rajan *et al*., 2013), al fine di una caratterizzazione varietale della specie volta a definire le potenzialità colturali in una particolare area (Pérez Macias *et al*., 2013).

Dai dati della ricerca emerge come le piante abbiano presentato un leggero ritardo della piena fioritura rispetto alle date conosciute in ambiente subtropicale, con una interessante resistenza al freddo della cultivar *Tommy Atkins*. Essa ha registrato i dati più interessanti nel territorio indagato, data la scarsa mortalità delle gemme pienamente formate durante i periodi dell'anno con temperature più basse. Tutti i frutti analizzati presentavano un calibro

idoneo per la commercializzazione, una particolare luminosità e cromaticità ed un elevato contenuto di solidi solubili, mediamente più alto rispetto ai frutti delle stesse varietà che arrivano in Europa da diverse parti del mondo.

Fig. 41 – Piante della cultivar *Tommy Atkins* in fruttificazione.

Fig. 42 – Area oggetto di studio (Agosto, 2019).

7. STUDIO DELLE DINAMICHE DI CRESCITA GIORNALIERA DEI FRUTTI DI CULTIVAR DI MANGO COLTIVATE IN AMBIENTE MEDITERRANEO

La crescita del frutto è uno degli elementi più importanti al fine di valutare lo sviluppo di una specie in coltura in particolari condizioni microclimatiche. Infatti, il frutto è l'organo "*sink*" per eccellenza della pianta e viene pertanto considerato il miglior indicatore del suo stato fisiologico (Manfrini *et al*., 2019). Al fine di definirne il modello di crescita e di maturazione, in passato, sono stati sviluppati numerosi dispositivi, oggetto di vari studi. In particolare Higgs & Jones (1984) effettuarono delle indagini attraverso uno strumento che rilevava sia le variazioni diametrali di frutti di melo sia le variabili microclimatiche. Successivamente Beedlaw *et al. (*1986) adoperarono un dispositivo di tipo trasduttore al fine di monitorare la crescita in µm degli steli erbacei e legnosi, mentre Link *et al.* (1998) riadattarono un dendrometro per il monitoraggio della crescita dei frutti di melo.

Anche in Italia dagli inizi del 2000 sono stati messi a punto dal gruppo di Ecofisiologia del Dipartimento di Colture Arboree dell'Università di Bologna nuovi sensori, definiti "fruttometri" (Fig. 43). Tali strumenti, del peso di 40 g, riescono a monitorare in continuo ed in maniera molto precisa le variazioni diametrali di un frutto, anche ad intervalli molto brevi dell'ordine del minuto, grazie a un potenziometro lineare a basso costo collegato ad un *data-logger*. Il sensore è supportato da un telaio in acciaio inox, progettato appunto per essere facilmente applicato a frutti di diverse dimensioni (Morandi *et al.,* 2007). Questi strumenti hanno permesso in passato una buona adattabilità su differenti specie arboree da frutto (pesco, melo, kiwi, pero ecc.), permettendo una chiara individuazione dei modelli diurni di sviluppo e un preciso monitoraggio delle variazioni minime nel tasso di crescita del frutto durante l'arco delle 24 ore (Morandi, 2006). Essi sono stati utilizzati anche dal Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali su *Opuntia ficus-indica* in Sicilia (Scalisi *et al*., 2016), ottenendo importanti informazioni scientifiche sullo sviluppo giornaliero dei cladodi, e su piante di *Prunus persica* cv. September Bright (Scalisi *et al*., 2019), al fine di definire con precisione lo stato idrico della pianta.

La crescita diametrale del frutto, è influenzata da diversi parametri microclimatici che agiscono, ad esempio, sulla conduttanza stomatica di superficie della cuticola. In questo senso, le fluttuazioni giornaliere di temperatura e umidità relativa, grazie all'influenza che hanno sul deficit di pressione del vapore (VPD) (Monteith & Unsworth, 1990), possono influenzare la traspirazione nel breve periodo (Lescourret *et al.,* 2001; Wu *et al.,* 2003) comportando valori elevati durate il giorno, e quasi nulli durante la notte (Montanaro & Dichio, 2012).

Oltre al clima, una variabile molto importante è la stessa disposizione dei frutti all'interno dell'albero che ne determina l'esposizione a una serie di temperature e condizioni differenti di luce, in relazione al loro posizionamento ed alle tecniche di coltivazione utilizzate, in particolare la potatura. Tuttavia, è stato evidenziato da diversi autori come le piante si acclimatano all'ambiente in cui crescono, nel cui ambito l'esposizione alle alte temperature e alla luce può provocare cambiamenti morfologici e influenzare i processi fisiologici della pianta (Léchaudel *et al.,* 2013). I frutti rilasciano continuamente vapore acqueo, attraverso il processo di traspirazione durante le fasi giornaliere, ciò in presenza di temperature più elevate, in relazione all'ora del giorno ed alla stagione (Morandi *et al.,* 2010). Frutti ben esposti durante la giornata registrano in media 1-3 °C di differenza nel lato maggiormente esposto alla luce solare, fino anche a 7 °C a mezzogiorno, durante le fasi estive (Léchaudel *et al.,* 2013).

Le drupe sono soggette a grandi variazioni di volume, risultato della componente elastica nei tessuti (Léchaudel *et al.,* 2007). La variazione del diametro del frutto in un intervallo di tempo finito può essere visto come il contributo netto dell'importazione dei flussi del floema, che sono sempre positivi, e di xilema, che possono essere positivi o negativi, in funzione dell'ora del giorno (Morandi *et al.,* 2007).

Durante la parte centrale della giornata, il flusso xilematico nel frutto è basso, probabilmente per l'elevata quantità di acqua traspirata dalle foglie, le quali raggiungono potenziali idrici inferiori nei momenti dove si registrano temperature più elevate (McFadyen *et al.,* 1996). Gli afflussi dello xilema non possono bilanciare le elevate perdite d'acqua attraverso la cuticola e, di conseguenza, il frutto si contrae (Morandi *et al*., 2007).

La differenza di pressione del vapore acqueo (VPD) tra la superficie evaporante e l'aria circostante (*boundary layer*) influenza il tasso di traspirazione del frutto, in particolare nei frutti ben esposti (Lescourret *et al.,* 2001). Nel mango essa induce una diminuzione del potenziale idrico della drupa attraverso un aumento della concentrazione osmotica e una diminuzione della pressione di turgore, facilitando la traslocazione della sostanza secca nei tessuti del mesocarpo (Higgs & Jones, 1984; McFadyen *et al.,* 1996; Patrick, 1997).

Il deficit di pressione di vapore tra la superficie di evaporazione e l'aria varia in uno stesso frutto di mango, tra le ore 10:00 e le 16:00, influenzando la sua velocità di traspirazione (Leonardi *et al.,* 2000). Per questa specie sono ad oggi insufficienti le informazioni sulle fasi di crescita e di maturazione della drupa, nonché sulla sue dinamiche di sviluppo giornaliere; data la sua recente introduzione, esse sono del tutto assenti in riferimento alle aree di coltura dell'ambiente mediterraneo.

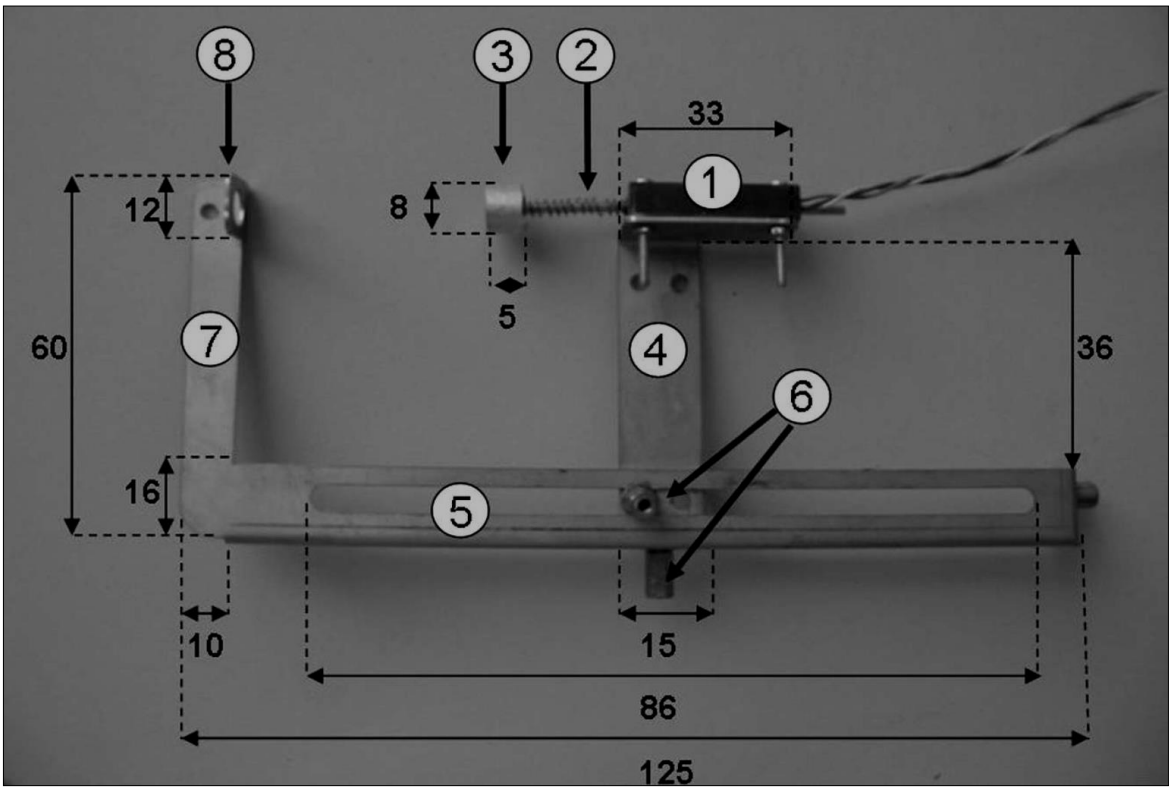

Fig. 43 – Fruttometro utilizzato per la misura diametrale dei frutti con misure in mm. In bianco sono indicate le varie parti: sensore (1), pistone con molla (2), stantuffo di contatto senza rivestimento in gomma (3), barra operante per lo scorrimento orizzontale (4), asta metallica entro la quale la barra operante può oscillare (5), vite di regolazione per lo spostamento della barra (6), asta fissa (7), dispositivo di contatto per il frutto (8) (da Morandi, 2007).

Obiettivo di questa prova è stato appunto quello di acquisire indicazioni puntuali sui rapporti tra la crescita del frutto e i parametri ambientali durante le sue diverse fasi di sviluppo.

L'uso dei fruttometri su piante tropicali può fornire informazioni scientifiche inedite, nell'ottica di favorire una gestione colturale ottimale che si traduca in produzioni di qualità ed economicamente più vantaggiose.

In seguito all'allegagione, l'incremento diametrale del frutto è la risultante dei fenomeni di divisione e distensione cellulare.

La conoscenza dettagliata di queste due fasi costituisce un valore aggiunto nell'ottimizzazione del processo produttivo e nella riduzione degli input, nell'ottica di ottimizzare pratiche agronomiche quali concimazione e una corretta potatura e/o diradamento, favorendo quindi l'accumulo di carboidrati e sostanza secca.

7.1 MATERIALI E METODI

L'esperimento è stato condotto in due anni non consecutivi (2017 e 2019) nel campo sperimentale dell'azienda Cupitur, sul versante tirrenico della Sicilia, in territorio di Caronia (Fig. 44). La prova ha riguardato alberi di *Mangifera indica* di 15 anni di età, allevati a globo e disposti in sesto 4 x 5 m.

Il primo anno è stata verificata l'adattabilità degli strumenti di misura con delle prove a campione su differenti varietà, delineando le corrette metodologie di campionamento sui frutti in esame.

Durante il secondo anno, è stata svolta la prova, monitorando i frutti di una cultivar medio-precoce, *Tommy Atkins*, e una tardiva, *Keitt*, dalla piena fioritura per tutto il periodo di crescita nelle diverse fasi di sviluppo. Esse vengono considerate tra le più importanti varietà del mondo a livello commerciale, e vengono ampiamente coltivate nel bacino del Mediterraneo (Galán Saùco & Lu, 2018).

Il periodo di osservazione è iniziato dalla piena fioritura (maggio) ed è proseguito fino alla completa maturazione dei frutti in pianta. In particolare i campionamenti sono stati effettuati fino a metà settembre per quanto riguarda *Tommy Atkins*, mentre fino a fine ottobre per la cultivar *Keitt*, più tardiva.

7.1.1 Disegno sperimentale

Attraverso l'utilizzo di fruttometri, sono state misurate le variazioni del diametro dei frutti ad intervalli di tempo pari a 15 minuti (Morandi *et al*., 2007). In entrambe le cultivar studiate sono state monitorate le variazioni del diametro trasversale, attraverso l'utilizzo di 12 fruttometri, collocati in diverse porzioni della chioma di 3 alberi della stessa varietà (4 per pianta). I frutti selezionati sono stati scelti casualmente nella chioma di ogni albero, nell'ottica di ridurre la variabilità e consentire una migliore rilevazione dei dati. Gli strumenti di misura sono stati installati sul frutto, controllati nel corretto funzionamento e fissati al ramo attraverso un filo metallico al fine di limitare gli errori di misurazione causati da fattori esterni (vento, pioggia ecc.) ed eventuali danni all'epicarpo. I frutti sono stati misurati dal 50° giorno circa dalla piena fioritura, in quanto dalle prove effettuate durante il 1° anno si è evidenziato come la presenza del fruttometro durante la prima fase di crescita comportava il distacco dei frutticini nel 70% dei casi. I sensori sono stati collegati ad un *data-logger* CR1000 (*Campbell Scientific Ltd. Leicestershire*, Gran Bretagna), che memorizzava il segnale dei fruttometri ad intervalli compresi tra 0 e 2000 mV.

Fig. 44 – Fruttometri utilizzati su frutti della cultivar *Tommy Atkins* presso l'Azienda Cupitur s.r.l..

Le micro-oscillazioni sono state rilevate dal potenziometro (Megatron Elektronik MM10, 50 KW; Megatron Elektronik AG & Co., Munich, Germany) del fruttometro e trasmesse al data-logger CR1000 connesso via cavo ai vari fruttometri. L'impulso registrato in mV è stato convertito in unità di lunghezza (mm), utilizzando uno specifico coefficiente di calibrazione ($5{,}4 \times 10^{-3}$) (Morandi *et al.*, 2007). I valori sono stati calcolati in relazione alla variazione del diametro nel tempo, come differenza fra due misurazioni successive registrate nell'intervallo prefissato. I dati sono stati acquisiti per ogni differente periodo di misurazione, compreso tra 7 e 14 giorni.

Dopo questo periodo, i fruttometri sono stati reimpostati su altre piante, nell'ottica di acquisire maggiori dati sulla variabilità di sviluppo della crescita a scala giornaliera all'interno del campo sperimentale. Per quanto riguarda la cultivar *Keitt* sono stati monitorate le variazioni di diametro nell'unità di tempo in quattro diversi periodi, espressi in giorni dalla piena fioritura (GDPF), la quale è stata determinata secondo la scala BBCH proposta da Hernández Delgado *et al*., (2011):

1) I (27/07/2019-2/08/2019) da 58 a 64 GDPF;
2) II (12-23/08/2019) da 74 a 85 GDPF;
3) III (07-21/09/2019) da 100 a 113 giorni GDPF;
4) IV (21/09/2019-03/10/2019) da 114 a 126 GDPF.

Il monitoraggio della cultivar *Keitt* attraverso i fruttometri è stato di 52 giorni, che corrisponde a circa il 35% dell'intero periodo di fruttificazione della specie.

Per quanto riguarda la cultivar *Tommy Atkins*, la determinazione della crescita attraverso i fruttometri è stata effettuata in 3 differenti periodi di studio:

1) I (20/07/2019 - 27/07/2019) da 51 a 58 GDPF;
2) II (03/08/2019 – 12/08/2019), da 65 a 74 GDPF;
3) III (24/08/2019 – 07/09/2019), da 86 a 100 GFPF.

Il monitoraggio della cultivar *Tommy Atkins* con l'ausilio dei fruttometri è stato di 30 giorni, che corrisponde a circa il 30% dell'intero periodo di fruttificazione della specie.

I dati registrati dal *data-logger* sono stati scaricati su un computer attraverso un apposito software. Essi sono stati trasferiti su fogli Microsoft Excel ed elaborati per una conseguente verifica grafica.

Per l'elaborazione statistica dei dati è stata effettuata un'analisi di regressione lineare delle curve per ciascuna fase di sviluppo con il software Sigmaplot 12.0. Attraverso questa analisi è stato possibile ricavare il tasso medio di crescita giornaliera AGR (Absolute Growth Rate, mm/giorno), corrispondente alla pendenza della curva di crescita, generalmente associata a fenomeni di divisione e distensione cellulare. È un parametro fondamentale nella caratterizzazione dello sviluppo delle differenti specie in quanto rappresenta la velocità di accumulo di fotoassimilati dei *sink* nel tempo (Dambreville *et al*., 2017). Esso è stato calcolato come il rapporto tra la differenza di grandezza (mm) in due epoche di campionamento successive e il tempo intercorso tra le 2 (giorni).

È stata inoltre calcolata l'oscillazione media giornaliera del diametro del frutto (ΔD, mm/giorno), prevalentemente relazionabile agli scambi idrici (via xilema e traspirazione diretta) e per lo più a fenomeni di distensione cellulare.

Dal rapporto tra i due parametri AGR e ΔD è stato ottenuto un indice di sviluppo del frutto, utile ad acquisire importanti informazioni sulla crescita, quali ad esempio un prevalente accumulo di carbonio (fase della divisione cellulare), un ruolo prevalente dell'acqua (distensione cellulare) o una principale modificazione interna dei parametri chimici (fase di maturazione).

I dati sono stati successivamente sottoposti ad analisi della varianza ad una via, e le medie ottenute sono state confrontate tramite *test* di Tukey ($P < 0.05$). Come riferimento temporale, è stato utilizzato il giorno centrale, calcolato in relazione all'intervallo di ogni periodo considerato.

Per quanto riguarda la cultivar *Keitt*, i giorni di riferimento di ogni periodo considerato sono stati:

- periodo I = 61 giorni dalla piena fioritura;
- periodo II = 80 giorni dalla piena fioritura;
- periodo III = 107 giorni dalla piena fioritura;
- periodo IV = 120 giorni dalla piena fioritura.

Per la cultivar *Tommy Atkins* invece, sono stati considerati i seguenti giorni:

- periodo I = 56 giorni dalla piena fioritura;
- periodo II = 69 giorni dalla piena fioritura;
- periodo III= 93 giorni dalla piena fioritura.

I dati meteorologici relativi all'area oggetto di studio sono stati acquisiti dalla stazione vicina termopluviometrica di Caronia-Buzza; essa è particolarmente rappresentativa degli eventi climatici legati all'area di monitoraggio, considerato che si colloca alla medesima quota altitudinale (50 m s.l.m.), distando circa 5 km dall'area di studio.

Nel mangheto sono stati inoltre inseriti diversi sensori di temperatura ed umidità per avere informazioni microclimatiche alquanto dettagliate, rapportate ai dati di crescita che sono stati costantemente monitorati. In particolare, i dati riguardanti la temperatura e l'umidità relativa ad intervalli di 1 ora, sono stati acquisiti mediante un sensore *data-logger* "PCE-HT71". Tali dati sono stati scaricati con il software "*data-logger Graph 2.0*". I dati di temperatura ed umidità relativa acquisiti sono stati utilizzati per il calcolo del VPD (kPa) per mezzo dell'equazione:

$$VPD = EA - VapPres \qquad [1]$$

dove *EA* (kPa) rappresenta la pressione di saturazione, data dalla seguente equazione:

$$EA = 0{,}6108 * exp\left(\frac{17{,}27*t}{t+273{,}3}\right) \qquad [1.1]$$

in cui t (°C) è la temperatura registrata nel periodo considerato (1h). *vap pres* (kPa), invece, rappresenta la pressione reale di vapore, calcolata con l'equazione:

$$VapPres = \frac{EAxRH}{100} \qquad [1.2]$$

dove RH rappresenta l'umidità relativa (%) registrata dal *data-logger* nell'istante considerato. L'associazione tra VPD e ΔD è stata ottenuta mediante analisi di regressione lineare utilizzando il software Sigmaplot 12.0.

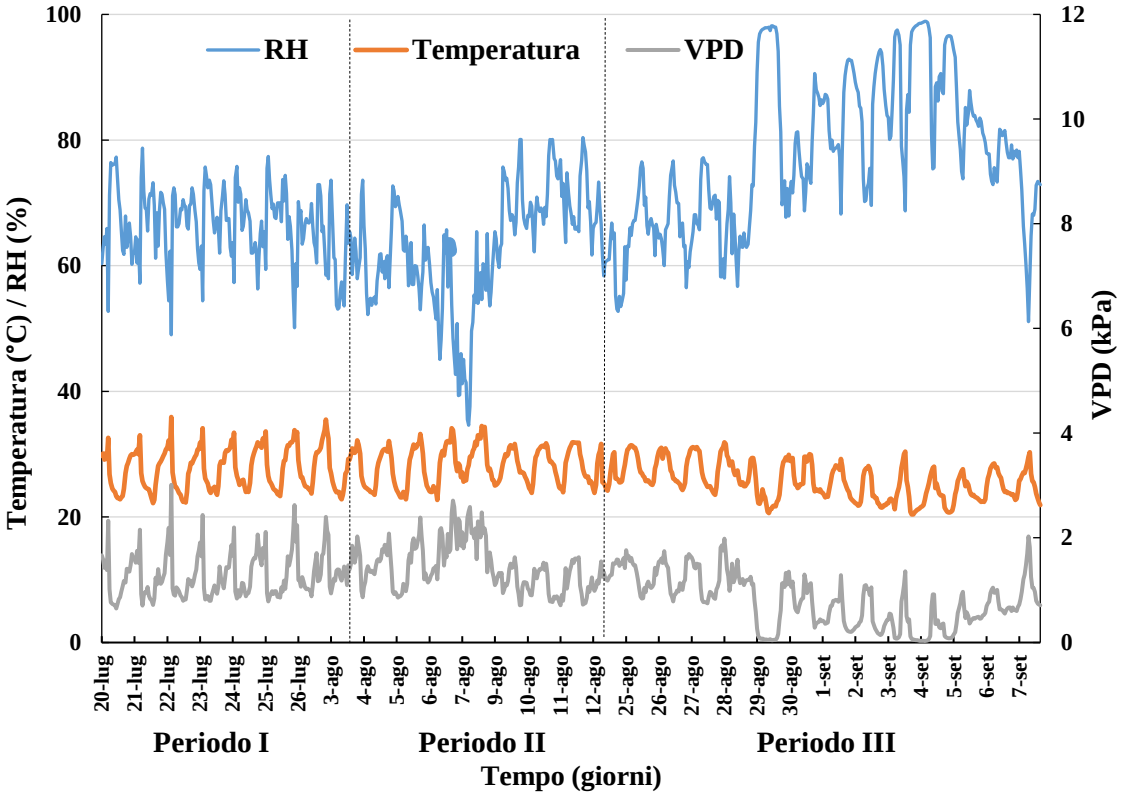

Fig. 45 – Andamento della temperatura, umidità relativa e VPD giornalieri durante il periodo della prova sullo sviluppo dei frutti della cultivar *Tommy Atkins*.

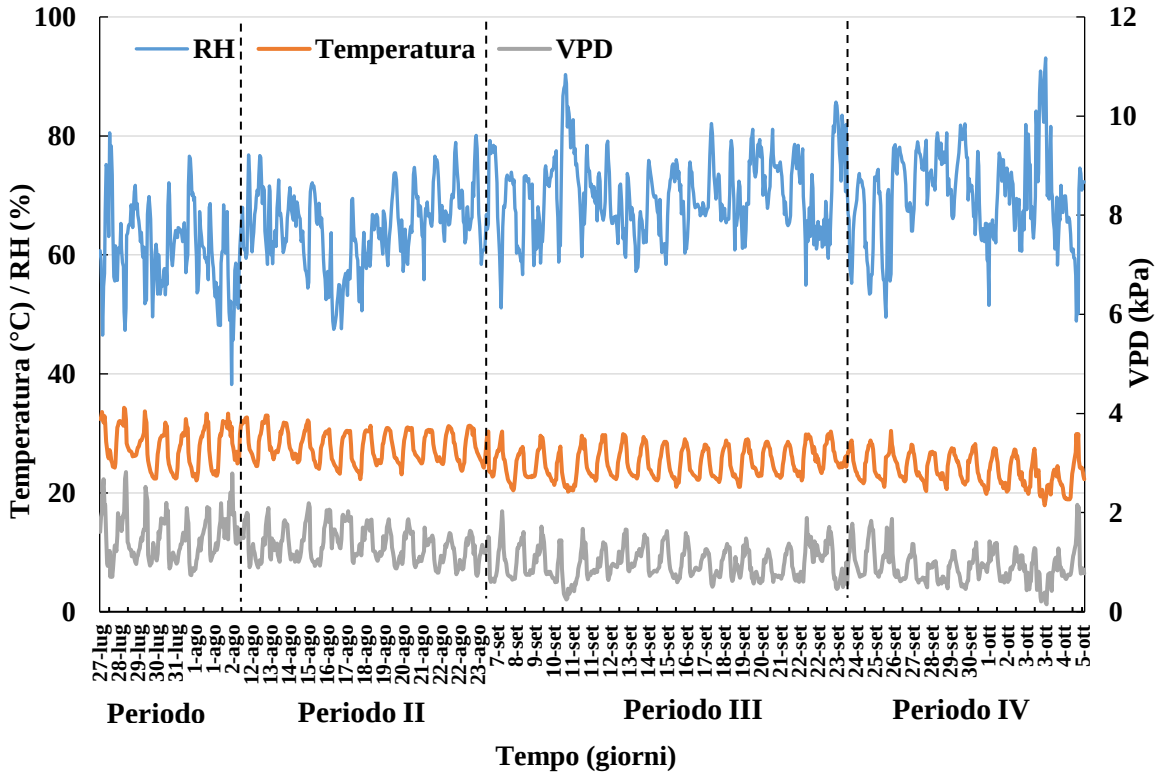

Fig. 46 – Andamento della temperatura, umidità relativa e VPD giornalieri durante il periodo della prova sullo sviluppo dei frutti della cultivar *Keitt*.

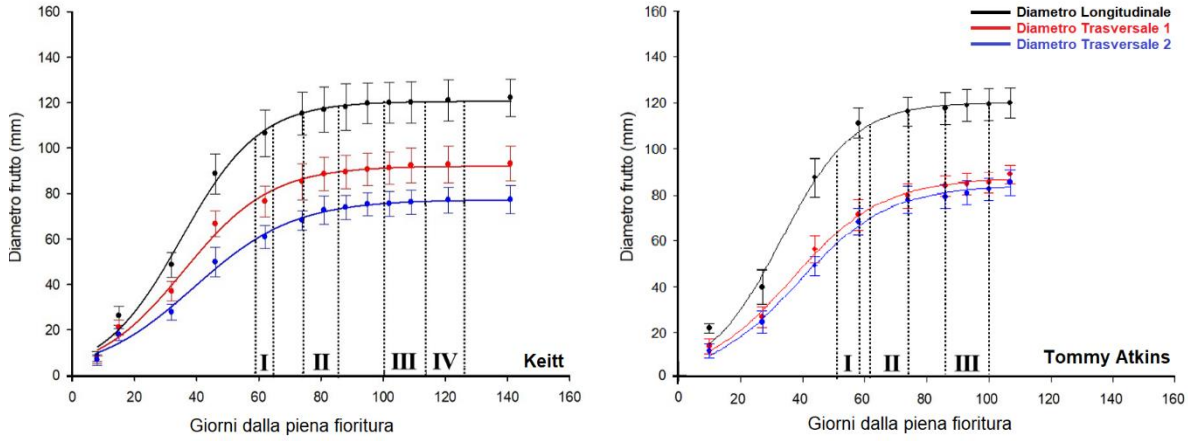

Fig. 47 – Curve di crescita diametrale dei frutti delle due cultivar analizzate, *Keitt* (sinistra) e *Tommy Atkins* (destra). In nero viene indicato il diametro longitudinale, mentre in rosso e blu i diametri trasversali. Con l'area tratteggiata vengono definite le fasi di rilevazione.

7.2 RISULTATI E DISCUSSIONE

Dai dati microclimatici acquisiti attraverso il sensore di temperatura e umidità posto in campo, si è evidenziata una temperatura media di 25,9 °C, con una massima di 35,9 °C (registrata il 22 luglio) e una minima di 18,0 °C (il 3 ottobre). Per quanto riguarda l'umidità relativa dell'area (RH%), il valore medio registrato è stato del 68,1%, con un minimo raggiunto l'8 agosto (32,0%). Quest'ultimo è stato determinato da fenomeni di scirocco che hanno interessato l'area di studio con un aumento della temperatura media giornaliera di circa 2,2 °C (Figg. 45-46). Il valore più elevato di umidità relativa è stato registrato il 4 settembre (RH=98,9%) in corrispondenza di eventi piovosi, i quali si sono verificati maggiormente nel periodo tra fine agosto ed inizio settembre, con VPD prossimo allo zero.

Durante il periodo di osservazione la crescita dei frutti delle due cultivar monitorate ha seguito un andamento sigmoidale (Fig. 47). In particolare, i due diametri equatoriali hanno avuto una crescita molto simile durante la maturazione nella cultivar *Tommy Atkins*, mentre in *Keitt* ha prevalso la crescita di un diametro rispetto all'altro, col frutto che ha assunto una caratteristica forma asimmetrica (Torres *et al*., 1997).

I periodi di monitoraggio effettuati attraverso l'utilizzo dei fruttometri hanno permesso di rilevare la variazione del diametro e di monitorare il cambiamento del tasso di crescita nel corso delle 24 ore. Durante il periodo I di rilevazione, i frutti, in entrambe le cultivar, hanno esibito una rapida crescita, che è diminuita durante le diverse fasi di monitoraggio.

Dall'elaborazione grafica dei dati acquisiti (Fig. 48-54) viene evidenziato come i fruttometri hanno registrato oscillazioni del diametro evidenti nell'arco del giorno, che si sono ripetute con lo stesso andamento durante le diverse fasi di monitoraggio.

Infatti, in tutte le misurazioni, durante le 14h – dalle 18.00 circa di una data giornata alle 8.00 di quella successiva – si è registrata una crescita esponenziale del diametro del frutto, alternata ad un decremento dello stesso durante le ore più calde, con un tasso di crescita differente in relazione al periodo di osservazione.

Durante i primi periodi di monitoraggio di entrambe le cultivar, avvenuti nella seconda metà del mese di luglio, non sono state riscontrate evidenti riduzioni diametrali che sono state accentuate nei successivi mesi tra agosto e ottobre. In particolare, in *Tommy Atkins* si è osservato una contrazione diametrale nelle fasi più calde della giornate, che è cominciata tra le 8:30 e le 9:15 di ogni giornata. Come si evince nelle Figg. 52-53, questo si è mantenuto fino alla fascia temporale compresa tra le 17:00 e le 17:45, dopodichè – fino alla mattina successiva – si è registrato giornalmente un incremento costante del diametro. Nel periodo III invece, tra i giorni 91 e 96 (Fig. 59), sono state rilevate variazioni diametrali ridotte e non regolari avvenute in corrispondenza di eventi piovosi di elevata intensità (23,4 mm e 33,0 mm) verificatesi nei giorni 29 agosto e 3 settembre, dove si sono registrati valori di umidità superiori al 90% e di VPD prossimi allo zero.

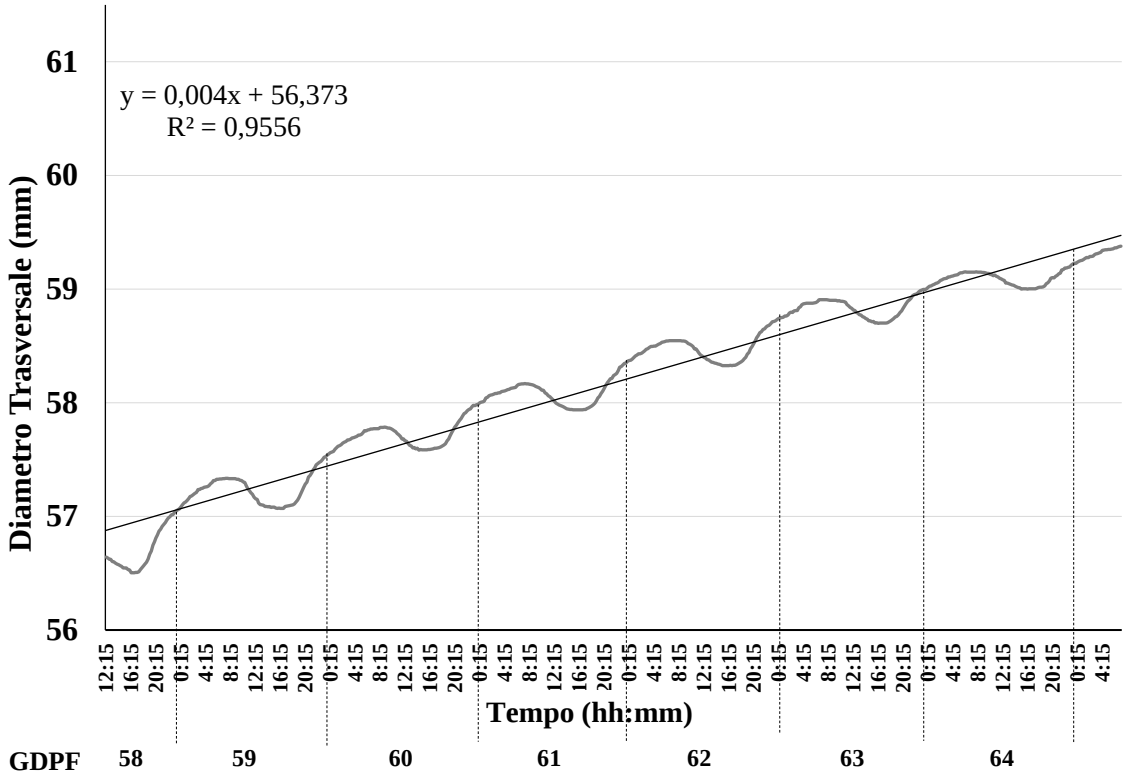

Fig. 48 – Andamento della crescita diametrale media di frutti della cultivar *Keitt* costantemente monitorata (15 min) grazie all'utilizzo di fruttometri a 58-64 giorni dalla piena fioritura (GDPF), per 7 giorni.

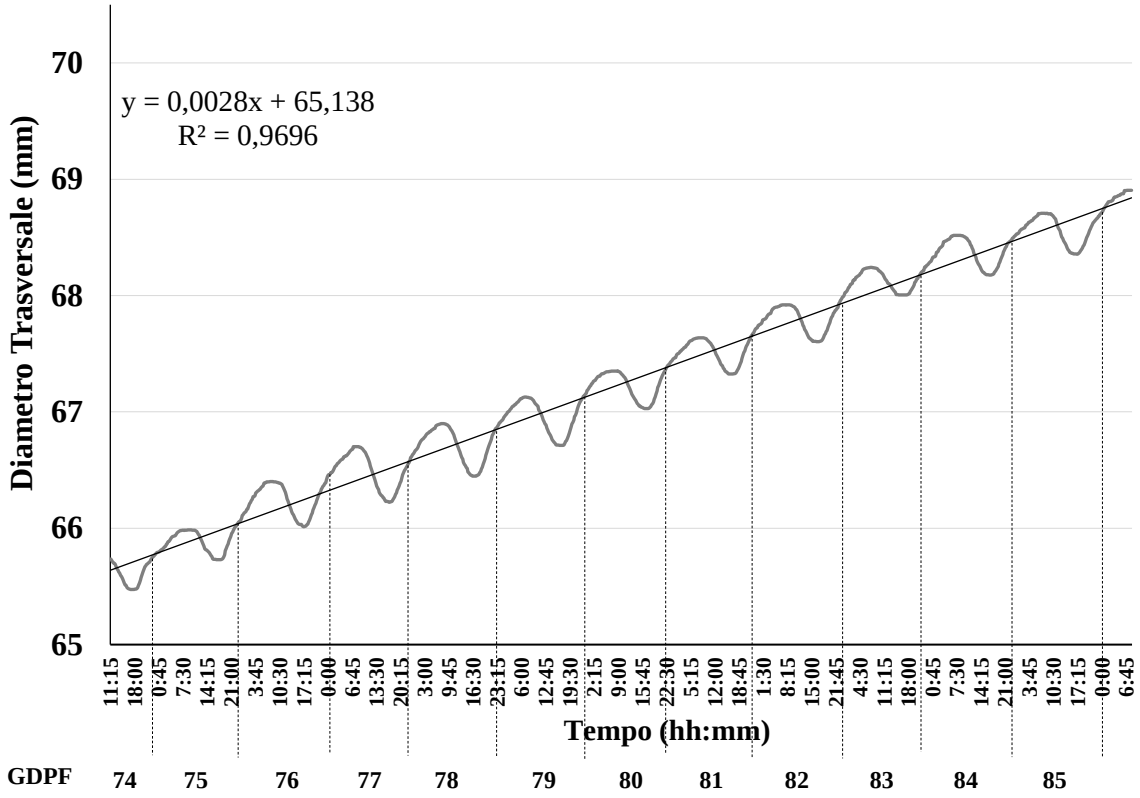

Fig. 49 – Andamento della crescita diametrale media di frutti di mango della cultivar *Keitt* monitorata ogni 15 min con i fruttometri a 74-85 giorni dalla piena fioritura (GDPF), per 12 giorni.

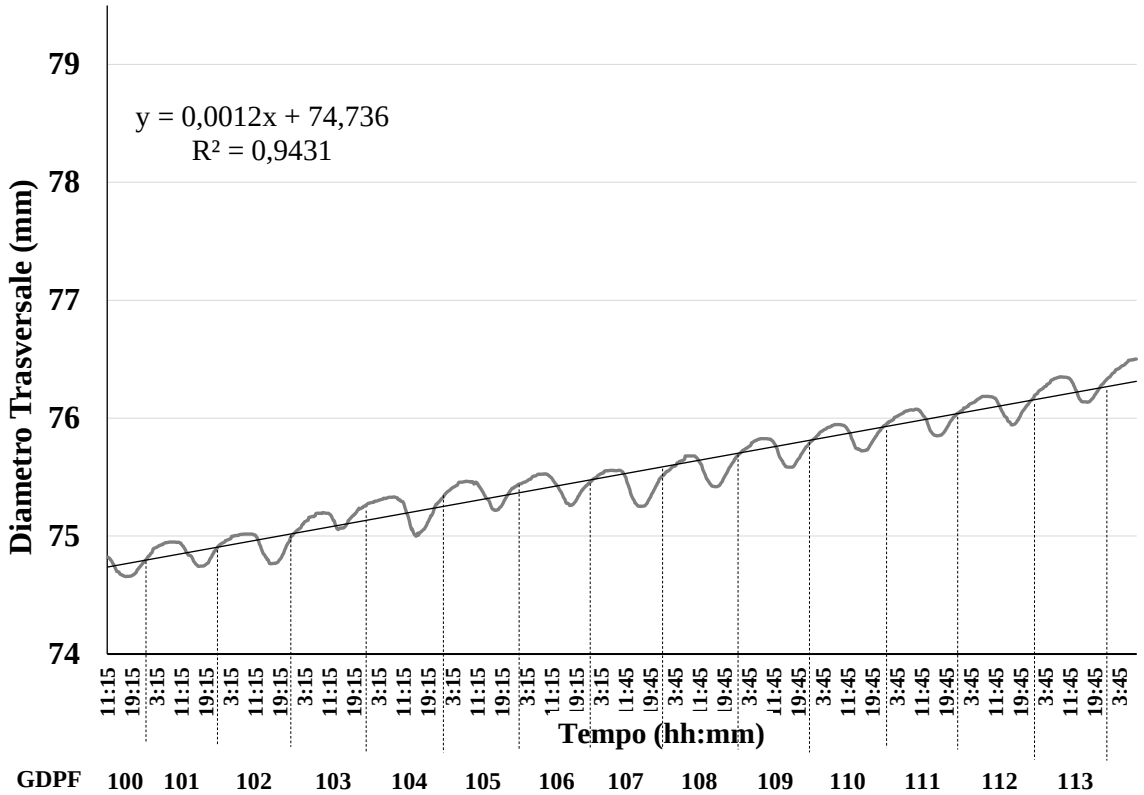

Fig. 50 – Andamento della crescita diametrale media di frutti di mango della cultivar *Keitt* monitorata ogni 15 min con i fruttometri a 100-113 giorni dalla piena fioritura (GDPF), per 14 giorni.

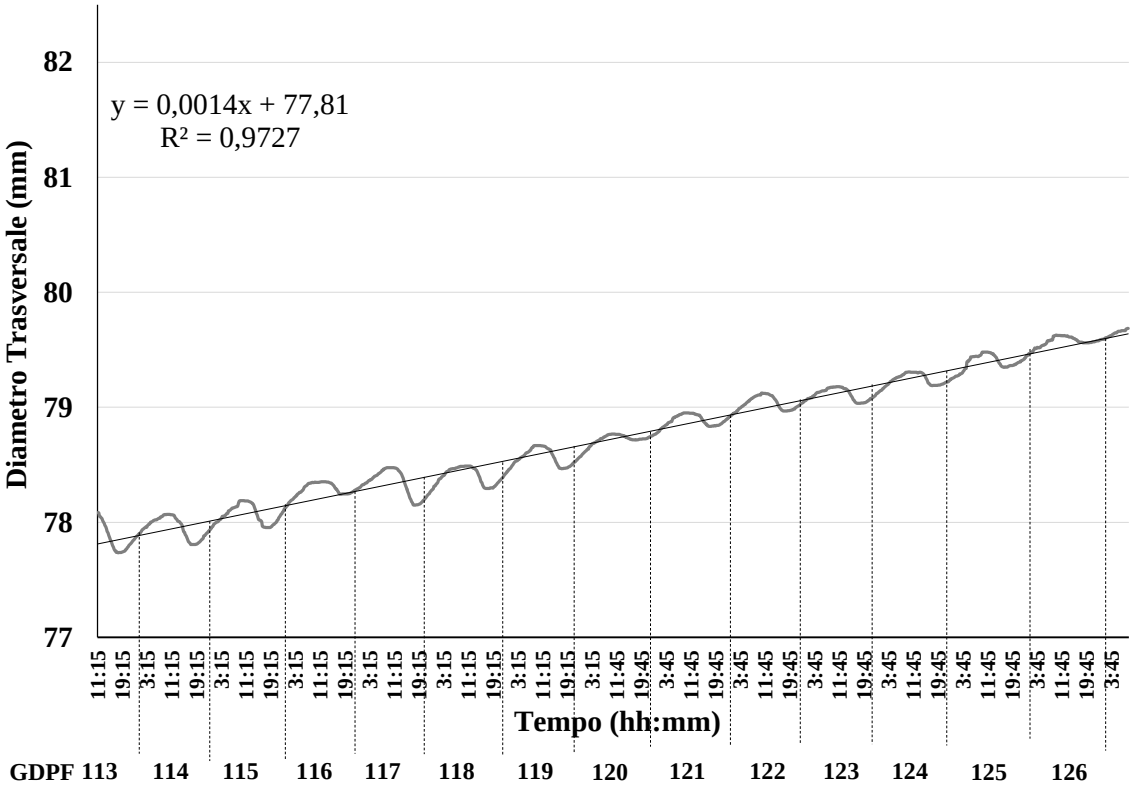

Fig. 51 – Andamento della crescita diametrale media di frutti di mango della cultivar *Keitt* monitorata ogni 15 min con i fruttometri a 113-126 giorni dalla piena fioritura (GDPF), per 14 giorni.

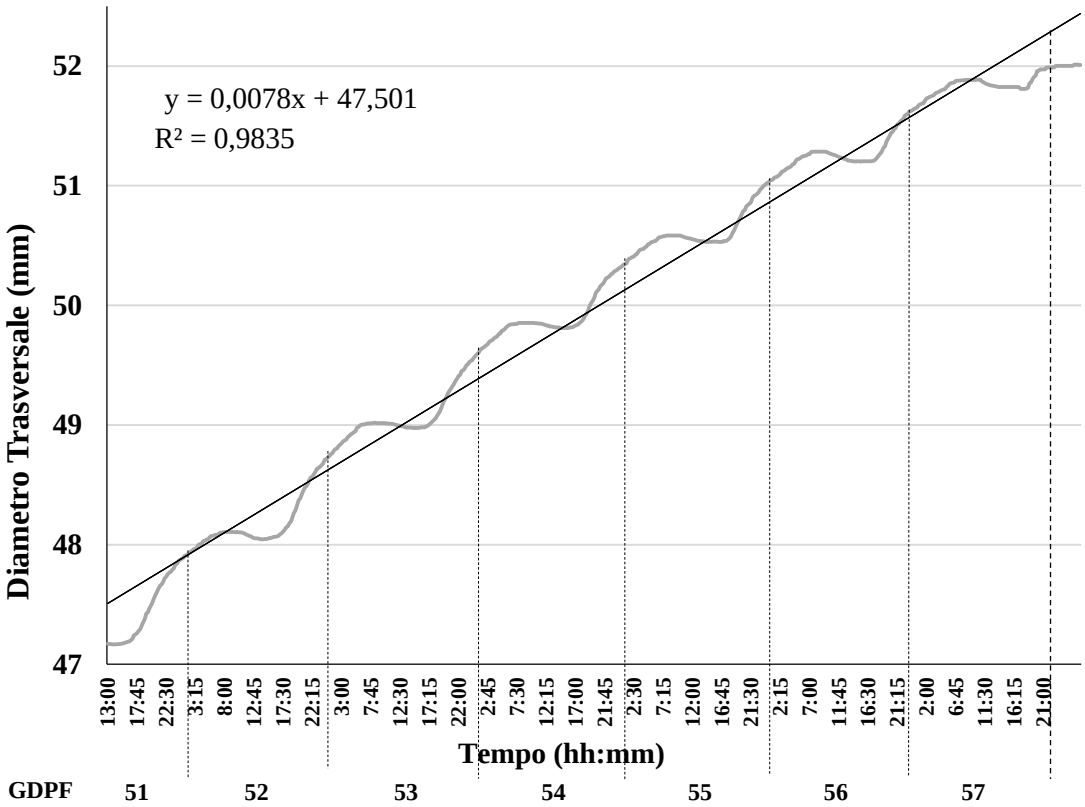

Fig. 52 – Andamento della crescita diametrale media di frutti di mango della cv. *Tommy Atkins* monitorata in continuo ad intervalli di 15 minuti tramite i fruttometri nel periodo I (51-57 giorni dalla piena fioritura).

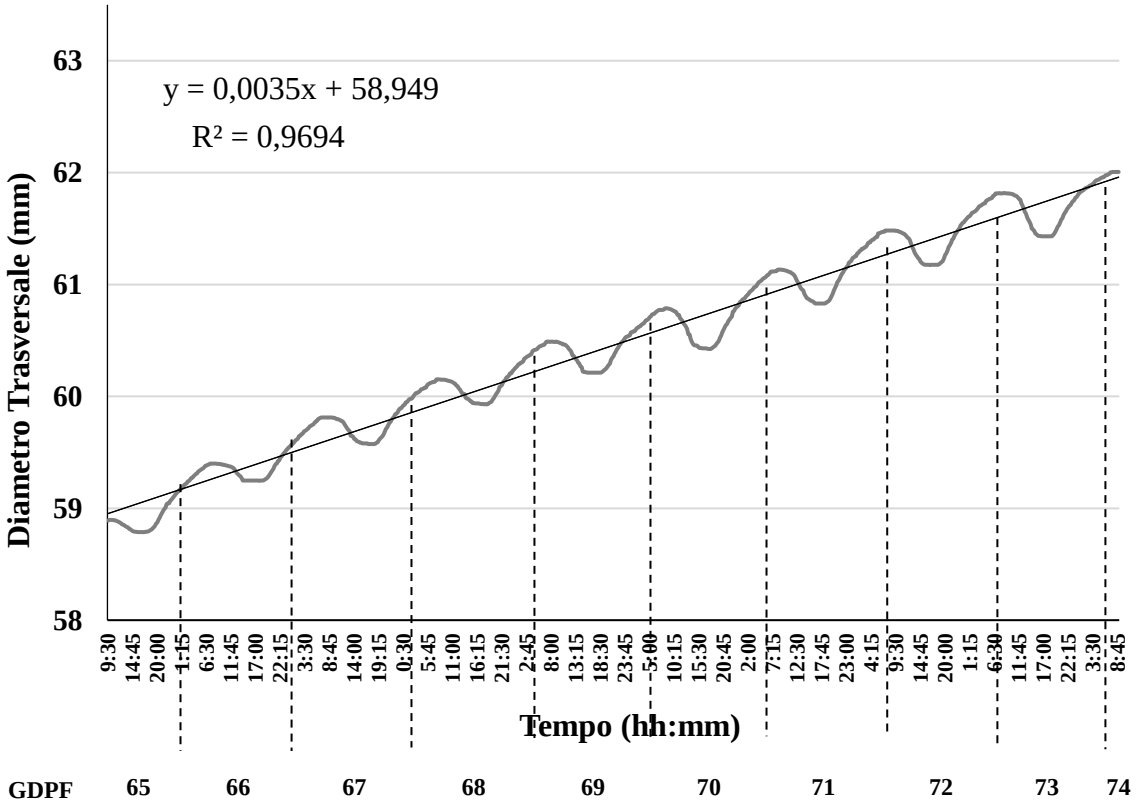

Fig. 53 – Andamento della crescita diametrale media di frutti di mango della cv. *Tommy Atkins* monitorata in continuo ad intervalli di 15 minuti tramite i fruttometri nel periodo II (65-74 giorni dalla piena fioritura).

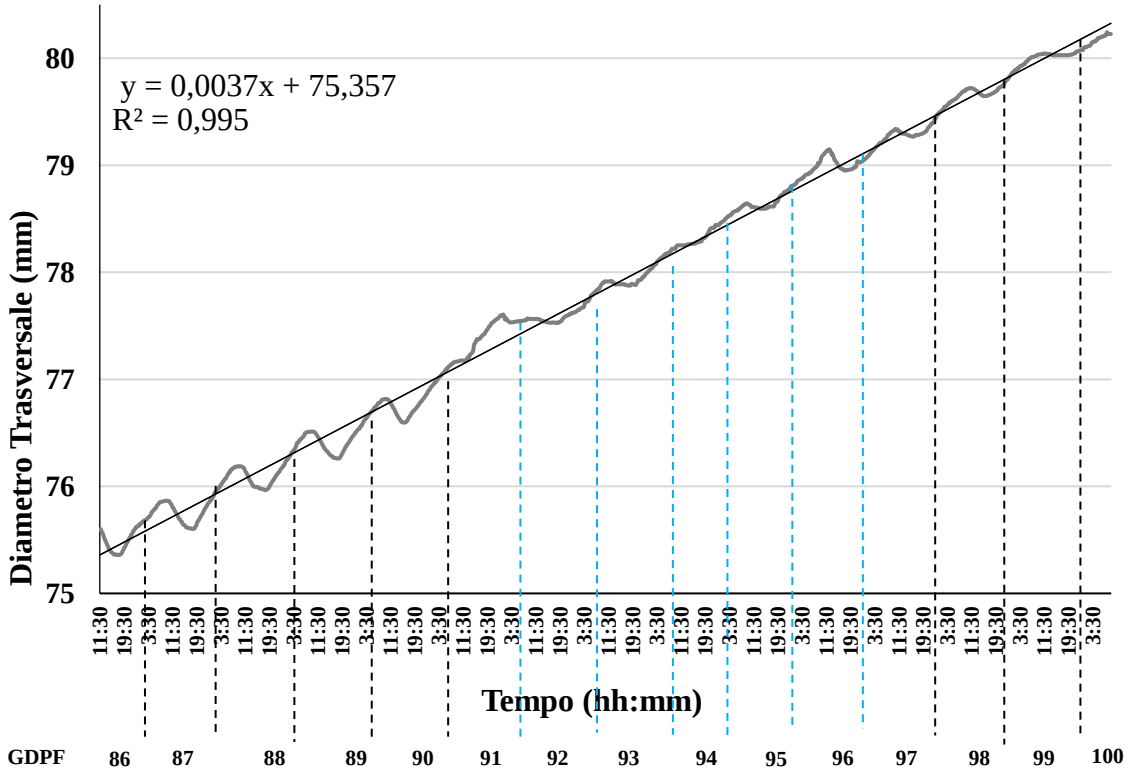

Fig. 54 – Andamento della crescita diametrale media di frutti di mango della cv. *Tommy Atkins* monitorata in continuo ad intervalli di 15 minuti tramite i fruttometri nel periodo III (86-100 giorni dalla piena fioritura). L'area azzurra indica e delimita il momento nel quale si sono verificati gli eventi piovosi.

In particolare, la costa tirrenica orientale della Sicilia il 29 agosto 2019 è stata interessata da un esteso nubifragio che ha coinvolto tutta la zona, con valori di pioggia pari a 137.0 mm, con notevoli conseguenze sulla viabilità e locali esondazioni di torrenti nella zona del messinese (Fioravanti *et al*., 2020). Si è ipotizzato che le elevate precipitazioni possano avere comportato variazioni nel tasso di traspirazione, attraverso un anomalo incremento diametrale rispetto a quelli verificatisi nei periodi I e II.

Come rilevato da diversi autori (Torres Luiz *et al*., 2016), una maggiore presenza di acqua nel momento in cui le condizioni ambientali sono più stressanti – a causa di una elevata traspirazione tra il mezzogiorno ed il pomeriggio – possono influire sulla crescita dei frutti nelle ore successive. In seguito agli eventi piovosi, dopo circa 2 giorni, sono stati registrati valori medi di RH, temperatura e VPD in linea con le normali condizioni climatiche della costa siciliana, ed una crescita regolare della drupa.

In *Keitt*, invece, si è osservato un restringimento diametrale del frutto (Figg. 53-56) iniziato tra le 8.30 e le 9:30 di ogni giornata, proseguito fino ad intervalli temporali tra le 17.00 alle 17:30. In questa fase – la più calda della giornata – i frutti perdono molta acqua, sia direttamente (per il processo di traspirazione che non può essere controllato dalla pianta), sia indirettamente; questo secondo caso riguarda la via xilematica (backflow), tendente a soddisfare il fabbisogno traspirativo fogliare nei momenti di maggiore carenza idrica con temperature più elevate (Higuchi & Sakuratani, 2006).

A questo proposito Léchaudel *et al.* (2006) evidenziano nel mango le concomitanti variazioni nella traspirazione del frutto e nel potenziale idrico dello xilema; in particolare, la prima è massima in corrispondenza delle ore 12:00, quando il potenziale idrico dello xilema raggiunge il suo minimo.

Il restringimento del frutto è quindi influenzato da un bilancio idrico negativo, in quanto le perdite per traspirazione non riescono ad essere compensate dagli apporti xilematici. In seguito, durante le ore serali si assiste ad un incremento costante del diametro fino alla mattina successiva, con il frutto tendente a riacquistare le dimensioni iniziali, per poi riaccrescersi rispetto al giorno precedente con tassi differenti in relazione al periodo considerato (Morandi *et al.*, 2007).

La differenza rispetto al giorno precedente va a costituire la crescita netta giornaliera e può essere prevalentemente associata ad accumulo di sostanza secca, intesa come un insieme di molecole organiche e inorganiche che entrano a far parte delle strutture cellulari del frutto di mango.

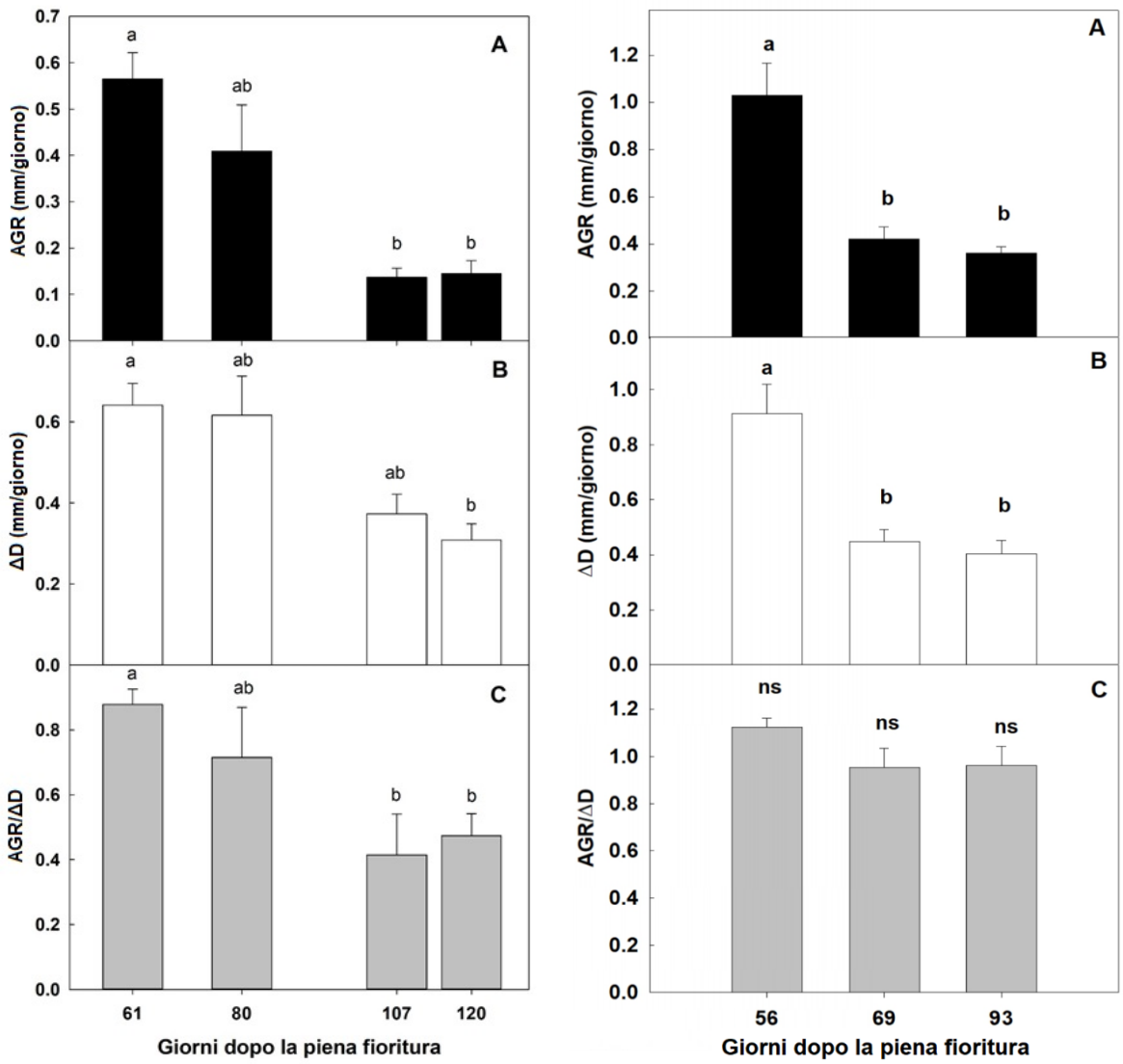

Fig. 55 – Tasso di crescita medio giornaliero AGR (A), variazioni del diametro ΔD (B) e indice di sviluppo del frutto TC/ΔD (C) giornalieri nelle fasi di monitoraggio di frutti di mango delle cultivar *Keitt* (a sinistra) e *Tommy Atkins* (a destra).

Confrontando le situazioni medie delle fasi di sviluppo del frutto osservate, si può notare come, in entrambe le cultivar, il tasso di crescita del frutto (mm/giorno) tende, come atteso, a diminuire significativamente con il progredire dello sviluppo (Fig. 55).

In particolare, in *Keitt*, nella fase I AGR risulta il più elevato, con valori che raggiungono il valore di 0,56 ± 0,05 mm/giorno. Una riduzione significativa si osserva, invece, nelle ultime due fasi, mentre AGR nella fase II risulta intermedio. Ciò suggerisce una diminuzione sostanziale dell'accumulo di sostanza secca e fotosintetati da parte del frutto durante il suo sviluppo.

In *Tommy Atkins*, invece, nel periodo I si è registrato il valore più elevato di AGR con media di 1,03 ± 0,14 mm/giorno, con un'elevata crescita netta giornaliera, visibile anche nella prima fase della curva sigmoidale tra i 20 e i 60 giorni dalla piena fioritura (Fig. 47). Nei successivi periodi, si è registrata una sensibile riduzione dello sviluppo pari a circa il 60%, con valori di 0,42 ± 0,05 mm/giorno nel periodo II e 0,36 ± 0,02 mm/giorno nel periodo III (Fig. 55). In particolare questo indica che durante le prime fasi di monitoraggio il frutto si trovava ancora in fase di crescita, probabilmente dovuta a fenomeni di espansione cellulare, strettamente dipendenti dall'accumulo di carboidrati e dal richiamo di acqua per osmosi. Successivamente la netta riduzione della crescita conferma che il periodo II è ricaduto tra la fine dello sviluppo del frutto e l'inizio della maturazione, mentre i successivi periodi sono avvenuti nel momento di piena maturazione della drupa. Esso è in parte evidenziato dalla curva di crescita, dove si può notare come il periodo considerato è coinciso con la parte finale dello sviluppo, che è molto più ampia nella cultivar *Keitt*, dove il frutto persiste sulla pianta anche 160 giorni circa. In quest'ultima cultivar si può osservare come le variazioni di diametro ΔD (mm/giorno) mostrano una riduzione significativa nell'arco delle quattro fasi di sviluppo del frutto, passando da 0,64 ± 0,05 mm/giorno della fase I, a 0,30 ± 0,04 mm/giorno della fase IV, del 50% circa. Ciò sembrerebbe contraddire l'ipotesi di partenza, ovvero che nelle ultime fasi di sviluppo del frutto prevalga la distensione cellulare a carico della componente idrica, con la presenza di oscillazioni giornaliere di diametro più evidenti.

Tuttavia, le diminuzioni di ΔD potrebbero essere associate a una minore perdita idrica del frutto nelle fasi più avanzate. Queste potrebbero essere determinate sia da condizioni climatiche diverse (VPD più basso nelle ultime due fasi), ma soprattutto dall'accumulo di carboidrati nella polpa del frutto. Questi ultimi infatti potrebbero agire da componenti osmotici, trattenendo l'acqua nel vacuolo e favorendo la distensione cellulare nei momenti più favorevoli per la pianta, ossia durante le ore notturne.

Anche in *Tommy Atkins* sono state rilevate nel periodo I notevoli oscillazioni diametrali molto accentuate, pari a 0,91 ± 0,11 mm/giorno. Queste però si sono ridotte significativamente nei periodi II e III attestandosi rispettivamente sui 0,45 ± 0,04 mm/giorno e 0,40 ± 0,05 mm/giorno (Figg. 53-54). I dati confermano che il frutto nel periodo I si trovava ancora in una fase di crescita attiva dovuta a fenomeni di distensione cellulare strettamente dipendenti dagli scambi idrici del frutto, a loro volta responsabili delle oscillazioni diametrali del frutto durante il giorno. La diminuzione delle oscillazioni diametrali giornaliere osservata nel periodo II e III potrebbe essere dovuta sia a una riduzione della traspirazione

del frutto, possibilmente determinata da fenomeni di ispessimento cuticolare durante la maturazione (Montanaro *et al*., 2012), sia ad una minore comunicazione xilematica con la pianta. I valori di conduttanza cuticolare nel mango, infatti, possono variare a seconda delle condizioni microclimatiche di crescita del frutto (Lechaudel *et al*., 2013), limitando i fenomeni di traspirazione (Maguire *et al*., 2001). A questo proposito, Léchaudel *et al*. (2002) hanno evidenziato nel mango che il tasso di accumulo di acqua diminuisce con l'aumentare della sostanza secca del frutto.

È da sottolineare, inoltre, come i frutti della cultivar *Tommy Atkins* comparati con altre cultivar di mango mostrano valori più bassi di traspirazione, dovuti ad una struttura della cuticola caratterizzata da un livello di cera relativamente più elevato, un numero limitato di lenticelle (Camacho-Vázquez *et al*., 2019) ed una maggiore densità dei condotti di resina (Guillén *et al*., 2017). Tutti questi fenomeni (riduzione della crescita, riduzione della traspirazione per ispessimento cuticolare, isolamento xilematico) sono associabili all'inizio della fase di maturazione, caratterizzata per altro dall'attivazione delle attività metaboliche che riguardano le alterazioni dei componenti biochimici già presenti nel frutto, determinando modificazioni fisiologiche, biochimiche ed organolettiche (Litz, 2009).

Al fine di valutare il comportamento del frutto in relazione alle condizioni microclimatiche, ΔD (mm/giorno) è stato messo in relazione con il VPD. Dall'analisi dei dati giornalieri, nella cultivar *Keitt*, è stata rilevata una relazione diretta tra i due parametri in quanto all'aumentare del VPD, l'ampiezza delle oscillazioni giornaliere del diametro del frutto ΔD si accresceva in maniera proporzionale (R^2=0,657) (Fig. 56).

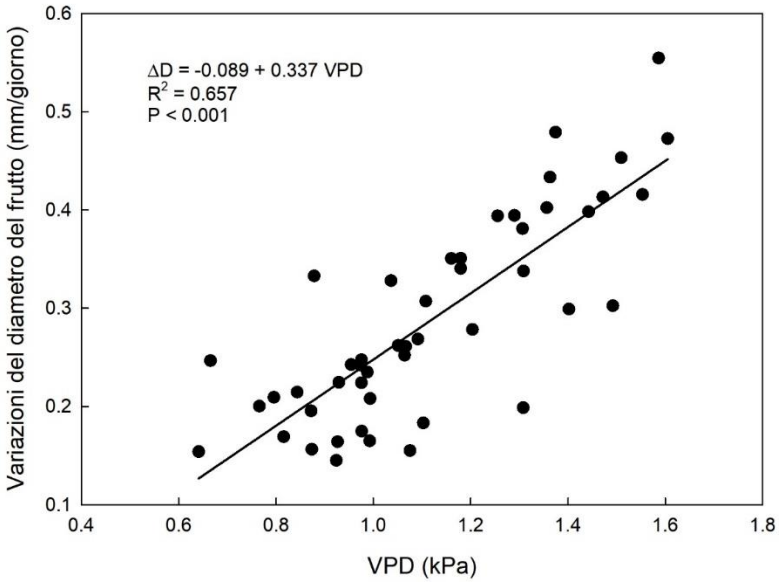

Fig. 56 – Relazione tra il deficit di pressione di vapore VPD (kPa) e la variazione giornaliera di diametro del frutto ΔD (mm/giorno) dei frutti di mango della cultivar *Keitt*.

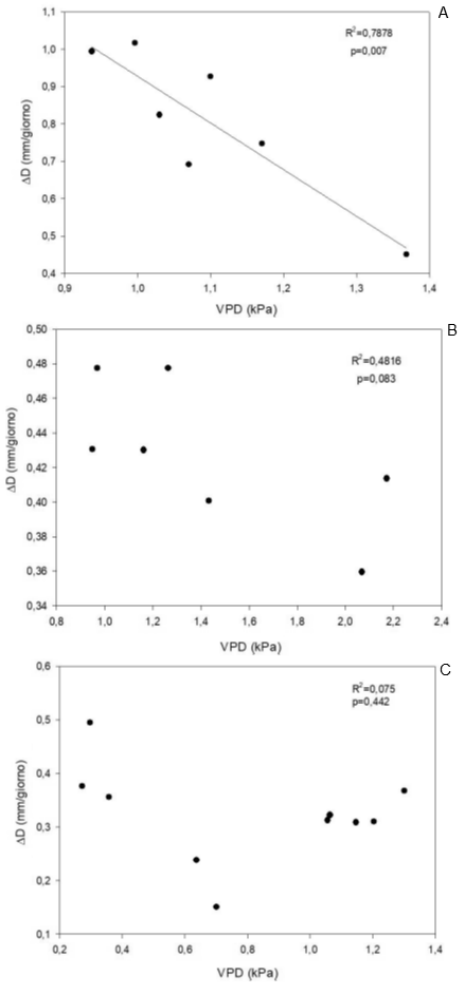

Fig. 57 – Relazione tra il deficit di pressione di vapore (VPD) e la variazione giornaliera di diametro del frutto (ΔD) nei tre differenti periodi di sviluppo (I-A; II-B; III-C) dei frutti di mango della cultivar *Tommy Atkins*.

In *Tommy Atkins,* invece, nel periodo I è stata rilevata una relazione inversa significativa tra i due parametri, indice del fatto che all'aumentare del VPD si è verificata una riduzione delle oscillazioni diametrali del frutto.

Nelle successive fasi, i valori medio-alti di VPD hanno verosimilmente determinato un'eccessiva perdita idrica per traspirazione e la pianta ha probabilmente reagito con una parziale chiusura stomatica, che ha potuto quindi comportare una diminuzione delle oscillazioni diametrali giornaliere all'aumentare del VPD.

Dal periodo II, invece, si è iniziata a constatare l'assenza della relazione (p=0,083) tra i due parametri presi in esame (Fig. 57). Questo potrebbe avvalorare l'ipotesi che il frutto, negli ultimi periodi analizzati, stia entrando in fase di maturazione e si stia isolando dal punto di vista idrico, sia attraverso l'interruzione del flusso xilematico che di quello stomatico, con una minore dipendenza dalle variazioni del VPD. Questo fenomeno è stato ancora più evidente nel periodo III (Fig. 57), in cui viene confermata l'assenza della relazione fra ΔD e

VPD, avvalorando ulteriormente l'ipotesi che il frutto in fase di maturazione si isola dal punto di vista idrico. Infatti, i dati registrati nella fase finale di sviluppo del frutto, non hanno evidenziato cambiamenti sostanziali nella dimensione diametrale, con le oscillazioni che si sono ridotte in particolare nell'ultima fase di maturazione. Questo è imputabile ad una variazione nel tasso di traspirazione giornaliero, determinata dal fatto che il frutto arresta l'afflusso xilematico nell'ultima fase limitando la formazione di gradienti di pressione ideali per il movimento dell'acqua (Morandi *et al*., 2007; Montanaro *et al*., 2012) e / o da una diminuzione della conduttività idrica dei vasi xilematici. A questo proposito Nordey (2014) evidenzia come nel mango, in particolare nella cultivar *Cogshal*, le variazioni nel flusso dello xilema sono correlate alla diminuzione della conduttività idrica dei vasi xilematici con l'avanzamento dello sviluppo, determinata da una occlusione dei vasi. Come evidenziato in precedenza, i frutti di *Tommy Atkins* mostrano valori di conduttanza cuticolare molto bassi rispetto alle altre varietà, in relazione a cambiamenti biofisici della cuticola, che avvengono nella fase di maturazione.

Anche in frutti di altre specie tra cui il kiwi (Morandi *et al*., 2011; Montanaro *et al*., 2012), melo (Drazeta *et al*., 2004) e ciliegio (Brüggenwirth *et al*., 2016), viene evidenziata un'occlusione dei vasi xilematici, i quali vengono interrotti poiché la conduzione di questi tessuti durante particolari condizioni climatiche potrebbe implicare perdite idriche per *backflow* (Brüggenwirth *et al.*, 2016), che si verificano anche nel mango (Higuchi & Sakuratani, 2006). Questo si traduce in una ridotta perdita traspirativa nell'ultima fase, a differenza di altre specie, come il pesco, dove la conduttanza superficiale subisce un aumento correlato alla dimensione del frutto (Lescourret *et al*., 2001) e viene evidenziato un importante contributo xilematico durante la fase di maturazione (Wu *et al*., 2003).

La comunicazione con la pianta viene mantenuta tramite il floema, e quindi il frutto continua a ricevere gli elaborati della fotosintesi.

Al fine di comprendere meglio quale sia il processo prevalente tra divisione e distensione cellulare nel modello di crescita, una indicazione può essere data dal rapporto fra tasso di crescita medio giornaliero AGR (mm/giorno) e le variazioni di diametro ΔD (mm/giorno). Nello specifico, considerando i parametri e il significato del rapporto in termini di meccanismi di crescita, si può affermare che in *Keitt* nel primo periodo prevalga la divisione cellulare, mentre nella fase di monitoraggio III e IV i processi di distensione cellulare. Il periodo II dovrebbe inquadrarsi in un momento intermedio di transizione, dove divisione e distensione cellulare coesistono in proporzioni equilibrate. Il momento di

transizione tra le due fasi, pertanto, si può ritenere piuttosto ampio e compreso tra le fasi I e III, ossia tra i 65 e 99 giorni dopo la piena fioritura.

In *Tommy Atkins*, dall'analisi non si evidenziano differenze significative, ma si può vedere graficamente come il rapporto si riduce durante le diverse fasi di monitoraggio, che hanno avuto luogo nella transizione tra fase di espansione cellulare e fase di maturazione. Questo evidenzia come il frutto nel periodo II si trovava nel momento di passaggio dalla fase della distensione cellulare alla fase di maturazione, caratterizzata da valori di AGR e ΔD inferiori e poco influenzati dal VPD, mentre nel periodo III di monitoraggio la crescita non è stata influenzata dai parametri climatici, in piena fase di maturazione, come discusso in precedenza.

7.3 CONCLUSIONI

I risultati ottenuti durante il monitoraggio hanno permesso di ipotizzare il modello diurno di crescita dei frutti di mango durante le 24h, nelle diverse fasi di sviluppo dalla piena fioritura. Grazie all'acquisizione di dati ogni 15 minuti, si è verificato sperimentalmente come varia la crescita del frutto in relazione alle dinamiche ambientali, quali appunto temperatura ed umidità relativa, e al tempo di persistenza in pianta dalla piena fioritura. L'impiego dei fruttometri sulle drupe (Fig. 58) ha consentito il monitoraggio delle variazioni diametrali nel tempo in risposta alle condizioni ambientali e fisiologiche di due varietà importanti in ambiente mediterraneo quali *Keitt* e *Tommy Atkins*, ipotizzando alcuni meccanismi di regolazione idrica e funzionamento del frutto riguardanti i flussi di floema, xilema e traspirazione.

Attraverso il calcolo e l'analisi dell'indice AGR/ ΔD si è visto come in *Keitt* durante i primi 65 giorni circa dopo la piena fioritura prevale il processo di divisione cellulare, mentre nelle fasi che succedono i 99 giorni dopo la piena fioritura prevalgono principalmente i processi di distensione cellulare, in cui il frutto accumula in maggior parte acqua. Nel periodo intermedio è plausibile che i due meccanismi di crescita coesistano in maniera più o meno bilanciata.

In *Tommy Atkins*, invece, viene evidenziato un elevato tasso di crescita nella prima fase, fino a circa 60 giorni dalla piena fioritura, con un incremento di peso fresco delle drupa determinato dalla traslocazione dell'acqua e degli assimilati attraverso i flussi floematici e xilematici. Successivamente, intorno al 70 esimo giorno si assiste ad una sensibile riduzione del tasso di crescita del frutto, passando dalla fase di espansione cellulare a quella finale di

Fig. 58 – Posizionamento dei fruttometri in campo.

maturazione, dove viene ipotizzato un "isolamento" dal punto di vista idrico. I risultati ottenuti potrebbero rivelarsi di elevata utilità nella gestione colturale degli impianti arborei in ambiente mediterraneo. Grazie all'individuazione dei momenti di prevalente divisione e distensione cellulare del frutto durante la sua crescita, potrebbe essere stabilito con certezza il momento ottimale per l'applicazione di diverse pratiche agronomiche, quali ad esempio interventi di diradamento dei frutti ai fini dell'ottenimento di pezzature elevate e regolari nella fase iniziale di sviluppo, da effettuare nei momenti in cui il frutto immagazzina carboidrati e sostanza secca, quindi quando prevalgono i fenomeni di divisione.

Per una ottimizzazione degli apporti irrigui bisognerebbe invece condurre ulteriori indagini per individuare con precisione l'inizio della fase di maturazione, durante la quale un apporto idrico in deficit potrebbe portare a miglioramenti qualitativi senza decadimenti della pezzatura finale dei frutti.

Ulteriori lavori scientifici sul mango potranno delineare con più chiarezza il processo di maturazione del frutto in ambiente mediterraneo confermando o smentendo l'ipotesi di isolamento idrico formulata durante questo studio per la cultivar *Tommy Atkins*, e definire importanti strategie di deficit idrico controllato nella cultivar durante la fase di maturazione.

8. STUDIO DELL'EVOLUZIONE QUALITATIVA DEI FRUTTI DI MANGO DELLA CULTIVAR *OSTEEN* IN RELAZIONE ALLA DATA DI RACCOLTA

I parametri di qualità dei frutti di mango variano giornalmente; non esiste peraltro un valido criterio volto a determinare correttamente il grado di maturazione in base all'aspetto esterno (Galán Saúco, 2009). Essendo un frutto climaterico, il mango è caratterizzato da un aumento più o meno consistente dell'intensità respiratoria dopo la maturazione fisiologica attraverso un processo innescato dall'etilene (Fukuda *et al*., 2014), durante il quale la qualità complessiva del frutto cambia radicalmente (Sivakumar *et al*., 2011).

In generale, la raccolta viene effettuata quando i frutti sono ancora verdi con una elevata consistenza; essi continuano il processo di maturazione durante le successive fasi di trasporto e di stoccaggio (Baloch & Bibi 2012). In questo periodo, variabile in relazione alle metodologie di conservazione, i frutti raggiungono un livello ottimale per il consumo (Kader *et al*., 2008; Jacobi *et al*., 1995; Lalel *et al*., 2003; Nunes *et al*., 2007; Sivakumar *et al*., 2011).

La variazione in pre- e post-raccolta dei diversi fattori ambientali influenza la qualità del mango con raccolti caratterizzati da differenze qualitative nette (Kienzle *et al.*, 2011). Per alcune varietà sono stati suggeriti diversi indici di raccolta, ma ad oggi non ne esiste uno del tutto efficace e con un chiaro riscontro pratico (Medlicott & Jeger, 1987; Fukuda *et al*., 2014). La maggior parte dei produttori, infatti, non è in grado di determinare con precisione il momento migliore di raccolta in maniera empirica (Fukuda *et al*., 2014) e ad oggi vengono utilizzate tecniche di campionamento distruttive, non rappresentative a causa della variabilità gestionale e colturale dei diversi frutteti (Herold *et al*., 2005). Tra i criteri più utilizzati per determinare la maturazione del mango, il più preciso fa riferimento al numero di giorni dalla piena fioritura, che dipende dalle caratteristiche macroclimatiche (Sivakumar *et al*., 2011), dalle condizioni di coltivazione (Yahia *et al*., 1998) e dalla destinazione commerciale del prodotto (Souza *et al*., 2015).

Solitamente, i frutti vengono raccolti prima dell'inizio del climaterio, tuttavia al fine di ottenere una qualità elevata è opportuno che la raccolta avvenga durante la maturazione fisiologica (Yahia, 1998). I cambiamenti qualitativi del frutto, durante la sua evoluzione in pianta, riguardano principalmente il rapporto zuccheri/acidi, il pH e il contenuto in solidi solubili totali (Tandon *et al.*, 1986; Gowda *et al*., 2001; Ueda *et al.*, 2001).

Quest'ultimo parametro è il fondamentale riferimento della maturazione, in quanto influenza il giudizio dei consumatori sull'apprezzabilità del prodotto. In un'indagine condotta da Makani (2009) è stato osservato come, ad esempio i frutti della cultivar *Tommy Atkins* con contenuto maggiore di 13,5 °Brix, venivano apprezzati dall'80% dei consumatori, mentre quelli con basso contenuto (dal 9,5 al 12,6 °Brix) da un numero inferiore. I frutti che rimangono poco tempo sulla pianta, spesso non maturano in maniera idonea (Jha *et al.*, 2006) e possono presentare delle caratteristiche non ideali per il consumo. Di contro, una raccolta troppo tardiva può, invece, determinare una maturazione irregolare e ridurre il rapporto zuccheri/acidi (Jha *et al.*, 2010).

È essenziale quindi che i parametri principali di qualità siano correlati strettamente alla dimensione, alla forma, al colore e all'aroma, cercando di rilevare indici precisi in relazione al momento di raccolta.

Obiettivo della ricerca in oggetto è stato quello di valutare l'evoluzione delle caratteristiche fisico-chimiche e sensoriali dei frutti della cv. *Osteen* durante il processo di crescita e di maturazione, nonchè in postraccolta, cercando di definirne come la permanenza in pianta influisca sulla qualità e sulla successiva *shelf-life*. Si è cercato, altresì, di definire la reale influenza del momento di raccolta sulla qualità organolettica dei frutti al momento del consumo, tenendo conto del diverso periodo di maturazione post-raccolta.

8.1 MATERIALI E METODI

8.1.1. Luogo della prova

L'esperimento è stato condotto in un campo sperimentale a Tenerife (Isole Canarie, Spagna), nell'azienda Cueva del Polvo (28°13'44.8"N; 16°49'54.0"W), localizzata ad Alcalá ed afferente all'*Instituto Canario de Investigaciones Agrarias* (ICIA).

8.1.2. Caratterizzazione climatica dell'area

Dalle registrazioni termopluviometriche locali, ricavate da un'apposita stazione situata in campo, risulta che la temperatura media giornaliera è di 21 °C, con una media delle minime di 18 °C; le temperature medie massime sono di 25 °C, con un'umidità relativa media giornaliera del 70%.

Le precipitazioni medie annuali sono bassissime (155 mm). Su queste basi, secondo la classificazione di Köppen (1936) il clima dell'area può essere definito "tropicale secco", nonchè "caldo tropicale" secondo la classificazione di Papadakis (1966).

8.1.3. Disegno sperimentale

La prova ha riguardato alberi di mango della cultivar *Osteen*, di 20 anni di età, allevati a vaso, con sesto 5 x 6 m, innestati su *Gomera 1* e sottoposti a cure colturali ordinarie.

I campionamenti sono stati effettuati a partire dalla fioritura, che nella zona in questione è avvenuta tra marzo e aprile. La piena fioritura, è stata stabilita secondo la scala BBCH di Hernández Delgado *et al.* (2011), dove viene indicata con la fase 615, quando il numero dei fiori aperti è superiore al 50%.

A questo proposito dieci pannocchie pienamente formate per ciascuna delle 3 piante sono state prelevate nella data di piena fioritura per effettuare una caratterizzazione attraverso una misurazione della lunghezza, larghezza, diametro di base e numero di fiori aperti, che nell'ultima settimana di marzo è risultata maggiore del 50%. Il margine di errore riguardo alla data esatta di piena fioritura, a causa dell'eterogeneità dei fiori che si aprono nell'infiorescenza, è stato di circa 5 giorni.

In seguito all'allegagione, sono state scelte in maniera casuale ed etichettate 100 infiorescenze per pianta su diverse parti degli alberi selezionati e seguite durante lo sviluppo. Al fine di descrivere la crescita dei frutti dalla piena fioritura sono stati monitorati a cadenza settimanale 16 frutti per albero (4 frutti per esposizione N, S, E, W), che sono stati attenzionati sino alla piena maturazione. In particolare, sui frutti selezionati, sono stati determinati il diametro longitudinale e quelli equatoriali – indicando con "1" il maggiore e con "2" il minore, data l'irregolarità trasversale dei frutti – in modo da definirne lo sviluppo morfologico durante il periodo considerato. Sono stati effettuati settimanalmente dei prelievi dei frutti a partire dal giorno 105 dalla piena fioritura, cioè il momento in cui il tasso di crescita del frutto è sceso al di sotto dell'1%. Le operazioni settimanali hanno previsto la raccolta di 18 frutti allo stesso stadio di maturazione, fino al giorno 168 dalla piena fioritura; essi sono stati selezionati in termini di dimensioni, buona qualità e assenza di danni o alterazioni, per un totale di circa 200 frutti.

Il prelievo dalla pianta è stato effettuato rimuovendo le drupe con una porzione di rachide di circa 10 cm, per evitare il possibile danno all'esocarpo provocato dalla linfa.

8.1.4 Analisi qualitative

I frutti prelevati sono stati sottoposti ad analisi fisico-chimiche, nell'ottica di stabilire una correlazione tra i differenti parametri misurati durante la crescita, fino alla completa maturazione in pianta. Essi sono stati analizzati presso il Laboratorio di Frutticoltura tropicale dell'ICIA di Santa Cruz de Tenerife (Spagna). Ad ogni campionamento settimanale dei 18 frutti prelevati, 6 sono stati analizzati lo stesso giorno mentre i restanti sono stati utilizzati per uno studio post-raccolta. In particolare dei 12 frutti rimanenti, dopo un periodo in camera di conservazione a 20 °C, 6 sono stati analizzati al punto di consumo (determinato attraverso la durezza del frutto) e 6 utilizzati per un *panel test* effettuato lo stesso giorno, al fine di valutarne le variazioni delle caratteristiche qualitative in relazione al momento di raccolta. Le analisi effettuate su tutti i frutti hanno riguardato una caratterizzazione morfo-diametrica, attraverso la determinazione del peso (g), tramite bilancia digitale di precisione a due cifre decimali, la misurazione dei diametri trasversali ("1" e "2") e del diametro longitudinale, tramite calibro digitale TR53307 (Turoni, Forlì Italia). È stata valutata l'intensità del colore dei frutti mediante un colorimetro Minolta modello CR–400 (Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan), attraverso la determinazione delle coordinate spaziali L*, a* e b* (McGuire & Campbell, 1992). Il contenuto in sostanza secca è stato determinato campionando una porzione di 3 cm di diametro e 1 cm di profondità circa, dopo aver rimosso l'epicarpo (1-2 mm di spessore). La sostanza secca è stata determinata dalla perdita di peso di un campione di polpa di 5-10 g di peso fresco, dopo 1 settimana di essiccamento in un forno ad aria forzata (50 ± 2 °C). La durezza è stata calcolata attraverso l'utilizzo di un durometro Durofel come media di 3 misurazioni per ciascun campione di frutta ed espressa su una scala da "1" (morbido) a "100" (solido). Questo strumento può essere facilmente utilizzato in diverse fasi della catena di commercializzazione (Vangdal *et al.*, 2010), in quanto comporta la determinazione di un parametro non distruttivo, molto utile per poter individuare il corretto momento per il consumo. Il punto di consumo è stato determinato sulla media di giudizi emessi da un gruppo di 30 consumatori abituali di mango, i quali hanno individuato una soglia di durezza compresa tra 50-60 unità Durofel come idonea al consumo. L'analisi sensoriale è stata effettuata da un *panel* semi-addestrato che ha preso in considerazione differenti descrittori, come il colore dell'epicarpo e della polpa, la presenza di filamenti, l'odore, la dolcezza e il *flavour*, attribuendo giudizi qualitativi e quantitativi.

I giudici hanno valutato i campioni utilizzando una scala discontinua, assegnando a ciascun descrittore un punteggio da "1" (assenza di sensazione) a "10" (intensità massima del descrittore). I frutti sono stati valutati al punto di consumo, dopo un periodo di

conservazione alla temperatura di 20 °C±1 °C e umidità relativa pari al 70%, simulando uno stoccaggio a temperatura ambiente. In ogni sessione, i giudici hanno valutato i campioni in triplice copia, utilizzando tre diversi frutti per ogni data di raccolta. L'ordine del campione per ciascun membro del *panel* è stato randomizzato ed è stata fornita acqua per il risciacquo tra un campione e il successivo.

8.1.5. Analisi statistica

L'elaborazione dei dati è stata effettuata mediante l'utilizzo del software XLSTAT (Addinsoft). Tutte le misurazioni sono state analizzate ed elaborate mediante ANOVA, e le medie confrontate con il test di Tukey HSD (Honestly Significant Difference), al fine di interpretare e determinare le differenze significative tra i dati (valore di $p<0.05$ è stato scelto come criterio di significatività).

8.2 Risultati e Discussione

Le piante hanno raggiunto la piena fioritura nella settimana tra il 26 e il 31 marzo 2018, quando tutte le infiorescenze selezionate si trovavano nel medesimo stadio fenologico. Dalla conta dei fiori è stato evidenziato un numero medio di 1543±209 per pannocchia, per una lunghezza di 25,5±2,82 cm, una larghezza di 21,05±3,45 cm e un diametro basale 5,84±0,13 mm, con circa 33,3±5,25 ramificazioni secondarie per infiorescenza.

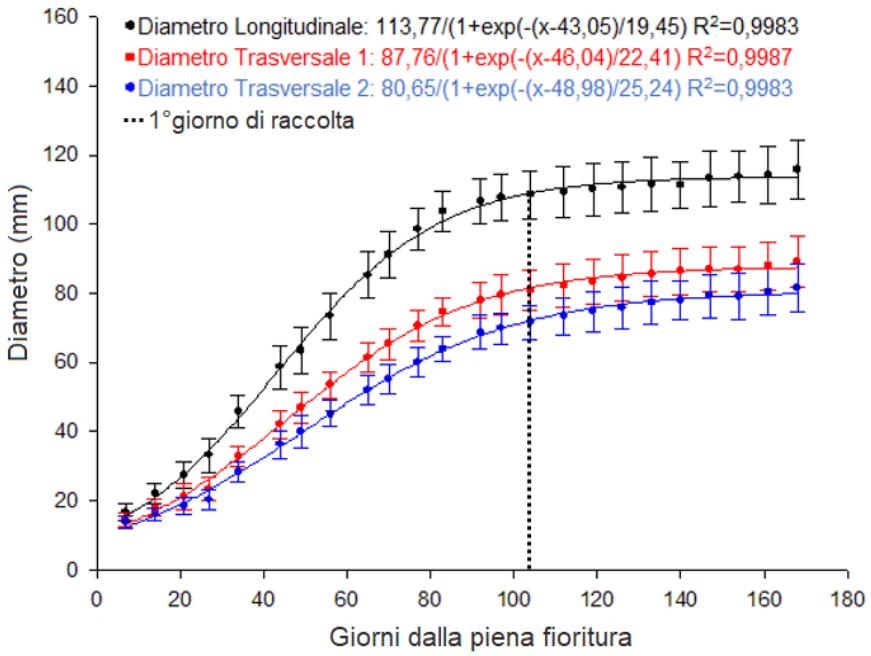

Fig. 59 – Evoluzione diametrale dei frutti selezionati (Diametro Longitudinale, Diametro Trasversale 1, DTC Diametro Trasversale 2) in relazione ai giorni dalla piena fioritura.

Fig. 60 – Pianta di *Mangifera indica*, cultivar *Osteen* in piena fioritura (marzo 2018).

Fig. 61 – La medesima pianta della della figura precedente in piena fruttificazione (agosto 2018).

Fig. 62 – Pannocchie in fruttificazione, a 30 giorni dalla piena fioritura.

Durante il periodo di crescita del frutto sono state osservate variazioni significative nelle caratteristiche fisico-chimiche, in relazione alla settimana di prelievo ma anche in funzione delle condizioni di conservazione, confermate anche dai giudizi dei *panel test* effettuati al punto di consumo. Il monitoraggio dei frutti di *Osteen* ha evidenziato una crescita delle sue diverse dimensioni diametrali di tipo sigmoidale (Fig. 59).

Durante lo sviluppo del frutto si è osservato come il tasso di crescita tenda a rallentare nel tempo; dopo un incremento sostanziale nella prima fase in seguito alla piena fioritura (Fig.60), si è osservato a partire da 90 giorni una riduzione netta fino ad un arresto in prossimità del suo completo sviluppo (Fig. 61). La crescita dei frutti analizzati raggiunge in termini dimensionali il massimo sviluppo intorno ai 100 giorni dalla piena fioritura; tuttavia, il peso continua ad aumentare leggermente per tutto il periodo considerato, con una variazione sostanziale nelle caratteristiche qualitative.

Nelle prime fasi di sviluppo, è stata registrata nelle pannocchie pienamente formate una cascola che ha interessato la totalità delle infiorescenze presenti (Fig. 62). Durante i primi 50 giorni dalla piena fioritura, infatti, è stata registrata una caduta dei fiori e, successivamente, dei frutti, molto intensa (più del 98%). Dopo questa fase il numero dei frutti rimasti è stato di circa di 4-5 per pannocchia, fino a circa 90 giorni; tuttavia, alla

maturazione si è rinvenuto in media un numero per infiorescenza compreso tra 2 e 3, a causa di un'ulteriore cascola tra i mesi di maggio e giugno.

In seguito al rallentamento della crescita del frutto, sono state effettuate dal 105° giorno settimanalmente delle raccolte a campione, nell'ottica di determinare le variazioni qualitative dei frutti in funzione del tempo di persistenza in pianta. La scelta del momento di raccolta è di fondamentale importanza per le successive fasi (Kienzle *et al.*, 2012), in quanto è noto come essa influenza fortemente la maturazione dei frutti (Litz, 2009), la gestione durante la conservazione e il trasporto (Phakawatmongkol *et al*., 2004).

In particolare, dal campionamento distruttivo effettuato a cadenza settimanale, si è evidenziato, come atteso, l'aumento del contenuto in solidi solubili totali dei frutti in pianta (Tab. 10). Quest'ultimo è uno dei parametri fisico-chimici di maggiore interesse nel processo di maturazione, in quanto il frutto diventa più dolce e più gradevole per il consumatore (Quintero *et al.*, 2013).

Dai dati analizzati si può evidenziare come il grado Brix dei frutti si accresca linearmente in pianta, registrando alla piena maturazione valori pari a circa 10 °Brix, mentre in seguito allo stoccaggio a temperatura di 20 °C, valori crescenti fino a circa 18 °Brix al punto di consumo, con una *shelf life* variabile in relazione al giorno di raccolta (Léchaudel e Joas, 2006; Joas *et al*., 2012) (Fig. 63). Alcuni autori segnalano come una temperatura prossima ai 25 °C sia una condizione ideale per lo sviluppo post-raccolta del mango, con valori di solidi solubili totali al punto di consumo anche pari a 1,8 volte rispetto al valore riscontrato alla raccolta (Yasunaga *et al*., 2018).

Tab. 10 – Evoluzione dei parametri determinati sui frutti alla raccolta (giorni dalla piena fioritura) espressi come media ± deviazione standard (N=3). I valori, nella stessa colonna, seguiti da differenti lettere sono significativamente diversi (test di Tukey, p< 0,05; ns= non significativo).

Giorni	Durezza (°durofel)	Solidi Solubili Totali (°brix)	Consistenza epicarpo (kg/cm^2)	Consistenza polpa (kg/cm^2)	Sostanza Secca (%)
105	86,56 ± 0,97 ns	6,80 ± 0,17 d	11,82 ± 0,34 a	8,44 ± 0,31 a	11,71 ± 0,53 e
112	85,67 ± 0,84 ns	6,98 ± 0,20 cd	11,31 ± 0,40 a	8,03 ± 0,23 a	12,79 ± 0,46 de
119	84,67 ± 1,18 ns	6,93 ± 0,20 cd	10,50 ± 0,34 ab	7,88 ± 0,23 a	13,55 ± 0,46 d
126	83,06 ± 1,18 ns	7,20 ± 0,29 c	9,60 ± 0,34 b	7,40 ± 0,40 ab	13,96 ± 0,46 d
133	85,22 ± 0,75 ns	7,68 ± 0,18 bc	9,36 ± 0,31 b	6,15 ± 0,21 b	15,09 ± 0,41 cd
140	85,64 ± 0,84 ns	8,18 ± 0,20 b	8,64 ± 0,35 b	6,16 ± 0,23 b	16,03 ± 0,48 c
147	84,83 ± 0,84 ns	9,30 ± 0,20 a	7,97 ± 0,34 bc	5,61 ± 0,23 c	16,34 ± 0,46 c
154	81,25 ± 0,84 ns	9,35 ± 0,25 a	9,32 ± 0,35 b	5,60 ± 0,23 c	16,11 ± 0,46 bc
161	82,17 ± 1,02 ns	9,37 ± 0,29 a	7,64 ± 0,40 c	4,89 ± 0,31 cd	17,34 ± 0,46 b
168	82,91 ± 0,84 ns	9,73 ± 0,20 a	8,14 ± 0,45 bc	3,80 ± 0,23 d	19,01 ± 0,50 a

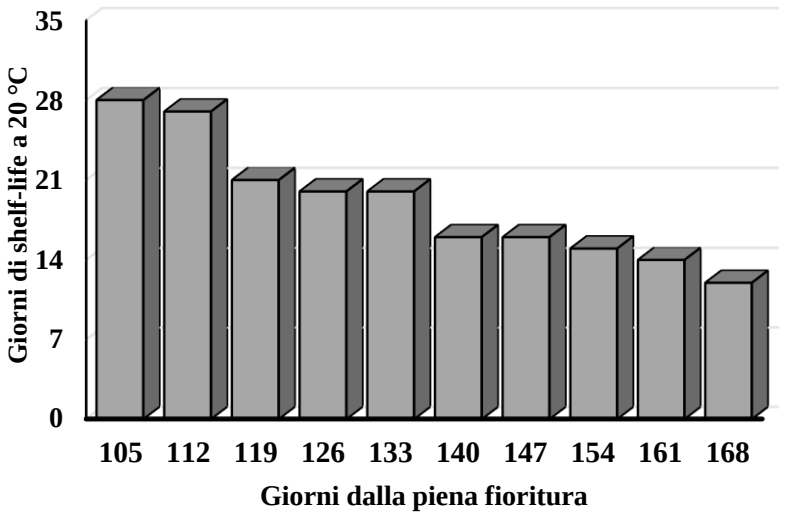

Fig. 63 – Giorni di conservazione a 20 °C dei frutti di mango *Osteen* in relazione alle diverse date di raccolta prima del punto di consumo (stabilito attraverso una misurazione non distruttiva della durezza).

A questo proposito, anche gli autori Paull & Chen (2004) segnalano la conservazione nell'intervallo tra 20 e 23 °C come ideale per la maturazione del mango, in quanto favorisce lo sviluppo di un migliore colore e flavour al frutto (Kienzle *et al.*, 2011).

In particolare, nel nostro studio, i frutti raccolti a 105 giorni dalla piena fioritura registravano un valore medio di circa 7 °Brix, e in seguito alla conservazione a 20 °C, valori di solidi solubili totali molto bassi, anche inferiori a 10 °Brix al punto di consumo dopo un periodo di 28 giorni. Aumentando il periodo di persistenza in pianta, il contenuto in solidi solubili totali aumenta esponenzialmente anche a distanza di poche settimane.

L'aumento del contenuto di solidi solubili durante lo sviluppo è stato continuo, come peraltro riscontrato anche da De Lucena *et al.* (2007) in Tommy Atkins, i quali segnalano un °Brix pari a 5,6 a 35 giorni dall'antesi, e pari a 8,5 ºBrix a 112 giorni dall'antesi. Lederman *et al*. (1998) nella stessa varietà hanno rinvenuto una variazione tra il 95° giorno dalla piena fioritura e il 125° tra 7,5 e 10,9 °Brix.

Come evidenziato da Spreer *et al.*, (2007) non vi sono variazioni significative per i valori di consistenza dei frutti all'albero nelle diverse date. In seguito alla raccolta, la consistenza e la durezza del frutto variano al punto di consumo con tempi differenti in relazione alla persistenza in pianta, variabili tra 28 giorni e 12 giorni a temperatura ambiente (Fig. 63). Su diverse cultivar di mango gli autori Jarimopas & Kitthawee (2007) evidenziano come la consistenza è costante sia nei frutti immaturi che in quelli maturi in pianta ma diminuisce rapidamente in seguito al distacco del frutto.

Tab. 11 – Evoluzione dei parametri determinati sui frutti al punto di consumo dopo la conservazione a 20 °C (giorni dalla piena fioritura + shelf-life a temperatura ambiente) espressi come media ± deviazione standard (N=3). I valori, nella stessa colonna, seguiti da differenti lettere sono significativamente diversi (test di Tukey, p< 0,05; ns= non significativo).

Giorni	Durezza (°durofel)	Solidi Solubili Totali (°brix)	Consistenza epicarpo (kg/cm^2)	Consistenza polpa (kg/cm^2)	Sostanza Secca (%)
105+28	54,90 ± 1,60 ns	10,43 ± 0,36 a	1,61 ± 0,16 ns	0,60 ± 0,05 ns	10,38 ± 0,55 e
112+27	53,47 ± 2,27 ns	11,72 ± 0,51 ab	1,30 ± 0,23 ns	0,62 ± 0,07 ns	11,80 ± 0,77 d
119+21	53,73 ± 2,27 ns	13,11 ± 0,51 bc	1,49 ± 0,23 ns	0,58 ± 0,07 ns	13,24 ± 0,77 c
126+20	57,53 ± 2,27 ns	13,43 ± 0,51 c	1,87 ± 0,23 ns	0,65 ± 0,07 ns	14,17 ± 0,77 bc
133+20	55,57 ± 1,60 ns	14,85 ± 0,45 d	1,52 ± 0,18 ns	0,73 ± 0,05 ns	15,43 ± 0,60 b
140+16	56,63 ± 1,60 ns	15,14 ± 0,40 d	2,33 ± 0,21 ns	0,92 ± 0,05 ns	16,19 ± 0,55 b
147+16	58,33 ± 2,07 ns	14,70 ± 0,51 d	1,99 ± 0,28 ns	0,98 ± 0,07 ns	15,39 ± 0,77 b
154+15	57,79 ± 1,79 ns	15,96 ± 0,40 ef	2,03 ± 0,21 ns	0,65 ± 0,05 ns	17,75 ± 0,60 ab
161+14	59,78 ± 2,07 ns	15,72 ± 0,51 e	2,53 ± 0,25 ns	0,50 ± 0,07 ns	16,50 ± 0,77 b
168+12	58,89 ± 2,07 ns	17,50 ± 0,51 f	2,13 ± 0,28 ns	0,50 ± 0,07 ns	19,44 ± 0,77 a

La perdita di durezza dell'epicarpo del mango, come è noto, viene causata dall'azione di enzimi che alterano la struttura e la composizione della parete cellulare (Zaharah *et al*., 2013), con parziale o completa solubilizzazione dei polisaccaridi, idrolisi dell'amido e di altri composti (Fuchs *et al.,* 1980). La variazione di tutti questi parametri durante la maturazione è il fattore chiave per stimare la modalità di conservazione (Penchaiya *et al*., 2020), in quanto giocano un ruolo chiave nell'ammorbidimento del frutto durante la fase di maturazione (Prasanna *et al*., 2007). I cambiamenti nella durezza e nella consistenza, in seguito alla raccolta, sono fondamentali per definire protocolli di maturazione degli stessi frutti, nell'ottica di ottenere prodotti *ready to eat*, sempre più richiesti dal mercato (Schouten *et al*., 2018).

Al punto di consumo, nel nostro studio, non sono state registrate differenze significative nei valori di durezza (stabilito dai giudici intorno ai 50° durofel) e consistenza (epicarpo e mesocarpo) in funzione della data di raccolta (Tab. 11), a differenza del contenuto in solidi solubili e dei parametri colorimetrici. Quello del colore, infatti, è il più percepibile tra i cambiamenti che si verificano sia durante la crescita in pianta che durante la maturazione post-raccolta, ed è spesso indicato come un criterio fondamentale per il consumo (Briceño *et al.,* 2005).

Tuttavia, esso non è considerato un indice di maturazione adeguato in quanto il cambiamento non è uniforme in diverse cultivar di mango (Sivakumar *et al*., 2011), poiché non tutti i frutti virano di colore allo stesso modo, in funzione dell'esposizione della chioma e del periodo di raccolta (Lucena *et al.,* 2007).

In *Osteen* il colore dell'epicarpo e del mesocarpo ha mostrato variazioni significative durante la maturazione, sia durante la fase pre-raccolta (Tab. 12) che post-raccolta (Tab. 13).

Quando il tasso di crescita in pianta è diminuito, il cambiamento più evidente nel colore del frutto è la diminuizione del verde, col parametro a* che si accresce verso il rosso (+a), per un un aumento dei carotenoidi (Baloch & Bibi, 2012), i quali sono anche responsabili della variazione cromatica della polpa verso il giallo-arancio. Questo è un parametro importante che il consumatore associa al sapore e all'aroma caratteristico del frutto maturo (Subedi *et al.*, 2007). Tuttavia, viene segnalato come la differenza di esposizione alla luce in funzione della posizione della chioma influiva sull'omogeneità della colorazione, con il frutto che si presentava con una colorazione tendente al rosso esposta al sole, imputabile all'accumulo di pigmenti antociani (Nordey *et al*., 2014).

Tab. 12 – Evoluzione dei parametri colorimetrici (L a* b*) dell'epicarpo e della polpa dei frutti alla raccolta (giorni dalla piena fioritura) espressi come media ± deviazione standard (N=18). I valori, nella stessa colonna, seguiti da differenti lettere sono significativamente diversi (test di Tukey, p< 0,05; ns= non significativo).

Giorni	L epicarpo	a* epicarpo	b* epicarpo	L polpa	a* polpa	b* polpa
105	40,5 ± 1,0 ns	4,1 ± 1,7 b	15,7 ± 1,8 b	77,1 ± 0,8 ns	-11,9 ± 0,4 e	30,3 ± 1,1 d
112	41,3 ± 1,2 ns	6,2 ± 2,0 ab	16,3 ± 2,0 b	78,3 ± 0,9 ns	-9,9 ± 0,5 d	31,4 ± 1,4 d
119	41,4 ± 1,2 ns	8,3 ± 1,8 ab	13,4 ± 1,9 b	79,0 ± 0,9 ns	-7,8 ± 0,5 c	36,4 ± 1,5 cd
126	40,0 ± 1,2 ns	11,0 ± 2,0 ab	12,4 ± 1,9 b	80,4 ± 0,9 ns	-7,6 ± 0,5 cd	42,2 ± 1,4 bc
133	41,1 ± 1,1 ns	9,9 ± 2,1 ab	15,0 ± 1,7 b	80,5 ± 0,8 ns	-5,5 ± 0,5 bc	39,2 ± 1,3 c
140	38,1 ± 1,2 ns	11,7 ± 1,9 ab	12,8 ± 1,9 b	78,9 ± 0,9 ns	-4,5 ± 0,5 bc	48,0 ± 1,4 bc
147	41,5 ± 1,2 ns	11,7 ± 2,1 ab	17,4 ± 1,9 ab	78,5 ± 0,9 ns	-4,2 ± 0,6 b	48,7 ± 1,5 ab
154	41,7 ± 1,2 ns	10,0 ± 2,2 ab	19,3 ± 1,9 a	80,4 ± 0,9 ns	-4,6 ± 0,5 bc	47,2 ± 1,4 ab
161	44,0 ± 1,2 ns	11,6 ± 1,9 ab	23,4 ± 1,9 a	77,0 ± 1,0 ns	-2,6 ± 0,5 ab	48,8 ± 1,4 a
168	43,1 ± 1,2 ns	13,2 ± 2,2 a	20,2 ± 1,9 a	77,8 ± 0,9 ns	-1,8 ± 0,6 a	50,9 ± 1,8 a

Tab. 13 – Evoluzione dei parametri colorimetrici (L a* b*) dell'epicarpo e della polpa dei frutti al punto di consumo (giorni dalla piena fioritura + shelf-life a 20 °C) espressi come media ± deviazione standard (N=12). I valori, nella stessa colonna, seguiti da differenti lettere, sono significativamente diversi (test di Tukey, p< 0,05; ns= non significativo).

Giorni	L epicarpo	a* epicarpo	b* epicarpo	L polpa	a* polpa	b* polpa
105+28	52,6 ± 1,6 ns	23,5 ± 3,1 ns	42,6 ± 2,2 a	64,1 ± 1,2 ns	15,0 ± 0,6 a	66,8 ± 1,4 ns
112+27	49,1 ± 2,2 ns	26,8 ± 4,4 ns	38,0 ± 3,1 ab	62,0 ± 1,7 ns	15,1 ± 0,9 a	64,3 ± 2,0 ns
119+21	49,3 ± 2,2 ns	25,9 ± 4,4 ns	38,9 ± 3,4 ab	64,7 ± 1,7 ns	10,5 ± 0,9 b	67,9 ± 2,0 ns
126+20	45,9 ± 2,2 ns	20,9 ± 4,4 ns	29,7 ± 3,1 b	65,6 ± 1,7 ns	8,9 ± 0,9 bc	64,5 ± 2,0 ns
133+20	45,2 ± 1,7 ns	20,6 ± 3,3 ns	25,4 ± 2,3 b	63,1 ± 1,3 ns	6,4 ± 0,7 c	60,4 ± 1,5 ns
140+16	46,6 ± 1,6 ns	12,3 ± 3,1 ns	25,0 ± 2,2 b	63,9 ± 1,2 ns	4,2 ± 0,6 d	57,7 ± 1,4 ns
147+16	48,5 ± 2,2 ns	7,1 ± 4,4 ns	28,0 ± 3,1 b	65,6 ± 1,7 ns	4,4 ± 0,9 d	61,7 ± 2,0 ns
154+15	47,7 ± 1,7 ns	17,5 ± 3,4 ns	27,9 ± 2,7 b	64,4 ± 1,3 ns	5,1 ± 0,7 d	61,9 ± 1,6 ns
161+14	47,2 ± 2,2 ns	22,2 ± 4,4 ns	24,5 ± 3,4 b	67,8 ± 1,7 ns	4,7 ± 0,9 d	57,9 ± 2,2 ns
168+12	47,1 ± 2,2 ns	26,4 ± 4,4 ns	27,4 ± 3,4 b	66,7 ± 1,7 ns	4,3 ± 0,9 d	62,0 ± 2,0 ns

Questo si accentua durante la fase post-raccolta, infatti, si evidenziano cambiamenti significativi nei valori di a* con l'aumento dei giorni di persistenza in pianta e del periodo dopo la raccolta.

I parametri di L* e b* non subiscono un cambiamento consistente durante questa fase. Questo dimostra come evidenziato da altri autori, che il colore della polpa sia un indice di maturità adeguato per determinare il corretto stadio di maturazione (Sivakumar *et al*., 2011; Litz, 2009). Infatti, il campionamento distruttivo ha evidenziato come durante la fase di crescita i parametri a* e b* della polpa subiscano una variazione, incrementando linearmente nel tempo i valori verso il giallo (+b*) e il rosso (+a*).

Indipendentemente dallo stadio di maturazione del frutto, è stato riscontrato come il colore del mesocarpo è passato da un giallo brillante ad un colore tendente all'arancio nei frutti raccolti tardivamente, in funzione di un contenuto più elevato di β-carotene (Vasquez-Caicedo *et al.*, 2005), il principale carotenoide presente nel mesocarpo dei frutti di mango.

Durante la maturazione si registra quindi una diminuzione della luminosità (L) ed un incremento dei parametri (+a*) e (+b*), in quanto il frutto assume al punto di consumo la tipica colorazione esterna tra il rosso e il giallo-arancio, con variazioni sostanziali del parametri (+a*) e (+b*) della polpa, che decrescono al punto di consumo.

L'analisi della sostanza secca, effettuata su un campione di polpa, ha evidenziato variazioni significative durante il campionamento. Questo è un indice di qualità molto importante, poiché essa è legata principalmente al contenuto di carboidrati, i quali sono i principali composti che contribuiscono al gusto tipico del mango (Mukerjee 1959, Fishman & Génard 1998).

La sostanza secca dei frutti può essere monitorata, interpretata e utilizzata per individuare il corretto momento di raccolta nel mango (Castro Neto *et al.*, 2003), che viene spesso identificato con un contenuto pari al 15% (Walsh & Wang, 2018). Diversi autori (Hofman *et al.*, 1997; Diczbalis *et al.*, 1995) rinvengono nei frutti con minore quantità d'acqua una migliore qualità gustativa. In relazione alla data di raccolta il contenuto di sostanza secca nella polpa è variato significativamente nelle diverse date, registrando valori variabili dall'11,5 al 21%.

L'acidità titolabile, espressa in percentuale di acido citrico, varia in base al grado di maturazione alla raccolta e gradualmente con il processo di maturazione in pianta, giocando un ruolo importante nel rapporto zuccheri/acidi, con riflessi sul gusto e l'aroma dei frutti (Briceño *et al.*, 2005).

Tab. 14 – Evoluzione del pH e dell'acidità titolabile alla raccolta e al punto consumo dopo la conservazione a 20 °C (giorni dalla piena fioritura + shelf-life a temperatura ambiente). I dati sono espressi come media ± deviazione standard (N=12). I valori, nella stessa colonna, seguiti da differenti lettere, sono significativamente diversi (test di Tukey, p< 0,05; ns= non significativo).

Giorni dalla piena fioritura	Raccolta		Giorni dalla piena fioritura +Shelf life a 20 °C	Punto di consumo	
	pH	TA		pH	TA
105	3,49±0,02 c	1,12±0,03 a	**105+28**	5,23±0,05 a	0,08±0,00 ns
112	3,42±0,03 c	1,07±0,06 a	**112+27**	5,20±0,02 a	0,09±0,00 ns
119	3,74±0,07 b	0,85±0,04 b	**119+21**	5,19±0,07 a	0,07±0,01 ns
126	3,61±0,03 b	0,76±0,02 b	**126+20**	4,58±0,03 c	0,12±0,00 ns
133	3,74±0,01 b	0,59±0,09 c	**133+20**	5,10±0,16 a	0,11±0,03 ns
140	3,76±0,02 b	0,55±0,03 c	**140+16**	4,93±0,06 ab	0,12±0,01 ns
147	3,88±0,08 a	0,52±0,06 c	**147+16**	4,75±0,07 b	0,15±0,04 ns
154	3,91±0,02 a	0,48±0,06 c	**154+15**	4,88±0,09 ab	0,13±0,01 ns
161	3,97±0,04 a	0,37±0,04 d	**161+14**	4,95±0,05 ab	0,12±0,01 ns
168	3,94±0,05 a	0,33±0,02 d	**168+12**	4,92±0,04 ab	0,14±0,02 ns

In particolare, dai campionamenti effettuati è possibile evidenziare come l'acidità sia diminuita dall'1,12 % del giorno 105 allo 0,35% del giorno 168, registrando invece al punto di consumo valori sempre inferiori allo 0,15% (Tab. 14).

Questo parametro subisce, quindi, una drastica diminuizione durante la maturazione, come osservato da Wongmetha (2015), fino ad una stabilizzazione del valore nei frutti maturi in pianta (Wanitchang *et al*., 2011). Questo si verifica in quanto gli acidi (citrico, ascorbico e malico) presenti nel frutto sono utilizzati come substrato durante la respirazione (Jacobi *et al*., 2001). Inoltre, viene evidenziata durante la crescita del frutto un leggero incremento del pH (Wongmetha *et al*., 2015). In particolare, nel nostro caso, il pH aumenta da un valore di 3,49 a 3,93 durante le diverse fasi di raccolta, mentre dopo una conservazione a 20 °C si registrano al punto di consumo valori più elevati.

Dal *panel test* – effettuato al punto di consumo dopo un periodo variabile in funzione della raccolta, determinato della soglia di 50-60 gradi durofel di durezza del frutto – è emerso che tutti i frutti sarebbero stati acquistati da più dell'80% del campione, indipendentemente dal periodo di raccolta. Tra le diverse date, non si evidenziano differenze significative sui giudizi dei *panelisti* (Fig. 64); essi, infatti, hanno valutato da "molto buono" ad "eccellente" (con voti superiori a 8,5 su 10) tutti i frutti esaminati nelle diverse date di raccolta, a partire dal giorno 119 (Tab. 9). Nei frutti raccolti in anticipo – nei giorni 105 e 112 – la qualità differiva considerevolmente poiché presentavano una maturazione anomala, come evidenziato da altri autori (Nordey *et al.*, 2016).

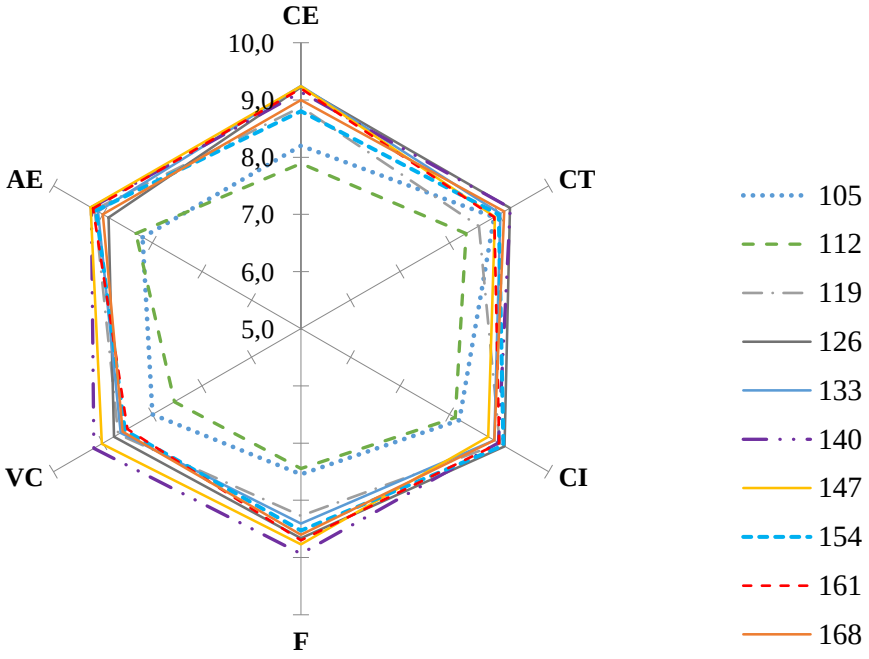

Fig. 64 – Profilo sensoriale al punto di consumo, in relazione alla data di raccolta (giorni dalla piena fioritura). Color esterno - CE; Consistenza al tattoo - CT; Colore interno, – CI; Flavour – F, Valutazione complessiva, – VC; Aspetto complessivo - AE.

Questo dimostra come nel lavoro presente, il momento di raccolta ha influito nettamente sul giudizio dei consumatori, dimostrando come esso è un fattore cruciale per lo sviluppo di un flavour accettabile durante successiva fase la maturazione (Kader & Mitcham, 2008).

8.3 Conclusioni

Grazie a questo studio, è stato possibile identificare come variano i più importanti parametri qualitativi dei frutti della cv. *Osteen* ed evidenziarne il processo di sviluppo, in relazione ai giorni trascorsi dal punto di piena fioritura e successivamente in rapporto alla fase post-raccolta. Lo studio ha mostrato come la maturazione fisiologica dei frutti si completi quando essi permangono sulla pianta ed influenzi in maniera marcata, i parametri qualitativi fisico-chimici e sensoriali, in relazione alla fase di raccolta.

Dalle analisi effettuate è possibile evidenziare come i parametri di consistenza e compattezza del frutto non varino considerevolmente al momento della raccolta nelle diverse date considerate, ma declinino sensibilmente durante la *shelf-life* in dipendenza dal numero di giorni di persistenza in pianta. Infatti, il periodo di maturazione utile a di raggiungere un livello di consistenza ideale al consumo, si è ridotto drasticamente in relazione alla fase di raccolta.

Figg 65, 66 – Frutti di mango Osteen in pianta (a sinistra) e al punto di consumo (a destra).

È da segnalare come la capacità di monitorare i cambiamenti di qualità della frutta durante la catena di manipolazione post-raccolta, attraverso metodi non distruttivi, può garantire il mantenimento della qualità del frutto anche nelle successive fasi di stoccaggio e distribuzione. A questo proposito, le determinazioni effettuate con il durometro, possono essere rappresentative nell'ottica di determinare la *shelf-life* del prodotto durante l'evoluzione del processo di maturazione, riducendo l'eterogeneità dei frutti nella successiva fase di commercializzazione.

Tuttavia, nei giudizi dei *panelisti* in relazione ai frutti somministrati al punto di consumo non si sono evidenziate variazioni significative a partire dal giorno di raccolta 119. La corretta definizione del giusto momento di raccolta è fondamentale in quanto influenza fortemente la maturazione dei frutti e la successiva *shelf-life* (Fig. 65,66). A tal proposito i dati acquisiti forniscono importanti indicazioni su come la quantificazione dei giorni dalla piena fioritura sia un criterio importante di raccolta dei frutti, in funzione della diversa destinazione commerciale. Queste informazioni sull'evoluzione della proprietà fisico-chimiche potrebbero quindi contribuire a migliorare la gestione dei prodotti durante lo stoccaggio, al fine di assicurare un livello costante della qualità, limitando l'eterogeneità dei frutti presso i consumatori.

9. EFFETTO DELLA TEMPERATURA DI CONSERVAZIONE SUL COMPORTAMENTO FISIOLOGICO POST-RACCOLTA E SULLA QUALITÀ DI DUE CULTIVAR TARDIVE DI MANGO

In Europa la vicinanza dei mercati consente ai coltivatori della Spagna e dell'Italia di raccogliere i frutti in prossimità della piena maturazione, ottenendo eccellenti caratteristiche sensoriali (Gentile *et al.*, 2019). In generale, il consumatore europeo preferisce i frutti coltivati in aree più vicine (km 0), in quanto è noto come essi hanno una qualità organolettica superiore essendo raccolti più tardivamente rispetto a quelli coltivati in Sud America o in India. Inoltre le produzioni locali sono migliori anche per l'ambiente, considerata la ridotta impronta di carbonio prodotta dalle stesse emissioni derivanti dal trasporto aereo o marittimo.

La Spagna è l'unico paese con una significativa produzione commerciale di mango in Europa. La fornitura è disponibile da luglio a dicembre nella terraferma e da giugno a febbraio nelle Isole Canarie (Galán Saúco & Lu, 2018), dove vengono coltivati circa 432,6 ha (Istac, 2017) che rappresentano il 13% del totale della produzione spagnola (Esyrce, 2015). Durante il periodo di raccolta delle cultivar tardive possono verificarsi venti e temperature fredde, per cui gli agricoltori tendono ad anticipare il periodo di raccolta, nell'ottica di diminuire le perdite.

Al di fuori della stagione produttiva, studi sulla gestione postraccolta di cultivar tardive di mango, potrebbero consentire un aumento della disponibilità di frutti senza la necessità di altre importazioni nel mercato europeo. Difatti, negli ambienti di coltivazione tra Spagna e Italia, la produzione massima di mango di fine stagione si verifica principalmente da ottobre a febbraio, quando basse temperature e forti piogge possono causare una grande perdita di prodotto (Galán Saúco, 2006). Il periodo di raccolta anticipato in questo periodo comporta delle ripercussioni nelle successive fasi di conservazione, nella *shelf life* del prodotto e negli aspetti relativi alla qualità dei frutti (Narayana *et al.*, 2012).

Il mango è comunemente raccolto durante il picco climaterico, nell'ottica di prolungare il periodo di conservazione post-raccolta con un deterioramento minimo della qualità (Yahia & Ortega-Zaleta, 1999). I frutti maturi "verdi" maturano solitamente entro 7 giorni dalla raccolta a temperatura ambiente (Singh *et al.*, 2013) ma è noto come essi siano più sensibili ai danni da freddo (Vithana *et al.*, 2018) con temperature nell'intervallo tra 0 e 10 °C. Un range fra 12 e 13 °C viene considerato la temperatura ottimale per lo stoccaggio di mango *green ripe* (Mitra & Baldwin, 1997). In bibliografia viene evidenziato come essi possano essere conservati a 10-13 °C per 2-4 settimane, a differenza di quelli *mature ripe* in

Fig. **67** – Frutti delle cultivars *Keitt* e *Lippens* raccolti nel mese di novembre 2017 a Valle de Guerra (Santa Cruz de Tenerife, Spagna).

grado di mantenersi alla stessa temperatura soltanto per una settimana (Elsheshetawy *et al.*, 2016).

I frutti ancora verdi spesso non maturano in seguito alla raccolta; al contrario, quelli *mature ripe* sono altamente deperibili e suscettibili a danni meccanici e disidratazione, con conseguente deterioramento della qualità (Kitinoja & Kader, 2002; Sivakumar *et al.*, 2011; Kumpoun *et al.*, 2017). Questi dati sono stati relazionati a indagini effettuate nelle regioni tropicali, in particolare Messico e Perù, i quali rappresentano i principali paesi esportatori verso mercati europei.

L'obiettivo del presente lavoro è stato quello di studiare l'effetto della temperatura di conservazione (13 °C) sulle qualità fisico-chimiche e sensoriali delle cultivar di mango *Lippens* e *Keitt* coltivate nell'isola di Tenerife (Isole Canarie) (Fig. 67).

La presente indagine è stata effettuata nell'ottica di determinare la *shelf life* e il comportamento dei frutti se frigoconservati per 7, 14, 21, 28 e 35 giorni. L'obiettivo proposto tende a individuare un metodo per un periodo di conservazione maggiore, garantendo nel contempo una migliore qualità per il consumo di frutto fresco e la commercializzazione a

distanza; ciò anche al fine di definire sperimentalmente il possibile tempo di commercializzazione del prodotto in relazione alla *shelf life* dello stesso.

9.1 MATERIALI E METODI

Il lavoro è stato condotto presso i campi sperimentali di ricerca dell'ICIA, localizzati presso Valle de Guerra (Santa Cruz de Tenerife). La raccolta dei frutti di mango ha riguardato tre alberi di 15 anni innestati sul portainnesto *Gomera 1*; le piante sono allevate a globo, piantate in singole file, tra loro distanziate di 6 x 5 m, e sottoposte alle medesime cure culturali di routine.

Sono state selezionate per la prova le cultivar *Lippens* e *Keitt*. I frutti della prima sono caratterizzati da una forma ovale-oblunga e un peso medio intorno ai 250 g alla piena maturazione, con un epicarpo giallo-arancio ed un mesocarpo di colore giallo intenso (Grajal Martín *et al.,* 2005). Il frutto di *Keitt* è relativamente più grande, con alcuni che raggiungono fino a 2 kg di peso; hanno forma ovoidale e colore verde tipico, con epicarpo rossastro e polpa gialla (Ibarra-Garza *et al.,* 2015). Entrambe le cultivar sono dolci, privi di fibre, contenenti un seme mono-embrionico. La raccolta è stata eseguita durante la prima settimana di novembre.

Valle de Guerra si trova nel versante settentrionale dell'isola di Tenerife, per certi versi similare – soprattutto per l'aspetto termico – ai tratti costieri tirrenici della Sicilia. Infatti, la temperatura media è di circa 19,8 °C, con massima giornaliera media annua di 24,0 °C e minima giornaliera di 16,1 °C; le precipitazioni medie sono tuttavia assai più basse che in Sicilia, essendo pari a 165,21 mm, con un'umidità relativa giornaliera media del 66%, pertanto si interviene con una irrigazione a goccia.

9.1.1 Analisi fisico-chimiche e sensoriali

Per la prova sono stati raccolti 120 frutti di ogni cultivar, utilizzando come indici di maturazione la forma e il colore delle drupe (Lal *et al.,* 2017). In laboratorio essi sono stati selezionati per il colore, nonché dimensioni, uniformità, peso e assenza di lesioni o alterazioni varie. Un sottocampione di 90 frutti per ciascuna cultivar è stato conservato per 0, 7, 14, 21, 28, 35 giorni in una cella frigorifera a 13 ° C e 90% di umidità relativa, dopo la sanificazione con acqua clorata per 3 minuti (200 µl / L, a pH 7 aggiustato con acido citrico utilizzando un misuratore portatile pHmetro Crison PH 2^5+).

Dopo la conservazione a freddo, 45 frutti (3 repliche di 3 frutti per settimana) sono stati analizzati ogni 7 giorni alla fine di ogni intervallo di conservazione. Gli altri 45 frutti sono stati settimanalmente trasferiti in una seconda cella (3 repliche di 3 frutti per settimana) ed ivi sottoposti a temperature di 20 °C e al 70% di umidità relativa, al fine di simulare il commercio al dettaglio (periodo di conservabilità), fino al raggiungemento del punto di consumo, momento in cui sono stati sottoposti alle analisi fisico-chimiche.

Ulteriori dieci frutti sono stati analizzati all'inizio dell'esperimento, al fine di caratterizzare le cultivar oggetto di studio.

Periodicamente, ogni 7 giorni, per 5 settimane consecutive (alla fine di ogni intervallo di conservazione a 13 °C e 90% di umidità relativa) altri 10 frutti sono stato sottoposti al controllo del peso. I restanti 10 frutti sono stati conservati a 20 °C, con un'umidità relativa del 70%, fino al punto di consumo; quest'ultimo determinato in relazione alla durezza e alla consistenza (controllo). Le drupe sono state analizzate prima e dopo gli intervalli di conservazione, nonchè successivamente alla *shelf life*, nell'ottica di calcolare la percentuale di perdita di peso fresco.

Il peso del frutto (g) è stato determinato utilizzando una bilancia digitale. La consistenza dell'epicarpo e della polpa è stata misurata con un penetrometro con punta rotonda di 8 mm di diametro (per la polpa) e una punta piatta per l'epicarpo (Turoni, Forlì, Italia). I valori ottenuti sono stati interpretati secondo una scala edonica a scopo di confronto (Larmond, 1977), così prestabilita; 10-8 (frutti duri), 8-6 (leggermente morbidi), 6-4 (morbidi), 4-2 (eccessivamente morbidi) (Baloch & Bibi, 2012).

Le misurazioni della durezza sono state eseguite in modo rapido e non distruttivo, utilizzando un durometro Durofel (CTIFL Copa Technologie, Saint Etienne du Gres, Francia), con un puntale di 3 mm di diametro (0,10 cm^2). Questo test è stato finalizzato a misurare l'elasticità nella parte esterna dell'epicarpo, senza penetrare nella polpa.

La durezza è stata calcolata come media delle 3 misurazioni per ciascun campione di frutta ed espressa su una scala da 1 (morbido) a 100 (duro).

Il sistema di colorimetria CIELAB è stato utilizzato per definire il colore, utilizzando un *Chroma Meter* Konica Minolta CR-300, USA, che ha registrato lo spettro della luce riflessa e convertito in un insieme di coordinate di colore (valori L*, a * e b *). Una piastra bianca standard Minolta è stata utilizzata per tarare lo strumento (Fukuda *et al.*, 2014).

Il colore strumentale è stato espresso come *chroma* [$(a^{*2} + b^{*2}) * 0,5$] e angolo di tonalità HUE [arctan (b* / a*) × 180 / 3.14] (Ibarra-Garza *et al.*, 2015). Le misurazioni sono state ottenute in triplicato sia dall'epicarpo che dalla polpa di ciascun frutto analizzato. Sulla

base dei giudizi dei consumatori, è stata stabilita una soglia di durezza pari a 50-60 unità Durofel al punto di consumo.

La sostanza secca è stata determinata dalla perdita di peso di un campione di polpa di 5-10 g, dopo 1 settimana di essiccazione in un forno ad aria forzata (50 ± 2 °C). Il contenuto totale di solidi solubili (°Brix) è stato determinato con un rifrattometro digitale Atago ATC1 (Atago Co., Ltd, Tokyo, Giappone). L'acidità titolabile della polpa è stata determinata in % di acido citrico (g /100 g), titolando 10 g di campione di polpa fresca con una soluzione di NaOH 0,1 N, seguendo il metodo AOAC 942,15.

Fig. 68 – Frutti utilizzati della cultivar *Keitt* utilizzati durante la prova.

Il pH è stato determinato misurando 10 g di campione di polpa di mango omogeneizzato in 50 ml in un becher igienizzato, secondo le procedure AOAC (1990), utilizzando un pHmetro (Radiometer Analytical Piooner 10, Lyon, France).

9.1.2 Analisi sensoriale

I frutti di mango (Fig. 68) sono stati valutati in termini di aspetto, aroma e gusto da un *panel* semi-addestrato, dopo i diversi periodi di conservazione, al punto di consumo. La giuria era composta da dieci giudici, dai 25 ai 55 anni (50% donne e 50% uomini), consumatori abituali di mango; essi sono stati selezionati tra il personale dell'*Instituto Canario de Investigaciones Agrarias* (ICIA), sulla base delle loro capacità a discriminare, distinguere e valutare sensorialmente le caratteristiche organolettiche dei frutti di mango.

È stato organizzato un programma di orientamento per i membri del *panel* per informarli sugli obiettivi dello studio, svolgendo alcune sessioni di formazione volte alla corretta applicazione dell’analisi. Sono stati in tal modo valutati i seguenti descrittori sensoriali: a) tre per la vista (colore dell’epicarpo e della polpa, accettazione globale); b) uno per l'olfatto (odore); c) due per la consistenza in bocca (consistenza, presenza di fibre); d) uno per il gusto (sapore). Il giudizio è stato espresso utilizzando una scala edonica a 10 punti,

assegnando a ciascun descrittore un punteggio da 1 (assenza di sensazione) a 10 (intensità massima del descrittore). Le valutazioni sono state condotte dalle 12.00 alle 14.00 in cabine singole, con illuminazione e temperatura controllate. In ogni sessione, i giudici hanno valutato i campioni in triplicato, usando tre diversi frutti di ciascuna cultivar. L'ordine dei campioni per ciascun *panelista* è stato randomizzato ed è stata fornita acqua per il risciacquo tra i campioni di mango. Inoltre, è stata studiata la motivazione del consumatore ad acquistare questi prodotti, utilizzando domande specifiche dicotomiche ("sì" o "no").

9.1.3 Valutazioni danni da freddo

I danni da freddo sono stati valutati durante la frigoconservazione come percentuale e gravità dei sintomi persistenti, derivanti dalle basse temperature sul frutto. In particolare, il livello del danno è stato valutato stimando l'estensione dei sintomi visivi della colorazione scura e della prominenza delle lenticelle nell'area dell'epicarpo del frutto interessato, utilizzando una scala di valutazione che va da 0 a 4 sviluppata da Zaharah & Singh (2011): 0 (nessun danno), 1 (danni molto leggeri: <5% della superficie danneggiata), 2 (danni leggeri: 5-10% della superficie è danneggiata), 3 (danni moderati: 11-24%), 4 (danno grave: 25-50% della superficie danneggiata).

9.1.4 Analisi dei dati

L'analisi dei dati è stata effettuata utilizzando il software XLSTAT (Addinsoft, 2015). Il test di Grubbs è stato applicato per rilevare valori anomali nel set di dati. I dati fisico-chimici e sensoriali sono stati testati per le differenze tra le cultivar, usando l'analisi unidirezionale della varianza (ANOVA; modello lineare generale). Le differenze tra le cultivar sono state testate con il test di differenza di Tukey (HSD), con livello significativo di 0,05.

9.2. RISULTATI E DISCUSSIONE

I frutti della cultivar *Keitt* hanno raggiunto il punto di consumo a 17 giorni dalla raccolta, conservati a 20 ºC e al 70% di umidità relativa; quelli della cultivar *Lippens* hanno invece raggiunto il punto di consumo dopo 14 giorni. In Tabb. 15-16 vengono indicate le caratteristiche fisico-chimiche per entrambe le cv al momento della raccolta e al punto di consumo.

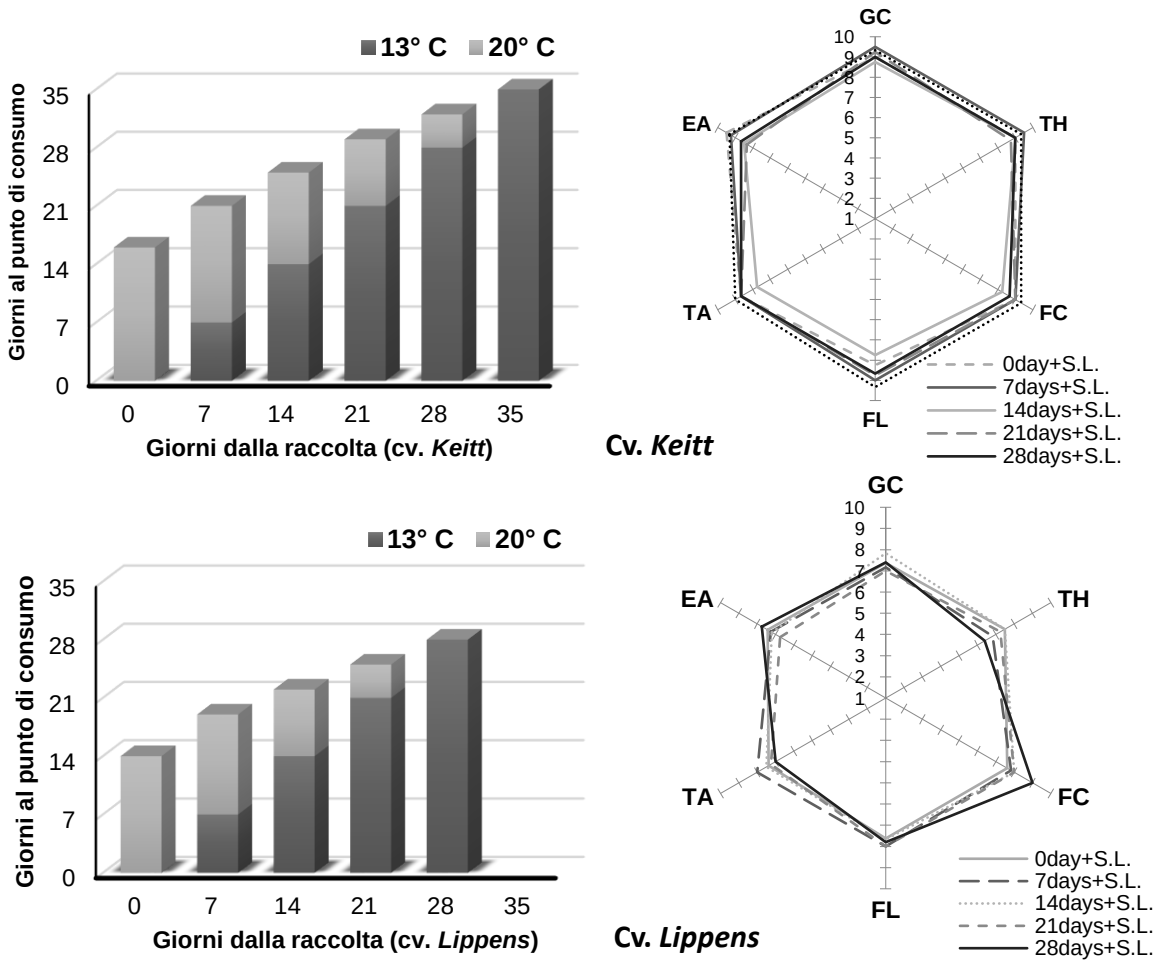

Fig. 69 – Tempo di conservazione dei frutti a 13 °C e 20 °C fino al punto di consumo (sinistra) e profilo sensoriale (destra) delle varietà di mango (*Keitt* e *Lippens*). Colore Epicarpo- GC; Tatto - TH; Colore della polpa – F; Sapore – FL; Accettabilità Globale – TA; Aspetto Esterno – EA.

Il contenuto di solidi solubili totali ha registrato valori pari a 9,8 ± 0,9 °Brix alla raccolta per *Keitt*, mentre i frutti di *Lippens* hanno mostrato un valore medio di 9,3 ± 0,6 °Brix.

Dai risultati emerge chiaramente che al momento della raccolta gli zuccheri erano molto bassi, ma successivamente, dopo la maturazione, si sono registrati al punto di consumo valori considerevoli; in particolare essi sono pari a 18,8 ± 0,2 e 17,7 ± 1,1 ºBrix, rispettivamente per *Keitt* e *Lippens*. Come riscontrato anche da Jha *et al.*, (2006), la consistenza del frutto è rimasta quasi costante durante il periodo di crescita, diminuendo soltanto durante la maturazione fino al punto di consumo.

Al momento della raccolta, il pH del frutto era di 3,9 ± 0,0 per *Lippens* e 3,8 ± 0,0 per *Keitt*. Dopo aver conservato i frutti di mango a 20 ºC e 70% di umidità relativa, il pH ha mostrato un leggero aumento nel punto di consumo, indipendentemente dalla cultivar.

9.2.1 Maturazione del frutto a 13 °C e 90% di RH

I frutti di entrambi le cv hanno registrato un aumento dei solidi solubili totali durante il periodo di conservazione da 8,8 ± 0,6 a 17,8 ± 0,4 °Brix in *Keitt*, mentre da 9,0 ± 0,5 fino a 19,6 ± 2,1 °Brix in *Lippens* (Tab. 15 e 16).

È noto come la conservazione a 13 °C rallenta il metabolismo del frutto, prolungando la *shelf-life* (Tian *et al*., 2004). In particolare, attraverso la frigoconservazione viene ridotto sensibilmente il tasso di respirazione (Devanesan *et al*., 2011) e limitati i processi di maturazione. Questi comprendono diversi cambiamenti biochimici tra cui la produzione di etilene, un aumento dei solidi solubili totali dovuto principalmente all'attività degli enzimi responsabili dell'idrolisi dell'amido in zuccheri solubili, sviluppo di pigmenti e diverse attività metaboliche che riducono la consistenza del frutto. Essi avvengono entro 9-12 giorni dal momento di raccolta a seconda della cultivar e dello stadio di maturità del frutto (Lalel *et al*., 2003).

Per quanto riguarda il pH, le cultivar hanno mostrato un leggero aumento fino al 35° giorno di conservazione, sia a 13 °C che a 20 °C (*Lippens* 4,1–4,6; *Keitt* 4,0 - 4,5) (Tab. 17). Una tendenza simile è stata osservata da altri autori in diverse cultivar di mango durante la conservazione a freddo (Rathore *et al.*, 2007; Baloch & Bibi, 2012). I risultati dell'acidità titolabile hanno rivelato una piccola diminuzione durante la conservazione a 13 °C, come osservato da O'Hare (1995), e sono stati attribuiti all'entità della degradazione dell'acido citrico durante la maturazione (Akhtar *et al.*, 2009). I frutti trasferiti a 20 °C hanno mostrato valori più bassi di acidità titolabile, per tutte le varietà (Tab. 17).

Durante il periodo di conservazione a 13 °C e 90% di umidità relativa, la durezza del frutto della varietà *Keitt* è diminuita progressivamente da 86,9 ± 2,0 (7 giorni) a 54,4 ± 3,4 °Durofel (35 giorni); lo stesso valore è stato raggiunto dal controllo al punto di consumo, dopo circa 17 giorni a 20 °C (54,4 ± 5.4, Tabb. 15-16). I frutti della cultivar *Lippens* hanno mostrato lo stesso comportamento; la durezza durante la frigoconservazione è scesa da 85,1±1,2 (7 giorni) a 46,3 ± 5,7 °Durofel (28 giorni), come quella del controllo a 20 °C, dopo 15 giorni (48,9 ± 6,0 °Durofel). I valori di consistenza dei frutti sono fondamentali per limitare i danni epidermici o meccanici che avvengono durante le fasi di trasporto e manipolazione. In particolare, nelle cultivar analizzate viene evidenziata una perdita di consistenza dell'epicarpo e della polpa che, come mostrato nelle Tabb. 15 e 16, è diminuita progressivamente e significativamente durante il periodo di conservazione. Le maggiori differenze nella consistenza dell'epicarpo sono state osservate in *Keitt* dopo 28 giorni di conservazione a freddo (1,7 ± 0,7 kg /cm^2) e dopo 14 giorni (2,4 ± 0,3 kg /cm^2) in *Lippens*.

Durante lo stoccaggio, la sostanza secca dei campioni non è risultata significativamente differente; ciò evidenzia come i frutti raccolti fossero tutti allo stesso stadio di maturazione in pianta. Dato il periodo prolungato di conservazione, si è evidenziata una perdita di peso crescente (7,67% in *Keitt*, dopo 35 giorni, e 9,88% in *Lippens*, dopo 28 giorni), come evidenziato in Fig. 70.

Tab. 15 – Parametri fisico-chimici dei frutti di mango *Keitt* (media± DS, n = 10) dopo 0, 7, 14, 21, 28 e 35 giorni di frigoconservazione a 13 °C e al 90% di U.R e dopo una shelf life a 20 °C e al 70% di U.R. prima del punto di consumo (+S.L.). I valori sono seguiti da lettere nella stessa colonna al fine di indicare differenze significative (test di Tukey, p< 0,05; ns= non significativo).

Giorni	Durezza °Durofel	Consistenza Epicarpo (kg/cm^2)	Consistenza polpa (kg/cm^2)	Sostanza Secca (%)	Solidi solubili totali (°Brix)
0	83.7 ± 2.5 a	7.8 ± 2.0 a	9.9 ± 3.1 a	18.6 ± 0.0 ns	9.8 ± 0.9 cd
7	86.9 ± 2.0 a	8.3 ± 0.8 a	11.6 ± 1.3 a	18.3 ± 0.0 ns	8.8 ± 0.6 d
14	85.0 ± 3.0 a	8.6 ± 0.4 a	10.5 ± 2.6 a	19.8 ± 0.0 ns	11.3 ± 0.8 c
21	82.3 ± 3.7 a	6.9 ± 1.7 a	8.4 ± 3.8 a	19.2 ± 0.0 ns	14.2. ± 0.5 b
28	61.1 ± 6.9 b	1.7 ± 0.7 b	1.2 ± 0.6 b	17.7 ± 0.0 ns	16.1 ± 0.7 a
35	54.4 ± 3.4 c	1.0 ± 0.2 b	0.7 ± 0.1 b	17.9 ± 0.0 ns	17.8 ± 0.4 a
0 + S.L.	54.4 ± 5.4 ns	2.4 ± 0.7 a	1.1 ± 0.2 a	20.1 ± 0.0 ns	18.8 ± 0.2 ns
7 + S.L.	59.3 ± 3.3 ns	2.4 ± 0.7 a	0.9 ± 0.3 ab	18.9 ± 0.0 ns	17.0 ± 0.7 ns
14 + S.L.	59.3 ± 3.9 ns	1.7 ± 0.3 ab	0.7 ± 0.1 b	18.6 ± 0.0 ns	16.8 ± 0.6 ns
21 + S.L.	51.6 ± 3.8 ns	1.4 ± 0.1 bc	0.6 ± 0.2 b	20.9 ± 0.0 ns	18.4 ± 0.3 ns
28 + S.L.	53.4 ± 4.3 ns	1.0 ± 0.2 bc	0.8 ± 0.1 b	18.6 ± 0.0 ns	17.4 ± 1.2 ns
35 + S.L.	54.4 ± 3.4 ns	1.0 ± 0.2 c	0.7 ± 0.1 b	18.0 ± 0.0 ns	17.8 ± 0.4 ns

Tab. 16 – Parametri fisicochimici dei frutti di mango *Lippens* (media± DS, n = 10) dopo 0, 7, 14, 21, 28 e 35 giorni di frigoconservazione a 13 °C e al 90% di U.R e dopo una shelf life a 20 °C e al 70% di U.R prima del punto di consumo (+S.L.). I valori sono seguiti da differenti lettere nella stessa colonna al fine di indicare diffenze significative (test di Tukey, p< 0,05; ns= non significativo).

Giorni	Durezza °Durofel	Consistenza Epicarpo (kg/cm^2)	Consistenza polpa (kg/cm^2)	Sostanza Secca (%)	Solidi solubili totali °Brix
0	91.9 ± 1.8 a	9.4 ± 1.3 a	10.4 ± 1.4 a	20.6 ± 0.0 ns	9.3 ± 0.6 c
7	85.1 ± 1.2 b	8.2 ± 1.0 b	11.6 ± 1.4 a	18.1 ± 0.0 ns	9.0 ± 0.5 c
14	75.9 ± 3.0 c	4.9 ± 0.5 c	2.4 ± 0.3 b	19.8 ± 0.0 ns	15.8 ± 0.2 b
21	60.3 ± 7.2 d	3.4 ± 0.4 d	0.6 ± 0.2 c	22.5± 0.0 ns	18.1 ± 0.1 ab
28	46.3 ± 5.7 e	1.4 ± 0.2 e	0.7 ± 0.1 c	21.6 ± 0.0 ns	19.6 ± 2.1 a
0 + S.L.	48.9 ± 6.0 ns	2.2 ± 0.3 a	0.6 ± 0.2 ns	20.1 ± 0.0 ns	17.7 ± 1.1 ns
7 + S.L.	54.2 ± 1.1 ns	1.0 ± 0.2 b	0.6 ± 0.1 ns	20.6 ± 0.0 ns	17.8 ± 0.5 ns
14 + S.L.	45.0 ± 1.4 ns	1.1 ± 0.2 b	0.5 ± 0.1 ns	18.9 ± 0.0 ns	16.8 ± 1.0 ns
21 + S.L.	47.3 ± 8.7 ns	1.4 ± 0.2 b	0.6 ± 0.2 ns	21.2 ± 0.0 ns	19.2 ± 1.2 ns
28 + S.L.	46.3 ± 5.7 ns	1.4 ± 0.2 b	0.7 ± 0.1 ns	21.6 ± 0.0 ns	19.6 ± 2.1 ns

Tab. 17 – Effetto del periodo di conservazione sul pH e l'acidità titolabile durante i diversi periodi di conservazione. I valori sono seguiti da lettere nella stessa colonna al fine di indicare differenze significative (test di Tukey, p< 0,05; ns= non significativo).

Giorni	*Keitt*		*Lippens*	
	pH	TA	pH	TA
0	3.8 ± 0.0 ns	0.50 ± 0.0 b	3.9 ± 0.0 ns	0.38 ± 0.0 a
7	3.8 ± 0.0 ns	0.56 ± 0.0 ab	3.9 ± 0.0 ns	0.41 ± 0.0 a
14	3.7 ± 0.1 ns	0.74 ± 0.0 a	3.9 ± 0.0 ns	0.42 ± 0.0 a
21	3.6 ± 0.0 ns	0.69 ± 0.0 a	3.9 ± 0.1 ns	0.36 ± 0.0 ab
28	3.8 ± 0.1 ns	0.46 ± 0.0 b	4.1 ± 0.1 ns	0.20 ± 0.0 b
35	4.1 ± 0.1 ns	0.27 ± 0.0 c		
0 + S.L.	4.5 ± 0.1 ns	0.19 ± 0.0 b	4.6 ± 0.0 a	0.11 ± 0.0 b
7 + S.L.	4.0 ± 0.0 ns	0.36 ± 0.0 a	4.4 ± 0.0 ab	0.15 ± 0.0 ab
14 + S.L.	4.0 ± 0.0 ns	0.25 ± 0.0 ab	4.3 ± 0.1 b	0.16 ± 0.0 ab
21 + S. L.	4.5 ± 0.1 ns	0.15 ± 0.0 b	4.2 ± 0.1 b	0.21 ± 0.0 a
28 + S.L.	4.1 ± 0.1 ns	0.39 ± 0.0 a	4.1 ± 0.1 b	0.20 ± 0.0 a
35 + S. L.	4.1 ± 0.1 ns	0.27 ± 0.0 ab		

Per quanto riguarda il colore, i parametri L*a* b* sono cambiati gradualmente durante la conservazione a freddo; infatti, con questa temperatura i frutti continuano a maturare più lentamente rispetto ai 20 °C (Farina *et al.*, 2017a) ma con un cambio di colore repentino derivante dalla degradazione della clorofilla e dalla sintesi dei carotenoidi (Rajwana *et al.*, 2010). Non sono state osservate differenze significative sui diversi tempi di conservazione (7, 14, 21, 28, 35) nei parametri L, Hue e Chroma per *Keitt* (Tab. 18). Tuttavia, i frutti di *Lippens* hanno mostrato un significativo aumento di L, da 57,3 ± 0,3 a 0 giorni a 65,2 ± 2,2 dopo 28 giorni di conservazione a freddo, e Chroma, da 25,6 ± 6,7 a 43,33 ± 2,7. L'angolo di tonalità è diminuito da 110,4 ± 12,2 a 86,3 ± 4,15 (Tab. 19). Questi valori sono dovuti al fatto che l'epicarpo di *Lippens* cambia gradualmente da verde a giallo durante la maturazione, che è molto eterogenea.

Dopo 35 e 28 giorni di conservazione, rispettivamente per i frutti di *Keitt* e *Lippens*, i valori L*, Hue e Chroma erano gli stessi dei frutti di controllo. Un identico comportamento è stato osservato nel colore della polpa. D'altra parte, i dati mostrano che quest'ultimo parametro in ambedue le cultivar è diventato più intenso, con cambiamenti significativi derivati dall'aumento nel valore L* della polpa durante il periodo di conservazione a 13 °C. In particolare, dopo 28 giorni a 13 °C i frutti di *Lippens* mostrano una significativa riduzione del colore della polpa nell'angolo di tonalità Hue (92,2 ± 0,6).

Il colore arancione del mesocarpo è più intenso durante la frigoconservazione, poiché dall'analisi dei valori di L* dei frutti conservati a 20 °C (controllo) si può notare come essi

sono inferiori a quelli conservati a 13 °C. Inoltre, il colore della tonalità è diminuito maggiormente nei frutti conservati a 20 °C rispetto a 13 °C, come anche rilevato da Luquez & Mendez (2003). I valori positivi a∗ e b∗ sono attribuibili ai carotenoidi presenti nella polpa. Gli attributi di colore (L*, a*, b*, chroma e HUE) dell'epicarpo e della polpa del svolgono un ruolo importante nella percezione della qualità complessiva del frutto di mango (González Aguilar *et al.,* 2001) perché attraggono il consumatore e possono aiutare negli acquisti d'impulso (Chaplin *et al.,* 1991).

Nessun sintomo apparente di danni da freddo si è verificato durante tutte le fasi della conservazione. Tuttavia, i frutti sono stati osservati al punto di consumo, in quanto questi sintomi sono più evidenti quando il frutto è completamente maturo.

9.2.2 Maturazione del frutto a 20 °C e 70% di RH

I frutti di mango *Keitt* hanno impiegato da 1 a 7 giorni in più per raggiungere il punto di consumo rispetto a quelli della cultivar *Lippens* (Fig. 69). La consistenza della polpa ha mostrato una leggera diminuzione durante la conservazione a 13 °C, mentre è calata drasticamente dopo lo stoccaggio a 20 °C al momento di consumo.

I solidi solubili totali sono aumentati significativamente raggiungendo un valore di circa 18 °Brix al punto di consumo in tutti i campioni studiati durante la maturazione; il valore è molto elevato rispetto a quelli noti in bibliografia (Pleguezuelo *et al.,* 2012). Questo contenuto è l'attributo di qualità più importante per la valutazione della dolcezza del mango ed è strettamente collegato alla maturazione (Delwiche *et al.,* 2008). Tale significativo aumento rende certamente il frutto più appetibile, con un netto miglioramento delle sue caratteristiche sensoriali (Rajwana *et al.,* 2010).

La Figura 70 mostra che le diverse cultivar di mango presentano una tendenza crescente alla perdita di peso percentuale media a 20 °C rispetto a quelle in frigoconservazione. Nel punto di consumo non vi sono differenze significative tra i dati L*, a*, b* dopo il periodo di diversi giorni a 13 °C (7, 14, 21,28, 35) e il successivo spostamento a 20 °C.

Dopo il periodo di conservazione a 13 °C e la successiva *shelf life* a 20 °C nel punto di consumo, la durezza non varia in modo significativo. Dopo 7 giorni di conservazione a 13 °C e un periodo di circa 14 giorni a 20 °C, la consistenza della polpa ha valori più alti di 2,3 kg/cm^2. La consistenza della polpa diminuisce significativamente (con valori uguali o inferiori a 1) con l'aumentare delle settimane di conservazione a 13 °C (14, 21, 28, 35 giorni).

Al momento della raccolta, il contenuto di sostanza secca della polpa era del 19,56% per *Keitt* e di 20,56% per *Lippens* (Tabb. 14 e 15). Al punto di consumo non vi sono differenze significative tra i dati L*, a*, b* dopo il periodo di diversi giorni a 13 °C (7, 14, 21, 28, 35) e il successivo spostamento a 20 °C. Dopo il periodo di conservazione a 13 °C e la successiva shelf a 20 °C, nel punto di consumo la durezza non varia in modo significativo.

Tab. 18 – Colore dell'epicarpo e della polpa dei frutti di mango *Keitt* (media± DS, n = 10) dopo 0, 7, 14, 21, 28 e 35 giorni di frigoconservazione a 13 °C e al 90% di umidità relative e dopo una shelf life a 20 °C e al 70% di umidità relative al punto di consumo. Le tre coordinate dimensionali indicano L* la luminosità, Hue la tonalità e Chroma la saturazione. I valori sono seguiti da differenti lettere nella stessa colonna al fine di indicare diffenze significative (test di Tukey, p< 0,05; ns= non significativo).

Giorni	$L^*_{epicarpo}$	$C_{epicarpo}$	$HUE_{epicarpo}$	$L^*_{mesocarpo}$	$C_{mesocarpo}$	$HUE_{mesocarpo}$
0	58.2 ± 1.5 ns	31.2 ± 3.4 ns	74.6 ± 10.0 ns	77.1 ± 6.2 a	59.8 ± 4.2 ns	93.5 ± 3.2 ns
7	57.8 ± 4.1 ns	32.1 ± 1.6 ns	69.4 ± 6.1 ns	76.8 ± 1.6 a	64.3 ± 3.2 ns	93.3 ± 3.0 ns
14	52.7 ± 1.6 ns	35.8 ± 2.6 ns	70.1 ± 1.3 ns	73.7 ± 0.7 ab	62.7 ± 1.1 ns	93.0 ± 2.7 ns
21	53.9 ± 1.3 ns	33.9 ± 2.7 ns	82.0 ± 7.3 ns	69.2 ± 3.6 bc	63.7 ± 3.8 ns	92.3 ± 2.1 ns
28	62.2 ± 5.3 ns	42.7 ± 2.8 ns	66.3 ± 9.5 ns	69.0 ± 1.1 bc	64.1 ± 4.9 ns	91.9 ± 1.7 ns
35	63.5 ± 1.6 ns	44.6 ± 2.7 ns	74.3 ± 7.4 ns	65.6 ± 1.4 c	60.7 ± 1.2 ns	91.8 ± 0.3 ns
0 + S.L.	61.6 ± 3.1 ns	38.0 ± 8.0 ns	72.0 ± 6.0 ns	62.1 ± 1.9 ns	57.5 ± 5.2 ns	89.8 ± 1.8 ns
7 + S.L.	59.1 ± 4.0 ns	38.8 ± 2.6 ns	77.3 ± 3.7 ns	60.3 ± 8.1 ns	59.7 ± 5.1 ns	86.8 ± 3.3 ns
14 + S.L.	62.0 ± 3.3 ns	37.6 ± 8.4 ns	76.3 ± 2.9 ns	67.1 ± 3.2 ns	64.0 ± 4.0 ns	90.9 ± 0.7 ns
21 + S. L.	62.6 ± 3.8 ns	47.0 ± 2.1 ns	70.3 ± 6.7 ns	67.9 ± 0.6 ns	66.6 ± 1.6 ns	89.6 ± 0.7 ns
28 + S.L.	59.0 ± 0.6 ns	40.2 ± 0.5 ns	73.3 ± 3.9 ns	66.5 ± 1.2 ns	62.6 ± 0.3 ns	90.6 ± 1.0 ns
35 + S. L.	63.5 ± 1.6 ns	44.6 ± 1.7 ns	74.3 ± 7.4 ns	65.6 ± 1.4 ns	60.7 ± 1.2 ns	91.8 ± 0.3 ns

Tab. 19 – Colore dell'epicarpo e della polpa dei frutti di mango *Lippens* (media± DS, n = 10) dopo 0, 7, 14, 21, 28 e 35 giorni di frigoconservazione a 13 °C e al 90% di umidità relative e dopo una shelf life a 20 °C e al 70% di umidità relative al punto di consumo. Le tre coordinate dimensionali indicano L* la luminosità, Hue la tonalità e Chroma la saturazione. I valori sono seguiti da differenti lettere nella stessa colonna al fine di indicare diffenze significative (test di Tukey, p< 0,05; ns= non significativo).

Giorni	$L^*_{epicarpo}$	$C_{epicarpo}$	$HUE_{epicarpo}$	$L^*_{mesocarpo}$	$C_{mesocarpo}$	$HUE_{mesocarpo}$
0	57.3 ± 3.3 b	25.6 ± 6.7 b	110.4 ± 12.20 a	86.1 ± 5.0 a	59.7 ± 1.7 ns	104.4 ± 5.8 a
7	55.6 ± 3.1 b	30.4 ± 6.3 b	107.2 ± 8.15 a	79.4 ±1.3 ab	57.7 ± 1.2 ns	99.1 ± 0.3 ab
14	53.6 ± 1.7 b	33.0 ± 2.4 ab	96.8 ±1.87 ab	75.7 ± 4.1 ab	62.4 ± 2.4 ns	96.2 ± 0.7 ab
21	57.3 ± 1.6 b	35.0 ± 1.5 ab	84.4 ± 8.65 b	74.8 ± 2.9 bc	62.0 ± 2.5 ns	95.2 ± 2.2 b
28	65.2 ± 2.2 a	43.3± 2.7 a	86.3 ± 4.15 b	69.1 ± 1.6 c	60.9 ± 0.9 ns	92.2 ± 0.6 b
0 + S.L.	64.7 ± 3.4 ns	50.2 ± 7.0 ns	87.5 ± 4.90 ns	61.7 ± 0.8 ns	58.2 ± 1.3 ns	91.3 ± 2.1 ns
7 + S.L.	64.3 ± 1.7 ns	49.4 ± 1.4 ns	88.5 ± 1.90 ns	66.4 ± 4.2 ns	63.0 ± 1.8 ns	94.4 ± 0.2 ns
14 + S.L.	67.2 ± 2.7 ns	51.1 ± 1.0 ns	87.4 ± 3.71 ns	62.7 ± 9.9 ns	60.1 ± 0.6 ns	89.0 ± 4.7 ns
21 + S. L.	65.3 ± 5.4 ns	46.2 ± 5.8 ns	91.9 ± 1.77 ns	69.1 ± 0.2 ns	63.2 ± 2.9 ns	92.1 ± 0.9 ns
28 + S.L.	65.2 ± 2.2 ns	43.3 ± 2.7 ns	86.3 ± 4.15 ns	69.1 ± 1.6 ns	60.9 ± 0.9 ns	92.2 ± 0.6 ns

9.2.3 Analisi sensoriale

I risultati relativi all'accettabilità complessiva sono mostrati negli *spider-plot* in Fig. 69. Essi hanno dimostrato che i frutti di mango *Keitt* e *Lippens* mantengono entrambe buone caratteristiche per il consumo dopo 7, 14, 21, 28 (*Lippens*) o 35 (*Keitt*) giorni di conservazione a 13 °C e 90% di umidità relativa, seguiti da un tempo aggiuntivo a 20 °C e 70% di umidità relativa fino a raggiungere il punto di consumo.

L'esame visivo da parte dei consumatori è uno dei parametri di qualità più importanti che costituisce l'idoneità di qualsiasi alimento per il consumo. In effetti, il colore esterno del frutto di mango è la principale caratteristica qualitativa percepita, con preferenze verso un frutto ben colorato e intenso, anche durante il consumo (Litz & Lavi, 1997; Campbell & Campbell, 2002). La cultivar *Keitt* è stata più apprezzata tra le due, mostrando punteggi più alti rispetto ai frutti della cultivar *Lippens*. In particolare, l'aspetto (A) variava da 8,8 a 9,5 per *Keitt* e da 7 a 7,8 per *Lippens*.

I valori più alti di *Keitt* sono legati al colore della polpa rossa più intensa che attira l'attenzione del consumatore. Essa ha pertanto mostrato valori più alti nell'aspetto esterno (EA), come mostrato in Fig. 69, non evidenziando ampie modifiche con lunghi periodi di conservazione a freddo. I giudici hanno espresso alti punteggi relativamente al sapore per entrambe le cultivar: *Keitt* variava da 7,75 a 9,3 e *Lippens* da 7,6 a 8,0. I frutti di quest'ultima sono stati considerati dai panelisti di qualità inferiore rispetto agli altri. I *panel* dei consumatori hanno considerato i frutti con giudizi "accettabili" e" molto accettabili" (valori medi di colore, consistenza, odore e sapore tra 7,5 e 8). Inoltre, non sono state osservate significative differenze tra prima e dopo la conservazione a freddo. Ciò indica che i panelisti non sono stati in grado di rilevare quelle lievi modifiche che sono state verificate strumentalmente nei frutti conservati a 13 °C seguiti da un periodo a 20 °C fino al punto di consumo.

9.3 CONCLUSIONI

I risultati hanno evidenziato come il metodo di conservazione basato su una temperatura di 13 °C e 90% di umidità relativa prolunghi la durata di conservazione e riduca al minimo la perdita di frutti di mango, mantenendo alta la loro qualità anche se conservati per 4 o 5 settimane dopo la raccolta. Grazie a questo lavoro è possibile identificare la *shelf life* dei frutti dopo un periodo di conservazione a freddo di 13 °C al 90% di umidità relativa.

Le cultivar *Keitt* e *Lippens* hanno mostrato comportamenti diversi durante la frigoconservazione e la successiva *shelf life*. In particolare, *Keitt* ha mostrato dati interessanti

sulla qualità dopo la conservazione. Secondo i risultati delle analisi sensoriali, i frutti conservati a 13 °C hanno mantenuto una buona qualità fino al 35° giorno per la cv *Keitt*, mentre fino al 28° giorno per *Lippens*. Le caratteristiche fisico-chimiche dei frutti conservati per 7, 14, 21, 28, 35 giorni erano diverse poiché i frutti continuano a maturare durante la conservazione. Tuttavia, al punto di consumo dopo la conservazione a 20 °C e il 70% di umidità relativa non si osservano differenze significative in nessuno dei parametri analizzati, indipendentemente dal tempo di conservazione a freddo. In effetti, i consumatori non hanno riscontrato significative differenze tra la frutta fresca e quella conservata per fasi diverse e il 98% degli assaggiatori ha indicato che avrebbe acquistato il prodotto.

Contrariamente a questi risultati, i frutti di controllo conservati a 20 °C potrebbero essere mantenuti solo per 14-17 giorni indipendentemente dalle cultivar. Queste ultime mostrano diversi valori di L* e Hue al momento della raccolta e durante la *shelf life*. I risultati sono peraltro confermati dall'analisi sensoriale, attraverso valori elevati per il descrittore di aspetto esterno nell'intero periodo. In effetti, questo esperimento ha dimostrato che le condizioni di conservazione non hanno influito sull'analisi sensoriale della qualità, sebbene la percezione del consumatore dipendesse dalle varietà studiate.

In particolare, *Keitt* ha mostrato un valore più alto per il colore di fondo, a causa di un colore rossastro al punto di consumo, in quanto è noto come nel mango i consumatori preferiscono in genere una colorazione intera e intensa, dal rosa al rosso. Non sono state evidenziate differenze significative prima e dopo la conservazione a freddo.

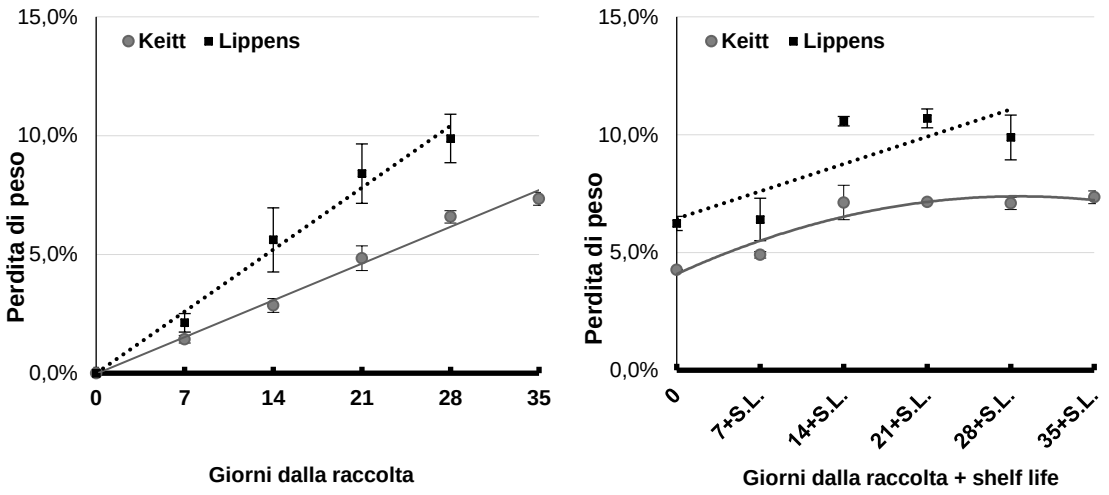

Fig. 70 –Variazione percentuale di Perdita di peso in relazione ai giorni dalla raccolta.

10. FRUTTO DI MANGO *MATURE-RIPE*: CARATTERIZZAZIONE FISICO-CHIMICA E PROFILO SENSORIALE DI 5 CULTIVAR COLTIVATE NEL MEDITERRANEO

I parametri del frutto del mango – dimensioni, colore, zucchero e acidità – sono strettamente influenzati dalla cultivar. Generalmente viene rinvenuta nei frutti un'alta percentuale di amido (Fuchs *et al.,* 1980), microelementi (calcio, fosforo, potassio e ferro) e vitamine essenziali (A, B e C) (Jiménez *et al*., 2004).

Alcuni dei componenti chiave che contribuiscono all'accettazione dei frutti di elevata qualità da parte del consumatore sono il sapore, l'aroma, la consistenza, i componenti chimici (Mamiro *et al.,* 2007) ed il contenuto di composti bioattivi (Rymbai *et al.,* 2013); tali parametri dipendono principalmente dalla fase di maturazione dei frutti (Gentile *et al.,* 2019; Dick *et al.,* 2007).

Alcuni paesi europei, come la Francia, la Spagna e la Svizzera offrono mercati interessanti per il mango *mature ripe* o pronti per il consumo. La domanda di frutti maturi, importati in aereo dal Sudamerica, è aumentata negli ultimi decenni. In questo contesto, i frutti di mango coltivati nella zona costiera siciliana potrebbero essere prodotti in una fase dell'anno libera dalla concorrenza dei paesi esportatori più importanti con un basso impatto ambientale. I recenti sviluppi nel campo della valutazione sensoriale e dell'analisi strumentale hanno ulteriormente accentuato la relazione tra uomo (scienza sensoriale) e macchine (analisi strumentale) nella valutazione della qualità dei frutti (Ross, 2009). L'analisi sensoriale ha un ruolo importante al fine di valutare la maturazione dei frutti, definirne la *shelf life* e interpretare le reazioni dei consumatori (Giménez *et al.,* 2012).

Il profilo sensoriale dei frutti di mango ha un importante aspetto commerciale, poiché, può definire l'impatto dei descrittori organolettici sulla decisione di acquisto (Jha *et al.,* 2013; Gössinger *et al.,* 2008, Rymbai *et al.,* 2014). Negli ultimi anni sono stati effettuati diversi studi sull'applicazione di analisi fisico-chimiche relazionate ad aspetti riguardanti le proprietà qualitative dei frutti determinate attraverso l'utilizzo di *panel-test* addestrati per la valutazione di consistenza (Harker *et al.,* 2002), composizione chimica (Colarič *et al.,* 2005), acidità (Marsh *et al.,* 2004), contenuto di solidi solubili, acidità titolabile (Harker *et al.,* 2002) e composizione volatile (Verzera *et al.,* 2014). In letteratura, ad oggi, sono insufficienti le informazioni relative ai tratti fisico-chimici e sensoriali di frutti con maturazione *tree-ripe*. A questo proposito lo scopo di questo lavoro è stato quello di valutare le caratteristiche qualitative dei frutti maturati sugli alberi di alcune delle più importanti

cultivar di mango coltivate nel clima mediterraneo nell'ottica di confrontarle con dati presenti in bibliografia.

La ricerca in oggetto tende quindi ad apportare un contributo conoscitivo alla costruzione di un profilo di qualità di alcune cultivar di mango, evidenziando le principali differenze chimico-fisiche e sensoriali dei frutti delle diverse cultivar al fine di definire le loro potenzialità organolettiche, in confronto con quelli coltivati in differenti aree del mondo.

10.1 MATERIALI E METODI

La prova sperimentale in oggetto è stata condotta per due anni nell'azienda agricola Cupitur, situata lungo il versante tirrenico della Sicilia, nel territorio di Caronia, in provincia di Messina, a quota di 5 m s.l.m. Sono stati in particolare esaminati i frutti delle cv *Keitt*, *Glenn*, *Osteen*, *Maya*, *Kensington Pride* e *Tommy Atkins*. La raccolta è stata effettuata su frutti completamente maturi direttamente dagli stessi alberi selezionati, con una successiva analisi eseguita durante due differenti stagioni produttive.

10.1.2 Analisi fisico-chimiche

Per ciascuna cultivar sono stati raccolti e sottoposti a valutazioni analitiche e sensoriali dei frutti durante le due diverse annate. In particolare, per ciascun anno di sperimentazione è stato analizzato un campione di 15 frutti maturati sull'albero. La raccolta è stata effettuata durante le diverse stagioni, a seconda dell'epoca di maturazione della specifica cultivar. I parametri presi in considerazione sono stati peso fresco, diametro trasversale, diametro longitudinale, consistenza della polpa, solidi totali solubili, acidità titolabile, peso del seme, peso dell'epicarpo.

Sono stati utilizzati: a) una bilancia digitale (Gibertini EU-C 2002 RS, Novate Milanese, Italia); b) un calibro digitale per le misurazioni diametrali TR53307 (Turoni, Forlì, Italia); c) un penetrometro digitale TR5325 con punta di 8 mm di diametro (Turoni, Forlì, Italia); d) un rifrattometro digitale Atago Palette PR-32 (Atago Co., Ltd, Tokyo, Giappone); e) un pHmetro CrisonS (Crison Instruments, SA, Barcellona, Spagna).

Il colore della polpa è stato determinato da un'analisi digitale dell'immagine di cinque fotografie per cultivar, contenenti ciascuna 6 frutti. Le stesse immagini sono state analizzate utilizzando un algoritmo sviluppato con il software MATLAB (The MathWorks Inc., Natick, MA, USA), il quale converte le foto dal formato RGB a CIE 1976 L*, a*, b* (mediante tabelle di ricerca), estraendone il frutto (rimuovendo lo sfondo), separando l'area totale in

due sottoregioni. Il programma è appunto in grado di distinguere il colore di copertura (più vicino al rosso) ed il colore di fondo (più vicino al verde), in base a una soglia verde-rossa regolabile, quantificando le caratteristiche cromatiche di ciascuna regione analizzata, come la distanza pesata di ciascun pixel nell'immagine dal verde puro (colore di fondo) o rosso puro (colore di copertura) (Francaviglia *et al.*, 2013; Liguori *et al.*, 2017).

10.1.3 Analisi prossimale

Il contenuto di ceneri è stato determinato secondo la procedura AOAC (1985 a, b, c, d, e), mentre il metodo Kjeldal è stato utilizzato per la determinazione delle proteine. In particolare, una piccola aliquota è stata sottoposta a mineralizzazione catalizzata da acido per trasformare l'azoto organico in azoto ammoniacale; quest'ultimo è stato quindi distillato in pH alcalino. L'ammoniaca formata durante questa distillazione è stata raccolta in una soluzione di acido borico e determinata attraverso dosaggio titrimetrico. Il valore dell'azoto ammoniacale è stato moltiplicato per 6,25 (Palazzolo *et al.*, 2012).

Il contenuto di grassi è stato ottenuto attraverso l'idrolisi acida con una soluzione di HCl 1:4 sul campione, seguita da filtrazione e disidratazione a 70 °C. Dopo l'evaporazione del solvente è stata determinata l'estrazione in Soxhlet con etere di petrolio, attraverso un metodo gravimetrico di grasso residuo.

Il contenuto di carboidrati è stato ottenuto con l'antrone, metodo riportato in Loews (1952), la cui reazione è la base di un metodo rapido e conveniente per la determinazione dei carboidrati, liberi o presenti nei polisaccaridi. I carboidrati vengono prima idrolizzati in zuccheri semplici con acido cloridico diluito. In acido caldo il glucosio viene disidratato in idrossimetilfosfuro. Questo composto con forma l'antrone un prodotto verde, con un massimo di assorbimento a 630 nm (Palazzolo *et al.*, 2012).

I costituenti minerali K, Na, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn and Zn sono stati determinati utilizzando la spettroscopia di assorbimento atomico dopo mineralizzazione umida. I livelli di fosforo sono stati determinati usando colorimetria (Loews, 1952). La riboflavina è stata estratta in un autoclave con una soluzione di H_2SO_4 diluita. Dopo il trattamento enzimatico il contenuto di riboflavina è stato determinato tramite il metodo HPLC (per gli spettri fluorescenti) (Morand & Gullo, 1970).

La niacina è stata estratta da campione in soluzione acida a 12-18 °C e misurata attraverso un metodo microbiologico. Il ceppo del titolatore utilizzato ha riguardato *Lactobacillus platarum* ATCC8014. Il test è stato effettuato in un mezzo di coltura liquido

con tutti i fattori indispensabili per la crescita di *Lactobacillus plantarum* presente, con esclusione della vitamina esaminata.

La presenza di niacina nel campione ha causato un aumento proporzionale della crescita di *L. plantarum* dopo 24 ore di incubazione a 37,8 °C. La crescita è stata valutata utilizzando un torbidimetro e quindi è stata confrontata con i valori di una curva standard preparati in parallelo al test (Palazzolo *et al.*, 2012). Il contenuto di tiamina è stato ottenuto attraverso l'estrazione di HCl e ossidazione con tiocromoe analisi in HPLC mediante rilevazione fluorometrica (AOAC, 1985c).

L'acido ascorbico è stato determinato secondo le procedure precedenti descritte da Barros (2007). La vitamina A è stata determinata dal AOAC, 1985e.

Per la determinazione dell'acido ascorbico sono stati estratti 100 mg di metanolo secco con 10 ml di acido metafosforico (1%), per 45 minuti a temperatura ambiente, filtrato attraverso la carta filtro Whatman n°4. Il filtrato (1 mL) è stato mescolato con 9 ml di 2,6-diclorofenolindofenolo e l'assorbanza è stata misurata entro 30 minuti a 515 nm nel vuoto.

Il contenuto di acido ascorbico è stato calcolato sulla base della curva di calibrazione dell'acido L-ascorbico puro (0,020-0,12 mg mL^{-1}; Y = 3,4127X-0.0072; R^2 = 0,9905) e i risultati sono stati espressi come mg di acido ascorbico/g estratto (Palazzolo *et al.*, 2012).

10.1.4 Analisi sensoriale

Per la caratterizzazione sensoriale dei frutti di mango, al punto consumo è stato analizzato un sottocampione di 10 frutti per cultivar secondo la norma UNI 10957 (2003); il *panel* addestrato per la prova ha riguardato dieci giudici (cinque donne e cinque uomini, di 22-35 anni) abilitato alla valutazione della frutta (Farina, 2016).

Gli stessi giudici, utilizzando nelle sessioni preliminari frutti di mango prelevati sia dai campi sperimentali sia dal mercato, hanno definito i seguenti 20 descrittori sensoriali: - due per aspetto (colore polpa, presenza di filamenti); - uno reologico (consistenza al taglio); - sei per odore (odore di mare; odore di pesca; odore di frutta esotica; odore medicinale; odore di formaggio; odore di olio bruciato); - cinque per gusto (succoso; dolce, acido, amaro): - sei per aroma (di mare; di pesca; di frutta esotica; medicinale; di formaggio; di olio bruciato).

Le valutazioni sono state condotte dalle 10.00 alle 12.00 in singole cabine, con illuminazione e temperatura controllate. In ogni sessione, i giudici hanno valutato i campioni in triplicato, usando tre diversi frutti di ciascuna cultivar.

10.2 RISULTATI E DISCUSSIONE

10.2.1 Analisi fisico-chimiche

I frutti delle cultivar di mango esaminate hanno mostrato un'elevata variabilità nei tratti fisico-chimici. In particolare, le drupe delle cv *Keitt* e *Osteen* hanno mostrato il maggior peso fresco, seguiti da quelle di *Kensington Pride* e *Maya*, mentre quelle di minore dimensione riguardano le varietà *Glenn* e *Tommy Atkins* (Tab. 21).

Peso e diametro definiscono la dimensione del frutto, costituendo importanti caratteristiche economiche e di marketing. Il calibro richiesto dal mercato per questi frutti varia principalmente tra 350 e 450 g, in relazione alle pratiche di imballaggio e logistica (Bally *et al*., 2009). Secondo gli standard di marketing internazionali (FAO/WHO, 2018), tutte le cultivar studiate rientrano nella classe di gruppo B che varia da 351-550 g.

I risultati ottenuti riguardanti la percentuale di polpa sono parzialmente in accordo con quelli riportati da Rodríguez Pleguezuelo *et al.*, (2012) in Spagna; in quest'ultimo caso è stata registrata la percentuale più alta (85,5%) per la cultivar *Osteen* ed il valore più basso per *Kensington Pride* (74,6%). Quest'ultima ha invece mostrato il valore più alto del peso dell'epicarpo (68,7 g).

L'incidenza del peso dei semi e dell'esocarpo varia dal 71% per i frutti di *Tommy Atkins* e *Kensington Pride*, all'82% per i frutti di *Osteen* (Tab. 21); questo valore non influenza la quantità di parti commestibili.

L'assenza di fibre è una caratteristica apprezzata dai consumatori europei di mango. Infatti, specialmente nell'Europa occidentale, essi preferiscono soprattutto i frutti delle cultivar *Kent*, *Keitt* e *Palmer*, riconosciuti come meno fibrosi (Dos Santon Ribeiro *et al.*, 2013; Pinto *et al.*, 2002).

Nonostante ciò, gli studi sulle preferenze dei consumatori condotti in Europa hanno indicato che il frutto di *Tommy Atkins* non è apprezzato secondo i recenti rapporti di degustazione, per la sua elevata percentuale di fibra (Galán Saúco & Lu, 2018); esso è tuttavia di gran lunga il preferito, sia dai rivenditori che dagli stessi consumatori per il suo aspetto, la resistenza ai trasporti e la lunga durata (Galán Saúco e Lu, 2018), anche via nave, essendo proveniente soprattutto da paesi sudamericani. Nel nostro caso è stata rilevata una percertuale di fibre soltanto nei frutti di *Kengsinton Pride*, *Osteen* e *Tommy Atkins*.

I consumatori generalmente associano inconsciamente un frutto ben colorato e intenso ad un livello di maturazione ideale per il consumo (Litz, 2009).

Tab. 20 – Data di raccolta delle cultivar in esame.

Cultivars	Data di raccolta
Glenn	1ª settimana di agosto
Keitt	2ª settimana di ottobre
Kensington Pride	1ª settimana di settembre
Maya	2a settimana di settembre
Osteen	3ª settimana di settembre
Tommy Atkins	3ª settimana di agosto

Tab. 21 – Parametri pomologici delle 6 cultivar oggetto di studio. peso frutto (PF); diamentro longitudinale (DL); diametro trasversale (DT); peso seme (PS); peso epicarpo (PE); indice di colore epicarpo (GCI); indice di colore polpa (FCI); presenza di fibra (FI), percentuale di polpa (FP). . I valori sono seguiti da differenti lettere nella stessa colonna al fine di indicare diffenze significative (test di Tukey, p< 0,05; ns= non significativo).

Cultivars	PF (g)		DL (mm)		DT (mm)		PS (g)		PE (g)		GCI		FCI		FI	PF (%)
Glenn	372,10	c	109,61	b	73,66	c	30,82	cd	65,08	ab	0,861	b	0,970	a	N	74
Keitt	488,89	a	111,93	b	80,38	b	38,78	c	63,05	b	0,878	a	0,903	c	N	79
Kensington Pride	432,12	b	110,85	b	84,63	a	50,89	b	68,70	a	0,822	d	0,942	b	Y	72
Maya	456,51	b	107,76	b	82,54	ab	41,01	c	57,49	bc	0,843	c	0,952	b	N	78
Osteen	462,12	b	121,09	a	74,43	c	29,93	d	52,26	c	0,841	c	0,909	c	Y	82
Tommy Atkins	382,00	c	112,77	b	80,19	b	52,39	a	56,61	bc	0,810	e	0,949	b	Y	71

Tab. 22 – Parametri fisico-chimici delle 6 cultivar oggetto di studio. Consistenza polpa (CP); Contenuto di solidi solubili (SSC); acidità titolabile (%); rapporto SSC/AT. . I valori sono seguiti da differenti lettere nella stessa colonna al fine di indicare diffenze significative (test di Tukey, p< 0,05; ns= non significativo).

Cultivars	CP (kg cm^{-2})		SSC (°Brix)		AT (%)		SSC/AT	
Glenn	0,72	a	17,80	b	0,37	a	48,10	bc
Keitt	0,65	ab	18,51	ab	0,40	a	46,27	c
Kensington Pride	0,59	b	15,22	c	0,29	b	52,48	bc
Maya	0,60	b	18,90	a	0,21	c	90,00	a
Osteen	0,61	b	15,30	c	0,26	b	58,84	b
Tommy Atkins	0,57	b	15,50	c	0,16	c	96,87	a

In questo caso, i frutti di *Tommy Atkins* mostrano i valori più bassi di GCI (meno verde), seguiti da quelli di *Kensington Pride* e *Maya*, mentre quelli di *Keitt* denotano i valori più bassi (più verde).

D'altra parte, i frutti della cultivar *Glenn* presentano il valore più alto di GCI (più rosso), in contrasto con i frutti *Keitt* che hanno invece il valore più basso, esibendo un colore di fondo verde scuro e un'estensione molto scarsa del colore di copertura. Il contenuto di solidi solubili è risultato più elevato nei frutti delle cultivar *Maya*, *Keitt* e *Glenn*, mentre

quelli delle cultivar *Osteen*, *Kensington Pride* e *Tommy Atkins* hanno invece mostrato valori inferiori (Tab. 22).

I livelli di acidità titolabile sono risultati più alti nei frutti *Keitt* (0,40) e *Glenn* (0,37) rispetto a quelli di *Tommy Atkins* (0,16). A tal proposito Carvalho *et al.*, (2004) hanno distinto due gruppi in cultivar di mango maturo, uno con bassa acidità (0,20-0,29%) e l'altro con valori più elevati (0,35-0,48%).

I valori misurati nei frutti di *Tommy Atkins* sono risultati inferiori a quelli riportati da Carvalho *et al.* (2004) per la stessa cultivar (0,20%), benchè questa coltivata ai tropici (Brasile). Di conseguenza, il rapporto solidi solubili/acidità titolabile si presenta bilanciato nei frutto delle cultivar *Keitt* e *Glenn*, a differenza che in *Maya* e *Tommy Atkins*, i quali mostrano valori più alti, seguiti da quelli *Osteen*.

10.2.2 Composizione minerale

Il potassio (K) è l'elemento minerale predominante nei frutti di mango esaminati (Tab. 23). Il più alto contenuto è stato osservato nei frutti delle cultivar *Osteen* (242,15 mg 100 g^{-1}) e *Maya* (250,25 mg 100 g^{-1}), mentre i valori più bassi si sono evidenziati in *Tommy Atkins* (190,34 mg 100 g^{-1}). Il potassio, infatti, è il principale minerale del frutto di mango e contribuisce alla maggior parte delle ceneri (Mamiro *et al.*, 2007).

Il mango è una buona fonte di calcio (Ca). Dalle analisi di laboratorio è evidente come il contenuto varia tra 12,40 mg 100 g^{-1} in *Keitt* a 9,16 mg 100 g^{-1} in *Tommy Atkins*. Questi intervalli riscontrati sono paragonabili ai rapporti segnalati in precedenza da altri autori (14,4-6,1 mg 100 g^{-1}) in frutti provenienti da Cuba, America Centrale, Africa e India (Morton, 1987) e dalla Spagna (Rodríguez Pleguezuelo *et al.*, 2012). Alcuni di essi (Mamiro *et al.*, 2007; Othman & Mbogo, 2009) riportano per alcune varietà valori leggermente superiori (20,6-23,7 mg 100 g^{-1}).

Il contenuto di sodio (Na) nei frutti esaminati varia tra 8,55 mg 100 g^{-1} in *Keitt* e 7,11 mg 100 g^{-1} in *Tommy Atkins*.

I livelli osservati sono superiori ai valori (2,0-4,0 mg 100 g^{-1}) riportati da Othman & Mbogo (2009) e inferiori a quelli indicati da Mamiro *et al*. (2007), pari a 30,51 mg 100 g^{-1}; ciò probabilmente a causa delle diverse varietà.

Tra i nove elementi minerali studiati, il manganese (Mn) e il rame (Cu) sono presenti in percentuale inferiore. Il contenuto varia da 0,02 a 0,05 mg 100 g^{-1} di CU e da 0,02 a 0,03 mg 100 g^{-1} di Mn. Le nostre analisi denotano quantità inferiori di Mn e Cu (0,16-0,21 mg 100 g^{-1}) rispetto a quelle dei mango africani (Othman & Mbogo, 2009).

Nelle varietà analizzate viene rilevato un contenuto di umidità che variava tra 83,54% e 84,50%, simile a quanto noto in letteratura (Mamiro *et al*., 2007; Mahattanatawee *et al.*, 2006).

I valori delle proteine riscontrati variano dallo 0,34% allo 0,80%. Il valore più alto di proteine è stato trovato nei frutti di Gleen e Keitt. Il contenuto di fibra grezza variava da 0,733 a 0,847, come riportato da altri autori (Ramulu & Rao, 2003).

Il contenuto totale di zuccheri nelle sei cultivar era compreso tra 12,93 e 13,55 °Brix. Il contenuto di ceneri nei frutti era compreso tra 0,25% e 0,45% (Tab. 24).

Il mango è una delle migliori fonti di carotenoidi tra i frutti tropicali e fornisce un alto contenuto di vitamina A (Yahia *et al.*, 2006). Nell'analisi effettuata il contenuto di vitamina A variava da 0,854 mg $100g^{-1}$ in Tommy Atkins a 1,089 mg $100g^{-1}$ in Keitt, un intervallo paragonabile a quello rilevato su altre varietà e riscontrato in letteratura (Galán Saúco *et al.*, 2018).

I frutti di mango sono una ricca fonte di acido ascorbico, sebbene il contenuto diminuisca durante la maturazione. Il contenuto di vitamina C è risultato maggiore in Tommy Atkins e Maya (12,99 e 12,69 mg $100g^{-1}$) rispetto a Keitt (10,97 mg $100g^{-1}$) (Tab. 25).

10.2.3. Analisi sensoriale

I tratti sensoriali registrati durante lo studio di due anni sono significativamente diversi tra le varietà sottoposte a valutazione sensoriale.

Nell'ottica di costruire il profilo di ogni varietà di mango (Fig. 71), sono stati usati i seguenti dodici descrittori: colore dell'epicarpo, presenza di filamenti, consistenza al taglio, odore di mare, odore e sapore di frutta esotica, odore di medicinale, odore di formaggio, odore di olio bruciato, acidità e dolcezza.

Come sottolineato da altri autori (Le Lagadec & Köhne, 2004; Ngamchuachit *et al.*, 2015), il frutto di *Tommy Atkins* ha un attraente colore rosso, con aroma poco apprezzato, a causa di un sapore differente rispetto ai frutti più verdi come in *Keitt*. In effetti, i panelisti hanno valutato questi ultimi frutti come i peggiori per colore, benchè gli abbiano al contempo attribuito i più alti valori per odore, sapore di frutta esotica e dolcezza, alla pari di quelli della cultivar *Osteen*.

Il frutto della cultivar *Maya* è apprezzato per l'esame visivo, nonché per succosità e dolcezza, benchè abbia ottenuto invece un punteggio inferiore per tutti gli altri attributi di sapore.

Tab. 23 – Composizione minerale della polpa (mg 100 g^{-1}) delle 6 cultivar oggetto di studio. Potassio (K); Sodio (Na); Calcio (Ca); Magnesio (Mg); Fosforo (P); Ferro (Fe); Rame (Cu); Manganese (Mn); Zinco (Zn). . I valori sono seguiti da differenti lettere nella stessa colonna al fine di indicare diffenze significative (test di Tukey, p< 0,05; ns= non significativo).

Cultivars	K		Na		Ca		Mg		P		Fe		Cu		Mn		Zn	
Glenn	199,63	cd	7,42	bc	11,30	bc	0,84	b	13,79	c	0,40	b	0,02	b	0,03	ns	0,30	b
Keitt	221,77	b	8,09	a	11,87	b	0,81	b	18,44	a	0,41	b	0,03	ab	0,03	ns	0,29	b
K. Pride	210,85	c	7,65	bc	9,68	d	0,66	c	10,05	d	0,26	d	0,05	a	0,03	ns	0,27	b
Maya	250,25	a	8,01	ab	12,40	a	0,88	a	15,71	b	0,47	a	0,03	ab	0,03	ns	0,38	a
Osteen	242,15	ab	8,55	a	10,85	c	0,81	b	17,01	ab	0,36	bc	0,04	ab	0,03	ns	0,31	b
Tommy Atk.	190,34	d	7,11	c	9,16	e	0,90	a	13,95	c	0,30	cd	0,04	ab	0,02	ns	0,28	b

Tab. 24 – Composizione chimica della polpa (mg 100 g^{-1}) delle 6 cultivar oggetto di studio. I valori sono seguiti da differenti lettere nella stessa colonna al fine di indicare diffenze significative (test di Tukey, p< 0,05; ns= non significativo).

Cultivars	Acqua		Proteine		Grassi		Fibra grezza		Zuccheri totali		Ceneri	
Glenn	83,54	ns	0,701	b	0,314	ns	0,842	b	12,93	ns	0,313	bc
Keitt	84,81	ns	0,803	a	0,325	ns	0,807	bc	13,44	ns	0,453	a
Kensington Pride	83,69	ns	0,359	e	0,322	ns	0,924	a	12,98	ns	0,320	b
Maya	82,65	ns	0,365	e	0,314	ns	0,865	b	13,07	ns	0,313	bc
Osteen	85,40	ns	0,621	c	0,326	ns	0,788	c	12,99	ns	0,443	a
Tommy Atkins	84,56	ns	0,491	d	0,317	ns	0,821	bc	13,55	ns	0,257	c

Tab. 25 – Contenuto in vitamine (mg 100 g^{-1}) delle 6 cultivar oggetto di studio. Vitamina A (Vit. A); Riboflavina (Vit. B2); acido Ascorbico (Vit. C); Niacina (Vit. B3); Tiamina (Vit. B1). I valori sono seguiti da differenti lettere nella stessa colonna al fine di indicare diffenze significative (test di Tukey, p< 0,05; ns= non significativo).

Cultivars	Vit. A		Vit. B_2		Vit. C		Vit. B_3		Vit. B_1	
Glenn	0,971	ab	0,035	a	11,86	b	0,573	c	0,061	ab
Keitt	1,089	a	0,029	b	10,97	e	0,785	b	0,054	b
Kensington Pride	0,789	d	0,034	a	11,12	d	0,534	cd	0,060	ab
Maya	0,896	b	0,031	b	12,69	a	0,841	a	0,067	a
Osteen	0,903	b	0,032	b	10,96	c	0,375	d	0,046	c
Tommy Atkins	0,854	c	0,037	a	12,99	a	0,360	d	0,053	b

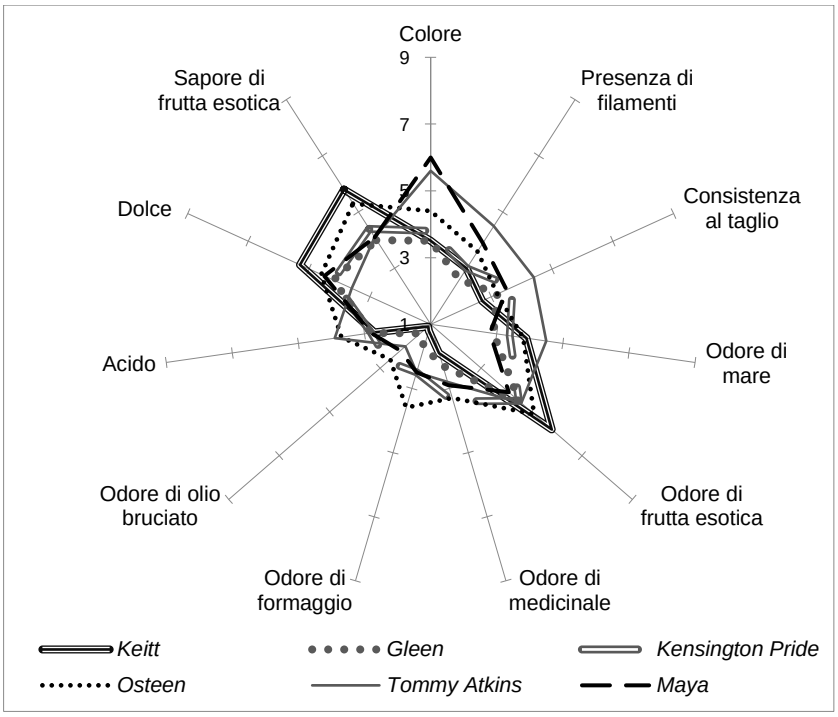

Fig. 71 – Profilo sensoriale delle cultivar oggetto di studio.

10.3 CONCLUSIONI

I frutti di mango prodotti in Sicilia denotano un alto valore commerciale come frutto maturo, con una grande variabilità nei tratti fisico-chimici secondo la cultivar. In generale, tutte le cultivar analizzate sono ricche di acido ascorbico e vitamina A, antiossidanti naturali, carboidrati e proteine, venendo molto apprezzati dai consumatori.

In particolare, i frutti della cultivar *Keitt*, oltre alle interessanti caratteristiche di peso, percentuale di polpa e contenuti di vitamine, hanno un fascino sensoriale più elevato, sebbene non siano molto apprezzati per il colore dell'epicarpo. Il frutto della varietà *Glenn* ha ottenuto buoni risultati in termini di solidi solubili, consistenza e contenuto vitaminico, confermando il successo già raggiunto sui mercati europei.

Altre cultivar hanno mostrato caratteristiche specifiche interessanti, come ad esempio *Maya* (per la sua bassa acidità e un alto contenuto in zuccheri totali) e *Tommy Atkins* (per il colore attraente ed il contenuto di vitamine B2 e C). Sulla base delle analisi condotte, i frutti maturati all'albero potrebbero ulteriormente influenzare in maniera positiva le caratteristiche fisico-chimiche e sensoriali, con importanti riscontri sulla commerciabilità del prodotto.

11. CONCLUSIONI

Nell'area mediterranea il mango si trova all'estremo limite settentrionale del suo areale di coltivazione poiché la specie è diffusa fra il 30° di latitudine nord e il 30° di latitudine sud. In Sicilia, come – peraltro in altri contesti territoriali del bacino del Mediterraneo – la sua presenza denota, tuttavia, delle importanti prospettive colturali, almeno in alcune nicchie ecologiche della fascia costiera. Sulla base della letteratura e delle indagini effettuate durante il triennio di studio possiamo confermare l'adattabilità del mango ai nostri ambienti, sebbene non si possa generalizzare a tutte le aree che ricadono in questa fascia climatica. In Sicilia, benché di recente introduzione, la coltura del mango tende attualmente ad espandersi lungo alcune aree sublitoranee dei versanti tirrenico e ionico, superando, ad oggi, i 150 ettari; si tratta tuttavia di superfici distribuite in maniera puntiforme e frammentaria ma con una crescita esponenziale a tutte le aree limitrofe. Gli impianti più moderni si sono sviluppati soprattutto nell'ultimo ventennio, su terreni prevalentemente sabbiosi ed irrigui, all'interno della fascia bioclimatica riferita al termotipo "inframediterraneo" (temperatura media annua oltre i 18 °C). Abbiamo messo in evidenza come la specie denoti un fabbisogno termico alquanto elevato – da supportare eventualmente anche con particolari accorgimenti colturali (frangiventi vivi o morti, apprestamenti protettivi, ecc.) – al fine di garantire un perfetto sviluppo vegetativo ed un'adeguata produttività.

Gli impianti rilevati in questa parte dell'area regionale oggetto dello studio si localizzano a quote inferiori a 170 m s.l.m., poiché le piante risentono negativamente degli effetti di basse temperature, anche di breve durata. A tal proposito, le indagini effettuate nei campi sperimentali hanno evidenziato come, all'interno della fascia costiera considerata, le piante in coltura denotino un corretto evolversi delle fasi vegetative e produttive, benché con sostanziali differenze fra le varie cultivar e le epoche di produzione. Lo studio fenologico, attuato attraverso un'indagine fotografica con rilievi periodici ma costanti durante l'intero arco stagionale, ha consentito di pervenire ad interessanti valutazioni sull'adattamento climatico delle differenti varietà di mango considerate (*Gleen, Keitt, Osteen, Tommy Atkins* e *Valencia Pride*), in relazione alle più importanti variabili ambientali (temperatura ed umidità).

Questi rilievi forniscono i primi dati scientifici sull'evoluzione delle diverse fenofasi delle piante di mango in Sicilia, al netto delle caratteristiche genetiche delle cultivar. In particolare, tra queste ultime, è stata evidenziata una maggiore resistenza alle più basse temperature invernali della cultivar *Tommy Atkins* – con minime assolute fino a 2,9 °C nel

biennio considerato (stazione di Caronia-Buzza) – con una bassissima percentuale di gemme fiorali danneggiate durante questo periodo, che nel territorio risulta essere il più critico per la coltura.

Per quanto concerne le dinamiche di crescita dei frutti, l'indagine effettuata sulla variazione diametrale della drupa nelle sue diverse dimensioni (longitudinale ed equatoriale) fino al punto di maturazione, ha permesso di definire anche le curve di crescita delle succitate cultivar in Sicilia. Un interessante confronto si è reso possibile attraverso l'indagine sulle medesime variazioni che subiscono i frutti delle stesse cultivar nella fascia subtropicale, reso possibile tramite l'acquisizione di ulteriori dati raccolti durante l'esperienza a Tenerife. Su questa base è stato evidenziato come in Sicilia il frutto giunga alla piena maturazione in un periodo più breve che nelle Isole Canarie – di circa 20 giorni in media per cultivar –, con una minore durata della seconda fase di sviluppo; quest'ultima è influenzata dalla presenza di temperature mediamente più alte rispetto a quelle riscontrate in clima subtropicale.

Un altro importante risultato riguarda la definizione della crescita del mango durante l'arco delle 24 ore in diverse fasi. Si è evidenziato come l'accrescimento giornaliero della drupa avvenga maggiormente durante il tardo-pomeriggio ed il periodo notturno, alternato ad un decremento diametrale durante le ore più calde della giornata, presumibilmente ricollegato alla traspirazione. L'acquisizione puntuale di questi dati ha permesso di registrare le variazioni medie diametrali del frutto al minuto, nelle diverse fasi di sviluppo rapportandole ai dati di umidità e temperatura acquisiti. Attraverso questi dati, finora inediti su questa fase fenologica della specie, è stato possibile verificare come il frutto diminuisca drasticamente il suo tasso di crescita a circa 90-100 giorni dalla piena fioritura, mantenendo poi le dimensioni fino alla completa maturazione. Su queste basi sarebbe interessante approfondire ulteriormente le ricerche sui ritmi di crescita del frutto anche in relazione a diversi afflussi irrigui, al fine di aumentare l'efficienza idrica, mantenendo nel contempo un'elevata qualità produttiva.

Altri dati hanno riguardato la definizione del momento ideale di raccolta e la successiva gestione nella fase post-raccolta. Infatti, l'attività di ricerca a Tenerife è stata rivolta principalmente a verificare come variano i parametri qualitativi della drupa della cultivar *Osteen* – attualmente la più commercializzata in Europa – in relazione alla persistenza sulla pianta. I dati hanno evidenziato come la quantificazione dei giorni dalla piena fioritura costituisca un criterio utile a definire il giusto momento di raccolta dei frutti, in funzione della destinazione commerciale. La definizione dei parametri relativi all'evoluzione delle proprietà fisico-chimiche del frutto potrebbe contribuire a migliorare la

gestione del prodotto durante lo stoccaggio; ciò potrebbe rivelarsi utile al fine di assicurare un livello costante della qualità, limitando l'eterogeneità del prodotto riscontrata tutt'oggi nelle differenti produzioni, attraverso la definizione di indici non distruttivi. L'analisi sensoriale del frutto al punto di consumo – determinato non distruttivamente, attraverso l'utilizzo di un durometro – ha altresì consentito di definire la *shelf-life* del prodotto. Dall'elaborazione statistica sul giudizio dei consumatori è stato così accertato come la massima gradevolezza del frutto si raggiunga tra il 119° ed il 168° giorno dalla piena fioritura, con una *shelf-life* differente in relazione al giorno di raccolta, ma senza variazioni significative sul giudizio del *panel*; nello stesso arco temporale la produzione raggiunge una maturazione omogenea, con frutti di eccellente qualità.

Altre ricerche condotte in Sicilia hanno attenzionato aspetti relativi alla qualità organolettica e fisico-chimica delle cultivar in produzione. In particolare, il calibro dei frutti analizzati varia mediamente tra 350 e 550 g, risultando complessivamente idoneo per la commercializzazione; infatti, oltre a buoni parametri di luminosità e cromaticità, i frutti presentano un alto contenuto di solidi solubili, peraltro mediamente più elevato rispetto a quelli delle stesse varietà che arrivano in Europa da altre parti del mondo.

In generale, attraverso le analisi effettuate sui frutti delle cultivar siciliane, si può asserire come essi siano ricchi di vitamine (A e C), carboidrati e proteine. Nel complesso la cultivar più apprezzata è risultata la *Keitt* la quale, oltre ad interessanti caratteristiche di peso, percentuale di polpa e contenuti di vitamine, denota migliori caratteristiche sensoriali, sebbene i frutti non siano del tutto apprezzati per il colore dell'epicarpo, non essendo attraente come le cultivar tendenti al rosso.

Per quanto concerne la gestione post-raccolta dei frutti di mango, è stato dimostrato come l'applicazione di una frigoconservazione basata su una temperatura di 13 °C e 90% di umidità relativa, con una opportuna sanificazione, possa allungare la loro durata di conservazione, riducendo al minimo gli scarti, anche per 4 o 5 settimane dopo la raccolta.

Considerato che il calendario di maturazione delle varietà siciliane si colloca in una finestra interessante – tra agosto e novembre – quando si registra una carenza di offerta mondiale di frutti di mango, è fondamentale il mantenimento delle stesse proprietà organolettiche e fisico-chimiche per un periodo quanto più prolungato durante la fase di stoccaggio.

Fig. 72 – Impianto di mango sul versante tirrenico della Sicilia; la coltura tende a diffondersi lungo la fascia sublitoranea denotando importanti prospettive.

A tal proposito, essendo i frutti prodotti in Sicilia potenzialmente più vicini ad altri importanti mercati europei, si potrebbe così usufruire di una produzione di qualità elevata, determinata da una maggiore persistenza sulle piante. Questo porterebbe alla produzione di frutti maturati all'albero (*tree ripe*), ampiamente richiesti dal mercato, con raccolta in prossimità del momento di consumo, mantenendo importanti vantaggi organolettici.

In conclusione, la coltura del mango in Sicilia presenta ancora importanti potenzialità (Fig. 72). Sotto l'aspetto commerciale, si renderebbe necessaria una più adeguata promozione del prodotto, nell'ottica di avvicinare gli stessi consumatori all'introduzione nel mercato di questo nuovo frutto tropicale di particolare pregio, tuttavia ancora distante e poco noto alle consuetudini alimentari. Sotto l'aspetto colturale, per questa importante nuova specie tropicale è opportuno accertare la possibilità di un'ulteriore estensione della coltura e gli stessi limiti altitudinali, nonché approfondire le conoscenze delle tecniche colturali e delle modalità di conduzione agronomica più favorevoli.

12. BIBLIOGRAFIA

Addinsoft, S. A. R. L. "Xlstat." (2015).

Ahmed J., Lobo M. G., Ozadali F. (2012). Tropical and subtropical fruits: postharvest physiology, processing and packaging. John Wiley & Sons.

Aiello D., Ferrante P., Vitale A., Polizzi G., Scortichini M., Cirvilleri G. (2015). Characterization of *Pseudomonas syringae* pv. syringae isolated from mango in Sicily and occurrence of copper-resistant strains. Journal of Plant Pathology, 97(2), 273-282.

Akhtar S., Mahmood S., Naz S., Nasir M., Sultan M. T. (2009). Sensory evaluation of mangoes (*Mangifera indica* L.) grown in different regions of Pakistan. Pak. J. Bot, 41(6), 2821-2829.

Altendorf, S. (2017). Perspectivas mundiales de las principales frutas tropicales.

Bally I.S., Lu P., Johnson P.R. (2009). Mango breeding. In Breeding Plantation Tree Crops: Tropical Species, New York, USA Springer, 51-82.

Baloch M. K., Bibi F. (2012). Effect of harvesting and storage conditions on the postharvest quality and shelf life of mango (*Mangifera indica* L.) fruit. South African Journal of Botany, 83, 109-116.

Barman K., Asrey R., Pal R. K., Jha S. K., Bhatia K. (2014). Post-harvest nitric oxide treatment reduces chilling injury and enhances the shelf-life of mango (*Mangifera indica* L.) fruit during low-temperature storage. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 89(3): 253-260.

Barnell E. (1939). Studies in tropical fruits: Some anatomical aspects of fruit-fall in two tropical arboreal plants. Annals of Botany, 3(9), 77-89.

Barone F. (2010). Esigenze climatiche del mango e limiti ambientali, Coltivazione del Mango in Sicilia, Opuscolo divulgativo, S.O.A.T. Caronia.

Beedlaw P.A., Daly D.S., Thiede M.E. (1986). A new device for measuring fluctuations in plant stem diameter: implications for monitoring plant responses. Environ. Monit. Assess. 6: 277-282.

Bleiholder H., Van den Boom T., Langeluddeke P., Stauss R. (1989). Einheitliche Codierung der phanologischen Stadienbei Kultur- und Schadpflanzen, GesundePflanzen, 41: 381-384.

Brecht J. K., Sidhu J. S. (2017). Handbook of Mango Fruit: Production, Postharvest Science, Processing Technology and Nutrition. John Wiley & Sons.

Briceño S., Zambrano J., Materano W., Quintero I., Valera A. (2005). Calidad de los frutos de mango bocado, madurados en la planta y fuera de la planta cosechados en madurez fisiológica. Agronomía Tropical, 55(4), 461-473.

Calabrese F. (1993). Frutticoltura tropicale e subtropicale, II Fruttiferi Legnosi. Ed. Agricole, Bologna: 181-183.

Calabrese F., De Michele A., Barone F. (2007). Limiti e prospettive di coltivazione dei frutti esotici nell'Italia meridionale Anno LXIX n° 6, 26-29. Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura, 6, 26-29.

Calatrava J., González-Roa M.C., Guirado E. (1997). Spanish consumers preferences for mango cultivars: A taste testing analysis. Acta Horticulturae 455:840-845.

Calatrava-Requena J., González-Roa M. C., Sayadi S. (2010). Intra-European mango trade business: facts from figures. In IX International Mango Symposium 992:49-54.

Camacho-Vázquez C., Ruiz-May E., Guerrero-Analco J. A., Elizalde-Contreras J. M., Enciso-Ortiz E. J., Rosas-Saito G., Olivares-Romero J. L. (2019). Filling gaps in our knowledge on the cuticle of mangoes (Mangifera indica) by analyzing six fruit cultivars: architecture/structure, postharvest physiology and possible resistance to fruit fly (Tephritidae) attack. *Postharvest Biology and Technology*, *148*, 83-96.

Campbell C. W., Campbell R.J. (2002). The 'Lancetilla Mango'. Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 46:35-36.

Campbell R.J., Campbell C.W. (2006). The Tommy Atkins mango, J. Am. Pomol. Soc., 60: 55-57.

Carneiro J. M., Dias A. F., Da Silva Barros V., Giongo V., Matsuura M. I. D. S. F., de Figueirêdo M. C. B. (2019). Carbon and water footprints of Brazilian mango produced in the semiarid region. The International Journal of Life Cycle Assessment, 24(4), 735-752.

Carvalho C. R. L., Rossetto C. J., Mantovani D. M. B., Morgano M. A., Castro J. D., N. Bortoletto, (2004). Avaliação de cultivares de mangueira selecionadas pelo Instituto Agronômico de Campinas comparadas a outras de importância comercial. Revista Brasileira de Fruticultura 26(2): 264-271.

Castro Neto M. T. D., Reinhardt D. H. (2003). Relationship between fruit growth parameters of mango cv. Haden. Revista Brasileira de Fruticultura, 25(1), 35-37.

Chaplin G. R., McBride R. L., Abdullah A., Nuevo P. A. (1991). Sensory and physico-chemical quality of 'Kensington'mangoes after storage at low temperature. ASEAN Food J, 6(3), 109.

Colarič M., Veberic R., Stampar F., Hudina M. (2005). Evaluation of peach and nectarine fruit quality and correlations between sensory and chemical attributes, J. Sci. Food Agr. 85: 2611-2616.

Coldiretti (2019). I tropicali italiani. https://www.coldiretti.it/economia/caldo-boom-esotici-italiani-mango-banane.

Columba P., Piva G., Farina V., Barone F. (2012). Stato attuale e potenzialità di mercato del Mango (*Mangifera indica* L.) coltivato in Sicilia. Acta Italus Hortus, 58-61.

Corrado A., de Castro C., Perrotta D. (2016). Migration and Agriculture: Mobility and change in the Mediterranean area. Routledge.

Crespo M., Cazorla F. M., De Vicente A., Arrebola E., Torés J. A., Maymon M., O'Donnell K. (2016). Analysis of genetic diversity of Fusarium tupiense, the main causal agent of mango malformation disease in southern Spain. Plant disease, 100(2), 276-286.

Da Silva A. C., De Souza A. P., Leonel S., De Souza M. E., Ramos D. P., Tanaka A. A. (2014). Growth and flowering of five mango cultivar under subtropics conditions of Brazil. American Journal of Plant Sciences.

Da Silva V. D. P. R., da Cunha Campos J. H. B., de Azevedo P. V. (2009). Water-use efficiency and evapotranspiration of mango orchard grown in northeastern region of Brazil. Scientia Horticulturae, 120(4), 467-472.

Dambreville A., Normand F., Lauri P.-E., Guédon Y. (2017). Modeling developmental growth stages in mango on the basis of absolute vs. relative growth rates. Acta Horticulturae, (1160), 69–74.

Davenport T. L. (2003). Management of flowering in three tropical and subtropical fruit tree species. HortScience, 38(7): 1331-1335.

Davenport T. L. (2009). Reproductive physiology. In: Litz, R.E. (Ed.), The Mango: Botany Production and Uses, 2nd edition. CAB International, Wallingford, UK, 97-169.

Davenport T. L., Núnez-Eliséa R. (1997). Reproductive physiology. In: Litz, R.E. (Ed.), The Mango: Botany, Production and Uses. CAB International, Wallingford, UK, 69-146.

De Lucena E. M. P., de Assis J. S., Alves, R. E. da Silva, V. M. Eneas Filho J. (2007). Alterações físicas e químicas durante o desenvolvimento de mangas Tommy Atkins no Vale do São Francisco, Petrolina-PE. Embrapa Semiárido (ALICE).

De Michele A., Calabrese F., Barone F. (2005). Il mango: una coltura tropicale che può approdare in Sicilia. Rivista di frutticoltura e di ortofloricoltura, 67 (6), 64-65.

Delwiche S. R., Mekwatanakarn W., Wang C. Y. (2008). Soluble solids and simple sugars measurement in intact mango using near infrared spectroscopy. HortTechnology, 18(3), 410-416.

Deshpande A. B., Anamika K., Jha V., Chidley H. G., Oak P. S., Kadoo N. Y., K. H. Pujar A.,P. Giri, Gupta V. S. (2017). Transcriptional transitions in Alphonso mango (*Mangifera indica* L.) during fruit development and ripening explain its distinct aroma and shelf life characteristics. Scientific reports, 7(1), 8711.

Devanesan, J., Karuppiah, A., & Abirami, C. (2011). Effect of storage temperatures, O2 concentrations and variety on respiration of mangoes. Journal of Agrobiology, 28(2), 119-128.

Di Matteo L., Menegon S., Rossi A., Liti S. (2016). Understanding karst environments by thermo-hygrometric monitoring: preliminary results from the Cesi Mountain karst system (Central Italy). Acque Sotterranee-Italian Journal of Groundwater.

Diczbalis Y., Hofman P., Landrigan M., Kulkarni V., Smith L. (1995). Mango irrigation management for fruit yield, maturity and quality. In Mango 2000 Marketing Seminar and Production Workshop'. Brisbane, Qld (85-90).

Durán Zuazo V. H., Martínez R. A., Aguilar R. J., Franco T. D. (2003). El Cultivo Del Mango (*Mangifera indica* L.) En La Costa Granadina, ed. Z.V.H. Durán, Grancopycenter, Granada, Spain, 141.

Durán Zuazo V. H.., Pleguezuelo C. R. R., Tarifa D. F. (2006). Fruit yield, growth and leaf-nutrient status of mangoes grafted on two rootstocks in a marginal growing area (South-East Spain). Fruits, 61(3), 163-170.

Durán Zuazo V. H.., Raya A. M., Ruiz J. A. (2004). Impact of salinity on the fruit yield of mango (*Mangifera indica* L. cv.'Osteen'). European journal of agronomy, 21(3), 323-334.

Duro A., Piccione V., Scalia C., Zampino D. (1996). Precipitazioni e temperature medie mensili in Sicilia relative al sessantennio 1926-1985. In 5 Workshop Progetto Strategico Clima, Ambiente e Territorio nel Mezzogiorno CNR, 17-103.

Elsheshetawy H. E., Mossad A., Elhelew W. K., Farina V. (2016). Comparative study on the quality characteristics of some Egyptian mango cultivars used for food processing. Annals of Agricultural Sciences, 61(1), 49-56.

Esyrce (2015). Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos en Espana 2015 ~ . Ministerio de Agricultura, Alimentacion y Medio Ambiente.

Evans E. A., Ballen F. H., Siddiq M. (2017). Mango production, global trade, consumption trends and postharvest processing and nutrition. Handbook of Mango Fruit; John Wiley & Sons: Chichester, UK, 1-16.

Fabroni S., Amenta M., Allegra M., Sorrentino G., Roccuzzo G., Rapisarda, P. (2015). Traceability of Citrus Fruit Using Isotopic and Chemical Markers. In Proc. XIIth Intl. Citrus Congress, (Eds.: B. Sabater-Muñoz et al.) Acta Horticulturae (Vol. 1065).

Fallas R., Bertsch F., Miranda E., Henríquez C. (2010). Growth analysis and nutrient absorption curves of mango fruits, cultivars Tommy Atkins and Keith. Agronomía Costarricense, 34(1), 1-15.

Fao (2018). Food loss analysis: causes and solutions. Mango supply chain in India, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) http://www.fao.org/3/BU690EN/bu690en.pdf

FAO/WHO, (2018). Codex Alimentarius, 1993 - Codex Standard for Mangoes (Codex Stan 184-2003, Amended 2005)

Faostat (2017). Statistical data. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Farina V. (2018). Esotico mediterraneo in Sicilia: mango, papaya, lici, anona e nespolo. Rivista AgriSicilia n. 7, 32-42.

Farina V., D'Asaro A., Gianguzzi G., Palazzolo E., Mazzaglia A. (2017a). Chemical-physical and nutritional characteristics of mature-green and mature-ripe 'Kensington Pride' mango fruit cultivated in Mediterranean area during cold storage. Fruits, 72(4).

Farina V., Liguori G., Sortino G., Mazzaglia A., Inglese P. (2016) - Nuove introduzioni varietali di mango in Sicilia: qualità chimico-fisica e sensoriale dei frutti. Acta Italus Hortus, 53-53.

Farina V., Mazzaglia A., Padoan, D., Barone, F. (2013). Caratterizzazione chimicofisica e sensoriale di frutti di mango (*Mangifera indica* L.) coltivati in Sicilia. Acta Italus Hortus 12:113

Farina V., Sortino G., Inglese P. (2017b). Colture tropicali in clima mediterraneo, ecco il mango "made in Italy". Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura n.12/2017, 48-51.

Farina V., Tripodo L., Gianguzzi G., Sortino G., Giuffré D., Lo Cicero U., Collura A. (2017c). Innovative techniques to reduce chilling injuries in mango (*Mangifera indica* L.) trees under Mediterranean climate. Chemical Engineering Transaction, vol. 58: 823-828.

Farina, V (2015). Mango (*Mangifera indica* L.) I quaderni di Agrinnovazione Sicilia 6, Edagricole 27-33.

Fierotti G., Dazzi C., Raimondi S. (1988). Carta dei Suoli della Sicilia (scala 1: 250.000). Palermo, Regione Siciliana, Ass. Territorio e Ambiente-Università degli Studi di Palermo, Facoltà di Agraria, Istituto di Agronomia Generale.

Finkelshtain I., Kachel Y., Rubin O. (2011). Policy, competitiveness and agricultural trade: An application of the Policy Analysis Matrix (PAM) to Israeli agriculture. Department of Agricultural Economics and Management, The Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem.

Fioravanti, G., Fraschetti, P., Lena, F., Perconti, W., Piervitali, E., Pavan, V., 2020. Gli indicatori del clima in Italia nel 2019 - Anno XV. Ispra, Stato dell'ambiente 94/2020.

Fishman S., Génard M. (1998). A biophysical model of fruit growth: simulation of seasonal and diurnal dynamics of mass. Plant, Cell & Environment, 21(8), 739-752.
Fuchs Y., Pesis E., Zauberman G. (1980). Changes in amylase activity, starch and sugars contents in mango fruit pulp. Sci. Hortic. 13: 155-160.
Fukuda S., Yasunaga E., Nagle M., Yuge K., Sardsud V., Spreer W., Müller J. (2014). Modelling the relationship between peel colour and the quality of fresh mango fruit using Random Forests. Journal of Food Engineering, 131, 7-17.
Galán Saùco V. (1999). El cultivo del mango. (Eds.) Mundi-Prensa. Madrid. España: 191-194.
Galán Saúco V. (2009) - El cultivo del mango. Mundi-PrensaLibros.
Galán Saúco V. (2010). Worldwide mango production and market: current situation and future prospects. In IX International Mango Symposium 992 (pp. 37-48).
Galán Saúco V. (2015). Trends in world mango production and marketing. In XI International Mango Symposium 1183 (. 351-364).
Galán Saúco V., Farré M. J. M. (2005). Tropical and Subtropical Fruits in Spain. Acta Hortic., 694: 259-264.
Galán Saúco V., Hormaza I. (2009). Tropical Fruit Crops in Spain and Portugal. Chronica Horticulturae-Subscription, 49(4), 24.
Galán Saùco V., Lu P. (2018). Achieving sustainable cultivation of mangoes. Burleigh Dodds Science Publishing Limited.
Galán Saúco V., Massip J. F. (2006). Tropical and subtropical fruit production in Spain. Chronica, 46(2), 6.
Gentile C., Di Gregorio E., Di Stefano V., Mannino G., Perrone A., Avellone G., Sortino G., Inglese P., Farina V. (2019). Food quality and nutraceutical value of nine cultivars of mango (*Mangifera indica* L.) fruits grown in Mediterranean subtropical environment. Food chemistry, 277, 471-479.
Giménez A., Ares F., Ares G. (2012). Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches, Food Res. Int., 49, 311-325.
Giorgi F. (2006). Climate change hot-spots. Geophysical research letters, 33: 8.
Giorgi, F., Lionello, P. (2008). Climate change projections for the Mediterranean region. Global and planetary change, 63(2-3), 90-104.
Goguey T. (1997). Architectural approach of the mechanism of canopy growth and flowering of mango trees. ActaHortic. 455: 124-131.
González-Aguilar G. A., Celis J., Sotelo-Mundo R. R., De La Rosa L. A., Rodrigo-Garcia J., Alvarez-Parrilla E., 2008. Physiological and biochemical changes of different fresh-cut mango cultivars stored at 5 ◦C. Int. J. Food Sci. Technol. 43, 91–101.
González-Aguilar G. A., Wang C. Y., Buta J. G., Krizek D. T. (2001). Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe 'Tommy Atkins' mangoes. International Journal of Food Science & Technology, 36(7), 767-773.
Gössinger M., Mayer F., Radocha N., Höfler M., Boner A., Groll E., Nosko E., Bauer R., Berghofer E. (2008). Consumer's color acceptance of strawberry nectars from puree, J. Sens. Stud., 24, 78-92.
Gowda I. N. D., Huddar A. G. (2001). Studies on ripening changes in mango (*Mangifera indica* L) fruits. J. Food Technol. 38 (2): 135–137.
Grajal Martín M. J., Hernández Delgado P. M., Galán Saúco V., Fernández Galván D. (2005). Breeding and cultural practices to improve mango cv. Lippens in the Canary Islands. VIII International Mango Symposium. Johannesburg. South Africa.
Grundhofer P., Niemetz R., Schilling G., Gross G.G (2001). Biosynthesis and subcellulardistribution of hydrolysabletannins. Phytochemistry, 57: 915–927.
Gunjate R. T., Jorwekar D. P., Lad B. L. (1983). Pollination, fruit set and fruit drop in Alphonso mango [mango variety, India]. Journal of Maharashtra Agricultural Universities (India).
Hack H., Bleiholder H., Buhr L., Meier U., Schnock Fricke U., Weber E., Witzenberger A. (1992) – Einheitliche Codierung der phanologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotylerPflanzen - Erweiterte BBCH-Skala, Allgemein. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 44: 265-270.

Harker F. R., Maindonald J., Murray S.H., Gunson F. A., Hallett I. C., Walker S. B. (2002). Sensory interpretation of instrumental measurements 1: texture of apple fruit, Postharvest Biol. Tec., 24, 225-239.

Hartles, A. C. (1914). Mango crops and some factors influencing them. Agricultural Journal of India, 9, 141-159.

Hernández Delgado P. M., Aranguren M., Reig C., Galvan D. F., Mesejo C., Fuentes, A. M., Agusti, M. (2011). Phenological growth stages of mango (*Mangifera indica* L.) according to the BBCH scale. Scientia Horticulturae, 130(3), 536-540.

Herold, B., Truppel, I., Zude, M., & Geyer, M. (2005). Spectral measurements on 'Elstar'apples during fruit development on the tree. Biosystems Engineering, 91(2), 173-182.

Higgs K. H., Jones H. G. (1984). A microcomputer-based system for continuous measurement and recording fruit diameter in relation to environmental factors. J. Expt. Bot. 35: 1646-1655.

Hoa T. T., Ducamp M. N., Lebrun M., Baldwin E. A. (2002). Effect of different coating treatments on the quality of mango fruit. Journal of food quality, 25(6), 471-486.

Hofman P. J., Smith L. G., Joyce, D. C., Johnson G. I., Meiburg G. F. (1997). Bagging of mango (*Mangifera indica* cv. Keitt') fruit influences fruit quality and mineral composition. Postharvest Biology and Technology, 12(1): 83-91.

Huang J.H., Ma W.H., Liang G.L., Zhang L. Y., Wang W. X., Cai Z. J., Wen S. X. (2010). Effects of low temperatures on sexual reproduction of 'Tainong 1' mango (Mangifera indica). Scientia Horticulturae 126: 109-119.

Ibarra-Garza I. P., Ramos-Parra P. A., Hernández-Brenes C., Jacobo-Velázquez D. A. (2015). Effects of postharvest ripening on the nutraceutical and physicochemical properties of mango (*Mangifera indica* L. cv Keitt). Postharvest Biology and Technology, 103, 45-54.

Idda L., Benedetto G., Furesi R., Madan F. A., Pulina P. (2005). Il commercio internazionale degli agrumi. Gallizzi Sassari.

ISTAC, Instituto Canario de Estadística, 2018. Instituto Canario de Estadística, Estadística Agraria de Canarias / Series anuales de agricultura. Municipios, islas y provincias de Canarias. 1999-2018

Iyer C. P. A., Schnell R. J. (2009). The mango: Botany, production and uses.

Jacobi K. K., MacRae E. A., Hetherington S. E. (2001). Postharvest heat disinfestation treatments of mango fruit. Scientia Horticulturae, 89(3), 171-193.

Jacobi K. K., Wong L. S., Giles J. E. (1995). Effect of fruit maturity on quality and physiology of high-humidity hot air-treated 'Kensington'mango (*Mangifera indica* Linn.). Postharvest Biology and Technology, 5(1-2), 149-159.

Jarimopas B., Kitthawee U. (2007). Firmness properties of mangoes. International Journal of Food Properties, 10(4), 899-909.

Jha S. N., Narsaiah K., Sharma A. D., Singh M., Bansal S., Kumar R. (2010). Quality parameters of mango and potential of non-destructive techniques for their measurement—a review. Journal of food science and technology, 47(1): 1-14.

Jha S.N., A. R. P. Kingsly, Chopra S. (2006). Physical and mechanical properties of mango during growth and storage for determination of maturity, J.Food Eng. 72, 73–76.

Jha S.N., Jaiswal P., Narsaiah K., Singh A.K., Kaur P.P., Sharma R., Bhardwaj R. (2013) Prediction of sensory profile of mango using textural attributes during ripening, Food Bioprocess Tech. 6: 734-745.

Kader A. A. (2008). Mango quality attributes and grade standards: a review of available information and identification of future research needs (report to the National Mango Board). Davis, CA, USA: Kader Consulting Services.

Kevers C., Falkowski M., Tabart J., Defraigne J. O., Dommes J., Pincemail J., 2007. Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables. J. Agric. Food Chem. 55, 8596–8603.

Kienzle S., Sruamsiri P., Carle R., Sirisakulwat S., Spreer W., Neidhart S. (2011). Harvest maturity specification for mango fruit (*Mangifera indica* L.'Chok Anan') in regard to long supply chains. Postharvest Biology and Technology, 61(1), 41-55.

Kienzle, S., Sruamsiri, P., Carle, R., Sirisakulwat, S., Spreer, W., Neidhart, S. (2012). Harvest maturity detection for 'Nam Dokmai# 4'mango fruit (Mangifera indica L.) in consideration of long supply chains. Postharvest Biology and Technology, 72, 64-75.

Kim Y., Brecht J. K., Talcott S. T. (2007). Antioxidant phytochemical and fruit quality changes in mango (*Mangifera indica* L.) following hot water immersion and controlled atmosphere storage. Food Chem. 105, 1327–1334.

Kitinoja L., Kader A. A. (2002). Small-scale postharvest handling practices: a manual for horticultural crops. University of California, Davis, Postharvest Technology Research and Information Center.

Knight R. J., Campbell R. J., Maguire I. (2009). Important mango cultivars and their descriptors. The Mango: botany, production and uses, 2nd edition. Wallingford, UK: CABI, 42-66.

Koppen W. (1936). Das geographische system der klimat. Handbuch der klimatologie, 46.

Kostermans A. J. G. H., Bompard J. M. (1993). The Mangoes: Their Botany, Nomenclature. Horticulture and Utilisation. Academic Press, London.

Kumpoun W., Nishizawa T., Motomura Y., Puthmee T., Aikawa T. (2017). Histological and biochemical traits of chilling-injured pulp tissues as affected by cold storage of mango fruit. HortScience, 52(10), 1380-1384.

Kushwaha C.P., Singh K.P. (2008). India needs phenological stations network. Current Science, 95(7): 832-834.

La Mantia M., D'Asaro A., Piva G., Farina V. (2015). Qualità pomologica e sensoriale di 10 varietà di mango (*Mangifera indica* L.) coltivate in Sicilia. In XIII Convegno AISSA Nutrire il pianeta con l'agricoltura: il punto di vista dei ricercatori.

Lal S., Singh S. K., Singh A. K., Srivastav M., Singh A., Singh N. K. (2017). Character association and path analysis for fruit chromatic, physicochemical and yield attributes in mango (*Mangifera indica*). Indian Journal of Agricultural Sciences, 87(1), 122-131.

Lalel, H. J., Singh, Z., Tan, S. C. (2003). Aroma volatiles production during fruit ripening of 'Kensington Pride'mango. Postharvest Biology and Technology, 27(3), 323-336.

Lang A. 1990. Xylem, phloem and transpiration flows in developing apple fruits. Journal of Experimental Botany 41: 645-651.

Larmond E. (1977). Métodos de laboratorio para la evaluación sensorial de alimentos. Departamento de Agricultura de Canadá. Canadá.

Larrauri J. A., Rupérez P., Borroto B., Saura-Calixto F. (1996). Mango peels as a new tropical fibre: preparation and characterization. LWT-Food Science and Technology, 29(8), 729-733.

Lauricella M., Emanuele S., Calvaruso G., Giuliano M., D'Anneo A. (2017). Multifaceted health benefits of *Mangifera indica* L. (Mango): the inestimable value of orchards recently planted in Sicilian rural areas. Nutrients, 9(5), 525.

Le Lagadec M. D., Köhne J. S. (2004). Mango cultivar evaluation program in South Africa. Acta Hortic. 645: 337-342.

Lechaudel M., Genard M., Lescourret F., Urban L., Jannoyer M. (2002). Leaf-to-fruit ratio affects water and dry-matter content of mango fruit. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 77(6), 773-777.

Léchaudel M., Joas J. (2007). An overview of preharvest factors influencing mango fruit growth, quality and postharvest behaviour. Brazilian Journal of Plant Physiology, 19(4): 287-298.

Léchaudel M., Lopez-Lauri F., Vidal V., Sallanon H., Joas J. (2013). Response of the physiological parameters of mango fruit (transpiration, water relations and antioxidant system) to its light and temperature environment. Journal of plant physiology, 170(6), 567-576.

Léchaudel M., Vercambre G., Lescourret F., Normand F., Génard M. (2007). An analysis of elastic and plastic fruit growth of mango in response to various assimilate supplies. Tree Physiology, 27(2), 219-230.

Lederman I. E., Bezerra J. E. F., Carvalho P. S., De Alves M. A., Dos Santos, V. F. (1998). Determinação do ponto de colheita da manga cv. Tommy Atkins, para a região semiárida de Pernambuco. Revista Brasileira de Fruticultura, Cruz das Almas, 20 (2), 145-151.

Ledesma N., Campbell R. J. (2017). The status of mango cultivars, market perspectives and mango cultivar improvement for the future. In XII International Mango Symposium 1244 (23-28).

Leonardi J., Blaikie S. J., Muller W. J., Scott N. S., Chacko E. K. (1999). Effect of cincturing and chemical treatments on growth, flowering and yield of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Kensington Pride.

Lescourret F., Génard M., Habib R., Fishman S. (2001). Variation in surface conductance to water vapour diffusion in peach fruit and its effects on fruit growth assessed by a simulation model. Tree Physiology 21, 735-741.

Liguori G., Farina V., Corona O., Mazzaglia A., Barone E., Inglese P. (2017). Effects of 1-MCP on postharvest quality and internal browning of white-flesh loquat fruit during cold storage. Fruits 72 (2): 67-73.

Liguori G., Sortino G., Gianguzzi G., Inglese P., Farina V. (2018). Evaluation of quality attributes and consumer preference of fresh or imported mangoes in Italy, AIMS Agriculture and Food, 3 (4), 426-440.

Lionello P., Malanotte-Rizzoli P., Boscolo R., Alpert P., Artale V., Li L., Ulbrich U. (2006) - The Mediterranean climate: an overview of the main characteristics and issues.

Litz R. E. (2009). The mango: botany, production and uses. CABI.

Litz R. E., Lavi. U., (1997). Biotechnology, 401-445. In R. E. Litz (ed.). The mango: botany, production, and uses. 2nd edition. CAB Intl. Pub., Wallingford, UK, 97-169

Luquez R., Tania Y Manzano Mendez, J. (2003). Influencia de la temperatura sobre la calidad del fruto del mango 'pico de loro' durante el almacenamiento. Agronomía Trop.,53, 1, 59-72 .

Luterbacher J., Xoplaki E., Casty C., Wanner H., Pauling A., Küttel M., García-Herrera R. (2006). Mediterranean climate variability over the last centuries: a review. Developments in Earth and environmental Sciences, 4, 27-148.

Lux S., Ekesi S., Dimbi S., Mohamed S., Billah M. (2003). Mango-Infesting Fruit Flies in Africa: Perspectives and Limitations of Biological. Biological control in IPM systems in Africa, 277.

Macchi E. (2018). The Mango & Avocado markets in Italy, France and Germany https://tropicalfruitcongress.com/wp-content/uploads/2018/09/Elisa-Macchi.pdf

Maguire K..M., Banks N.H., Opara L.U. (2001). Factors affecting weight loss of apples. Hortic. Rev. 25:197–234.

Mahattanatawee, K., Manthey, J. A., Luzio, G., Talcott, S. T., Goodner, K., & Baldwin, E. A. (2006). Total antioxidant activity and fiber content of select Florida-grown tropical fruits. Journal of agricultural and food chemistry, 54(19), 7355-7363.

Makani O.A., (2009). Mango Quality Survey and Sensory Evaluation of Mango (*Mangifera indica* L.) Cultivars. (Master Thesis) University of Queensland, Gatton, 49.

Mallik P. C. (1957). Morphology and biology of the Mango flower. *Indian J. Hort.*

Mamiro P., Fweja L., Chove B., Kinabo J., Mtebe K. (2007). Physical and chemical characteristics of off vine ripened mango (*Mangifera indica* L.) fruit (Dodo), African Journal of Biotechnology, 6(21): 2477-2483.

Mariani L., Parisi S. G., Cola G., Failla O. (2012). Climate change in Europe and effects on thermal resources for crops. International journal of biometeorology, 56(6), 1123-1134.

Marsh K., Attanayake S., Walker S., Gunson A., Boldingh H., MacRae E. (2004) Acidity and taste in kiwifruit, Postharvest Biol. Tec. 32: 159-168.

Mazzaglia A., Piva G., D'Asaro A., Farina V. (2012). Profilo sensoriale di frutti di mango (*Mangifera indica* L.) coltivati in Sicilia. Acta Italus Hortus, (7): 113-115.

McFadyen L. M., Hutton R. J., Barlow E. W. R. (1996). Effects of crop load on fruit water relations and fruit growth in peach. Journal of Horticultural Science, 71(3), 469-480.

McGuire R. G., Campbell C. A. (1992). Imazalil for postharvest control of anthracnose on mango fruits. In IV International Mango Symposium 341 (371-376).

Medina J. D. L. C., García H. S. (2002). Mango: Post-harvest operations. Mejia, D. and Lewis, B.(eds).

Medlicott A. P. Jeger M. J. 1987. Mangoes – a review, 56-77. In: R.T. Prinsley and G. Tucker (eds). The development and application of post-harvest treatments to manipulate ripening in mangoes. Commonwealth Science Council, London.

Medlicott A. P., Reynolds S. B., Thompson A. K. (1986). Effects of temperature on the ripening of mango fruit (*Mangifera indica* L. var. Tommy Atkins). Journal of the Science of Food and Agriculture, 37(5), 469-474.

Memon N. A. (2016). Mango: Pakistan 4th Largest Prodducer in the World. Paistan Food Journal.
Mitra S. K. (2014). Mango production in the world–present situation and future prospect. In XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014): IV 1111 (287-296).
Mitra S. K. (2016). Mango production in the world – present situation and future prospect. Acta Hortic. 1111: 287-296.
Mitra S. K., Baldwin E. A. (1997). Mango. Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits, 85-122. CAB International, New York, USA.
Montanaro G., Dichio B., Xiloyannis C., Lang A. (2012). Fruit transpiration in kiwifruit: environmental drivers and predictive model. *AoB plants, 2012*.
Montanaro, G., Dichio B. (2012). *Advances in selected plant physiology aspects*. BoD–Books on Demand.
Monteith J. L., Unsworth M. H. (1990). Radiation environment. Principles of environmental physics, 2nd ed., Edward Arnold, London, 36-57.
Morand P., Gullo J. L. (1970). Minéralisation des tissus végétaux en vue du dosage de P, K, Ca, Mg, Na, Ann. Agron. 21(2): 229-236.
Morandi B. (2006). Xylem and phloem regulation in peach fruit growth. Univ. of Bologna, PhD Dissertation
Morandi B., Manfrini L., Losciale P., Zibordi M., Corelli Grappadelli L. (2010). Changes in vascular and transpiration flows affect the seasonal and daily growth of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) berry. Annals of Botany, 105(6), 913-923.
Morandi B., Manfrini L., Zibordi M., Noferini M., Fiori G., Corelli Grappadelli L. (2007) - A low-cost device for accurate and continuous measurements of fruit diameter. HortScience, 42(6): 1380-1382.
Morton J. F. (1987). Mango. Fruits of warm climates, 221-239.
Mossad A., El Helew W. K. M., Elsheshetawy H. E., Farina V. (2016). Mass modelling by dimension attributes for Mango (*Mangifera indica* cv. Zebdia) relevant to post-harvest and food plants engineering. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 18(2), 219-229.
Mouco M. A. C., Ono E. O., Rodrigues J. D. (2011) - Control of Vegetative Growth and Flowering on Mango cv. Kent with Plant Growth Regulators," Revista Brasileira de Fruticultura, 33: 1043-1047.
Muhammad A., Muhammad U., Muhammad J.J., Muhammad M.K. Comparative study of flower sex ratio in different cultivars of mango (Mangifera indica L.) (2002). Int. J. Agri. Biol. 4(2):220-222.
Mukherjee S. K. (1985). Systematic and Biogeographic Studies of Crop Genepools, Mangifera L. Vol. I; International Board for Plant Genetic Resources, Rome (Italy), 1985, 86.
Nakasone H. Y., Paull R. E. (1998). Tropical fruits. Cab International.
Narayana C. K., Rao D. V., Roy S. K. (2012). Mango production, postharvest physiology and storage. Tropical and Subtropical Fruits: Postharvest physiology, processing and packaging, 259-276.
Nath V., Kumar G., Pandey S. D., Pandey S. (2019). Impact of climate change on tropical fruit production systems and its mitigation strategies. In Climate Change and Agriculture in India: Impact and Adaptation (129-146). Springer, Cham.
Ngamchuachit P., Barrett D. M., Mitcham E. J. (2014) - Effects of 1-Methylcyclopropene and Hot Water Quarantine Treatment on Quality of "Keitt" Mangos. Journal of Food Science, 79(4): 505-509.
Ngamchuachit P., Sivertsen H. K., Mitcham E. J., Barrett D. M. (2015). Influence of cultivar and ripeness stage at the time of fresh-cut processing on instrumental and sensory qualities of fresh-cut mangos. Postharvest Biology and Technology, 106, 11-20.
Nordey T., Joas J., Davrieux F., Génard M., Léchaudel M. Non-destructive prediction of color and pigment contents in mango peel. Sci Hortic 2014a;171:37–44.
Nordey T., Léchaudel M., Génard M., Joas J. (2016). Factors affecting ethylene and carbon dioxide concentrations during ripening: Incidence on final dry matter, total soluble solids content and acidity of mango fruit. Journal of plant physiology, 196, 70-78.

Nunes M. C. N., Emond J. P., Brecht J. K., Dea S., Proulx E. (2007). Quality curves for mango fruit (cv. Tommy Atkins and Palmer) stored at chilling and nonchilling temperatures. Journal of Food Quality, 30(1), 104-120.

Núñez-Elisea R., Davenport T. L. (1991). Effect of duration of low temperature treatment on flowering of containerized 'Tommy Atkins' mango. In Proceedings of the Plant Growth Regulator Society of America (USA).

Núñez-Elisea R., Davenport T. L. (1994). Flowering of mango trees in containers as influenced by seasonal temperature and water stress. Scientia Horticulturae, 58(1-2): 57-66.

Núñez-Elisea R., Davenport T. L. (1995). Effect of leaf age, duration of cool temperature treatment, and photoperiod on bud dormancy release and floral initiation in mango. Scientia Horticulturae, 62(1-2), 63-73.

Núñez-Elisea R., Davenport. T. L. (1983). Abscission and ethylene production of mango (*Mangifera indica* L.) fruit cv. Tommy Atkins. Proc. Fla. State Hortic. Soc, 96, 185-188.

Ochse J. J., Soule M. J., Dijkman M. J., Wehlburg C. (1965). Cultivo y Mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales, Volumen II. Limusa. México, DF.

Ochse J. J., Soule M. J., Dijkman M. J., Wehlburg C. (1985). Mango. Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales. Sexta reimpresión en español de la obra en inglés Tropical and Subtropical Agriculture. Edit. Limusa, SA de CV, México, DF, 594-610.

O'Hare T. J. (1995). Effect of ripening temperature on quality and compositional changes of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Kensington. Australian journal of experimental agriculture, 35(2), 259-263.

Olano C. T., Schnell R. J., Quintanilla W. E., Campbell R. J. (2005). Pedigree analysis of Florida mango cultivars. In Proceedings of the Florida State Horticultural Society (Vol. 118, 192-197). Florida State Horticultural Society.

Ornelas-Paz J. D., Yahia E. M., Gardea A. A. (2008) - Changes in external and internal color duringpostharvestripening of Manila and Ataulfo mango fruit and 1262.

Ornelas-Paz J. D., Yahia E. M., Gardea-Bejar A. (2007) - Identification and quantification of xanthophyllesters, carotenes, and tocopherols in the fruit of seven Mexican mango cultivars by liquidchromatography-atmospheric pressure chemicalionization-time-of-flight mass spectrometry. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55: 6628−6635

Osuna-García J. A., Nolasco-González Y., Gómez-Jaimes R., Pérez-Barraza M. H. (2019). Temperaturas de refrigeración para el envío de mango ‘kent’y ‘keitt’hacia mercados distantes. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 20(1).

Othman O.C., Mbogo G. P., (2009). Physico-chemical characteristics of storage-ripened mango (*Mangifera indica* L.) fruits varieties of eastern Tanzania, Tanzania J. Sci. 35: 57-66

Palazzolo E., Gargano, M. L., Venturella G. (2012). The nutritional composition of selected wild edible mushrooms from Sicily (southern Italy). International journal of food sciences and nutrition, 63(1), 79-83.

Palmieri A., Pirazzoli C. (2013) - Scenari futuri e opportunità di mercato per la frutticoltura italiana 9: 6-12, Frutticoltura.

Papadakis J. (1966). Climates of the world and their agricultural potentialities. Climates of the world and their agricultural potentialities.

Pawar R., Singh A. K. (2018). Effect of Micronutrients and Sea Weed Sap on Fruit Set, Yield and Quality of Mango (*Mangifera indica* L.) cv. Dashehari. Int. J. Curr. Microbiol. A Sci, 7(12), 397-406.

Pay E. (2009). The market for organic and fair-trade mangoes and pineapples. Study prepared in the framework of FAO project GCP/RAF/404/GER ‘Increasing incomes and food security of small farmers in West and Central Africa through exports of organic and fair-trade tropical products’, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Trade and Markets Division, Rome.

Paull R. E., Chen C. C. (2004). Mango. In: Gross K.C., Wang C.Y. and Saltveit M. (eds), The Commercial Storage of Fruits, Vegetables and Florist and Nursery Stocks. A draft version of the forthcoming revision to USDA, Agriculture Handbook 66 on the website of USDA, Agricultural Research Service

Penchaiya P., Tijskens L. M., Uthairatanakij A., Srilaong V., Tansakul A., Kanlayanarat S. (2020). Modelling quality and maturity of 'Namdokmai Sithong' mango and their variation during storage. Postharvest Biology and Technology, 159.

Pérez Macias M., Soto E., Puche M., Avilan L., Gutiérrez M. (2013). Estados tipo reproductivos del mango (Mangifera indica l.) en zona central de Venezuela. In *X International Mango Symposium 1075* (85-93).

Phakawatmongkol, W., Ketsa, S., van Doorn, W. G. (2004). Variation in fruit chilling injury among mango cultivars. Postharvest Biology and Technology, 32(1), 115-118.

Pimentel R. B., Coronel R. E., Espino R. F. C. (1984). Floral biology and fruit set in mango (*Mangifera indica* L.) cultivars: "Carabao","Pico" and "Kancha Mitha". Philippine Journal of Crop Science, 9(1), 47-51.

Pinto A.C.Q, Costa J.G., Santos C.A.F. (2002). Principais Variedades. In: A Cultura da Mangueira. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, 95-116.

Prakash S., Ram S. (1984). Naturally occurring auxins and inhibitor and their role in fruit growth and drop of mango 'Dashehari'. Scientia horticulturae, 22(3), 241-248.

Prasanna, V., Prabha, T. N., Tharanathan, R. N. (2007). Fruit ripening phenomena-an overview. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 47:1-19.

Proctor F. J., Cropley J. P. (1994). Trends and changes in the European market for tropical fruits and their impact on technology requirements. ACIAR Proceedings-Australian Centre for International Agricultural Research (Australia).

Quintero V., Giraldo G., Lucas J., Vasco J. (2013). Caracterización fisicoquímica del mango común (*Mangifera indica* L.) durante su proceso de maduración. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, 11(1), 8-18.

Rajan S., Tiwari D., Singh V. K., Saxena P., Singh S., Reddy Y. T. N, Kennedy R. (2011) - Application of extended BBCH scale for phenological studies in mango (*Mangifera indica* L.). Journal of Applied Horticulture, 13(2): 108-114.

Rajan, S., Ravishankar, H., Tiwari, D., Singh, V. K., Saxena, P., Singh, S., Kennedy, R. (2013). Harmonious phenological data: a basic need for understanding the impact of climate change on mango. In *Climate-Resilient Horticulture: Adaptation and Mitigation Strategies* (53-65). Springer, India.

Rajwana I. A., Malik A. U., Khan, A. S., Saleem, B. A., Malik, S. A. (2010). A new mango hybrid shows better shelf life and fruit quality. Pak. J. Bot. 42(4), 2503-2512.

Ram S., Bist L. D., Lakhanpal S. C., Jamwal I. S. (1976). Search of suitable pollinizers for mango cultivars. In I International Symposium on Tropical and Subtropical Fruits 57: (253-264).

Ram S., Rajan S. (2003). Status report on genetic resoruces of mango in Asia-Pacific Region. Int. Plant Genetic Resource Institute, New Delhi.

Ramírez F., Davenport T. L. (2010) - Mango (*Mangifera indica* L.) flowering physiology. Scientia Horticulturae, 126(2): 65-72.

Ramírez F., Davenport T. L. (2012). Reproductive biology (physiology)—the case of mango. Mango, 1, 56-81.

Ramírez F., Davenport T. L., Fischer G., Pinzón J. C. A., Ulrichs C. (2014). Mango trees have no distinct phenology: the case of mangoes in the tropics. Scientia Horticulturae, 168, 258-266.

Ramulu, P., & Rao, P. U. (2003). Total, insoluble and soluble dietary fiber contents of Indian fruits. Journal of food composition and analysis, 16(6), 677-685.

Randhawa G. S., Damodaran V. K. (1961). Studies on Floral Biology and Sex-Ratio in Mango (*Mangifera indica* L.) Var. Chausa, Dasheri and Krishanbhog II. Flowering Habit, Flowering Season, Panicle Development, and Sex Ratio. Indian Journal of Horticulture, 18(1), 36-45.

Rao M. M., Srihari D., Patil V. S., Madalageri M. B. (1997). Further studies on chemical induction of flowering directly on fruited shoots in off phase Alphonso mango trees. Karnataka J. Sci, 10(2), 598-601.

Rathore H. A., Masud T., Sammi S., Soomro A. H. (2007). Effect of storage on physico-chemical composition and sensory properties of mango (*Mangifera indica* L.) variety Dosehari. Pakistan Journal of Nutrition, 6(2), 143-148.

Robbertse P. J., Coetzer L. A., Tomer E., Truscott M. (1994). Sexual compatibility between different mango cultivars. South African Mango Growers' Association Yearbook, 14, 18.

Rodríguez Pleguezuelo C. R., Rodríguez B. C., Tejero I. F. G., Ruíz B. G., Tarifa D. F., Martínez J. R. F., Zuazo V. H. D. (2018). Irrigation Strategies for Mango (*Mangifera indica* L.) Under Water-Scarcity Scenario in the Mediterranean Subtropical Environment. In Water Scarcity and Sustainable Agriculture in Semiarid Environment (299-316). Academic Press.

Rodríguez Pleguezuelo, C. R., Durán Zuazo, V. H., Muriel Fernández, J. L., Franco Tarifa, D. (2012). Physico-chemical quality parameters of mango (*Mangifera indica* L.) fruits grown in a Mediterranean subtropical climate (SE Spain). Journal of Agricultural Science and Technology, 14(2), 365-374.

Ross C.F. (2009). Sensory science at the human-machine interface, Trends Food Sci. Tech., 20: 63-72.

Russian Luquez T., Manzano Mendez J. (2003). Influencia de la temperatura sobre la calidad del fruto del mango. Instituto Nacional de Investigaciones Agricolas (Venezuela). Agronomía Trop., 53, 1, 59-72.

Saranwong S., Sornsrivichai J., Kawano S. (2004). Prediction of ripe-stage eating quality of mango fruit from its harvest quality measured nondestructively by near infrared spectroscopy. Postharvest Biology and Technology, 31(2), 137-145.

Schaffer B. (1994). Mango. Sub-Tropical and Tropical Crops, 165-197.

Schouten R. E., Fan S., Verdonk J. C., Wang Y., Kasim N. F. M., Woltering E. J., Tijskens L. M. M. (2018). Mango firmness modeling as affected by transport and ethylene treatments. Frontiers in plant science, 9.

Searle C., Whiley A. W., Simpson D. R., Saranah J. B. (1995). A preliminary pheno-physiological model for 'Kensington' mango in subtropical Australia.

Servizio Informativo Agrometeorologico Sicilia (SIAS) della Regione Sicilia http://www.sias.regione.sicilia.it/

Silva J. A. L., Neves J. A. (2011) - Combination of Paclobutrazol, Potassium Sulfate and Ethephon on Floral Induction of Mango cv. Tommy Atkins," Comunicata Scientiae 2: 18-24.

Singh G. A., Misra P. N. (1978). Mango shoot gall psyllid *Apsylla cistellata* Buckton and its control. Pesticides.

Singh L.B. (1960). The Mango: Botany, Cultivation and Utilization. Leonard Hill, London.

Singh R. N. (1959). Studies in the differentiation and development of fruit buds in mango (*Mangifera indica* L.) varieties. III. Mango shoots and fruit bud differentiation. Hort. Adv., 3, 28-48.

Singh S. N. (1961). Studies on the morphology, viability and preservation of pollen grains of mango, litchi and loquat. Review of the literature. Hortic. Adv, 5, 46-62.

Singh Z., Singh R. K., Sane V.A., Nath P., 2013. Mango-postharvest biology and biotechnology. Crit. Rev. Plant Sci. 32 (4), 217-236.

Singh, R. N. (1954). Studies in Floral Biology and Subsequent Development of Fruits in the Mango (*Mangifera indica* L) dasheri and langda. Indian Journal of Horticulture, 11(3), 69-88.

Sivakumar D., Jiang Y., Yahia E. M. (2011). Maintaining mango (*Mangifera indica* L.) fruit quality during the export chain. Food Research International, 44(5): 1254-1263.

SOAT, (2010). La coltivazione del mango in Sicilia – opuscolo divulgativo. Tratto da "Seminario sullo stato dell'arte e linee guida dell'impianto". Caronia (Me).

Spreer W., Nagle M., Neidhart S., Carle R., Ongprasert S., Müller J. (2007). Effect of regulated deficit irrigation and partial rootzone drying on the quality of mango fruits (Mangifera indica L., cv.'Chok Anan'). Agricultural water management, 88(1-3), 173-180.

Souza J. M. A., Leonel S., Modesto J. H., Ferraz R. A., Gonçalves B. H. L. (2015). Phenological cycles, thermal time and growth curves of mango fruit cultivars in subtropical conditions. British Journal of Applied Science and Technology, 100-107.

Subedi P. P., Walsh K. B., Owens G. (2007). Prediction of mango eating quality at harvest using short-wave near infrared spectrometry. Postharvest Biology and Technology, 43(3), 326-334.

Sukhvibul, N., Whiley, A. W., Smith, M. K., Hetherington, S. E., Vithanage, V. (1999). Effect of temperature on inflorescence and floral development in four mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. Scientia Horticulturae 82: 67-8

Talcott S. T., Moore J. P., Lounds-Singleton A. J., Percival S. S. (2005) – Ripening associated phytochemical changes in mangos (*Mangifera indica*) following thermal quarantine and low-temperature storage. Journal of food science, 70(5): 337-341.

Tandon D.K., Kalra S.K., Singh B.P. (1986) - Ripening pattern of specific gravity graded 'Dasheri' mangoes. Indian J. Hort. 45 (2): 219-223.

Testa R., Tudisca S., Schifani G., Di Trapani A., Migliore G. (2018). Tropical Fruits as an Opportunity for Sustainable Development in Rural Areas: The Case of Mango in Small-Sized Sicilian Farms. Sustainability, 10(5), 1436.

Tharanathan R. N., Yashoda H. M., Prabha T. N. (2006). Mango (*Mangifera indica* L.),"The king of fruits"—An overview. Food Reviews International, 22(2), 95-123.

Tian, S. P., Jiang, A. L., Xu, Y., & Wang, Y. S. (2004). Responses of physiology and quality of sweet cherry fruit to different atmospheres in storage. Food Chemistry, 87(1), 43-49.

Tiyayon C., Paull R. E. (2017). Mango Production. Handbook of Mango Fruit: Production, Postharvest Science, Processing Technology and Nutrition, 17.

Torres A. C., Galván D. F. Galan Saúco, V. G. (1997). *Guía descriptiva de cultivares de mango*. Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Torres A. C., Galván D. F., Gàlan Saúco V. (1997). Guía descriptiva de cultivares de mango. Gobierno de Canarias, Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Tripodo L., Gianguzzi G., D'Asaro A., Farina V. (2015) - Utilizzo di tecniche innovative per limitare i danni da freddo in piante di mango (*Mangifera indica* L.) in clima mediterraneo. In XIII Convegno AISSA Nutrire il pianeta con l'agricoltura: il punto di vista dei ricercatori.

Trivedi M., Branton A., Trivedi D., Nayak G., Mondal S. C., Jana S. (2015). Morphological characterization, quality, yield and DNA fingerprinting of biofield energy treated alphonso mango (*Mangifera indica* L.). Journal of Food and Nutrition Sciences, 6(3), 245-250.

Tukey L. D (1964). A linear electronic device for continuous measurement and recording of fruit enla.rgement and contraction. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 84:653-660.

Ueda M., Sasaki K., Utsunomiya N., Inaba K., Shimabayashi Y. (2001) - Effect of temperature and time on some properties during storage of mango fruit (*Mangifera indica* L. 'Irwin') cultured in plastic house. J Japan Soc Food Sci Technol 48(5): 349–355.

Vangdal, E., Flatland, S., Lunde Knutsen, I., Larsen, H. (2010). Factors affecting storability and shelf life in plums (*Prunus domestica* L.). In II EUFRIN Plum and Prune Working Group Meeting on Present Constraints of Plum Growing in Europe 968 (197-203).

Vásquez-Caicedo A. L., Sruamsiri P., Carle R., Neidhart S. (2005). Accumulation of all-trans-β-carotene and its 9-cis and 13-cis stereoisomers during postharvest ripening of nine Thai mango cultivars. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(12), 4827-4835.

Verheij E. W. M. (1986).Towards a classification of tropical tree fruits. ActaHortic. 175: 137-150.

Verzera A., Dima G., Tripodi G., Condurso C., Crinò P., Romano D., Mazzaglia A., Lanza C.M., Restuccia C., Paratore A. (2014). Aroma and sensory quality of honeydew melon fruits (*Cucumis melo* L. subsp. melo var. inodorus H. Jacq.) in relation to different rootstocks, Sci. Hortic. 169:118-124.

Vithana M. D. K., Singh Z., Johnson S. K. (2018). Cold storage temperatures and durations affect the concentrations of lupeol, mangiferin, phenolic acids and other health-promoting compounds in the pulp and peel of ripe mango fruit. Postharvest biology and technology, 139, 91-98.

Wanitchang, P., Terdwongworakul, A., Wanitchang, J., Nakawajana, N. (2011). Non-destructive maturity classification of mango based on physical, mechanical and optical properties. Journal of food engineering, 105(3), 477-484.

Walsh K., Wang Z. (2018). Monitoring fruit quality and quantity in mangoes in Gàlan Saùco, V., Lu, P. (2018). Achieving sustainable cultivation of mangoes. Burleigh Dodds Science Publishing.

Wang Z., Underwood J., Walsh K. B. (2018). Machine vision assessment of mango orchard flowering. *Computers and Electronics in Agriculture*, *151*, 501-511.

Wongmetha O., Ke L. S., Liang Y. S. (2015). The changes in physical, bio-chemical, physiological characteristics and enzyme activities of mango cv. Jinhwang during fruit growth and development. NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences, 72, 7-12.

Wu Y. J., Huang X. L., Xiao J. N., Li X. J., Zhou M. D., Engelmann F. (2003). Zcryopreservation of mango (*Mangifera indica* L.) embryogenic cultures. CryoLetters, 24(5): 303-314.

Yadav D., Singh S. P. (2017). Mango: History origin and distribution. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 6(6), 1257-1262.

Yahia E. M. (1998). Postharvest handling of mangoes. Technical Report. Agricultural Technology Utilization and Transfer Project, Giza, Egypt.
Yahia E. M., Ortega-Zaleta D. (1999). Responses and quality of mango fruit treated with insecticidal controlled atmospheres at high temperatures. In VI International Symposium on Mango 509 (479-486).
ahia, E. M., Ornelas-Paz, J. D. J., & Gardea, A. (2006). Extraction, separation and partial identification of ataulfo mango fruit carotenoids. In IV International Conference on Managing Quality in Chains-The Integrated View on Fruits and Vegetables Quality 712 (pp. 333-338).
Yasin N. M., Ahmad M. S., Aziz N. A., Ahmad A. K. (2008). Exploratory Study in Assessing The Market Potential and Distribution Network of Selected Tropical Fruits in Europe. Journal of Agribusiness Marketing, Vol. 1, December 2008, 1-16.
Yasunaga, E., Fukuda, S., Nagle, M., Spreer, W. (2018). Effect of storage conditions on the postharvest quality changes of fresh mango fruits for export during transportation. Environmental Control in Biology, 56(2), 39-44.
Zaharah S. S., Singh Z., Symons G. M., Reid J. B. (2013). Mode of action of abscisic acid in triggering ethylene biosynthesis and softening during ripening in mango fruit. Postharvest biology and technology, 75, 37-44.
Zaharah S., S. Singh, Zora (2011). Postharvest nitric oxide fumigation alleviates chilling injury, delays fruit ripening and maintains quality in cold-stored 'Kensington Pride'mango. Postharvest Biology and Technology, 60, 3, 202-210.
Zahedi S. M., Asgarian Z. S., Ersi F. K., Seydi A. (2016). Evaluating Marketability of Ten Selected Cultivars of Mango. Open Journal of Ecology, 6(05), 219.

RINGRAZIAMENTI

Un ringraziamento speciale è rivolto a Pietro Cuccio, proprietario dell'azienda Cupitur S.r.l., per la disponibilità nello svolgimento delle prove sperimentali.

Ringrazio il Dipartimento di Colture Arboree dell'Università degli Studi di Bologna per aver fornito le competenze di base per l'uso dei fruttometri, il Dott. Alessio Scalisi e il Prof. Riccardo Lo Bianco per il fondamentale aiuto nell'utilizzo della strumentazione.

Desidero ringraziare inoltre l'*Instituto Canario de Investigaciones Agrarias* di Tenerife, e soprattutto la Dott.ssa Maria Gloria Lobo Rodrigo per l'importante periodo di ricerca, utile e fondamentale nello svolgimento delle tematiche della mia tesi di dottorato.

Un ultimo e doveroso ringraziamento al Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali, ai Docenti, agli Studenti ed agli amici che mi hanno accompagnato in questo percorso di vita.