



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali

Dottorato di Ricerca in Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali

XXXI ciclo

(2015-2018)

Miglioramento qualitativo e della tecnica colturale del pesco nella Valdaso (FM) - Regione Marche

Tutor Accademico:

Prof. Franco Capocasa

CoTutor Accademico:

Prof. Bruno Mezzetti

Prof. Luca Mazzoni

Tutor Aziendale:

Paolo Acciarri

Dottoranda:

Dott.ssa Irene Medori

Responsabile della Scuola di Dottorato:

Prof. Bruno Mezzetti



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali

Dottorato di Ricerca in Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali

XXXI ciclo

(2015-2018)

Miglioramento qualitativo e della tecnica colturale del pesco nella Valdaso (FM) - Regione Marche

Tutor Accademico:
Prof. Franco Capocasa

CoTutor Accademico:
Prof. Bruno Mezzetti

Prof. Luca Mazzoni

Tutor Aziendale:
Paolo Acciarri

Dottoranda:
Dott.ssa Irene Medori

Responsabile della Scuola di Dottorato:

Prof. Bruno Mezzetti

*Ai miei genitori
con profonda gratitudine*

Sommario

1. INTRODUZIONE	6
1.1 Il mercato peschicolo mondiale	7
1.1.1 Il mercato peschicolo italiano.....	10
1.1.2 La peschicoltura nella Regione Marche	12
1.2 La qualità dei frutti di pesco	14
1.2.1 Fattori genetici che influenzano la qualità del frutto.....	15
1.2.2 Fattori ambientali che influenzano la qualità del frutto.....	20
1.2.3 Fattori colturali che influenzano la qualità del frutto	23
2. DOTTORATO EUREKA E SCOPO DELLA TESI.....	34
3. CARATTERIZZAZIONE VARIETALE IN UN’AZIENDA PESCHICOLA NELLA VALDASO-REGIONE MARCHE	37
3.1 Introduzione	37
3.2 Materiali e metodi	38
3.2.1 Raccolta e parametri relativi alla produzione ed all’aspetto del frutto.....	41
3.2.2 Parametri qualitativi valutati	42
3.3 Risultati e discussione.....	43
3.3.1 Parametri produttivi e relativi all’aspetto del frutto	43
3.3.2 Parametri qualitativi valutati	47
3.4 Conclusioni	49
4. EFFETTO DELLA DIVERSA COMBINAZIONE DI POTATURA E DIRADAMENTO SULLA PRODUZIONE E QUALITÀ DI FRUTTI IN CULTIVAR DI PESCHE PLATICARPE ALLEVATE A VASO CATALANO	51
4.1 Introduzione	51
4.2 Materiali e metodi	52
4.2.1 Disegno sperimentale	52
4.2.2 Parametri produttivi.....	56
4.2.3 Parametri qualitativi	56
4.2.4 Parametri nutrizionali	57
4.2.5 Analisi statistica.....	59

4.3	Risultati e discussione.....	60
4.3.1	Parametri produttivi.....	61
4.3.2	Parametri qualitativi	65
4.3.3	Parametri nutrizionali	68
4.4	Conclusioni	70
5.	APPLICAZIONE DELLA TECNICA DELLO STRESS IDRICO CONTROLLATO SU UNA CULTIVAR DI PESCO A MATURAZIONE TARDIVA	72
5.1	Introduzione	72
5.2	Materiali e metodi	74
5.2.1	Disegno sperimentale	74
5.2.2	Parametri metereologici.....	78
5.2.3	Parametri produttivi.....	79
5.2.4	Parametri qualitativi	79
5.2.5	Parametri nutrizionali	80
5.2.6	Analisi statistica.....	82
5.3	Risultati e discussione.....	82
5.3.1	Risparmio idrico ed economico.....	82
5.3.2	Parametri produttivi.....	83
5.3.3	Parametri qualitativi	87
5.3.4	Parametri nutrizionali	90
5.4	Conclusioni	92
6.	CONCLUSIONI GENERALI	94
	BIBLIOGRAFIA	96
	SITOGRAFIA	112

1. INTRODUZIONE

La produttività del pesco [*Prunus persica* (L.) Batsch], come pure le qualità nutrizionali e sensoriali dei suoi frutti sono determinate dall'interazione di molteplici fattori. Questi fattori riguardano l'interazione tra portinnesto e cultivar, la forma di allevamento e le tecniche di coltivazione adottate in differenti condizioni ambientali. Tutti questi fattori vanno studiati e compresi, al fine di incrementare l'efficienza produttiva e la qualità del frutto con conseguenti vantaggi nei diversi ambienti di coltivazione. Attualmente è ben noto che la qualità del frutto nel post-raccolta può essere solo mantenuta e non migliorata. È altrettanto noto che le conoscenze sugli effetti sul frutto della gestione colturale sono molto limitate e frammentate. L'approfondimento degli studi sul ruolo dei fattori incidenti nel pre-raccolta sulla qualità del frutto possono massimizzare il potenziale qualitativo di ogni cultivar (Crisosto *et al.*, 1997).

Un altro problema da affrontare riguarda l'elevato numero di cultivar attualmente presenti sul mercato e le costanti nuove introduzioni da parte di breeder pubblici e privati. Ad oggi esiste un gran numero di nuove varietà che rispondono alle esigenze mercantili come l'elevata colorazione del frutto, buon calibro e sapore dolce che, sebbene permettano di coprire ampiamente il calendario di maturazione, rendono comunque molto difficile la scelta varietale da parte del produttore (Ruíz Chacón e Iglesias Castellarnau, 2017).

Inoltre sappiamo che negli ultimi decenni il consumo di pesche pro-capite negli Stati Uniti ed in Europa è diminuito, nonostante il rilascio sul mercato di nuove cultivar migliorate dal punto di vista produttivo e qualitativo (Iglesias e Echeverría, 2009).

Alcuni sondaggi, realizzati per comprendere e spiegare i bassi consumi di pesche fresche, rivelano che i frutti offerti dal mercato sono spesso insapori, anche quando il frutto ha raggiunto la maturazione fisiologica ottimale adatta al consumo. Inoltre l'acquisto è influenzato negativamente dalla perdita di consistenza del frutto dovuta ad errate tecniche di manipolazione durante la maturazione e la raccolta ed in fase di stoccaggio nel post raccolta (Bruhn *et al.*, 1991; Byrne, 2005; Crisosto, 2002).

Pertanto, migliorare la qualità del frutto è fondamentale per promuovere e rilanciare il consumo fresco di pesco.

1.1 Il mercato peschicolo mondiale

Il pesco risulta essere una coltura di forte interesse nel mercato mondiale con produzioni che nel 2016 sono arrivate a sfiorare le 25 milioni di tonnellate, per un totale di 1.639.925 ha coltivati (FAOSTAT, 2018).

A livello globale il primato assoluto è detenuto dal continente Asiatico che attualmente rappresenta il 70,1% della produzione mondiale, seguito dall'Europa col 17,5% (Fig. 1). Il predominio asiatico è dovuto soprattutto alla Cina che, intorno all'anno 2010, ha registrato una forte crescita, raggiungendo produzioni che si attestano intorno alle 14 milioni e mezzo di tonnellate, con un consistente trend di crescita rappresentato da un incremento medio annuale di oltre 600 mila tonnellate (FAOSTAT, 2018).

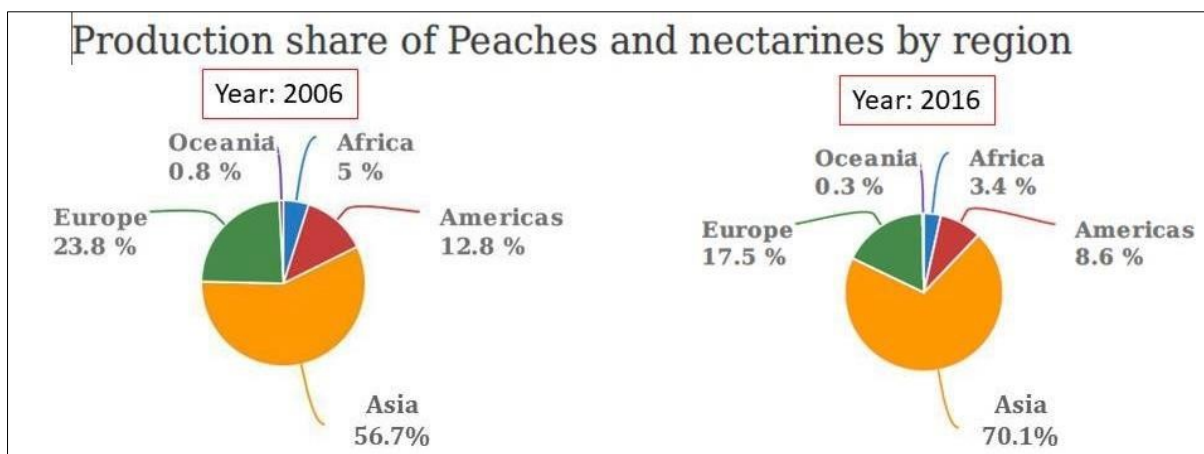


Figura 1: Produzioni peschicole dei singoli Continenti riferite al decennio 2006-2016 (FAOSTAT, 2018).

Tralasciando il colosso asiatico, il secondo primato produttivo spetta all'Europa, con la Spagna e l'Italia che rappresentano i Paesi maggiormente vocati alla peschicoltura (FAOSTAT, 2018) (Fig. 2). In generale il trend europeo registra un calo produttivo di circa il 5% confrontando gli anni 2015 e 2016, con una diminuzione di poco meno di 180 mila tonnellate (Ruíz Chacón e Iglesias Castellarnau, 2017).

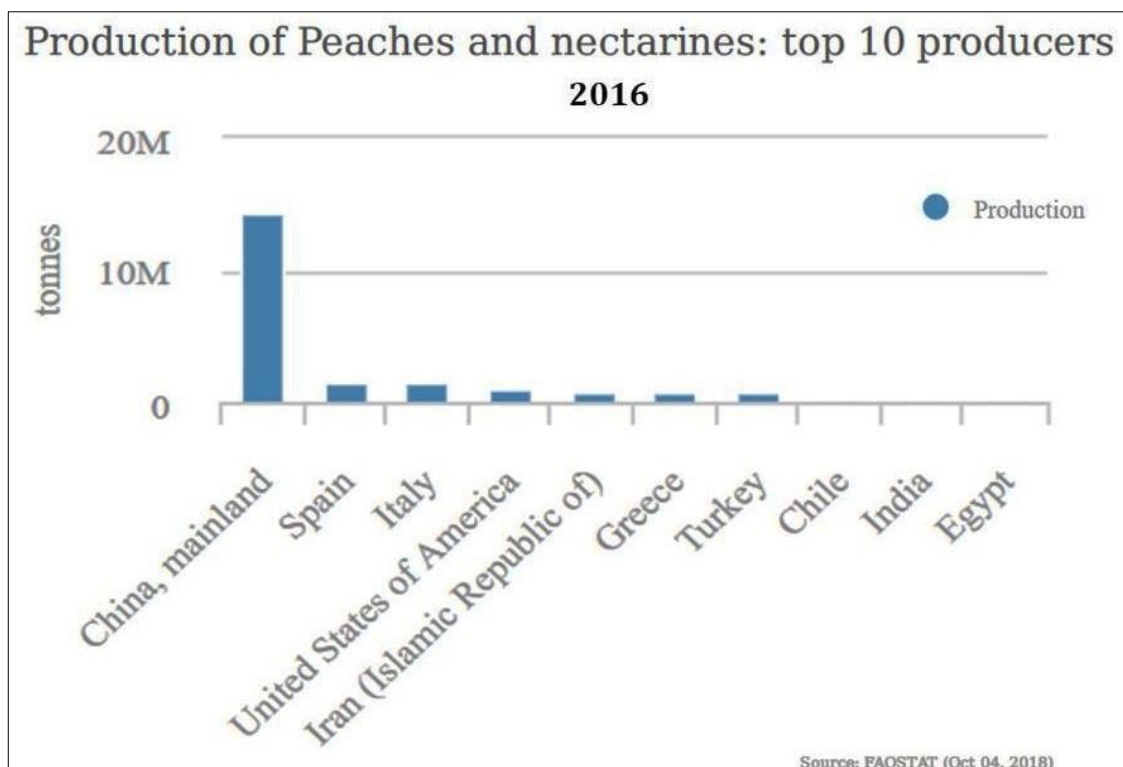


Figura 2: Elenco dei 10 maggiori Paesi produttori peschicoli del mondo. Dati riferiti all'anno 2016 (FAOSTAT, 2018).

Stando ai dati più recenti ed alle stime produttive del 2018 il quadro che si presenta in Europa risulta essere estremamente complesso con crisi del mercato dovute alla sovrapproduzione che negli ultimi anni non riescono ad essere assorbite dai consumi facendo crollare i prezzi.

Sebbene fino al 2013 l'Italia abbia rappresentato il maggiore produttore europeo, con produzioni medie annue attestate intorno al milione e mezzo di tonnellate (per il decennio 2003-2013), a partire dal 2014 è la Spagna a guadagnare il primato, con un aumento di produzione considerevole dovuto soprattutto al consistente aumento di superficie investita in peschicoltura che dal 2009 al 2016 è aumentata di 10 mila ettari. Al contrario l'Italia ha registrato una rilevante riduzione delle superfici coltivate passando dai 93 mila ettari del 2009 ai 69 mila del 2016 (FAOSTAT, 2018).

La variazione produttiva spagnola ha visto negli ultimi anni non solo un aumento di superficie ma anche una variazione nella distribuzione geografica con investimenti per i nuovi impianti che si sono spostati nel Nord del Paese, principalmente nelle Regioni di Aragona e Catalogna, che da sole negli ultimi 4 anni, sono arrivate a coprire il 64% dell'intera produzione spagnola. Questa diversa distribuzione geografica ha permesso alla Spagna di estendere il calendario di maturazione, grazie alle Regioni del Centro-Sud che terminano la raccolta ad inizio luglio, mentre le Regioni del Nord proseguono la raccolta per tutto il mese di settembre (Ferri, 2018).

Il primato spagnolo è inoltre dovuto al profondo rinnovamento delle varietà e degli impianti avvenuto negli ultimi 2 decenni, grazie ai quali la Spagna ha raggiunto un calendario di maturazione in grado di coprire ampiamente l'intera stagione produttiva, da metà aprile ad ottobre. L'aumento di produzione è riconducibile principalmente alla grande espansione di impianti di pesche platicarpe, che sono l'unica tipologia di pesco a non aver subito una riduzione sia nelle produzioni che nei consumi. Introdotte in impianti intensivi a partire dal 2002, le pesche platicarpe hanno quasi raggiunto nel 2016 le 280 mila tonnellate distribuite su un totale di 15 mila ettari. Ma in particolare, nell'ultimo decennio, il cambiamento più significativo introdotto è stato l'origine delle varietà, dal momento che sono sempre più quelle provenienti dai programmi di miglioramento genetico spagnoli. Questo ha dato alla Spagna il vantaggio di godere di varietà già ben adattate all'ambiente di coltivazione (Ruíz Chacón e Iglesias Castellarnau, 2017).

In generale però, nonostante i molti passi avanti fatti a livello di miglioramento genetico e della tecnica colturale, si nota una contrazione delle produzioni. Confrontando la produzione dei diversi Paesi europei si nota come il maggior declino è imputabile all'Italia, con una diminuzione dell'11% per l'annualità 2015-2016, rispetto alla Spagna che negli stessi anni ha subito una riduzione produttiva del 3%. Negli stessi anni, il confronto tra tipologie mostra il maggior declino per la pesca, seguito dalla nettarina, mentre le platicarpe rimangono stabili (Ruíz Chacón e Iglesias Castellarnau, 2017). I dati più recenti sulle produzioni europee del 2018 prevedono invece un calo dell'11% rispetto al 2017, causato soprattutto dalla Spagna dove le nettarine scendono del 18%, in Francia il calo è del 10% mentre in controtendenza è la Grecia con un aumento del 20% dovuto soprattutto alla crescente produzione della tipologia percoche (Sansavini, 2018).

La diminuzione delle produzioni è ovviamente conseguenza della contrazione dei consumi che diminuiscono a livello globale, non solo europeo. Negli Stati Uniti il consumo pro-capite di pesco è diminuito dai 3 kg per anno del 1980 a 1,3 kg per anno del 2016 (U.S. Dept. of Agr., 2016). Anche in Europa i consumi continuano a scendere, nonostante l'introduzione della tipologia platicarpa con i vantaggi che essa porta in termini di dolcezza e comodità di consumo dovuta alle dimensioni ridotte (Fu *et al.*, 2011; Legua *et al.*, 2011; Nicotra *et al.*, 2002; Ruíz Chacón e Iglesias Castellarnau, 2017). Si nota infatti una situazione poco incoraggiante in Europa dove, negli ultimi anni, si nota una certa stabilità della domanda, senza accenni di miglioramento. Situazione ancor peggiore per la Spagna dove il consumo è passato dai 7 kg/pro-capite di fine anni '90 agli attuali 3,6 kg. Il dato dimostra una certa

disaffezione del consumatore verso il prodotto, ed un orientamento crescente verso altre tipologie di frutta (Ferri, 2018).

1.1.1 Il mercato peschicolo italiano

Il pesco è la drupacea più coltivata in Italia e la seconda specie arborea frutticola più coltivata dopo il melo (ISTAT, 2018). Se si analizza nello specifico la situazione nel nostro Paese, oltre al sorpasso spagnolo, si può notare che si sono verificate importanti variazioni produttive a livello geografico. In particolare, si registra una crescita delle produzioni del Sud Italia ed una contrazione al Nord. Nel 2017 al Sud è stata calcolata una produzione di 703 mila tonnellate, contro le 497 mila tonnellate del Nord e le 49 mila tonnellate del Centro Italia (ISTAT, 2018). È in continuo aumento anche il numero di varietà coltivate, attestato a più di 200 per la tipologia pesche, si registra un numero simile per le nettarine, mentre le platicarpe e le percoche sono intorno alle 50 varietà, con un interesse sempre più crescente per le varietà subacide (Ferri, 2018).

Analizzando i dati italiani dell'anno 2017 (Tab. 1) la Regione con maggiore produzione è stata l'Emilia Romagna che, con 312 mila tonnellate, rappresenta quasi il 25% della produzione totale nazionale. Seguono al secondo posto la Campania con il 23,7% ed il Piemonte e la Sicilia con produzioni simili attestata al 9,69% per il primo e 9,35% per la seconda (ISTAT, 2018).

Tabella 1: Si riportano le produzioni peschicole italiane suddivise per tipologia di frutto e per Regione e l'incidenza percentuale che esse hanno sulla produzione nazionale. Le Regioni sono elencate in ordine decrescente a partire dalla più produttiva. Dati riferiti all'anno 2017. (ISTAT, 2018).

	Regione	Pesco (t)	Nettarina (t)	Produzione totale (t)	Incidenza sulla produzione nazionale (%)
1	Emilia Romagna	117.024	195.106	312.130	24,95
2	Campania	232.447	64.120	296.567	23,71
3	Piemonte	45.619	75.549	121.167	9,69
4	Sicilia	105.535	11.363	116.898	9,35
5	Puglia	66.810	20.745	87.555	7,00
6	Calabria	48.474	28.612	77.086	6,16

7	Veneto	29.428	22.681	52.108	4,17
8	Basilicata	30.574	21.501	52.075	4,16
9	Abruzzo	26.687	9.016	35.703	2,85
10	Sardegna	31.270	1.969	33.239	2,66
11	Lazio	19.960	3.915	23.875	1,91
12	Marche	9.058	4.982	14.041	1,12
13	Toscana	8.416	1.864	10.280	0,82
14	Lombardia	5.052	1.435	6.486	0,52
15	Molise	3.885	846	4.731	0,38
16	Friuli Venezia Giulia	3.977	320	4.297	0,34
17	Umbria	1.279	260	1.539	0,12
18	Liguria	864	36	900	0,07
19	Trentino Alto Adige	45	0	45	0,00
20	Valle d'Aosta	0	0	0	0,00

Nel complesso, a livello nazionale, nell'arco di 10 anni, si nota una diminuzione delle superfici investite a pescheto con un decremento significativo di circa 17 mila ettari nel decennio 2006-2016. La riduzione di superficie coltivata porta ovviamente ad un calo produttivo con dati che vanno da 1,66 milioni di tonnellate del 2006 a 1,42 milioni nel 2016 (FAOSTAT, 2018). Se infatti fino a 10 anni fa l'Italia produceva circa il 55% delle pesche a livello europeo, ad oggi è scesa al 42% (Sansavini, 2018).

L'offerta di pesco sul mercato deve ovviamente adeguarsi alla domanda che sta scendendo. Non è il prezzo a determinare un minor acquisto, quanto fattori più incidenti come la soddisfazione del consumatore (intesa in termini di sapore e conservabilità) e l'identificazione del prodotto da parte del consumatore nel caso in cui sia stato soddisfatto, in modo da poter ripetere l'acquisto (Ferri, 2018; Ruíz Chacón e Iglesias Castellarnau, 2017).

Sotto questa prospettiva si nota una grande difficoltà da parte del mercato nel proporre un frutto che soddisfi davvero il consumatore. Nonostante ci sia stato un importante progresso del miglioramento genetico e dell'innovazione varietale avvenute negli ultimi 2 decenni, basati sul miglioramento della dolcezza, del calibro e del sovraccolore crescente. Ma uno dei motivi della riduzione di gradimento sta proprio in questi ultimi 2 fattori, il sovraccolore ed il calibro, che permettono di ottenere un frutto dall'aspetto soddisfacente che viene raccolto

anticipatamente, lontano dalla maturazione fisiologica, sia per anticipare sempre più la vendita, sia per evitare perdite dovute alla riduzione di consistenza. Ma tale pratica porta con sé un grande rischio che sfocia inesorabilmente nel proporre un frutto con sapore ed aroma non ottimali. Inoltre a questi problemi va aggiunto il fatto che, la completa standardizzazione di forme e colorazioni del frutto, aumenta la difficoltà da parte del consumatore che, nel caso in cui sia stato soddisfatto dal precedente acquisto, non riesce a trovare frutti con le stesse caratteristiche gustative. Di fatto acquista frutti con lo stesso aspetto ma con sapori completamente differenti (acido, equilibrato, dolce). Tutto questo porta alla disaffezione del consumatore al prodotto, con conseguente calo dei consumi (Ferri, 2018; Ruíz Chacón e Iglesias Castellarnau, 2017; Sansavini, 2018).

È necessaria quindi l'adozione di precisi parametri di raccolta basati su valori di durezza e contenuto in solidi solubili applicabili a seconda della destinazione e contemporaneamente sarebbe opportuno programmare un adeguato piano di comunicazione in modo da orientare il consumatore nella scelta (Ferri, 2018; Ruíz Chacón e Iglesias Castellarnau, 2017).

1.1.2 La peschicoltura nella Regione Marche

Nella Regione Marche il pesco risulta essere la specie arborea da frutto più coltivata, con una produzione che supera le 14 mila tonnellate, distribuite su 770 ettari per l'anno 2017 (ISTAT, 2018). La Regione Marche, nel 2017, si è collocata al 12° posto a livello nazionale con una produzione pari al 1,12% della produzione totale nazionale (Tab. 1).

Particolarmente rilevante è il dato riferito alla riduzione di superficie coltivata in regione che, nel decennio 2007-2017, ha subito una contrazione maggiore del 50%, passando da oltre 1800 ettari coltivati a circa 770 (ISTAT, 2018).

Il calo maggiore di produzione nel decennio 2007-2017 è stato indubbiamente registrato nel Nord delle Marche, nella provincia di Pesaro-Urbino, che è scesa dalle 5 mila tonnellate annue a poco più di 600 tonnellate. Decrementi importanti si notano anche al Sud con le provincie di Fermo ed Ascoli Piceno che insieme passano dalle 16 mila tonnellate del 2007 alle 11 mila tonnellate del 2017 (ISTAT, 2018) (Tab. 2).

Tabella 2: Si riportano le produzioni peschicole marchigiane suddivise per tipologia di frutto e per Provincia e l'incidenza percentuale che esse hanno sulla produzione regionale. Vengono messi a confronto gli anni 2007-2017. Nell'anno 2007 le produzioni della provincia di Fermo ed Ascoli vengono calcolate cumulativamente dal sito ISTAT, mentre per l'anno 2017 è possibile trovare il dato separato (ISTAT, 2018). P = Pesche; N = Nettarine.

Provincia	ANNO 2007				ANNO 2017			
	P. (t)	N. (t)	Prod. Tot. (t)	Incidenza sulla produzione regionale (%)	P. (t)	N. (t)	Prod. Tot. (t)	Incidenza sulla produzione regionale (%)
Pesaro	4.287,8	740,6	5.028,4	21,5	530	100	630	4,5
Ancona	1.137,9	381,9	1.519,8	6,5	743,3	300	1.043,3	7,4
Macerata	390,5	135,2	525,7	2,2	825	153	978	6,9
Ascoli	11.364,9	4.897	16.261,9	69,7	3.550	2.650	6.200	81,2
Fermo	--	--	--		3.460	1.779,2	5.239,2	

È nel Sud delle Marche che si concentra attualmente la maggioranza assoluta delle produzioni, con le provincie di Fermo ed Ascoli Piceno che insieme rappresentano l'81,2% della produzione totale marchigiana. Seguono la provincia di Ancona che arriva al 7,4%, la provincia di Macerata col 6,9% ed infine la provincia di Pesaro-Urbino col 4,5% (ISTAT, 2018).

Le provincie di Fermo ed Ascoli Piceno si confermano quindi i maggiori centri produttivi a livello peschicolo e più in generale frutticolo. Sono infatti caratterizzate da una tradizione produttiva che affonda le proprie radici lungo la Valdaso, uno degli areali produttivi della Regione più vocato alla frutticoltura. I confini delle 2 provincie sono rappresentati dal fiume Aso, corso d'acqua che dà il nome alla Valdaso. È in questa Valle che nascono, negli anni '20, i primi impianti intensivi di pesco, sul modello dei frutteti già avviati in Emilia Romagna. La spiccata vocazionalità dell'areale alla frutticoltura, ed in particolare alla peschicoltura, ha fatto sì che la Valdaso diventasse il punto di riferimento delle produzioni peschicole marchigiane, con diverse aziende che attualmente stanno modernizzando gli impianti, introducendo innovazioni utili al miglioramento della tecnica colturale ed attenti alla salvaguardia della sostenibilità ambientale.

1.2 La qualità dei frutti di pesco

Generalmente con il termine qualità si definisce un complesso insieme di caratteristiche quali: fisiche e meccaniche (peso, circonferenza e durezza della polpa), sensoriali (consistenza, contenuto in solidi solubili, acidità titolabile ed aroma), nutrizionali (tra i parametri più comuni troviamo il contenuto antiossidante totale ed il contenuto in polifenoli totale), fattori estetici (aspetto, difetti) e proprietà legate alla sicurezza alimentare (Crisosto e Costa, 2008). Le attuali regolamentazioni delle filiere e la domanda di mercato per il consumo fresco prevedono un frutto che risulti dall'aspetto perfetto e privo di difetti (Kyriacou e Roupael, 2017). È noto come i vari attori che intercorrono lungo la catena di produzione e vendita (produttori, venditori, consumatori) possono pesare in maniera differente sulle proprietà qualitative. Il produttore generalmente punta ad enfatizzare le caratteristiche qualitative che riguardano una resa alta, un calibro elevato del frutto, resistenza alle malattie e facilità di raccolta che viene effettuata in brevi intervalli (Crisosto e Costa, 2008; Tonutti, 2012). Dall'altra parte il consumatore tende generalmente a valutare parametri diversi dal produttore, riferibili all'aspetto, al sapore, all'aroma ed altre caratteristiche sensoriali, con un recente particolare interesse verso le caratteristiche nutrizionali e salutari. L'aspetto del frutto ed il calibro sono ovviamente le prime caratteristiche che attirano il consumatore, ma successivamente se il frutto presenta poco sapore, dolcezza ed aroma, il consumatore difficilmente ripeterà l'acquisto e rivolgerà l'attenzione verso altre specie (Crisosto, 2002; Tonutti, 2012).

Pertanto, per aumentare i consumi di pesco è importante non solo che il produttore si assicuri una buona resa produttiva, ma è vitale tener presente il comportamento del consumatore, in modo da incrementare il consumo fresco di pesco (Crisosto e Costa, 2008; Tonutti, 2012).

Inoltre, considerando che la qualità del frutto è massima al momento della raccolta, e non può essere migliorata nel post raccolta, sicuramente una migliore comprensione dei fattori influenti nel pre-raccolta ed una corretta gestione nel post-raccolta potrebbero aumentare il consumo di pesche nel futuro (Crisosto *et al.*, 1997; Kyriacou e Roupael, 2017).

I fattori incidenti nel pre-raccolta sono moltissimi. Per brevità possono essere schematizzati in 3 aspetti: genotipo, ambiente, tecnica colturale, (Fig. 3).

L'ambiente di coltivazione è generalmente un aspetto ritenuto fondamentale per lo sviluppo ottimale del frutteto e l'ottenimento di una buona produzione. Tuttavia, una coltivazione attenta non può prescindere da una ben ponderata scelta della cultivar e del portinnesto adatti

all'areale di coltivazione. Ed infine, il produttore deve adottare tutte le tecniche colturali più adeguate al fine di massimizzare la produzione e la qualità (Silvestroni *et al.*, 2012).

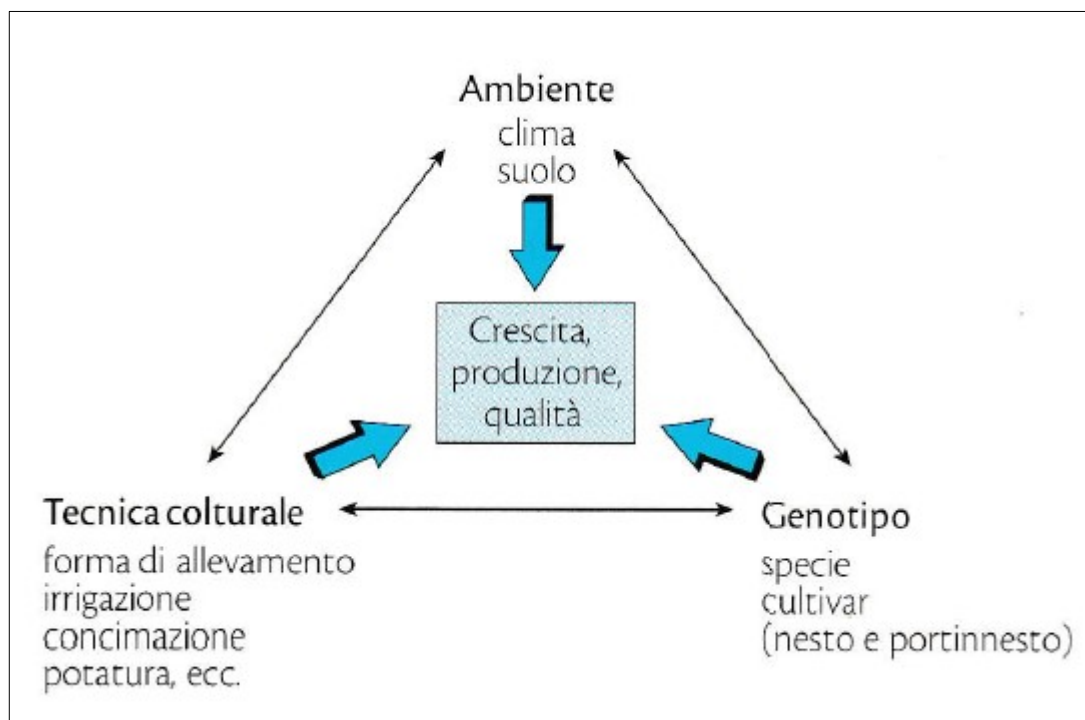


Figura 3: Rappresentazione schematica delle relazioni esistenti tra ambiente, tecnica colturale e genotipo (Silvestroni *et al.*, 2012).

1.2.1 Fattori genetici che influenzano la qualità del frutto

Lungo la durata della sua vita commerciale, la coltivazione efficiente di un pescheto è influenzata da diversi fattori come il sesto di impianto, le pratiche culturali, le condizioni ambientali e del suolo. Ma anche il materiale vivaistico usato per la propagazione gioca un ruolo fondamentale, poiché, se la qualità è scadente, essa può compromettere tutti gli altri fattori. La qualità della pianta è rappresentata da un insieme di caratteristiche bioagronomiche, genetiche e sanitarie che insieme costituiscono un frutteto in grado di raggiungere il potenziale di coltivazione più elevato (Loreti e Morini, 2008).

1.2.1.1 L'influenza della cultivar

La cultivar influenza in maniera significativa la produzione, il contenuto in solidi solubili, l'acidità titolabile, i valori nutrizionali e gli aspetti legati al post-raccolta (Crisosto *et al.*, 1997; Frecon *et al.*, 2002; Liverani *et al.*, 2002).

Il termine cultivar (*cultivated variety*), a livello internazionale, indica un insieme di piante coltivate chiaramente individuabile per un determinato carattere (fisiologico, morfologico, citologico, chimico) che si conserva nelle piante propagate vegetativamente. Una cultivar deve quindi essere distinta (che possieda uno o più caratteri specifici che permettano di distinguerla dalle altre della stessa specie), stabile (i caratteri devono rimanere stabili nel tempo, a seguito delle propagazioni successive) ed omogenea (tutte le piante che costituiscono la cultivar possiedono caratteristiche simili) (Bassi *et al.*, 2012).

Le cultivar di pesco sono caratterizzate da un breve periodo di maturazione e raccolta ed una breve shelf-life. Quindi, per avere successo sul mercato sono fondamentali cultivar con differenti epoche di maturazione, da aprile a settembre per l'emisfero nord, e da ottobre a marzo per l'emisfero sud (Okie *et al.*, 2008).

La resa produttiva rappresenta attualmente il determinante più importante su cui viene basato il successo di una cultivar ed è anche uno dei caratteri più difficili da selezionare nei programmi di breeding, poiché dipende non solo da fattori genetici ma anche dalle condizioni ambientali e dalla gestione del frutteto. Quindi le performance produttive devono necessariamente essere valutate nelle diverse regioni di produzione, nel corso delle stagioni e nell'arco della vita produttiva del frutteto (DeJong, 1998).

I programmi di breeding per pesche e nettarine si sono concentrati sulla selezione di tratti associati al calibro, colore e consistenza della polpa. Tali caratteri sono fondamentali per produttori e rivenditori poiché rendono il frutto attraente per il consumatore, resistente alla manipolazione nel post raccolta e con una maggiore shelf-life (Cantín *et al.*, 2010). Ma negli ultimi anni i programmi di miglioramento genetico si stanno concentrando anche sugli aspetti qualitativi che più interessano il consumatore (Cirilli *et al.*, 2016), anche se attualmente non è ancora stata rilasciata sul mercato una cultivar in grado di soddisfare contemporaneamente le esigenze del produttore, del rivenditore e del consumatore (Crisosto e Costa, 2008).

Le odierne esigenze di mercato hanno diversificato l'offerta del pesco con l'introduzione di cultivar con nuove caratteristiche che riguardano il colore della polpa, rossa o bianca, la bassa acidità, la consistenza e la forma sferica o piatta (Okie *et al.*, 2008).

Come strategia nel lungo termine comunque, i programmi di miglioramento genetico dovrebbero basarsi su specifici tratti che possano attrarre più categorie di popolazione. In particolare risulta molto interessante il rilascio di cultivar con specifiche caratteristiche organolettiche o nutrizionali, fondamentali da promuovere a livello di marketing perché molto attrattive per il consumatore (Crisosto e Costa, 2008; Kelley *et al.*, 2016). I consumatori apprezzano molto i cibi funzionali con proprietà che promuovono la salute (Harborne e

Williams, 2000; Noratto *et al.*, 2009) con effetti antiossidanti ed antitumorali (Orazem *et al.*, 2011a, b; Vizzotto *et al.*, 2014). Queste caratteristiche sono ritenute di grande importanza e sono diventate un obiettivo primario in molti programmi di selezione del pesco (Byrne, 2005; Byrne *et al.*, 2012; Cantín *et al.*, 2009, 2010). Negli ultimi anni sono state sviluppate nuove cultivar di pesche e nettarine con l'obiettivo di ottenere frutti con un colore della polpa più intenso ed una consistenza fondente, buona pezzatura, durezza ed aroma (Legua *et al.*, 2011; Fu *et al.*, 2011; Nicotra *et al.*, 2002; Cantín *et al.*, 2010). I programmi di incrocio hanno fatto importanti passi avanti soprattutto sul miglioramento qualitativo dei frutti di pesche e nettarine platicarpe (*Prunus persica* L. Batsch var. *platycarpa* L.H. Bayley), concentrandosi sul colore, la pezzatura e l'ampliamento del calendario di maturazione. È noto che pesche e nettarine contengono differenti composti bioattivi con attività antiossidante come polifenoli e carotenoidi (Gullo *et al.*, 2014; Nichenametla *et al.*, 2006; Romandini *et al.*, 2008; Saura-Calixto e Goni, 2009), con considerevoli differenze tra le diverse cultivar (Tomás-Barberán e Espín, 2001; Gil *et al.*, 2002; Cevallos-Casals *et al.*, 2006; Vizzotto *et al.*, 2007; Cantín *et al.*, 2009; Di Vaio *et al.*, 2008). Mentre le informazioni sulle pesche e nettarine platicarpe non sono ancora molto approfondite riguardo al contenuto dei composti bioattivi e dell'attività antiossidante in queste recenti cultivar (Nicotra *et al.*, 2002; Cantín *et al.*, 2010). Su pesco i breeder stanno puntando ad ottenere cultivar con contenuti polifenolici ed antiossidanti maggiori rispetto alle cultivar già esistenti (Cevallos-Casals *et al.*, 2006; Di Vaio *et al.*, 2014). Uno studio afferma che non solo la cultivar ma anche la tipologia influisce sulla qualità del frutto. Le pesche e nettarine platicarpe attualmente in commercio, rispetto a pesche e nettarine standard, presentano migliori caratteristiche organolettiche (soprattutto un contenuto in solidi solubili più elevato) ed un profilo nutrizionale migliore (Di Vaio *et al.*, 2014).

Oltre all'aspetto nutrizionale troviamo anche la concentrazione di solidi solubili come uno dei maggiori aspetti di interesse per il consumatore. Questo tratto è in via di sviluppo nelle nuove cultivar in modo da attrarre maggiormente il consumatore ed invertire le tendenze di mercato (Cirilli *et al.*, 2016).

In alcune specie come il melo i frutti vengono commercializzati col nome della cultivar e questo porta il consumatore a riconoscere immediatamente il prodotto al momento dell'acquisto ma porta a diffidenze nell'accettare nuove cultivar non ancora conosciute. I frutti di pesco invece non sono commercializzati tramite il nome della cultivar, questo permette ai programmi di miglioramento di rilasciare più facilmente nuove cultivar con caratteristiche migliorate che vengono maggiormente gradite dal consumatore, con potenziale modifica delle tendenze dei consumi (Okie *et al.*, 2008).

1.2.1.2 L'influenza del portinnesto

Per conoscere l'adattabilità del pesco a diverse condizioni pedoclimatiche e a nuovi sistemi di allevamento intensivi che migliorano la produttività, la qualità e l'efficienza di lavoro, è necessaria prima di tutto la valutazione della risposta di combinazione tra cultivar e portinnesto in differenti condizioni di crescita (DeJong *et al.*, 2005; Reighard e Loreti, 2008). La tecnica dell'innesto permette di unire in un unico individuo due genomi distinti al fine di formare una nuova pianta che rappresenta un complesso genomico in cui le due parti fuse anatomicamente mantengono le caratteristiche individuali, ma nel complesso la nuova pianta può avere un comportamento vegeto-riproduttivo che è frutto dell'interazione dei due diversi genomi (Fiorino, 2012).

In Europa gli ibridi interspecifici di *Prunus spp.* e susini hanno rimpiazzato il pesco [*P. persica* (L.) Batsch] come portinnesto preferito per le marze di pesco e stanno diventando interessanti anche nelle maggiori aree di produzione del Nord America. I portinnesti più diffusi sono ottenuti da *Prunus spp.* all'interno della sezione tassonomica di *Euamygdalus Schneid.*, che include piantine di pesco da seme (*P. persica*), piantine di mandorlo da seme [*P. dulcis* (Mill.) D.A. Webb], *P. davidiana* (Carr.) Franch., ed ibridi interspecifici di *P. persica* × *P. armeniaca* e *P. persica* × *P. davidiana* (Reighard e Loreti, 2008).

L'innesto del pesco è compatibile con molte selezioni di portinnesti di *Prunus spp.* da sezioni di *Euprunus* come *P. insititia* L. (susino selvatico), *P. spinosa* L., *P. domestica* L. (susino europeo), *P. salicina* Lindl (susino giapponese), e *P. cerasifera* Ehrh (mirabolano) (Zarrouk *et al.*, 2006). Fondamentale è testare l'effetto del portinnesto per quanto riguarda la compatibilità di innesto, la crescita ottimale della pianta, la produzione e la qualità dei frutti in condizioni standard di crescita del frutteto. Questo è possibile tramite l'innesto di una marza di pesco a gemma vegetante e la verifica del comportamento vegetativo e produttivo prima del rilascio del portinnesto sul mercato (Reighard *et al.*, 2015).

Ibridi di mandorlo × pesco come GF677 sono comunemente utilizzati nei paesi mediterranei poiché sono tolleranti verso i suoli calcarei e la clorosi ferrica (Molassiotis *et al.*, 2006) e sono compatibili per l'innesto con la maggior parte delle cultivar di pesco (Giorgi *et al.*, 2005).

Gli ibridi di mandorlo sono impiegati per il vigore e l'adattabilità in suoli poveri con pH elevati ed in condizioni di ristoppio (Jimenez *et al.*, 2011; Tsipouridis e Thomidis, 2005).

È stato ampiamente dimostrato, con diversi studi, come il portinnesto influenzi i tratti produttivi, qualitativi e nutrizionali della cultivar innestata.

L'anatomia dello xilema e lo scambio di ormoni endogeni tra gli organi della pianta rappresentano il meccanismo centrale attraverso il quale il portinnesto ed il nesto interagiscono e questo influenza vari aspetti della produzione e della qualità del frutto (Jackson, 1993; Tombesi *et al.*, 2010).

Gli studi condotti su *Prunus* spp. mostrano che il portinnesto influenza le performance delle cultivar innestate per moltissimi aspetti quali: l'assorbimento dell'acqua e dei minerali, gli scambi gassosi fogliari, l'epoca di fioritura e la resistenza delle gemme a fiore, il vigore della pianta, la resa produttiva, la grandezza del frutto, l'epoca di maturazione, e la produzione in generale (Basile *et al.*, 2007; Zarrouk *et al.*, 2005).

Dal punto di vista del frutto il portinnesto ne influenza la grandezza, l'epoca di maturazione, la concentrazione di zuccheri, acidi organici e polifenolici, indipendentemente dal tipo di cultivar o dalle condizioni di ristoppio o non ristoppio (Orazem *et al.*, 2011a,b).

È stato dimostrato che esistono relazioni tra la capacità di assorbimento del portinnesto e la grandezza finale della pianta (area della sezione trasversale del fusto, TCSA) con i tratti qualitativi del frutto, la composizione minerale ed i tessuti fogliari (Byrne *et al.*, 1991; Caruso *et al.*, 1993; Di Vaio *et al.*, 2001). Inoltre è dimostrato che il portinnesto influenza il contenuto di solidi solubili, l'acidità titolabile e la durezza della polpa, tre aspetti fondamentali della qualità organolettica della cultivar (Albas *et al.*, 2004; Caruso *et al.*, 1996; Giorgi *et al.*, 2005; Loreti e Massai, 2002; Remorini *et al.*, 2008). Il portinnesto influenza anche la componente nutrizionale come l'attività antiossidante che dipende anche dall'epoca di maturazione e dalle condizioni di stoccaggio nel post-raccolta (Di Vaio *et al.*, 2001; Giorgi *et al.*, 2005; Remorini *et al.*, 2008).

Come già affermato il portinnesto influenza la vigoria della pianta.

La spinta vegetativa indotta dal portinnesto, supportata da un andamento climatico favorevole, influenza la stagione vegetativa e riproduttiva. Portinnesti vigorosi possono ritardare sensibilmente la caduta delle foglie e la dormienza della pianta. L'eccesso di vigoria può rappresentare un problema soprattutto in ambienti favorevoli alla crescita vegetativa, come nel sud Italia, dove le condizioni climatiche miti unite alla carenza di validi portinnesti deboli, porta ad avere difficoltà nella gestione della chioma con conseguenti interventi di potatura verde (Caruso *et al.* 2008a).

È stato dimostrato che un'eccessiva vigoria della pianta può influenzare negativamente la qualità del frutto (Giorgi *et al.*, 2005). Al contrario i portinnesti nanizzanti possono generalmente traslocare più efficientemente i prodotti della fotosintesi verso i frutti grazie ad una minore competizione con le strutture vegetative che invece troviamo nei portinnesti

vigorosi (Chalmers e Ende, 1975; Font i Forcada *et al.*, 2012; Gullo *et al.*, 2014). La vigoria influenza ovviamente la fotosintesi attraverso la distribuzione e l'intercettazione della luce all'interno della chioma. Un'eccessiva vigoria ha ripercussioni negative sulla grandezza del frutto, il colore, il contenuto di solidi solubili e l'attività antiossidante, a causa dell'eccessivo ombreggiamento e della conseguente diminuzione di fotosintesi (Font i Forcada *et al.*, 2012; Gullo *et al.*, 2014; Marini *et al.*, 1991).

Ma non è solo il vigore ad influenzare la qualità del frutto: portinnesti caratterizzati da simili vigorie di crescita portano all'ottenimento di frutti con proprietà nutrizionali differenti (attività antiossidante e fitochimica), questo indica che non è solo il vigore ad incidere sulle proprietà qualitative e nutrizionali del frutto (Gil *et al.*, 2002; Giorgi *et al.*, 2005; Minas *et al.*, 2018).

1.2.2 Fattori ambientali che influenzano la qualità del frutto

La scelta dell'areale in cui impiantare il frutteto è di primaria importanza in quanto le influenze ambientali incidono in maniera preponderante sulla fisiologia della pianta in termini di respirazione e fotosintesi, sullo sviluppo vegetativo e sul comportamento produttivo e qualitativo dei frutti. Le interazioni esistenti tra pianta, suolo e fattori ambientali (temperatura, luce, risorse idriche,...) unite all'accresciuta consapevolezza della dinamicità del clima sono attualmente oggetto di attenti studi e discussioni. Fondamentale è il concetto di vocazionalità ambientale che può essere espressa come l'idoneità di un determinato areale ad ospitare una specifica coltura, consentendole di produrre in maniera adeguata sia sotto l'aspetto qualitativo che quantitativo.

Ciascuna specie riesce ad adattarsi alle varie condizioni climatiche e pedologiche del suo specifico areale di coltivazione, sia grazie alla variabilità genetica data dalle numerose cultivar esistenti (come accade per la vite, l'olivo ed il pesco) che per gli interventi colturali che vengono adottati per correggere eccessi o carenze dell'ambiente naturale (Silvestroni *et al.*, 2012).

I processi fisiologici e metabolici che influiscono sulla qualità del frutto sono senza dubbio influenzati dal genotipo (interazione tra innesto e nesto) e dalla gestione del frutteto che comprende diversi aspetti quali l'irrigazione (Bryla *et al.*, 2005; Crisosto *et al.*, 1994), la fertilizzazione (Jia *et al.*, 1999), potatura e forma di allevamento (Farina *et al.*, 2005; Kumar *et al.*, 2010; Luchsinger *et al.*, 2002), gestione del diradamento (Berman e DeJong, 1996).

Ma oltre a questi aspetti si inseriscono anche le variabili ambientali come la temperatura, le precipitazioni, la radiazione solare, il fotoperiodo e il profilo del suolo, tutti aspetti che influiscono sull'ambiente di crescita e che portano ad un'ampia variazione nella qualità del frutto alla raccolta (Lopresti *et al.*, 2014; Silvestroni *et al.*, 2012).

Una bassa variabilità ambientale permette di gestire più facilmente le scelte da effettuare per la realizzazione dell'impianto in quanto le esperienze di gestione del frutteto sono facilmente ripetibili e trasferibili ad aziende dello stesso areale, essendo le condizioni ambientali poco mutabili. Quindi, una volta definita la specie e le cultivar adatte e verificate le loro performance produttive e qualitative nell'areale specifico, le scelte imprenditoriali possono essere indirizzate in base alle richieste di mercato. Dall'altra parte c'è da dire che la variabilità ambientale non è necessariamente un fattore negativo, in quanto permette di articolare una più ampia offerta frutticola, aspetto su cui si basano le produzioni definite tipiche locali. Sebbene l'elevata variabilità climatica e pedologica costringa ad una più attenta valutazione della specie e delle cultivar da adottare, in realtà presenta il vantaggio di poter coltivare specie con esigenze ecologiche molto differenti tra loro. Questa condizione si verifica in Italia, dove, l'ampia variabilità climatica ed ambientale permette la coltivazione di specie e collezioni varietali molto diversificate, con un'ampia distribuzione del calendario varietale. Aree di coltivazione con caratteristiche ambientali differenti portano all'ottenimento di frutti con caratteristiche distinguibili sia dal punto di vista della produzione che della composizione (Silvestroni *et al.*, 2012)

Sono innegabili le variazioni di qualità del frutto in diverse stagioni di crescita ed in diverse località, sulle piante dello stesso frutteto ed all'interno della stessa pianta in diverse condizioni (Minas *et al.*, 2018).

Una sperimentazione condotta in Spagna, ha preso in esame diversi aspetti ambientali quali l'accumulo invernale di ore in freddo, le precipitazioni e le temperature minime, medie e massime primaverili ed estive in diverse aree della Regione della Murcia. Queste differenze climatiche hanno portato a registrare differenti performance sulla stessa cultivar. In particolare i dati registrati su alcune cultivar platicarpe hanno fatto emergere problemi legati allo scarso adattamento climatico. Questi problemi, dati dalla mancanza di accumulo di ore in freddo, hanno portato alla mancanza di uniformità di fioritura e di allegagione, cascola durante il periodo di sviluppo del frutto, rischio di danni da gelo, tendenza del frutto e del nocciolo a spaccare (Romeu *et al.*, 2015).

Il clima e le condizioni stagionali hanno sicuramente un alto impatto sulla data di raccolta, sui modelli di crescita del frutto e sulla grandezza finale del frutto alla raccolta (Lopez *et al.*,

2007; Lopez e Dejong, 2007; Marra *et al.*, 2002; Wert *et al.*, 2009). Ad esempio, alte temperature primaverili, nei primi 30 giorni successivi alla fioritura, influiscono fortemente sul tasso di crescita dei frutti di pesco, sul tempo e sulla grandezza alla raccolta e, se il potenziale di crescita del frutto non viene soddisfatto in questa prima fase, non potrà poi essere recuperato nell'ultima parte della stagione di crescita. Da ciò si suppone che la crescita e lo sviluppo del frutto durante questo periodo siano fortemente legate ai cambi di temperatura (Dejong, 2005; Lopez *et al.*, 2007).

Nella scelta dell'areale di coltivazione è importante valutare quindi la necessità di ore in freddo della cultivar. La mancanza di temperature fredde in regioni più miti ed il succedersi di anni caldi in regioni medio-fredde può causare un tardivo e basso tasso di schiusura delle gemme, una non omogeneità di fioritura ed emissione foglie. Tutti questi problemi crescono nel corso degli anni ed influenzano la produttività e nel lungo periodo incidono anche sulla salute della pianta (Romeu *et al.*, 2015).

Studi hanno dimostrato come temperature più basse portano alla produzione di un frutto di grandezza maggiore (Johnson *et al.*, 2015), mentre temperature più alte nella prima fase di crescita del frutto ne riducono il periodo di crescita (Ben Mimoun e DeJong, 1999; Wert *et al.*, 2009) e la grandezza alla raccolta (Lopez *et al.*, 2007).

Diversi studi riportano l'interazione tra la produttività potenziale di alcune cultivar, in termini di fioritura e carico produttivo lungo il ramo, e l'ambiente (Milatovic *et al.*, 2010; Okie e Werner, 1996; Pérez González, 1993, 2004; Werner *et al.*, 1988; Wert *et al.*, 2007).

L'ambiente di coltivazione influenza non solo gli attributi produttivi ma anche quelli qualitativi, come il contenuto di zuccheri e composti fitochimici (Cantín *et al.*, 2009; Wert *et al.*, 2009). Inoltre, tra i fattori ambientali incidenti sulla crescita del frutto si inserisce anche l'altitudine in quanto con essa aumentano le differenze di temperatura giorno/notte e le lunghezze d'onda della radiazione solare e tutto questo influisce sulla maturazione del frutto. Uno studio ha dimostrato come l'aumentare dell'altitudine ha portato all'aumento del sovraccolore rosso e dell'attività antiossidante nella buccia del frutto (Karagiannis *et al.*, 2016).

Concentrando l'attenzione sulla situazione italiana, nelle maggiori aree produttive conosciute, si può notare come al sud, a differenza del nord, si riscontri una maggiore eliofanìa ed intensità luminosa, mentre il tasso di umidità atmosferica è tendenzialmente più basso. Inoltre, si rileva, nel corso dell'anno, un maggiore periodo di differenziazione, crescita e sviluppo degli organi vegetativi e riproduttivi che per alcune aree si estende da febbraio a novembre.

Ciò che ne deriva è la possibilità di sfruttare un maggior numero di cultivar che possono andare a coprire un più ampio calendario di maturazione.

La precocità delle cultivar ha poi influenze sul ciclo biologico annuale. Nelle cultivar extra-precoci, dove la piena fioritura è raggiunta a metà febbraio e la maturazione a metà maggio, non troviamo la competizione dei frutti con gli organi vegetativi, poiché la raccolta così precoce fa sì che la pianta prosegua indisturbata la vegetazione dopo la raccolta per ulteriori 5-6 mesi senza i frutti che attraggono i fotosintetati. Quindi la raccolta precoce favorisce la vegetazione e con portinnesti vigorosi e cultivar particolarmente fertili può verificarsi che si differenzino gemme a fiore anche su porzioni di ramo emessi ad inizio autunno e che evolvono a frutto nell'anno successivo.

Diverso è il comportamento in cultivar extra tardive in cui troviamo competizione tra frutti e organi vegetativi. In queste cultivar, i cui frutti possono maturare a metà ottobre, una volta effettuata la raccolta, in concomitanza con il decorso mite della stagione e la fertirrigazione protrattasi fino a fine estate per supportare la crescita del frutto, le piante emettono vegetazione anche per buona parte del periodo autunnale.

Le differenze climatiche rendono quindi differente la gestione del frutteto negli areali del nord Italia rispetto al sud (Caruso *et al.* 2008a).

1.2.3 Fattori colturali che influenzano la qualità del frutto

Il pesco è una coltura frutticola arborea largamente diffusa nei climi temperati. Quest'ampia diffusione in differenti areali fa sì che siano state sviluppate moltissime tecniche di coltivazione relative alla gestione del frutteto (combinazioni di cultivar e portinnesto, forme di allevamento e sesto d'impianto). Ognuna delle differenti tecniche sviluppate può portare a potenziali produttivi diversi (Corelli-Grappadelli e Marini, 2008). Questo è quello che si è verificato negli ultimi decenni in Italia. A partire dagli anni '80 infatti si è registrato uno spostamento delle produzioni del Paese dal Settentrione al Mezzogiorno dove, nuove disponibilità idriche in aree precedentemente dedicate a colture erbacee, unite al calo di coltivazione di altre specie (agrumi, mandorlo, vite...), hanno permesso l'affermarsi e l'espandersi della coltivazione del pesco, precedentemente diffuso solo nelle aree più continentali del territorio italiano. Inizialmente i nuovi impianti realizzati si sono avvalsi di tecniche importate dall'Emilia Romagna e dal Veneto, ma a partire dagli anni '90 è stata

chiara la necessità di sviluppare una tecnica colturale specifica adatta all'areale di coltivazione meridionale (Caruso *et al.*, 1992).

La conoscenza delle condizioni specifiche dell'areale è fondamentale ai fini della corretta progettazione di un nuovo impianto. Ad esempio, la densità di impianto e la forma di allevamento possono essere condizionate dalla disponibilità idrica che va ad influenzare la vigoria delle piante (Fideghelli, 2009) con conseguenti effetti sulla qualità del frutto (Chalmers e Ende, 1975; Font i Forcada *et al.*, 2012; Giorgi *et al.*, 2005; Gullo *et al.*, 2014).

1.2.3.1 L'influenza della gestione della chioma e del carico produttivo

La scelta tra le diverse tipologie di impianto deve tener conto di un'attenta analisi dei fattori agronomici rapportati al contesto di riferimento, in quanto la densità di impianto, la forma di allevamento, il sistema di potatura e diradamento devono rappresentare il miglior compromesso tra la produttività dell'impianto e i costi dell'unità di prodotto (Caruso *et al.*, 2008b; DeJong *et al.*, 2008; Reginato *et al.*, 2008).

- DENSITÀ DI IMPIANTO:

Densità elevate di impianto permettono di ottenere più rapidamente rese maggiori per unità di suolo nei primi anni dall'impianto e questo contribuisce in maniera significativa all'ottenimento di maggiori rese per ettaro (Corelli-Grappadelli e Marini, 2008), ma questo vantaggio viene mantenuto solo per un determinato lasso di tempo, che uno studio ha quantificato in circa 6 anni (Robinson *et al.*, 2006). Anche altri studi affermano che il vantaggio produttivo ottenuto con l'alta densità viene mantenuto solo per pochi anni (Caruso *et al.*, 1999b; Corelli-Grappadelli e Marini, 2008) poiché il peso del frutto diminuisce, in compenso però aumenta la qualità complessiva del frutto con particolare rilievo per la colorazione (Caruso *et al.*, 1999a; Robinson *et al.*, 2006). Inoltre, l'alta densità deve essere gestita con l'utilizzo di portinnesti che controllino la vigoria delle piante, altrimenti, in ambienti particolarmente favorevoli alla crescita vegetativa, sono necessari intensi ed onerosi interventi di potatura estiva (Dejong *et al.* 1999, 1994; Loreti e Massai, 2002). Gli studi affermano che la densità ottimale, in grado di massimizzare la resa produttiva e la qualità del frutto non dovrebbe superare le 1500 piante/ettaro (Caruso *et al.*, 1999a; Robinson *et al.*, 2006).

- FORMA DI ALLEVAMENTO E POTATURA

Oltre alla densità, fondamentale è la scelta della forma di allevamento della pianta.

In natura il pesco, se lasciato libero di vegetare assumerebbe l'aspetto di un cono rovesciato, affusolato o globoso in relazione al portamento dell'albero. Più la forma di allevamento imposta alla pianta si allontana dall'habitus di crescita naturale della specie e maggiori saranno gli interventi necessari per la sua gestione con conseguente dispendio di tempo ed energie (Caruso *et al.*, 2008a).

A partire dagli anni 50, in Italia è stata introdotta la palmetta a branche oblique, una forma di allevamento che, rispetto al vaso classico, ha permesso di introdurre importanti criteri che hanno costituito le basi della peschicoltura moderna. I principi innovativi caratterizzanti questa forma di allevamento sono:

- limitare al massimo gli interventi di potatura nella fase di allevamento per raggiungere più rapidamente il massimo sviluppo, nonostante la palmetta rappresenti una forma nettamente lontana da quella naturale rispetto al vaso;
- la forma di allevamento viene studiata ed adattata all'utilizzo della meccanizzazione;
- vengono aumentate le densità di impianto per sfruttare più rapidamente ed al massimo le potenzialità del frutteto;

Questi principi sono stati, da allora, adottati per tutte le forme di allevamento che, dagli anni '60 ad oggi, sono state introdotte nella peschicoltura italiana ed hanno fortemente influito sulla eccezionale espansione della peschicoltura in Italia.

In generale le forme di allevamento possono essere riassunte in 3 tipi:

- forme in volume: vaso;
- forme a parete inclinata: "Y"
- forme a parete verticale: palmetta e fusetto (Fideghelli, 2009).

Le diverse forme e volumi della chioma possono avere influenze sulla qualità dei frutti e sulla loro uniformità alla raccolta (Dejong *et al.*, 1994; Grossman e DeJong, 1998).

La produttività del pescheto è ovviamente influenzata dalla relazione tra la progettazione del frutteto nel suo complesso e la luce disponibile. L'intercettazione luminosa e la sua adeguata distribuzione all'interno della chioma sono quindi aspetti di primaria importanza per un'adeguata produzione (Corelli-Grappadelli e Marini, 2008). Infatti l'efficienza di una forma di allevamento può essere valutata attraverso la capacità di penetrazione ed utilizzo della luce, così da massimizzare l'assimilazione dei fotosintetati e di distribuirli all'interno della chioma (Dejong *et al.*, 1999; Robinson e Lakso, 1991). La distribuzione della luce all'interno della chioma influenza molteplici fattori quali la differenziazione delle gemme a fiore, l'allegagione dei frutti e la qualità dei frutti alla raccolta (in particolare la pezzatura, il colore della buccia e il contenuto in solidi solubili) (Corelli-Grappadelli e Coston, 1991; Marini *et*

al., 1991). Purtroppo, attualmente poche sono le conoscenze relative agli effetti della forma di allevamento sulla qualità del frutto, in particolare sulla qualità nutrizionale e sul gradimento da parte del consumatore (Minas *et al.*, 2018).

Il mantenimento della forma di allevamento è possibile tramite la potatura che può essere effettuata nel periodo di riposo vegetativo (autunno-inverno) (Grossman and DeJong, 1998), oppure nel periodo estivo per controllare la vegetazione eccessiva e migliorare la qualità del frutto e la colorazione attraverso una migliore distribuzione della luce nella chioma (Day *et al.*, 1989).

Anche la potatura ha un ruolo importante sulla qualità del frutto.

La forte richiesta da parte del mercato peschicolo di frutti con una colorazione rossa porta i produttori ad effettuare la potatura estiva, in quanto i costi maggiori di gestione possono essere ammortizzati dalla vendita di un quantitativo più elevato di prodotto perché più apprezzato (Layne *et al.*, 2001).

La rimozione dei succhioni e delle foglie intorno al frutto nel pre-raccolta può migliorare la colorazione del frutto e la grandezza, senza interessare il contenuto in solidi solubili (Day *et al.*, 1989; Myers, 1993), anche se l'intervento non deve essere eccessivo, in quanto una rimozione fogliare troppo spinta in prossimità della raccolta può causare sia un peggioramento produttivo in termini di pezzatura, sia qualitativo, in termini di diminuzione del contenuto in solidi solubili (Crisosto *et al.*, 1997; Crisosto and Costa, 2008).

- DIRADAMENTO E POSIZIONE DEL FRUTTO NELLA CHIOMA

La potatura gioca quindi un ruolo cruciale per l'ottenimento di una produzione di qualità, ma ad essa si deve necessariamente aggiungere la pratica del diradamento, poiché il pesco, anche quando viene potato adeguatamente, riesce comunque ad allegare un numero molto elevato di frutti che, se lasciati liberi di crescere, entrerebbero in competizione e non raggiungerebbero una grandezza commerciale appropriata. L'importanza del carico produttivo si esplica con effetti importanti sulla pezzatura, sull'epoca di maturazione e sulla qualità del frutto (Marini, 2003). Sono da privilegiare le forme di allevamento, potatura e diradamento che mantengono i frutti vicini agli organi fotosintetici, in modo da migliorare la qualità del frutto (Bussi e Plenet, 2012). Infatti se si aumenta la distanza tra le foglie e i frutti si notano resistenze e limitazioni nella traslocazione dei fotosintetati con conseguenze sulla crescita del frutto (Génard *et al.*, 2008). La pezzatura del frutto è influenzata positivamente dall'area fogliare per frutto (Marini e Sowers, 1994) e negativamente da un elevato numero di frutti per pianta (Inglese *et al.*, 2002; Johnson e Handley, 1989). Quindi, sebbene il diradamento sia una pratica molto dispendiosa per il produttore, risulta comunque necessaria per aumentare la

pezzatura ed ottenere un buon riscontro sul mercato e conseguente ritorno economico (Johnson e Handley, 1989; Marini e Sowers, 1994).

Diversi studi si sono concentrati sul carico produttivo per indagare come varia la qualità del frutto. È stato notato che diversi carichi produttivi influenzano anche la maturazione del frutto. In particolare, un maggiore carico produttivo porta a ritardare la maturazione e di conseguenza la raccolta (Gradziel e McCaa, 2008; Reginato *et al.*, 2007). Questo porta a comprendere che, per valutare la qualità nelle prove di diradamento, i frutti dovrebbero essere raccolti non nello stesso giorno ma bensì in giorni diversi ma con lo stesso grado di maturazione. Anche se frutti raccolti in giorni diversi potrebbero risentire di diverse condizioni atmosferiche. Tutti questi aspetti rendono ancora difficile lo studio dei parametri qualitativi legati alla gestione del frutteto (Minas *et al.*, 2018).

Importante ai fini della produttività e della qualità del frutto è anche la posizione dei frutti all'interno della chioma. Se infatti i frutti vengono lasciati vicino a germogli in crescita attiva o altri frutti (entrambi sono forti attrattori di fotosintetati) possono risentire negativamente della competizione con questi organi (Corelli-Grappadelli e Coston, 1991).

È dalla luce intercettata da ogni parte della chioma che dipende la resa della pianta (Palmer, 2011) e la qualità del frutto dipende dalla sua posizione all'interno della chioma (Corelli-Grappadelli e Marini, 2008). La posizione del frutto all'interno della chioma ne influenza la grandezza, il sovraccolore rosso e la data di maturazione (Basile *et al.*, 2007; Crisosto e Costa, 2008; Forlani *et al.*, 2002; Giaccone *et al.*, 2015), oltre alle qualità sensoriali e nutrizionali come la capacità antiossidante totale e la concentrazione totale di polifenoli, che sono strettamente collegate al sovraccolore rosso della buccia (Gullo *et al.*, 2014).

Generalmente, la qualità e la grandezza del frutto diminuiscono passando dagli strati superiori a quelli inferiori della chioma, anche quando la competizione tra i frutti è ridotta al minimo (Basile *et al.*, 2007). Ad esempio, il contenuto in solidi solubili diminuisce scendendo dalla cima della chioma agli strati più bassi, indipendentemente dal tipo di forma di allevamento o portinnesto adottato, probabilmente questo è dovuto alla diminuzione di intercettazione luminosa degli strati più bassi della chioma (Farina *et al.*, 2005; Gullo *et al.*, 2014), anche se uno studio ipotizza che possa essere dovuto a cambiamenti dei segnali ormonali correlati alla posizione del frutto (Chalmers e Ende, 1975).

Differenze di contenuto in solidi solubili, acidità titolabile e pezzatura sono stati osservati anche rispetto alla posizione interna o esterna del frutto nella chioma di piante allevate a vaso (Marini *et al.*, 1991).

Gli studi sulla qualità del frutto sono stati affrontati anche per quanto riguarda la posizione del frutto lungo il ramo (Murri *et al.*, 2013, 2015). Le fonti bibliografiche non sono ancora concordi sull'influenza della posizione sulla pezzatura del frutto. Uno studio afferma che la pezzatura sia minore per frutti posti nella porzione distale del ramo misto (Corelli-Grappadelli and Coston, 1991), mentre un altro lavoro afferma che non si registrano differenze di grandezza dovute alla posizione del frutto lungo il ramo (Marini and Sowers, 1994).

Inoltre uno studio ha evidenziato come cambi la qualità in funzione della posizione del frutto lungo il ramo associata alla vigoria del ramo misto. I frutti che si trovano nella porzione basale di rami misti vigorosi ed inclinati verso l'alto possono presentare un contenuto in solidi solubili maggiore (a volte anche più di 1 °Brix) rispetto a frutti posti nella porzione distale di rami misti deboli ed inclinati verso il basso (Murri *et al.*, 2013, 2015).

Tutti gli studi mostrano come le diverse tecniche adottate possono portare a potenziali produttivi e qualitativi molto diversi tra loro.

1.2.3.2 L'influenza dell'irrigazione

Un fattore importante che influenza la resa e la qualità dei frutti di pesco è la gestione dell'irrigazione ed il controllo dello stress idrico, i cui effetti sono stati ampiamente studiati (Crisosto *et al.*, 1994; Besset *et al.*, 2001; Mercier *et al.*, 2009; Lopez *et al.*, 2011).

Una delle maggiori preoccupazioni a livello mondiale riguarda la scarsità d'acqua che affligge molte aree agricole del mondo. Pertanto, la gestione dell'irrigazione deve essere effettuata nel modo più efficiente possibile, al fine di risparmiare acqua e massimizzarne la produttività (Feres e Soriano, 2007; Dichio *et al.*, 2011).

In Italia il settore agricolo assorbe circa il 60% dell'acqua totale consumata, avvalendosi spesso di metodi di distribuzione e tecniche tali da comportare notevoli sprechi. In molte zone frutticole i metodi impiegati, hanno ancora una bassa efficienza, 40-50% circa, anche se si sta registrando una buona diffusione dei metodi localizzati (microirrigazione) che raggiungono un'efficienza pari al 90-95% (Xiloyannis *et al.*, 2005, 2006, 2012).

Secondo le ultime previsioni sui cambiamenti climatici in diverse aree del Mediterraneo ci si possono aspettare meno precipitazioni e temperature più elevate e questo porterà necessariamente ad un incremento della siccità. Tali condizioni climatiche richiedono uno sforzo per ottimizzare le tecnologie attualmente disponibili e migliorare l'efficienza di gestione dell'acqua (Utset Suastegui, 2008).

L'importanza che l'acqua riveste all'interno di una coltivazione è data dal fatto che essa rappresenta il costituente principale delle piante e da essa dipendono molte funzioni vitali. Le

cellule vegetali presentano un contenuto d'acqua che può variare dal 10% nei semi secchi al 95% nelle giovani foglie ed in alcuni frutti. Inoltre dall'80 al 90% del peso dei tessuti in fase di crescita è rappresentato da acqua. Le molteplici funzioni in cui l'acqua è coinvolta possono essere brevemente riassunte in:

- è la principale componente delle reazioni biochimiche che caratterizzano i processi fotosintetici e traspirativi;
- è responsabile della pressione di turgore all'interno della cellula vegetale;
- regola l'apertura e la chiusura degli stomi, attraverso il turgore delle cellule di guardia, controllando così l'entità della traspirazione e della fotosintesi;
- è responsabile della riduzione della temperatura dei tessuti che avviene attraverso la sua evaporazione nel corso della traspirazione, soprattutto nelle foglie;
- funge da solvente per i gas, i minerali e le sostanze nutritive che si muovono all'interno della pianta (Xiloyannis *et al.*, 2005, 2012).

In funzione dell'importanza assoluta delle funzioni elencate è possibile capire come sia necessario mantenere entro livelli ottimali i contenuti idrici nei tessuti della pianta. Una situazione di carenza idrica, dovuta alla riduzione del contenuto idrico del suolo che non permette un assorbimento sufficiente a controbilanciare le perdite per traspirazione, porta necessariamente ad influenzare tutte le funzioni della pianta in cui l'acqua gioca un ruolo fondamentale.

La carenza idrica può essere definita in termini fisiologici con una riduzione della divisione e distensione cellulare, della traspirazione, della fotosintesi e dell'accumulo delle sostanze di riserva. Mentre dal punto di vista agronomico si verifica una riduzione dell'attività vegetativa, della produttività e della qualità dei frutti. È essenziale conoscere il comportamento delle varie specie in funzione della carenza idrica del terreno. Il comportamento del pesco viene definito anisoidrico, ovvero, il potenziale idrico dei tessuti, subisce variazioni notevoli nel corso della giornata in risposta sia al contenuto idrico del suolo sia alle condizioni ambientali, a prescindere che le condizioni idriche siano carenti o ottimali (Xiloyannis *et al.*, 2005).

Molti sono gli studi riguardanti l'effetto che lo stress idrico può avere sulla produzione, sulla qualità del frutto e sulla longevità del frutteto (Alcobendas *et al.*, 2013).

In termini generali il pesco può essere definito come una specie mediamente resistente alla carenza idrica (Xiloyannis *et al.*, 2005), anche se uno studio afferma che il pesco sia molto sensibile al deficit idrico in quanto la crescita e la fotosintesi netta si riducono non appena il contenuto di acqua del suolo scende al di sotto della capacità di campo, con conseguenze più

o meno impattanti sulla produzione e sulla qualità a seconda del livello di stress (Forey *et al.*, 2016).

Per preservare le risorse idriche, è stata sviluppata una tecnica definita Stress Idrico Controllato (RDI-Regulated Deficit Irrigation) che è stata applicata con successo su diverse specie come:

- mandorlo (Goldhamer e Viveros, 2000);
- pistacchio (Goldhamer e Beede, 2004);
- fragola (Grant *et al.*, 2010; Liu *et al.*, 2007; Arash *et al.*, 2015);
- agrumi (Domingo *et al.*, 1996; González-Altozano e Castel, 1999; Goldhamer e Salinas, 2000);
- melo (Ebel *et al.*, 1995; Zegbe *et al.*, 2007);
- pero (Mitchell *et al.*, 1989; Cheng *et al.*, 2012);
- albicocco (Ruiz-Sánchez *et al.*, 2000);
- vite (Bravdo e Naor, 1996; McCarthy *et al.*, 2002);
- olivo (Moriani *et al.*, 2003).

È una tecnica che venne sviluppata per la prima volta in Australia per controllare la vigoria delle piante nei primi impianti di pero e pesco ad alta densità (Chalmers *et al.* 1981; Mitchell *et al.* 1986) ma, con l'introduzione di portinnesti che riducono la vigoria, la tecnica venne comunque mantenuta per risparmiare acqua (Naor, 2006; Fereres e Soriano 2007).

La tecnica dell'RDI su pesco è stata studiata in molti esperimenti (Marsal *et al.*, 2016; Facci *et al.*, 2014; Paltineanu *et al.*, 2013; Forey *et al.*, 2016; Dichio *et al.*, 2006).

Questa tecnica prevede l'impostazione di una moderata riduzione dei quantitativi irrigui in fasi non critiche durante la crescita del frutto, preservandone in questo modo la resa e la qualità (Behboudian e Mills, 1997; Chalmers *et al.*, 1981)

Sulle drupacee in generale e sul pesco nello specifico, il periodo di applicazione di RDI può dipendere dalla precocità o meno di maturazione della cultivar, ma comunque si colloca in un preciso momento di crescita del frutto (Girona *et al.*, 2003, 2005).

La curva di crescita delle drupacee può essere rappresentata con una doppia sigmoide (Fig. 4).

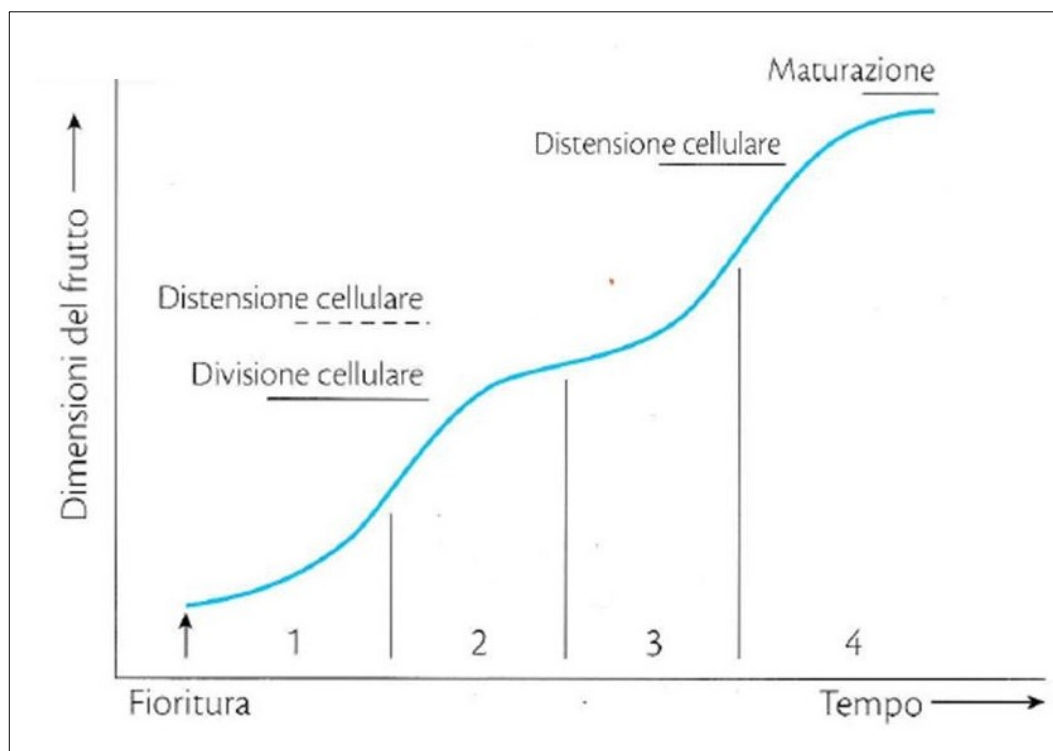


Figura 4: Curva di crescita a doppia sigmoide tipica del frutto delle drupacee (Bassi *et al.*, 2012).

Il ciclo di sviluppo del frutto, secondo questo modello, può essere diviso in 4 fasi principali:

I° fase – moltiplicazione e distensione cellulare;

II° fase – lignificazione dell'endocarpo;

III° fase – crescita per distensione cellulare;

IV° fase – insorgenza della maturazione fisiologica. (Bassi *et al.*, 2012).

La tecnica può essere applicata durante la II° fase di crescita del frutto delle drupacee (fase di indurimento nocciolo), in quanto in questa fase non vi è crescita attiva del frutto e nella IV° fase (post raccolta) (Girona *et al.*, 2003, 2005).

La mancanza di perdita di produzione nonostante la riduzione di irrigazione è stata spiegata con diverse ipotesi. Probabilmente il fatto che la crescita attiva dei germogli e dei frutti avvenga in 2 periodi non perfettamente coincidenti fa sì che i frutti siano meno sensibili alla diminuzione di acqua (Johnson e Handley, 2000) e applicare lo stress durante la II° fase di crescita del frutto fa sì che si verifichi solo la riduzione della crescita dei germogli e non dei frutti (Goodwin e Boland, 2002). La seconda ipotesi afferma che la crescita espansiva degli organi aerei connessi alla fotosintesi risenta maggiormente del deficit idrico del suolo (Muller *et al.*, 2011; Wery, 2005). Secondo una terza ipotesi il deficit idrico svantaggia la crescita dei germogli lasciando più fotosintetati disponibili per l'accumulo nelle radici e negli organi di riserva (Bradford and Hsiao, 1982).

L'efficacia di RDI è strettamente dipendente da 3 fattori:

- il momento specifico nel quale viene applicato (II° e/o IV° fase di crescita del frutto);
- il livello di severità dello stress (lo stress deve essere moderato);
- il carico produttivo della pianta (una pianta sottoposta a stress non può supportare un carico produttivo eccessivo) (Marsal and Girona, 1997).

Sulla durata di applicazione di questa tecnica la letteratura è discordante. Alcuni studi affermano che alla terza stagione di applicazione consecutiva di RDI la risposta della crescita del frutto sembra essere minore rispetto al controllo (irrigato normalmente), (Girona *et al.* 2003, 2005). Altri studi riportano che la risposta del pesco sulla resa, nel lungo periodo di applicazione di RDI, è di poca rilevanza. (Ben Mechlia *et al.*, 2002).

Due ipotesi spiegherebbero perché potrebbe esserci perdita di efficacia di RDI. La prima spiegazione riguarda la possibilità che la crescita del frutto possa essere sostenuta in parte dalle riserve della pianta. Questo comporta che le riserve debbano essere impoverite fino ad un certo grado prima che la resa inizi ad essere compromessa. Quindi, se RDI ha un negativo impatto ogni anno sul bilancio annuale delle riserve della pianta, la resa inizia a diminuire dopo un certo numero di stagioni di trattamento. A supporto di questa ipotesi c'è il fatto che la riduzione della resa raramente è stata riscontrata durante la prima stagione di trattamento con RDI, nonostante in genere RDI riduca significativamente la fotosintesi fogliare, ma si presenta a partire dalla seconda stagione o successivamente (Marsal and Girona 1997). Un'altra possibile spiegazione è legata all'effetto della progressiva riduzione di vigore che causa l'RDI, questo porta alla riduzione delle dimensioni della pianta e ad una diminuzione di assorbimento del carbonio (Naor 2006). Di conseguenza, più stagioni consecutive di RDI possono portare ad avere piante più piccole e con una resa minore. Questo è particolarmente rilevante quando RDI viene applicato alle giovani piante. Uno studio ha analizzato gli effetti di RDI nel lungo periodo nel susino ed ha confermato il legame tra resa e dimensione della pianta (Intrigliolo *et al.* 2013).

La letteratura è discordante anche sugli effetti che RDI ha sulla produzione e qualità del frutto.

Per quanto riguarda la grandezza del frutto gli studi raccomandano un carico produttivo non troppo eccessivo per permettere alla pianta di supportare comunque la crescita del frutto anche in condizione di stress (Alcobendas *et al.*, 2012; Lopez *et al.*, 2010; Naor *et al.*, 1999, 2001). La combinazione di basso carico produttivo e bassi livelli di RDI indica condizioni favorevoli per una risposta sostenibile.

Tuttavia ogni tipo di stress idrico della pianta che è mantenuto per più stagioni consecutive può andare a ridurre la pezzatura del frutto nel lungo periodo. Perciò, l'uso di RDI potrebbe non essere raccomandabile quando la grandezza del frutto è un importante componente per il reddito aziendale (Marsal *et al.*, 2016).

Diversi sono gli effetti registrati sulla qualità del frutto.

In generale il contenuto in solidi solubili del frutto dipende dal regime irriguo e risulta più alto sotto stress idrico (Alcobendas *et al.*, 2013; Crisosto *et al.*, 1994; Buendía *et al.*, 2008; Lopez *et al.*, 2011).

Il contenuto di acido malico, acido citrico, acido tartarico aumenta leggermente nei frutti di piante sottoposte ad RDI rispetto alle piante sottoposte a piena irrigazione (Wu *et al.*, 2002; Alcobendas *et al.*, 2013).

Dal punto di vista nutrizionale si registrano effetti interessanti.

Alti livelli di metaboliti secondari come componenti polifenoliche ed antocianiche possono essere ottenuti con lo stress idrico (Roby *et al.*, 2004; Tavarini *et al.*, 2011), inoltre la concentrazione ed il contenuto di ogni composto polifenolico aumenta all'intensificarsi dello stress idrico (Tavarini *et al.*, 2011; Buendia *et al.*, 2008). Tenendo presente che nelle pesche antociani e polifenoli sono soprattutto contenuti nella buccia (Andreotti *et al.*, 2008), applicando RDI il contenuto di polifenoli sulla buccia ha mostrato un incremento del 51% sotto stress idrico e nel totale l'aumento di polifenoli è stato del 71% nel trattamento con elevato stress idrico rispetto al trattamento con basso stress idrico (Rahmati *et al.*, 2014).

Dal punto di vista delle caratteristiche sensoriali nel caso di pesco e vite, sembra che stress moderati migliorino la qualità del frutto (Chaves *et al.*, 2007; Kobashi *et al.*, 2000) anche se un altro studio afferma che la siccità aumenta l'acidità, ma riduce la dolcezza e la succosità (Alcobendas *et al.*, 2013).

Tutti questi studi hanno dimostrato che RDI offre la possibilità di ottenere un prodotto di qualità risparmiando acqua nel rispetto della salvaguardia ambientale, tuttavia la discrepanza tra diversi studi riguardo agli effetti che questa tecnica può avere sulla resa e sulla qualità del frutto mostrano la necessità di approfondire le sperimentazioni su questo aspetto.

2. DOTTORATO EUREKA E SCOPO DELLA TESI

Il presente lavoro è frutto di un Dottorato “Eureka”, ovvero un Dottorato cofinanziato da 3 partners:

- l'azienda Acciarri Società Agricola s.r.l.;
- l'Università Politecnica delle Marche-Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali;
- la Regione Marche.

Acciarri Società Agricola s.r.l. è un'azienda agricola privata sita nella Regione Marche, nel Comune di Ortezzano (FM), lungo la Valle dell'Aso.

L'indirizzo produttivo aziendale è prevalentemente frutticolo, in quanto la Valdaso è un territorio particolarmente vocato alla frutticoltura con una tradizione produttiva che risale agli inizi del 1900. Le specie coltivate in azienda sono pesco, albicocco, ciliegio, susino, melo, pero ed actinidia, distribuite su una superficie di circa 70 ha (Fig. 5). Recentemente l'azienda sta estendendo le coltivazioni su nuovi terreni e sta rinnovando alcuni impianti.

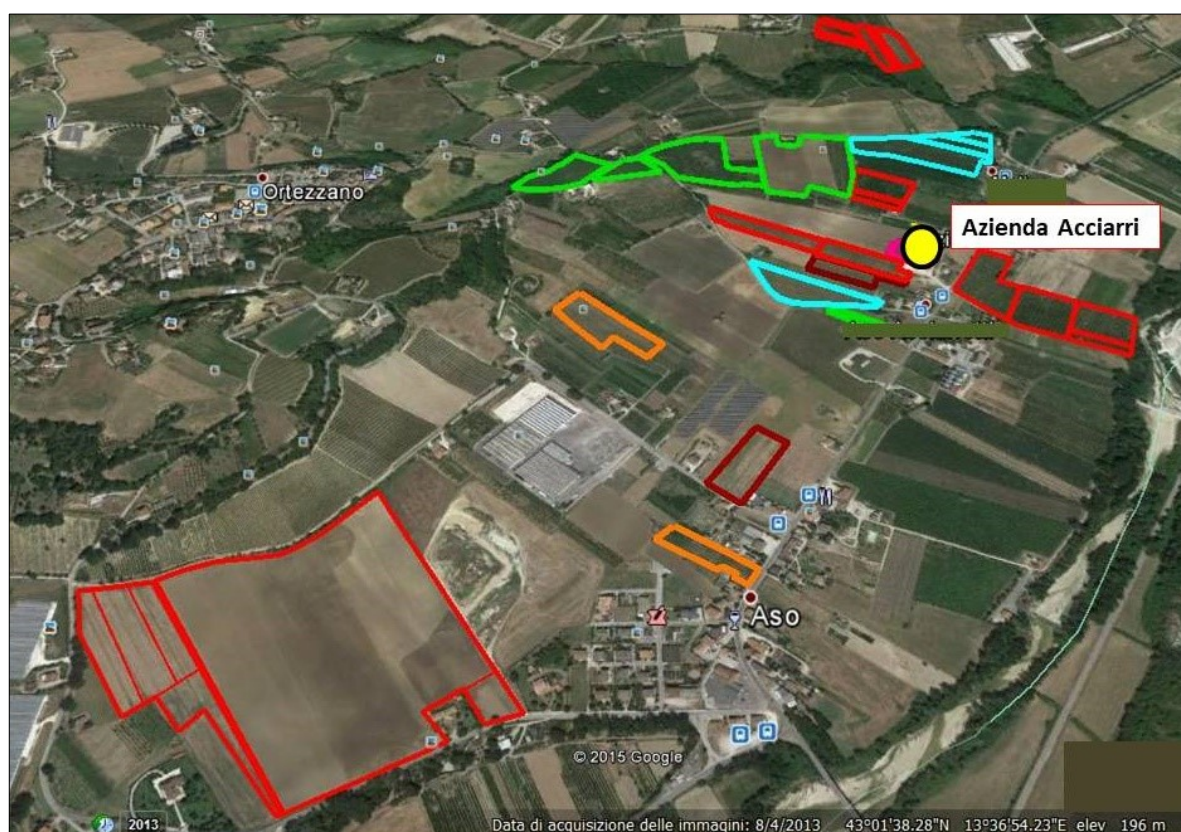


Figura 5: Vista aerea di parte degli impianti dell'azienda Acciarri, distinti per tipologia di specie coltivata. Situazione relativa all'anno 2016. (Giallo: sede e magazzino aziendale; rosso: pesco; rosso bordeaux: ciliegio; arancione: albicocco; verde: actinidia; azzurro: melo) (Google Earth).

La specie più rappresentativa dell'azienda è il pesco, coltivato su circa 20 ha con un totale di 25 cultivar attualmente in produzione (dati relativi agli anni 2016-2017, in quanto recentemente l'azienda sta dismettendo alcuni vecchi impianti e ne sta impostando di nuovi ed intensivi). Il pesco è la specie di riferimento non solo per l'azienda Acciarri, ma anche per l'intera vallata, rappresenta infatti la specie frutticola che tradizionalmente per prima venne coltivata in impianti intensivi all'inizio del 1900 ed è attualmente la drupacea più coltivata in Valdaso (seguendo il trend nazionale che vede il pesco come drupacea più coltivata in Italia).

La collaborazione tra l'azienda Acciarri e l'UNIVPM-D3A nasce proprio dall'esigenza di valorizzare al massimo la produzione della coltura più importante dell'areale Valdaso.

L'orientamento alla qualità ed alla tipicità del prodotto in questo momento risulta essere una necessità fondamentale. Per fare questo non si può prescindere da una stretta integrazione tra produzione, logistica commerciale e ricerca.

Proprio a questo fine è stato impostato un lavoro che ha permesso di studiare i principali fattori (genetici, ambientali e culturali) dai quali dipende la produzione e la qualità del frutto del pesco.

I tre capitoli che seguono riportano le tre linee di ricerca impostate nell'azienda i cui obiettivi sono di seguito brevemente introdotti.

1) Caratterizzazione varietale in un'azienda peschicola nella Valdaso (FM)-Regione Marche:

l'azienda presenta una ricca collezione varietale composta da alcune cultivar già da molto tempo presenti in Valdaso, delle quali si conoscono già le caratteristiche, ed altre di recente introduzione che necessitano di un'attenta valutazione. Sebbene infatti le recenti cultivar licenziate sul mercato presentino caratteristiche già ben studiate dai breeder, è altrettanto vero che è necessario valutare l'adattabilità della cultivar all'areale di coltivazione per vedere se si presentano modifiche a livello produttivo e qualitativo. È stato quindi necessario uno studio che valutasse le caratteristiche produttive e qualitative delle cultivar per comprendere quale di esse si adattino meglio e siano maggiormente performanti per l'areale Valdaso.

2) Effetto della diversa combinazione di potatura e diradamento sulla produzione e qualità di frutti in cultivar di pesche platicarpe allevate a vaso catalano:

l'azienda ha recentemente sostituito la palmetta, forma di allevamento classica della Valdaso, con una forma di allevamento innovativa per l'areale, il vaso catalano, già ampiamente diffuso negli ambienti del Sud Italia anche su altre specie. Si tratta di una forma di allevamento importata dalla Spagna, più semplice e meno dispendiosa da gestire

in quanto l'altezza contenuta permette lo svolgimento delle operazioni colturali, quali potatura, diradamento e raccolta, direttamente da terra. L'azienda ha chiesto uno studio sulla tecnica di potatura e diradamento che permettesse di capire quale fosse la combinazione ottimale in termini di produzione e qualità del frutto, in modo da sfruttare nel migliore dei modi le potenzialità di questa forma d'allevamento.

3) Applicazione della tecnica dello stress idrico controllato su una cultivar di pesco a maturazione tardiva:

l'azienda sta rinnovando gli impianti peschicoli sostituendo quelli vecchi e tradizionali con nuovi impianti intensivi. L'ammodernamento degli impianti ovviamente deve necessariamente essere accompagnato dall'introduzione di moderne tecniche di coltivazione e strumenti innovativi che permettono un utilizzo efficiente delle risorse e massimizzano la produzione. A questo fine è stata introdotta una tecnica di gestione dell'irrigazione che sta avendo molto successo negli ambienti del Sud Italia: lo stress idrico controllato. La tecnica è stata sperimentata su una cultivar con epoca di maturazione tardiva ed è stata controllata attraverso l'utilizzo di sonde specifiche per la misurazione del potenziale idrico del suolo. L'obiettivo è quello di sperimentare strumenti precisi e semplici da utilizzare per poter gestire correttamente l'irrigazione senza sprechi. La prova è stata quindi impostata con diverse tesi per valutare quale di esse permetta di ottenere un prodotto che mantenga elevate caratteristiche qualitative e nutrizionali senza perdita di produzione e massimizzando il risparmio dei volumi irrigui.

Le tre linee di ricerca affrontate sono fondamentali per l'azienda in quanto toccano nel complesso tutti gli aspetti della tecnica colturale del pesco, ed i risultati ottenuti sono preziosi perché specifici e direttamente riferiti all'areale di coltivazione.

3. CARATTERIZZAZIONE VARIETALE IN UN'AZIENDA PESCHICOLA NELLA VALDASO-REGIONE MARCHE

Abstract

Il miglioramento genetico del pesco si sta concentrando su molteplici aspetti produttivi e qualitativi (Fideghelli, 2009). Nella moltitudine di cultivar attualmente presenti sul mercato il produttore si trova spesso in difficoltà nella scelta da effettuare per programmare i nuovi impianti. Lo studio qui descritto ha previsto la valutazione delle 25 cultivar già impiantate in un'azienda agricola privata della Valdaso (FM)-Regione Marche. Sono stati analizzati i parametri produttivi e qualitativi al fine di caratterizzare il comportamento produttivo delle cultivar nell'areale. Particolare attenzione è stata rivolta, nei nuovi impianti realizzati, alle cultivar della tipologia a frutto piatto (platicarpa) che presentano caratteristiche produttive e qualitative interessanti. I risultati ottenuti sono molto utili all'azienda al fine di valutare quali delle cultivar aziendali attualmente in produzione meglio si adattano all'areale specifico di coltivazione e di conseguenza permettono di orientare il produttore nella scelta varietale per i futuri impianti.

3.1 Introduzione

Il pesco risulta essere la specie con il maggior numero di nuove varietà licenziate su mercato. Il miglioramento genetico del pesco si sta concentrando su molteplici aspetti produttivi e qualitativi (Fideghelli, 2009) anche se l'elevatissima disponibilità di cultivar con caratteristiche molto diverse tra loro tende a disorientare il produttore al momento della scelta varietale per un nuovo impianto (Ruíz Chacón e Iglesias Castellarnau, 2017).

Le tipologie disponibili sul mercato sono le tradizionali pesche, nettarine e percoche, alle quali negli ultimi anni si sono aggiunte le tipologie platicarpe (Fideghelli, 2009) che hanno visto un considerevole trend di crescita soprattutto da parte del mercato spagnolo che, a partire dal 2014, ha incrementato sia la produzione che gli studi sul miglioramento genetico di questa tipologia di pesco (Ruíz Chacón e Iglesias Castellarnau, 2017). Le pesche platicarpe infatti presentano notevoli vantaggi, sia dal punto di vista qualitativo, con un caratteristico sapore subacido, che per la facilità di consumo dovuta alle dimensioni ridotte del frutto (Di Vaio *et al.*, 2014).

La resa produttiva attualmente rappresenta il determinante più importante su cui viene basato il successo di una cultivar (DeJong, 1998) ed è generalmente il parametro su cui si basa il produttore per la scelta dei nuovi impianti. Ma oltre a questo è fondamentale che le cultivar rispondano anche alle esigenze espresse dal consumatore (Cirilli *et al.*, 2016).

Le caratteristiche che vengono generalmente osservate dal consumatore sono la consistenza della polpa, il colore della buccia e della polpa, la dolcezza e l'acidità (Crisosto, 2002). Inoltre è sempre più crescente l'interesse verso le proprietà nutrizionali ed antiossidanti (Crisosto e Costa, 2008, Reig *et al.*, 2013). Su tutti gli aspetti qualitativi e produttivi oltre alla cultivar agisce anche l'influenza dell'areale di coltivazione e della tecnica colturale (Di Vaio *et al.*, 2014; Silvestroni *et al.*, 2012). Aree di coltivazione con caratteristiche ambientali differenti portano all'ottenimento di frutti distinguibili sia dal punto di vista della produzione che della qualità, concetto su cui si basano le produzioni definite locali (Silvestroni *et al.*, 2012).

Molti sono quindi gli aspetti che il produttore deve tener presenti per ottenere una produzione che risulti apprezzata dal consumatore. Scopo di questo studio è valutare la collezione varietale presente in un'azienda frutticola della Valdaso (FM)-Regione Marche, al fine di determinare quale delle cultivar sia maggiormente performante per l'areale e presenti frutti con le caratteristiche più interessanti, in modo da orientare il produttore per gli impianti futuri.

3.2 Materiali e metodi

La prova è stata condotta in un'azienda peschicola commerciale della Valdaso (FM) nell'anno 2017. Gli impianti sono estesi su circa 20 ettari, in posizione di fondovalle, con temperature annue che variano tra 0,8-34 °C (temperature riferite al biennio 2017-2018).

I pescheti sono gestiti con inerbimento nell'interfila e diserbo lungo la fila.

La prova ha preso in esame 25 cultivar, 3 portinnesti e 3 forme di allevamento (Tab. 3) adottate dall'azienda ed ha valutato le caratteristiche produttive e qualitative ottenute dalla loro combinazione (Tab. 4) nell'areale di coltivazione Valdaso.

Tabella 3: Elenco delle caratteristiche commerciali e produttive delle cultivar, portinnesti e delle forme di allevamento presenti in azienda.

CULTIVAR	
Nome	Descrizione
Sagittaria®	Pesca a polpa gialla con presenza di venature rosse, molto consistente, aderente al nocciolo, di tessitura media. Pianta di vigoria media. Produzione elevata e costante. Varietà a maturazione precocissima.
Sugar Time*	Pesca a polpa gialla, molto consistente e sapore subacido. Epidermide con sovracoloro rosso sul 90-100% della superficie. Pianta con vigoria medio-elevata. Produttività molto buona. La pezzatura è elevata con calibro medio. Varietà precoce.
Extreme®314	Pesca a polpa gialla molto soda che garantisce anche una buona tenuta del frutto sulla pianta, sapore subacido. Pianta con elevata vigoria. Elevata produttività. Varietà a maturazione intermedia.
Extreme®514	Pesca a polpa gialla consistente, sapore a bassa acidità. Il frutto presenta elevata pezzatura, forma rotonda, di un intenso rosso scuro su quasi tutta la superficie. Pianta con

	buona vigoria. Varietà a maturazione medio-precoce.
Royal Lee®	Pesca a polpa gialla, spicca consistente. Epidermide con colore di fondo giallo e sovraccolore rosso sul 100% della superficie. Sapore subacido. Produttività medio elevata. Pianta con vigoria elevata.
Royal Summer®	Pesca a polpa gialla, aderente e consistente. Epidermide con colore di fondo giallo e sovraccolore rosso sul 100% della superficie. Sapore subacido. Elevata pezzatura. Vigoria della pianta medio elevata.
Sweet Dream*	Pesca a polpa gialla, aderente, molto consistente. Epidermide con colore di fondo giallo con sovraccolore rosso intenso sul 100%. Sapore subacido. Vigoria della pianta elevata. Buona pezzatura.
Royal Sweet®	Pesca a polpa gialla, spicca, molto consistente. Epidermide con colore di fondo giallo e sovraccolore rosso sul 100% della superficie. Sapore subacido, dolce. Vigoria della pianta elevata. Ottima pezzatura. Epoca di maturazione tardiva.
O'Henry®	Pesca a polpa gialla, soda, spicca. Sapore equilibrato. Vigoria della pianta elevata. Molto produttiva. Cultivar a maturazione tardiva.
Extreme®486	Pesca a polpa gialla, soda. Sapore sub-acido. La pianta presenta buon vigore. Maturazione molto tardiva con elevata produzione.
Ufo 2®	Pesca (varietà platicarpa) a polpa bianca, fondente, molto consistente. Epidermide con colore di fondo bianco con sovraccolore rosso brillante sul 80% della superficie. Vigoria medio-elevata. Epoca di maturazione precoce.
Ufo 4®	Pesca (varietà platicarpa) a polpa bianca, fondente, molto consistente. Colore dell'epidermide con fondo bianco-verde e sovraccolore rosso brillante sul 80% della superficie. Vigoria elevata. Produttività elevata e costante. Maturazione precoce.
Galaxy	Pesca (varietà platicarpa) a polpa bianca. Sapore subacido. Elevata produttività.
Stark® Saturn	Pesca (varietà platicarpa) a polpa bianca. Sapore sub acido.
Platibelle*	Pesca (varietà platicarpa) a polpa bianca, fondente, a tessitura molto fine. Epidermide con colore di fondo bianco e sovraccolore rosso brillante sul 90% della superficie. Sapore subacido-dolce. Vigoria della pianta elevata. Produttività elevata e costante.
Plane® Delicious	Pesca (varietà platicarpa) a polpa bianca molto soda e croccante. Colorazione epidermide rosso-rosa. Sapore subacido. Pezzatura media, elevata produzione. Maturazione intermedia.
Strike*	Pesca (varietà platicarpa) a polpa bianca con elevato aroma. Produzioni interessanti.
Plane® Star	Pesca (varietà platicarpa) a polpa bianca succosa, molto consistente e con buona shelf life. Epidermide con un intenso colore rosso. Sapore subacido ed aromatico. Pianta vigorosa e molto produttiva. Maturazione tardiva.
Flariba	Nettarina a polpa gialla con sapore equilibrato e con consistenza medio-elevata. Epidermide con colorazione rosso uniforme senza imperfezioni. Frutto di pezzatura media. Vigoria della pianta media. Epoca di maturazione molto precoce.
Big Bang®	Nettarina a polpa gialla, aderente, fondente, molto consistente. Colore di fondo dell'epidermide giallo con sovraccolore rosso intenso sul 100% della superficie. Sapore subacido. Produttività elevata e costante. Pianta di vigoria elevata. Epoca di maturazione tardiva.
Big Top®	Nettarina a polpa gialla, aderente, fondente e molto consistente. Colore dell'epidermide di fondo giallo intenso con sovraccolore rosso brillante sul 100% della superficie. Sapore subacido. Pianta con vigoria elevata. Produttività medio elevata.
Alitop*	Nettarina a polpa gialla spicca, fondente, molto consistente. Sapore subacido. Produttività elevata e costante. Pianta con vigoria medio-elevata.
Honey Royale®	Nettarina a polpa gialla, leggermente punteggiata di rosso, con elevata consistenza, di media tessitura, spicca al nocciolo e pigmentata di rosso. Il sapore è subacido. Epidermide di colore giallo sovraccolore di rosso intenso sul 90-100% della superficie e con presenza di ruggine. Produttività medio-elevata ma incostante. Pianta di vigoria media. Epoca di maturazione medio tardiva.
Tarderina*	Nettarina a polpa gialla e sapore subacido. Colorazione dell'epidermide rossa su tutta la superficie. Pianta con vigoria medio elevata. Elevata produttività. Epoca di maturazione tardiva.
Morsiani 90®	Nettarina a polpa gialla. Epidermide con colore di fondo giallo e sovraccolore rosso brillante esteso per il 60-70% della superficie. Pianta con media vigoria. Produttività

	elevata. Sapore equilibrato e tendenzialmente acidulo. Epoca di maturazione tardiva.
PORTINNESTO	
Nome	Descrizione
GF677	Vigoria elevata. Adatto a tutti i terreni, anche siccitosi e con elevato tenore in calcare attivo. Soffre il ristagno. Garantisce produzione elevata e costante.
Garnem®	Vigoria elevata. Per tutti i terreni, anche nei reimpianti. Più resistente al ristagno rispetto a GF677. Resistente a clorosi ferrica.
Adesoto® 101 Puebla*	Vigoria media (-20% rispetto a GF677), scarsa nei primi anni. Adatto nei reimpianti.
FORMA D'ALLEVAMENTO	
Nome	Descrizione
Palmetta	Forma tradizionalmente adottata in Valdaso. Forma in parete verticale. Dispone di un asse centrale e di un scheletro appiattito orientato parallelamente alla direzione del filare. Composto da 3-4 palchi di branche primarie perfettamente sovrapposte. Necessita di strutture di sostegno e dell'utilizzo di carri con piattaforme per la gestione delle operazioni di potatura, diradamento e raccolta, viste le considerevoli altezze che può raggiungere, fino a 4 m.
Fusetto stretto	Forma di recente introduzione in Valdaso. Forma in parete verticale. Precoce ed equilibrata fruttificazione. Adatto ad impianti ad alta densità. Può superare i 4 metri d'altezza. Necessita di strutture di sostegno e dell'utilizzo di carri con piattaforme per la gestione delle operazioni di potatura, diradamento e raccolta.
Vaso catalano	Forma di recente introduzione in Valdaso. Forma in volume. Variante moderna del vaso classico. Impalcatura bassa a 0,5 m da terra. Altezza massima 2,5-2,8 m. Il numero delle branche non è fisso e comunque maggiore di 3. Non necessita di strutture di sostegno provvisorie o permanenti. Completamente gestibile da terra.

Tabella 4: Elenco delle cultivar aziendali divise per tipologia ed ordinate per epoca di maturazione. Per ogni cultivar sono evidenziati i dettagli dell'impianto (età, portinnesto, forma di allevamento, sesto d'impianto).

Tipologia	Cultivar	Età (anni)	Portinnesto	Forma d'allevamento	Sesto d'impianto (m)
Pesca polpa gialla	Sagittaria*	3	GF677	Fusetto stretto	3,8x1,25
	Sugar Time*	3	GF677	Fusetto stretto	3,8x1,25
	Extreme®314	3	GF677	Fusetto stretto	3,8x1,25
	Extreme®514	3	GF677	Fusetto stretto	3,8x1,25
	Royal Lee®	8	GF677	Palmetta	4,5x3,5
	Royal Summer®	3	GF677	Fusetto stretto	3,8x1,25
	Sweet Dream*	3	GF677	Fusetto stretto	3,8x1,25
	Royal Sweet®	3	GF677	Fusetto stretto	3,8x1,25
	O'Henry®	16	GF677	Palmetta	4x3,5
Extreme®486	3	GF677	Fusetto stretto	3,8x1,25	
Pesca platicarpa polpa bianca	Ufo 2®	8	GF677	Palmetta	4,5x3,5
	Ufo 4®	8	GF677	Palmetta	4,5x3,5
	Galaxy	4	Garnem®	Vaso catalano	5x3
	Stark® Saturn	14	GF677	Palmetta	4x3,5
	Platibelle*	4	Garnem®	Vaso catalano	5x3

	Plane® Delicious	4	Garnem®	Vaso catalano	5x3
	Strike*	8	GF677	Palmetta	4,5x3,5
	Plane® Star	4	Garnem®	Vaso catalano	5x3
Nettarina polpa gialla	Flariba	3	GF677	Fusetto stretto	3,8x1,25
	Big Bang®	9	GF677	Palmetta	4x3,5
	Big Top®	14	GF677	Palmetta	4x3,5
	Alitop*	6	Adesoto® 101 Puebla*	Palmetta	4x2,5
	Honey Royale®	6	Adesoto® 101 Puebla*	Palmetta	4x2,5
	Tarderina*	3	GF677	Fusetto stretto	3,8x1,25
	Morsiani 90®	25	GF677	Palmetta	4x2,5

3.2.1 Raccolta e parametri relativi alla produzione ed all'aspetto del frutto

Per ogni cultivar sono state campionate 3 piante. Da ogni pianta sono stati raccolti 10 frutti che sono stati analizzati per le caratteristiche produttive e qualitative.

La raccolta dei campioni è stata eseguita contemporaneamente alle raccolte eseguite dall'azienda ai fini commerciali. L'azienda esegue generalmente 3 stacchi di raccolta per ogni cultivar: il 1° stacco preleva principalmente i frutti nella porzione alta ed esterna della chioma (dove si trovano i frutti più grandi e con maggior contenuto di solidi solubili); il 2° stacco preleva principalmente i frutti nella porzione mediana della chioma; il 3° stacco preleva principalmente i frutti nella porzione bassa della chioma ed i frutti rimasti nelle parti più ombreggiate (dove si trovano i frutti con calibro tendenzialmente inferiore alla media e caratteristiche qualitative meno accentuate).

La prova ha previsto la raccolta dei campioni, per ogni cultivar, in concomitanza col 2° stacco effettuato dall'azienda, in modo da prelevare i frutti nella porzione mediana della chioma ed avere quindi un campione con caratteristiche produttive e qualitative intermedie e perciò rappresentativo della performance della cultivar.

I parametri valutati sono:

a) DUREZZA DELLA POLPA:

la data di raccolta è stata stabilita in base alla misurazione della consistenza della polpa, effettuata con penetrometro manuale (Turon) con puntale da 8 mm. La misurazione è stata effettuata su 2 punti diametralmente opposti del frutto dopo aver rimosso l'epidermide nel punto di perforamento. La media di durezza entro la quale è stata effettuata la raccolta corrisponde a 4,5 kg.

b) CIRCONFERENZA DEL FRUTTO:

La circonferenza del frutto è stata misurata con un calibro ad anelli ed espressa attraverso le lettere riferite alle classi di calibro commerciale (Tab. 5).

Tabella 5: Elenco delle classi di calibro commerciale e le circonferenze del frutto corrispondenti.

Classe commerciale	Circonferenza del frutto	
	Da cm inclusi	A cm esclusi
AAAA	28	e oltre
AAA	25	28
AA	23	25
A	21	23
B	19	21
C	17,5	19
D	16	17,5

c) SOVRACCOLORE:

I frutti campionati sono stati sottoposti alla stima del sovraccolore dell'epidermide, rilevata tramite valutazione visiva, ed espressa in % di sovraccolore sull'intera superficie.

d) PESO MEDIO DEL FRUTTO:

Il peso è stato misurato attraverso una bilancia digitale (Orma-Milano) e definito come peso medio del frutto ed espresso in grammi (g).

3.2.2 Parametri qualitativi valutati

Tutti i frutti di ogni cultivar, oltre ai rilievi produttivi, sono stati sottoposti anche ad analisi qualitative dei parametri ritenuti più importanti dal punto di vista commerciale, ovvero il contenuto di solidi solubili e l'acidità titolabile.

e) CONTENUTO DI SOLIDI SOLUBILI:

è stato ottenuto attraverso un rifrattometro digitale Atago (N-1E/made in Japan) a compensazione di temperatura. Dai frutti campionati è stato estratto il succo. Da questo sono state prelevate 1-2 gocce che sono state poste sulla superficie del prisma del rifrattometro per la lettura. La misura è espressa in °Brix.

f) ACIDITÀ TITOLABILE

Dal succo di ogni campione sono stati prelevati 10 g ai quali sono stati aggiunti altri 10 g di acqua distillata. La soluzione è stata titolata con una soluzione di soda NaOH (0,1 N). Il viraggio di colore della soluzione è dato dal Blu di Bromotimolo che a titolazione avvenuta passa dal colore verde al colore blu. L'acidità titolabile viene espressa in milli equivalenti di NaOH su 100 g di succo (meqNaOH/100g).

3.3 Risultati e discussione

3.3.1 Parametri produttivi e relativi all'aspetto del frutto

Di seguito sono riportati i parametri che, per primi, attraggono l'attenzione del consumatore al momento dell'acquisto, ovvero il calibro commerciale, la percentuale di sovraccolore rosso sul 100% della superficie dell'epidermide, la consistenza della polpa (Tab. 6) ed il peso medio del frutto (Fig. 6).

Tabella 6: Risultati della prova riferiti ai parametri di calibro commerciale, sovraccolore (%) e durezza della polpa (kg). Le cultivar sono divise per tipologia ed ordinate, all'interno della tipologia, per scalarità di maturazione, dalla più precoce alla più tardiva.

Cultivar	Tipo	Data di raccolta	Durezza (kg)	Calibro commerciale	Sovraccolore (%)
Sagittaria*	PG	08/06/2017	4,5	A	91,5
Sugar Time*	PG	12/06/2017	3,5	B/A	91,3
Extreme®314	PG	19/06/2017	3,8	A	91,7
Extreme®514	PG	01/07/2017	3,6	A	96,3
Royal Lee®	PG	17/07/2017	5,2	AA	90,3
Royal Summer®	PG	17/07/2017	4,6	AA	91,0
Sweet Dream*	PG	25/07/2017	5,2	AAA	95,7
Royal Sweet®	PG	18/08/2017	5,0	AA	88,2
O'Henry®	PG	22/08/2017	5,8	AA	84,7
Extreme®486	PG	13/09/2017	4,8	AAA	76,8
Ufo 2®	PB	07/06/2017	3,3	B	74,0
Ufo 4®	PB	28/06/2017	3,4	AA/AAA	80,2
Galaxy	PB	03/07/2017	4,3	AA/AAA	71,2
Stark® Saturn	PB	08/07/2017	4,5	AA	77,3
Platibelle*	PB	08/07/2017	3,8	A/AA	50,8
Plane® Delicious	PB	14/07/2017	4,4	AA	78,3
Strike*	PB	28/07/2017	4,1	AA	75,3

Plane® Star	PB	21/08/2017	4,4	AA	86,2
Flariba	NG	08/06/2017	4,0	B	92,5
Big Bang®	NG	12/06/2017	4,4	A	90,7
Big Top®	NG	04/07/2017	5,2	A/AA	93,5
Alitop*	NG	17/07/2017	5,6	AA	88,3
Honey Royale®	NG	02/08/2017	5,3	AA	94,0
Tarderina*	NG	22/08/2017	4,9	AA	82,1
Morsiani 90®	NG	05/09/2017	5,7	AA	71,7

L'azienda presenta una ricca collezione varietale con cultivar divise in 3 tipologie: pesche standard a polpa gialla, pesche platicarpe a polpa bianca e nettarine standard a polpa gialla. In ogni tipologia troviamo cultivar a maturazione precoce, intermedia e tardiva. Questo permette all'azienda di coprire completamente il calendario di maturazione dalla 1° decade di giugno alla 1° decade di settembre.

a) DUREZZA DELLA POLPA:

Dalla misura della consistenza della polpa si evince come i frutti vengano raccolti dall'azienda con una media di durezza di 4,5 kg, con valori minimi e massimi compresi tra 3,3 e i 5,8 kg (Tab. 6). Tali valori sono ottimali per il consumo diretto fresco perché in questo range di durezza la maturazione commerciale si avvicina alla maturazione fisiologica del frutto con tutti i vantaggi di aroma e sapore che comporta la vendita di un frutto col giusto grado di maturazione.

Analizzando i dati nello specifico si può notare che la tipologia con la durezza maggiore e, quindi con una potenziale maggiore shelf life, è la nettarina a polpa gialla, con un valore medio di 5 kg di durezza. Seguono la pesca polpa gialla con una media di 4,6 kg e la pesca platicarpa polpa bianca con una durezza di 4,0 kg. Quest'ultima tipologia presenta infatti una potenziale shelf life minore rispetto alle altre due tipologie.

b) CIRCONFERENZA DEL FRUTTO:

Nel complesso nelle cultivar presenti in azienda sono stati registrati calibri commerciali che in media si sono attestati sul calibro AA, con valori minimi e massimi compresi tra B e AAA (Tab. 6). Tra le tipologie la pesca standard e la pesca platicarpa presentano lo stesso calibro medio, 22,5 cm di diametro, mentre la tipologia nettarina presenta un calibro medio di 21,9 cm di diametro.

Tra le pesche polpa gialla le cultivar con maggiore calibro sono risultate Sweet Dream con 24,6 cm e Extreme 486 con 24,5 cm di diametro. Entrambe arrivano quasi a sfiorare il calibro commerciale AAA. La pezzatura dei frutti minore è invece registrata per la cultivar Sugar Time con 19,7 cm di diametro che corrisponde ad un calibro commerciale A.

Per le pesche platicarpe polpa bianca le cultivar Ufo 4 e Galaxy presentano il diametro maggiore (rispettivamente 23,9 cm e 23,7 cm) che si posiziona tra un calibro commerciale AA e AAA. La pezzatura minore è registrata per la precoce Ufo 2 che, con un diametro di 19,6 cm, corrisponde ad un calibro commerciale B.

Per le nettarine polpa gialla il diametro maggiore è registrato per le cultivar Alitop (23,1 cm) e Honey Royal (23,0 cm) che corrispondono ad un calibro commerciale AA. Il diametro minore è rilevato su Flariba (18,7 cm) che si avvicina ad un calibro commerciale B.

c) SOVRACCOLORE (%)

Il sovraccolore dell'epidermide è uno dei parametri primari che attraggono il consumatore verso l'acquisto, ragion per cui i produttori puntano su cultivar con elevati valori di sovraccolore. Per questo motivo l'azienda ha deciso di introdurre negli impianti cultivar con un'elevata percentuale di sovraccolore dell'epidermide. Tra le 3 tipologie il sovraccolore maggiore è registrato nel gruppo delle pesche polpa gialla con valori medi di 89,8%, seguono le nettarine polpa gialla con 87,5% mentre le pesche platicarpe polpa bianca presentano il valore medio minore, 74,2% (Tab. 6).

Tra le pesche a polpa gialla il valore più elevato è stato raggiunto dalla cultivar Extreme 514 (96,3%), mentre il valore più basso è stato registrato su Extreme 486 (76,8%).

Tra le pesche platicarpe polpa bianca il valore più elevato è raggiunto dalla cultivar Plane Star (86,2%), mentre il valore minore è stato rilevato sui frutti della cultivar Stark Saturn, che registra il dato più basso in assoluto tra tutte le cultivar analizzate con un valore del 50,8%.

Tra le nettarine polpa gialla il valore più elevato è registrato su Honey Royal (94%), mentre il valore più basso è misurato su Morsiani 90 con 71,7% di sovraccolore sulla superficie dell'epidermide.

d) PESO MEDIO DEL FRUTTO:

Il peso medio del frutto è un parametro fondamentale da valutare ed è generalmente il primo preso in considerazione dal produttore al momento di scegliere la cultivar per il nuovo impianto, perché è indicativo della produttività della cultivar e quindi della sua resa.

Nel grafico riferito al peso medio del frutto (Fig. 6) le cultivar sono raggruppate per tipologia ed all'interno di ogni tipologia sono ordinate per epoca di maturazione, dalla cultivar più precoce alla più tardiva.

In generale, all'interno dei 3 gruppi delle tipologie prese in esame, si può notare un andamento tendenzialmente crescente del peso medio passando dalle cultivar a maturazione precoce alle cultivar a maturazione tardiva. Questo aspetto è molto evidente per le tipologie pesca e nettarina standard. Mentre per la tipologia platicarpa i valori di peso medio sono piuttosto omogenei lungo tutta la stagione di maturazione.

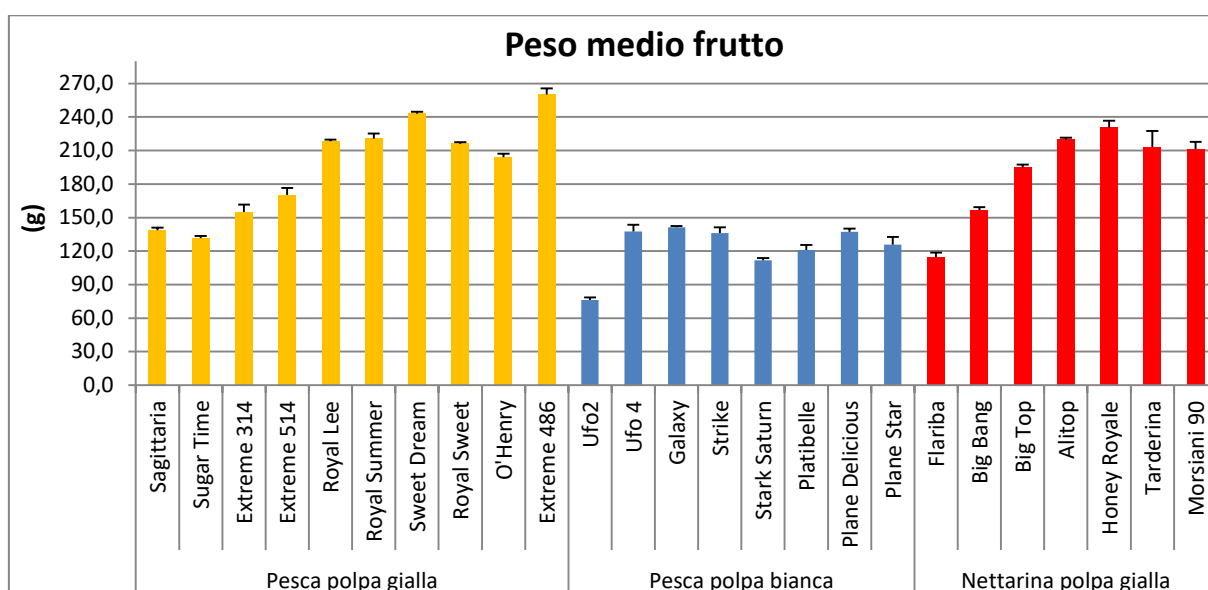


Figura 6: Peso medio del frutto delle cultivar presenti in azienda espresso in grammi. Le cultivar sono divise per tipologia ed ordinate, all'interno della tipologia, per ordine di maturazione, dalla più precoce alla più tardiva. Dati medi anno 2017 ± Errore standard.

Scendendo nello specifico, tra le 3 tipologie studiate, la pesca polpa gialla esprime le pezzature migliori con frutti con peso medio di 195,8 g, seguono le nettarine polpa gialla con valori molto simili, attestati attorno a 191,5 g. Al terzo posto troviamo le platicarpe polpa bianca che nonostante le dimensioni contenute tipiche della tipologia, rispetto alle pesche e nettarine standard, arrivano comunque ad un buon valore: 123,4 g (Fig. 6) .

Tra le pesche polpa gialla la cultivar con maggior peso medio del frutto è indubbiamente Extreme 486, con 260 g, mentre il valore minore è registrato sulla cultivar Sugar Time, con 131,7 g.

Per le nettarine polpa gialla il maggior peso medio è registrato su Honey Royale, con 230,7 g, mentre il valore minore è misurato su Flariba con 114,5 g.

Per le pesche platicarpe polpa bianca troviamo valori omogenei molto interessanti con la miglior performance produttiva registrata su Galaxy con 141,2 g. L'unica cultivar a distaccarsi da questi risultati è la precoce Ufo 2 che presenta il valore più basso sia all'interno della tipologia che tra tutte le tipologie con 76,1 g.

3.3.2 Parametri qualitativi valutati

e) CONTENUTO DI SOLIDI SOLUBILI:

Dai parametri qualitativi dipende la soddisfazione o meno del consumatore nei confronti del prodotto acquistato.

Nel grafico, riferito al contenuto di solidi solubili del frutto (Fig. 7), le cultivar sono raggruppate per tipologia ed all'interno di ogni tipologia sono ordinate per scalarità di maturazione, dalla cultivar più precoce alla più tardiva.

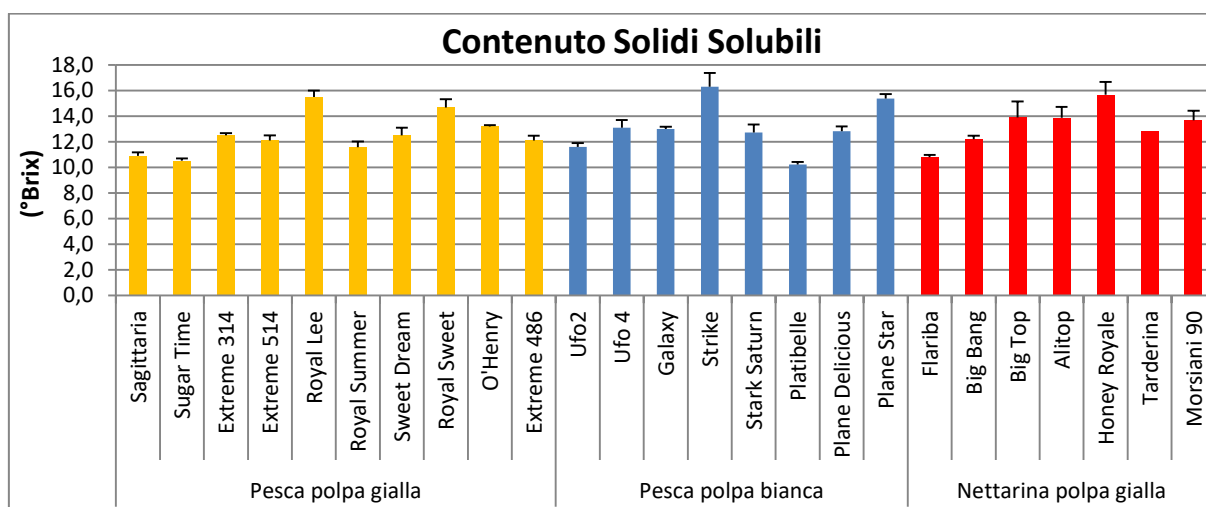


Figura 7: Contenuto di solidi solubili del frutto delle cultivar presenti in azienda espresso in °Brix. Le cultivar sono divise per tipologia ed ordinate, all'interno della tipologia, per scalarità di maturazione, dalla più precoce alla più tardiva. Dati medi anno 2017 ± Deviazione standard.

Tra le tipologie le nettarine presentano il maggior contenuto di solidi solubili con un valore medio di 13,3 °Brix, seguito dalle pesche platicarpe con 13,1 °Brix e pesche standard con 12,6 °Brix.

Tendenzialmente all'interno delle 3 tipologie si nota un leggero aumento dei °Brix passando dalle cultivar precoci alle cultivar tardive.

Per le pesche polpa gialla il miglior risultato è ottenuto nella cultivar Royal Lee con 15,5 °Brix, mentre la performance peggiore è registrata su Sugar Time con 10,5 °Brix.

Per le pesche platicarpe polpa bianca il valore più elevato è misurato sulla cultivar Strike che si attesta anche la cultivar con la misura più elevata tra tutte le cultivar, con 16,3 °Brix. Il valore inferiore è registrato su Platibelle che risulta anche la peggiore tra tutte le cultivar, con 10,2 °Brix.

Tra le nettarine polpa gialla il valore più elevato è registrato su Honey Royal con 15,7 °Brix, mentre il valore più basso appartiene alla precoce Flariba, con 10,8 °Brix.

f) ACIDITÀ TITOLABILE:

è un parametro qualitativo oggetto di grande studio negli ultimi anni da parte del miglioramento genetico. I gusti del consumatore stanno virando sempre più verso cultivar a carattere subacido e di conseguenza anche i produttori stanno orientando la scelta delle cultivar da impiantare verso varietà con questa caratteristica. Come si evince dal grafico (Fig. 8) anche l'azienda Acciarri ha concentrato i nuovi impianti verso cultivar con valori di acidità molto bassi.

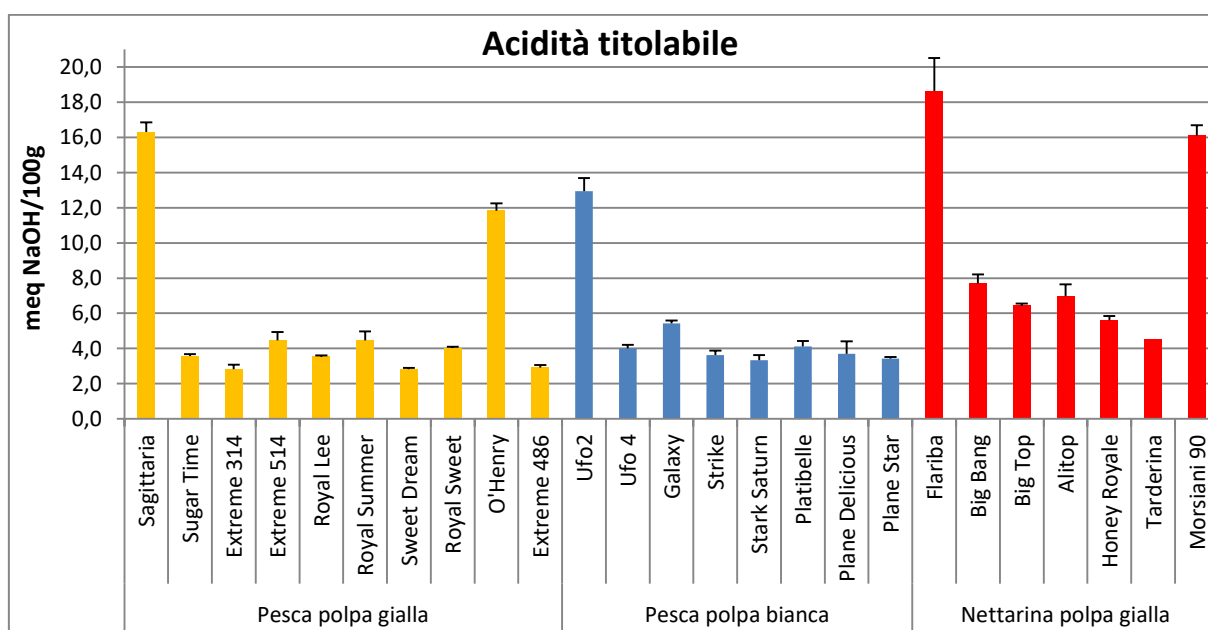


Figura 8: Acidità titolabile delle cultivar presenti in azienda espresso in meq NaOH/100g. Le cultivar sono divise per tipologia ed ordinate, all'interno della tipologia, per scalarità di maturazione, dalla più precoce alla più tardiva. Dati medi anno 2017 ± Deviazione standard.

Tra le tipologie le nettarine presentano il valore medio di acidità maggiore, 9,4 meq NaOH/100g, seguite dalle pesche standard con 5,7 meq NaOH/100g e dalle pesche platicarpe che presentano il valore più basso 5,1 meq NaOH/100g.

In generale i valori più elevati sono registrati per varietà precoci (Sagittaria, Ufo 2, Flariba) che maturano entro la prima decade di giugno, o per cultivar più datate (O'Henry e Morsiani 90). Escluse queste 5 cultivar con valori elevati di acidità, le restanti cultivar presentano un'acidità titolabile media di 4,4 meq NaOH/100g.

3.4 Conclusioni

Il consumatore è attratto, in primo luogo, dalle caratteristiche estetiche e produttive del frutto e cioè dal calibro, dal sovraccolore, dal peso medio e dalla durezza della polpa. Dalle misurazioni è risultato che l'azienda effettua la raccolta entro valori di consistenza della polpa adatti al consumo fresco diretto, scelta dettata dal fatto che la vendita viene affidata direttamente alla grande distribuzione dove il prodotto viene venduto molto velocemente e non richiede quindi lunghi tempi di stoccaggio in cella frigorifera. Dai dati si evince che la tipologia con consistenza maggiore risulta essere la nettarina a polpa gialla, mentre la tipologia platicarpa a polpa bianca, soprattutto per le cultivar Ufo 2, Ufo 4 e Stark Saturn, mostra qualche difficoltà in termini di shelf life.

Il calibro ed il peso medio del frutto sono generalmente i parametri più importanti per il produttore su cui basare la scelta della cultivar da impiantare.

Dal punto di vista del calibro le migliori sono risultate Extreme 486 e Sweet Dream, mentre per le pesche platicarpe si evidenziano Ufo 4 e Galaxy. Tutte e 4 le cultivar si avvicinano al calibro commerciale AAA.

Il peso medio del frutto ha un andamento tendenzialmente crescente, passando da cultivar a maturazione precoce a cultivar a maturazione tardiva, aspetto evidente soprattutto per le tipologie pesche e nettarine standard. Come per il calibro anche per il peso medio frutto Extreme 486 e Galaxy presentano le performance migliori.

Essendo il sovraccolore dell'epidermide uno dei parametri primari che attraggono il consumatore verso l'acquisto, l'azienda ha deciso di puntare su cultivar con un'elevata percentuale di sovraccolore dell'epidermide. In generale si nota che tra le 3 tipologie il sovraccolore maggiore è registrato nel gruppo delle pesche polpa gialla, mentre le pesche

platicarpe a polpa bianca presentano il valore medio minore. Il valore più elevato è raggiunto dalla cultivar Extreme 514, mentre il valore più basso è registrato su Stark Saturn.

Oltre ai parametri produttivi sono fondamentali anche i parametri qualitativi perché da essi dipendono la soddisfazione o meno nei confronti dell'acquisto da parte del consumatore.

Tendenzialmente all'interno delle 3 tipologie si nota un leggero aumento dei solidi solubili passando dalle cultivar precoci alle cultivar tardive. Il valore più elevato è registrato sulla cultivar Strike, mentre il più basso sulla cultivar Platibelle.

Il miglioramento genetico negli ultimi anni si è concentrato molto sulla riduzione dell'acidità titolabile assecondando il gusto del consumatore che sta sempre più apprezzando maggiormente le cultivar con frutti dal sapore subacido. L'azienda Acciarri ha introdotto nei nuovi impianti cultivar con questa caratteristica. In generale i valori più elevati sono registrati per varietà precoci (Sagittaria, Ufo 2, Flariba) che maturano entro la prima decade di giugno, o per cultivar più datate (O'Henry e Morsiani 90). Tutte le restanti cultivar presentano valori medi di acidità titolabile di 4,4 meq NaOH/100g.

Concludendo si può notare l'interesse sempre crescente verso le tipologie platicarpe che presentano caratteristiche interessanti sia dal punto di vista produttivo che qualitativo.

I risultati ottenuti da questa prova sono fondamentali all'azienda per comprendere quale cultivar offre le performance produttive migliori ed orientare i nuovi impianti.

4. EFFETTO DELLA DIVERSA COMBINAZIONE DI POTATURA E DIRADAMENTO SULLA PRODUZIONE E QUALITÀ DI FRUTTI IN CULTIVAR DI PESCHE PLATICARPE ALLEVATE A VASO CATALANO

Abstract

La potatura ed il diradamento sono due pratiche colturali molto onerose per il produttore ma allo stesso tempo fondamentali per poter ottenere una buona produzione. In questo studio sono stati analizzati, per due anni, gli effetti della combinazione di due diversi livelli di potatura e tre diversi livelli di diradamento sulla produzione e sulla qualità del frutto. La prova è stata condotta in un pescheto commerciale, su quattro cultivar di pesche di tipologia platicarpa a polpa bianca, allevate a vaso catalano. I risultati hanno mostrato importanti interazione del carico produttivo con effetti significativi sui parametri produttivi, qualitativi e nutrizionali. Mentre il numero di branche incide in maniera significativa solo sui parametri nutrizionali. I risultati ottenuti potranno essere utilizzati dai produttori ai fini di una corretta gestione della potatura e del carico produttivo della pianta, in modo da ottenere un prodotto con elevate caratteristiche qualitative, produttive e nutrizionali.

4.1 Introduzione

L'intercettazione luminosa e la sua adeguata distribuzione all'interno della chioma sono aspetti di primaria importanza per un'adeguata produzione. Da questo ne consegue che la produttività del pescheto è influenzata dalla relazione tra la progettazione del frutteto nel suo complesso e la luce disponibile. (Corelli-Grappadelli e Marini, 2008). Le diverse forme e volumi della chioma infatti possono avere influenze sulla qualità dei frutti e sulla loro uniformità alla raccolta (DeJong *et al.*, 1994; Grossman e DeJong, 1998). Allo stato attuale poche sono le informazioni che abbiamo relative agli effetti specifici che la forma di allevamento può avere sulla qualità del frutto, in particolare sull'aspetto nutrizionale (Minas *et al.*, 2018). Al fine di ottenere una produzione elevata e di qualità è fondamentale abbinare alla forma di allevamento anche l'impostazione di un adeguato carico produttivo. Infatti, sebbene il diradamento sia una pratica molto dispendiosa per il produttore, risulta comunque necessaria per aumentare la pezzatura e la qualità dei frutti ed ottenere un buon riscontro sul mercato con conseguente ritorno economico (Johnson e Handley, 1989; Marini e Sowers, 1994). L'importanza del carico produttivo si esplica con effetti evidenti sulla pezzatura, sull'epoca di maturazione e sulla qualità del frutto (Marini, 2003). Ad esempio, è stato notato che diversi carichi produttivi influenzano la maturazione del frutto. In particolare, un maggiore carico produttivo porta a ritardare la maturazione e di conseguenza la raccolta

(Gradziel e McCaa, 2008; Reginato *et al.*, 2007). La combinazione tra forma di allevamento e diradamento deve essere ben impostata, in modo che i frutti vengano distribuiti vicino agli organi fotosintetici, così da assorbire più facilmente i fotosintetati e migliorare la qualità (Bussi e Plenet, 2012).

Negli ultimi anni si è evoluta una forma di allevamento che ha avuto un grandissimo successo soprattutto in Spagna dove ha permesso di ridurre in modo significativo i costi di produzione e di migliorare la gestione dell'albero: il vaso catalano (Neri *et al.*, 2010) Si tratta di una forma completamente gestibile da terra, grazie all'altezza contenuta, e che non necessita di sostegni temporanei o permanenti. Il numero di branche non è prestabilito, può variare da forme più aperte con 4-5 branche a forme più cespugliose con 6-8 branche (Fideghelli, 2009; Neri e Massetani, 2011; Sansavini *et al.*, 2012). Numerosi studi hanno analizzato gli effetti della potatura e del diradamento sulla produzione e sulla qualità del frutto ma non è ancora del tutto chiara l'interazione tra questi due fattori. Questo studio ha preso in esame il numero di branche del vaso catalano, il diverso livello di carico produttivo e l'interazione che questi due fattori hanno sulla produzione e sulla qualità del frutto. I risultati possono essere utili per la comprensione degli effetti che la potatura ed il diradamento hanno sia dal punto di vista produttivo ma anche e soprattutto sull'aspetto nutrizionale che non è ancora stato indagato a fondo (Minas *et al.*, 2018).

4.2 Materiali e metodi

4.2.1 Disegno sperimentale

La prova è stata condotta in un pescheto commerciale realizzato nel 2014, situato nel Comune di Ortezzano (FM), lungo la Valdaso-Regione Marche (43.012344N, 13.362602E), (Fig. 9).

La prova è stata realizzata nel biennio 2017-2018 in un impianto con un'estensione di 3 ettari in una posizione di fondovalle, con temperature annue che variano tra 0,8-34 °C (temperature riferite al biennio 2017-2018). Il pescheto è gestito con inerbimento nell'interfila e diserbo lungo la fila.



Figura 9: vista aerea dell'impianto (contorno color verde) in cui si sono svolte le prove. Sono evidenziate le parcelle campionate. Ogni colore corrisponde ad una cultivar diversa. Arancio: Galaxy; azzurro: Platibelle*; giallo: Plane[®] Delicious; rosso: Plane[®] Star.

La prova ha coinvolto 4 cultivar di tipologia pesca platicarpa a polpa bianca (Galaxy, Platibelle*, Plane[®] Delicious e Plane[®] Star) con diverse epoche di fioritura e diverse epoche di raccolta, innestate su portinnesto Garnem e con sesto d'impianto 5x3 m.

Il vaso catalano è una forma di allevamento di nuova introduzione per l'areale Valdaso (FM), dove la forma di allevamento classica è rappresentata dalla palmetta. Nel vaso catalano l'impalcatura è costituita generalmente da un numero di branche non definito ma comunque superiore a 3. La potatura di allevamento può prevedere una forma più aperta con 4-5 branche, o una forma più cespugliosa con 6-8 branche (Sansavini *et al.*, 2012; Fideghelli, 2009). Proprio su questo aspetto si è concentrata la prova, che è stata basata su 2 livelli di potatura (potatura con 6 branche e potatura con 4 branche) (Fig. 10 e 11).



Figura 10: Pianta allevata a vaso catalano e potata con 6 branche.



Figura 11: Pianta allevata a vaso catalano e potata con 4 branche.

I 2 livelli di potatura sono stati combinati con 3 livelli di carico produttivo (basso, medio, elevato), (Tab. 7).

Per ogni cultivar è stato impostato un disegno sperimentale costituito da 3 blocchi randomizzati con 6 piante per blocco (2 livelli di potatura x 3 livelli di diradamento), in cui ogni pianta ha rappresentato una parcella (per un totale di 18 piante).

Nei 2 anni di studio sono stati applicati livelli di carico produttivo diverso. Mentre nel 2018 è stato possibile applicare lo stesso numero di frutti/pianta per tutte le cultivar, nel 2017 questo non è stato possibile a causa della bassa produzione dovuta alla giovane età dell'impianto (realizzato nel 2014). Quindi nell'anno 2017 il carico produttivo è stato adeguato al numero di frutti medio presente su ogni cultivar. Nel 2017 il range di differenza tra le tesi di carico produttivo è stato in media di 50 frutti/pianta. Nel 2018 grazie alla struttura più ampia e sviluppata delle branche, che hanno potuto supportare una produzione maggiore si è deciso di aumentare il range di differenza tra le tesi di diradamento da 50 a 150 frutti/pianta, in modo da ottenere effetti più evidenti sulla produzione e sulla qualità del frutto. Il diradamento è stato effettuato manualmente tra la seconda metà del mese di aprile e la prima metà del mese di maggio sia nel 2017 che nel 2018 a seconda della precocità della cultivar.

Tabella 7: Combinazione tra i 2 livelli di potatura e i 3 livelli di diradamento nelle 4 cultivar in prova. Sono riportati i livelli di diradamento dell'anno 2017 dell'anno 2018.

Anno	N° Branche	Carico produttivo	N° Frutti/pianta per ogni cultivar			
			<i>Galaxy</i>	<i>Platibelle*</i>	<i>Plane® Delicious</i>	<i>Plane® Star</i>
2017	6	Basso	200	85	120	220
		Medio	260	150	170	270
		Elevato	300	210	240	320
	4	Basso	200	85	120	220
		Medio	260	150	170	270
		Elevato	300	210	240	320
2018	6	Basso	100	100	100	100
		Medio	250	250	250	250
		Elevato	400	400	400	400
	4	Basso	100	100	100	100
		Medio	250	250	250	250
		Elevato	400	400	400	400

La raccolta è stata eseguita in 2 o 3 stacchi a seconda della velocità di maturazione delle singole cultivar.

Da ogni pianta/parcella sono stati raccolti 30 frutti, prelevati nella porzione mediana esterna della chioma ed analizzati per le caratteristiche qualitative e nutrizionali.

Inoltre l'intera produzione di ogni pianta è stata raccolta per valutare le differenze produttive tra le diverse tesi.

4.2.2 Parametri produttivi

a) PESO MEDIO DEL FRUTTO:

ad ogni raccolta, per ogni pianta/parcella, sono stati prelevati 30 frutti che sono stati pesati attraverso una bilancia digitale (Orma-Milano) ed espressi in grammi (g). Dal peso dei 30 frutti è stato poi calcolato il peso medio del frutto. I pesi medi delle diverse raccolte sono stati mediati per ogni parcella, per ogni anno.

b) PRODUZIONE TOTALE DELLA PIANTA:

è stato misurato il peso totale dei frutti prelevati ad ogni raccolta, sulle singole piante, attraverso un dinamometro digitale (Kern CH 50K50) ed espresso in chilogrammi (kg). I pesi totali registrati per ogni raccolta sono stati sommati per singola pianta e mediati per ogni parcella.

c) CIRCONFERENZA DEL FRUTTO:

sul campione di 30 frutti prelevati da ogni pianta/parcella, per singola raccolta, è stata misurata la circonferenza del frutto attraverso un calibro commerciale ad anelli ed espressa in centimetri (cm). I calibri registrati dalle diverse raccolte sono stati mediati per ogni pianta/parcella, per ogni singolo anno.

4.2.3 Parametri qualitativi

d) DUREZZA DELLA POLPA:

La data di raccolta è stata stabilita in base alla misurazione della consistenza della polpa, misurata con penetrometro manuale (Turoni) con puntale da 8 mm, su 2 punti diametralmente opposti del frutto, dopo aver rimosso l'epidermide nel punto di perforamento. La misurazione è stata effettuata, per ogni singola raccolta, sul campione di 30 frutti per ogni parcella. Il valore di durezza media entro il quale sono state effettuate le raccolte corrisponde a 4,0 kg.

I valori di durezza registrati dalle diverse raccolte sono stati mediati per ogni parcella, per ogni singolo anno.

e) SOVRACCOLORE:

il campione di 30 frutti prelevato ad ogni raccolta è stato sottoposto alla stima del sovraccolore dell'epidermide, rilevata tramite valutazione visiva, ed espressa in % di sovraccolore sull'intera superficie dell'epidermide. I valori di sovraccolore registrati dalle diverse raccolte sono stati mediati per ogni parcella, per ogni singolo anno.

f) CONTENUTO DI SOLIDI SOLUBILI:

La misurazione è stata ottenuta attraverso un rifrattometro digitale Atago (N-1E/made in Japan) a compensazione di temperatura. Ad ogni raccolta, dai 30 frutti campionati per ogni parcella, attraverso una centrifuga (BOSCH-700Watt) è stato estratto il succo. Da questo sono state prelevate 1-2 gocce che sono state poste sulla superficie del prisma del rifrattometro per la lettura. La misura è espressa in °Brix. I valori registrati dalle diverse raccolte sono stati mediati per ogni parcella, per ogni singolo anno.

g) ACIDITÀ TITOLABILE

Dal succo di ogni campione sono stati prelevati 10 g ai quali sono stati aggiunti altri 10 g di acqua distillata. La soluzione è stata titolata con una soluzione di soda NaOH (0,1 N). Il viraggio di colore della soluzione è dato dal Blu di Bromotimolo che a titolazione avvenuta passa dal colore verde al colore blu. L'acidità titolabile viene espressa in milli equivalenti di NaOH su 100 g di succo (meq NaOH/100g). I valori ottenuti dai 30 frutti di ogni raccolta sono stati mediati per singola parcella, per ogni anno.

4.2.4 Parametri nutrizionali

ESTRAZIONE DEI COMPOSTI ANTIOSSIDANTI:

Sono stati prelevati degli spicchi da un campione di 10 frutti senza difetti e con una colorazione omogenea. Il materiale prelevato è stato tagliato in piccoli pezzi e da questi sono stati prelevati 10 g. L'estrazione è avvenuta in metanolo ed acqua, rispettivamente in rapporto di 80:20. Il metanolo permette di mantenere la stabilità dei composti a carattere antiossidante. La soluzione è stata addizionata ai 10 g di materiale vegetale in rapporto 1:10 (1 parte di materiale vegetale e 10 di soluzione). Alla soluzione estraente è stato aggiunto un extra-volume dell'1% di acido acetico che è necessario per degradare le pareti cellulari

dell'epidermide dei frutti. Il composto ottenuto è stato omogeneizzato attraverso l'Ultraturrax T 25 (Janke e Kunkel, IKA-Labortechnik) e posto al buio in frigorifero per 48 ore. Successivamente l'omogenato è stato centrifugato a 4000 RPM per 15 minuti. Separato il composto sono stati prelevati 4 ml del surnatante e replicato per 6 vials ambrate e posto in congelatore a -20°C (Diamanti *et al.*, 2012).

h) CAPACITÀ ANTIOSSIDANTE TOTALE (CAT)

Viene valutata con il metodo Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC). La reazione si basa sulla capacità che hanno le sostanze estratte dal frutto, col metodo sopra descritto, di estinguere una soluzione radicalica. La soluzione radicalica pre formata presenta una colorazione blu/verde. Viene generata tramite la radicalizzazione del ABTS^{•+} (acido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sulfonico) da parte del persolfato di potassio. Il catione radicale possiede la massima assorbanza a 734 nm. Con lo spettrofotometro si valuta l'estinzione del radicale cioè l'ABTS. Il picco di assorbimento per questa sostanza si trova a 734 nm, per questo motivo tutti i campioni vengono analizzati a questa lunghezza d'onda. Il radicale viene estinto in presenza di antiossidanti donatori di idrogenioni, provocando una decolorazione della soluzione. Questa decolorazione è determinata in funzione della concentrazione e calcolata in funzione alla reattività del Trolox (standard esterno a concentrazione crescente) tramite regressione lineare (Miller *et al.*, 1993). La scala viene ottenuta facendo reagire ABTS e la soluzione di sodio persolfato con Trolox (analogo della vitamina E idro-solubile) a concentrazioni crescenti per un volume totale di 10 ml. L'assorbanza, ovvero il dato che deriva dalla lettura allo spettrofotometro (Shimadzu UV-1800), deve ricadere all'interno dei valori ottenuti dalla scala degli standard. I campioni vengono diluiti 1:3 con tampone fosfato. Il campione così diluito viene fatto reagire in rapporto 1:2 con la soluzione radicalica e conservato in oscurità per 6 minuti, dopodiché la soluzione viene letta allo spettrofotometro. Maggiore è la capacità antiossidante e più il colore tenderà al bianco. La misura viene espressa come mmol Trolox equivalenti/kg.

i) CONTENUTO TOTALE DI POLIFENOLI (TPH)

Viene valutato tramite il metodo del reagente di Folin Ciocalteu.

Il saggio del contenuto totale di polifenoli non determina solamente il contenuto in composti fenolici ma anche gli altri composti riducenti, perché il meccanismo su cui si fonda il metodo è una reazione redox. Nella composizione chimica del reagente Folin sono contenuti

eteropolfosfo-tungstano molibdato. Il molibdeno viene facilmente ridotto nel complesso. Una reazione di trasferimento degli elettroni avviene tra i composti riducenti e il Mo(VI) in condizioni alcaline con la produzione di una colorazione blu con assorbanza massima a 760 nm. Il contenuto in polifenoli viene valutato tramite la regressione lineare calcolata in funzione della curva di calibrazione di acido gallico (standard esterno) a concentrazione crescente. Il campione viene diluito in rapporto 1:2 con acqua distillata. La reazione avviene in provetta ed il volume finale della reazione è di 5 ml. La provetta viene riempita con 3.5 ml di acqua milliq. 0,5 ml, del campione diluito, viene fatto reagire in provetta con 250 µl del reagente di Folin Ciocalteu. Successivamente ad una agitazione tramite agitatore meccanico, la soluzione viene lasciata reagire per 3 minuti. Dopodiché viene addizionato 0,750 ml di una soluzione di Carbonato di Sodio 20% p/V. Successivamente all'aggiunta del carbonato la soluzione viene lasciata reagire in oscurità per 60 minuti ed infine si misura l'assorbanza a 760 nm. Le misurazioni vengono espresse in mg Gallic Acid equivalent/kg di frutto. (Slinkard and Singleton 1977).

4.2.5 Analisi statistica

I dati sono stati sottoposti all'analisi ANOVA a due vie per determinare differenze tra anni, trattamenti (potatura e diradamento) e relative interazioni. Le medie dei diversi gruppi di dati sono state separate attraverso il test di Fisher (Least Significant Difference, LSD) utilizzando il software STATISTICA 7.0 (StatSoft. Tulsa, USA).

4.3 Risultati e discussione

Per tutte le cultivar prese in esame in questo lavoro sono state rilevate le epoche di fioritura divise per fasi (Inizio fioritura, piena fioritura, fine fioritura) (Tab. 8). Le più precoci risultano essere le cultivar Galaxy e Platibelle* che anche sono più esposte a rischi di danni da gelate tardive, rispetto alle cultivar Plane® Delicious e Plane® Star che in media fioriscono 10 giorni più tardi.

Tabella 8: Andamento della fioritura nelle 4 cultivar analizzate nel biennio 2017-2018.

Anno	Cultivar	Inizio fioritura (10% fiori aperti)	Piena fioritura (50% fiori aperti)	Fine fioritura (90% fiori aperti, inizio caduta petali)
2017	Galaxy	03/03/17	10/03/17	19/03/17
	Platibelle*	03/03/17	07/03/17	14/03/17
	Plane® Delicious	16/03/17	20/03/17	25/03/17
	Plane® Star	14/03/17	18/03/17	24/03/17
2018	Galaxy	05/03/18	12/03/18	20/03/18
	Platibelle*	07/03/18	15/03/18	19/03/18
	Plane® Delicious	19/03/18	25/03/18	03/04/18
	Plane® Star	18/03/18	24/03/18	02/04/18

Per quanto riguarda la raccolta (Tab. 9), la cultivar più precoce, tra quelle campionate in questa prova, è Galaxy la cui maturazione avviene generalmente entro la prima decade di luglio. Mentre la cultivar più tardiva risulta essere Plane® Star la cui maturazione avviene tra la terza e la quarta settimana di agosto.

Le raccolte sono state effettuate in 2 o 3 stacchi a seconda la velocità di maturazione. In entrambi gli anni le cultivar Galaxy e Plane® Delicious sono state raccolte in 3 stacchi, mentre Platibelle* e Plane® Star sono state raccolte in 2 stacchi.

Tabella 9: Date di raccolta delle 4 cultivar campionate, divise per anno e numero di raccolta. Dati riferiti agli anni 2017 e 2018.

Anno	Cultivar	1° Raccolta	2° Raccolta	3° Raccolta
2017	Galaxy	3/07/17	6/07/17	10/07/17
	Platibelle*	11/07/17	14/07/17	
	Plane® Delicious	25/07/17	28/07/17	2/08/17
	Plane® Star	18/08/17	21/08/17	
2018	Galaxy	5/07/18	9/07/18	12/07/18
	Platibelle*	16/07/18	19/07/18	
	Plane® Delicious	25/07/18	30/07/18	2/08/18
	Plane® Star	17/08/18	22/08/18	

4.3.1 Parametri produttivi

L'analisi della varianza, riferita al Peso medio, Produzione totale e Calibro medio del frutto, indica che i parametri produttivi sono statisticamente influenzati dall'anno in cui è stata eseguita la prova, dal livello di carico produttivo e dall'interazione tra l'anno ed il carico produttivo (Tab. 10).

Tabella 10: Analisi della varianza a 2 vie (ANOVA) riferiti al Peso medio frutto, Produzione totale, Calibro medio. **=interazione significativa per $P < 0,001$; *=interazione significativa per $P < 0,05$; n.s.=interazione non significativa.

Parametro	Peso medio frutto	Produzione totale	Calibro medio
Anno (a)	**	**	**
n° Branche (b)	n.s.	n.s.	n.s.
Carico produttivo (c)	**	**	**
Anno*n° Branche (a×b)	n.s.	n.s.	n.s.
Anno*Carico produttivo (a×c)	**	**	**
n° Branche*Carico produttivo (b×c)	n.s.	n.s.	n.s.
Anno*n° Branche*Carico produttivo (a×b×c)	n.s.	n.s.	n.s.

I risultati indicano che c'è differenza in termini produttivi tra i 2 anni in cui sono state svolte le prove. Questo risultato è riconducibile al diverso range di diradamento che è stato applicato nei 2 anni come spiegato nel paragrafo precedente (Tab. 7).

Nonostante diversi studi indichino che la forma di allevamento e la potatura, grazie alla diversa intercettazione luminosa, abbiano effetti sul frutto (Dejong et al, 1999; Robinson e

Lakso, 1991) in questo specifico studio non sono rilevate differenze significative nei parametri produttivi dovuti al diverso numero di branche.

Mentre per quanto riguarda il carico produttivo si notano differenze significative per tutti i parametri produttivi (Peso medio, Produzione totale e Calibro medio), come confermato da diversi studi (Grossman e DeJong, 1995).

Non si registrano invece influenze significative in termini produttivi per quanto riguarda l'interazione n° Branche*Carico produttivo e nemmeno in funzione dei 2 anni di studio.

a) PESO MEDIO DEL FRUTTO:

dall'analisi statistica si evince una differenza significativa sul peso medio del frutto in funzione del carico produttivo (Fig. 12).

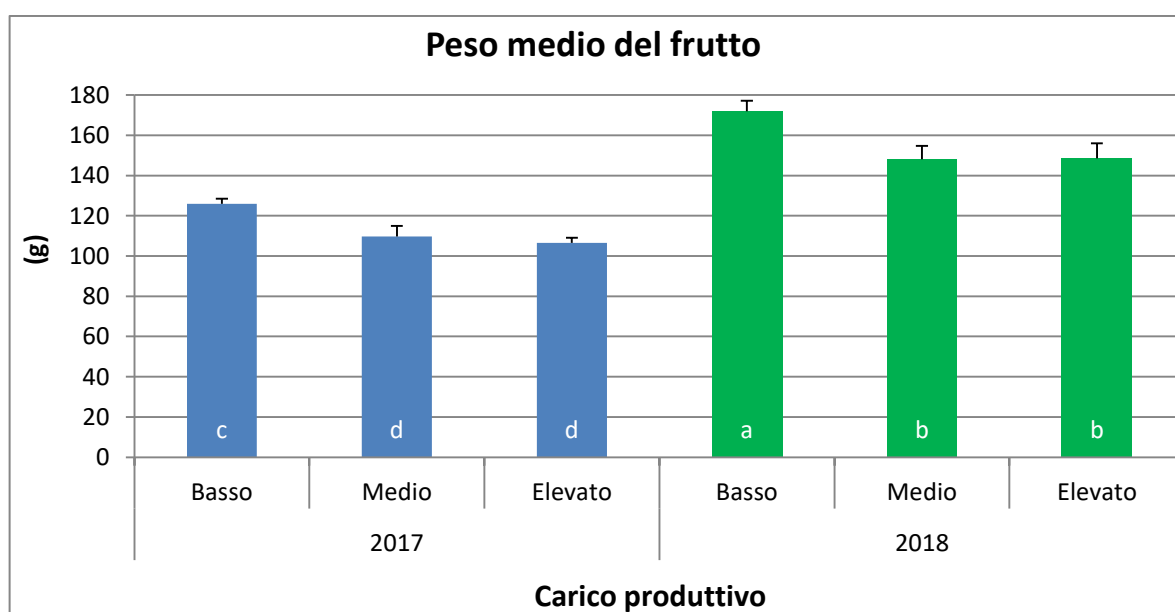


Figura 12: Influenza del carico produttivo sul peso medio del frutto (g). Dati medi riferiti agli anni 2017 e 2018 \pm Errore standard. Valori indicati con lettere diverse si differenziano statisticamente per $P < 0,05$, Test LSD.

Dal grafico si nota una differenza netta tra i pesi medi rilevati nell'anno 2017 e quelli registrati nell'anno 2018. Il maggior peso medio registrato nell'anno 2018 è dovuto al fatto che la pianta, ormai al 3° anno di crescita, abbia completato lo sviluppo della chioma e sia quindi riuscita a supportare meglio il carico produttivo imposto (minore competizione tra l'attività vegetativa e quella produttiva).

In entrambi gli anni si nota come un carico produttivo basso permetta di ottenere frutti con pesi medi maggiori (in media 20 g in più rispetto alle altre 2 tesi) e che si distinguono

statisticamente dal carico produttivo medio ed elevato che registrano invece valori quasi uguali.

b) PRODUZIONE TOTALE DELLA PIANTA:

l'analisi statistica evidenzia l'influenza del diverso livello del carico produttivo sulla produzione totale della pianta (Fig. 13).

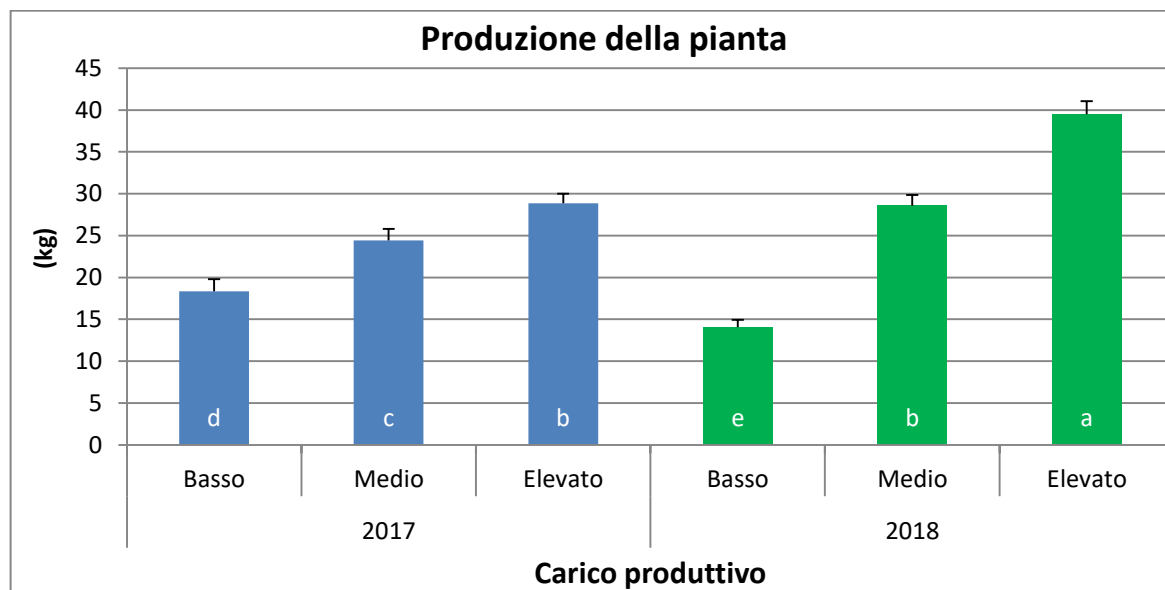


Figura 13: Influenza del carico produttivo sulla produzione totale della pianta (kg). Dati medi riferiti agli anni 2017 e 2018 \pm Errore standard. Valori indicati con lettere diverse si differenziano statisticamente per $P < 0,05$, Test LSD.

In entrambi gli anni si nota un trend produttivo crescente passando dalla tesi a basso carico produttivo alla tesi ad alto carico produttivo.

Anche per il carico produttivo, come per il peso medio, troviamo differenze evidenti nei 2 anni di prove. Nel 2018, il diverso carico produttivo, con un range di numero di frutti tra le tesi molto marcato (150 frutti di differenza tra le 3 tesi), ha portato ad ottenere risultati con differenze molto evidenti. Ma anche nel 2017, sebbene il range di differenza tra le tesi sia stato minore, i risultati si differenziano comunque molto bene dal punto di vista statistico.

Un elevato carico produttivo aumenta significativamente la produzione in termini di kg/pianta con differenze di 25,4 kg nel 2018 per la tesi basso carico rispetto alla tesi di carico elevato e con una differenza di 10 kg a favore della tesi basso carico nell'anno 2017.

c) CIRCONFERENZA DEL FRUTTO:

l'analisi statistica evidenzia l'influenza del diverso livello di carico produttivo anche sulla circonferenza del frutto (Fig. 14).

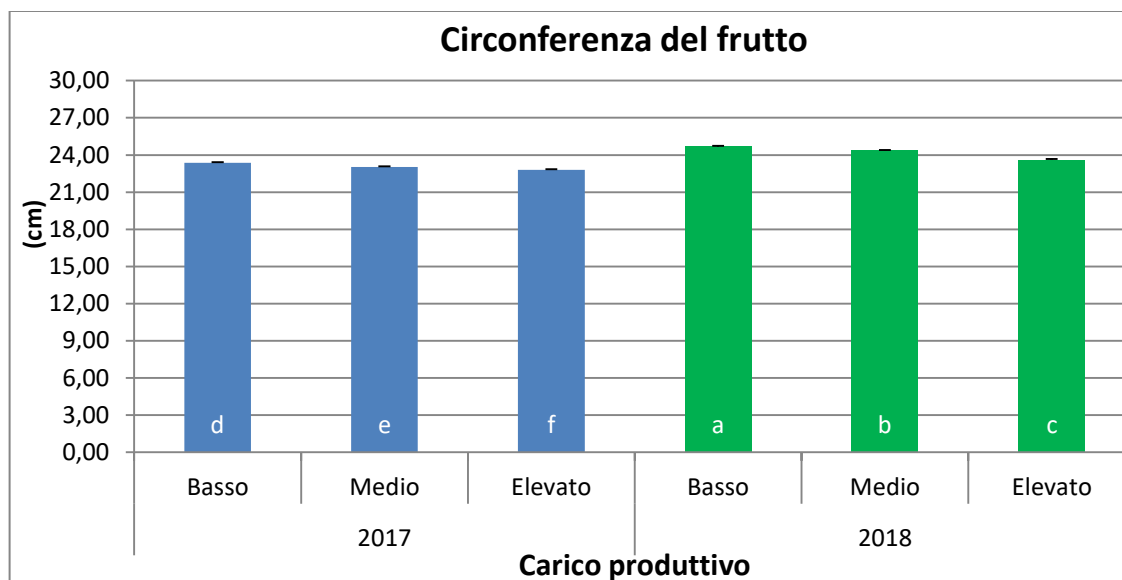


Figura 14: Influenza del carico produttivo sulla circonferenza del frutto (cm). Dati medi riferiti agli anni 2017 e 2018 \pm Errore standard. Valori indicati con lettere diverse si differenziano statisticamente per $P < 0,05$, Test LSD.

Come per il peso medio, anche la circonferenza del frutto è maggiore nell'anno 2018 rispetto all'anno 2017 grazie al raggiungimento della completa crescita della pianta che riesce così a supportare adeguatamente il carico produttivo imposto. Nell'anno 2018 infatti si registra una media di diametro, tra le 3 tesi, di 1 cm maggiore rispetto alla media delle 3 tesi applicate nel 2017 (si passa da 23,1 cm del 2017 a 24,2 cm del 2018). Dall'analisi statistica risulta evidente come il calibro del frutto decresca passando da carichi produttivi minori a carichi produttivi maggiori. Le differenze sono meno accentuate per l'anno 2017 dove il basso range di differenza di carico tra le tesi porta ad una diminuzione di 0,6 cm passando dal carico produttivo basso al carico elevato. Più accentuato è l'effetto ottenuto nel 2018, dove l'elevato range di differenza di carico tra le tesi porta a differenze di 1,1 cm in più per la tesi basso carico rispetto alla tesi carico elevato.

4.3.2 Parametri qualitativi

L'analisi della varianza per quanto riguarda i parametri qualitativi mostra che questi sono influenzati in maniera differente a seconda della tesi applicata (Tab. 11).

Tabella 11: Analisi della varianza a 2 vie (ANOVA) riferiti ai parametri di Durezza della polpa, Sovraccalore dell'epidermide, Contenuto di solidi solubili (CSS) ed Acidità titolabile (AT).
*=interazione significativa per $P < 0,05$; **=interazione significativa per $P < 0,001$; n.s.=interazione non significativa

Parametro	Durezza	Sovraccalore	CSS	AT
Anno (a)	**	*	**	n.s.
n° Branche (b)	*	n.s.	n.s.	n.s.
Carico produttivo (c)	n.s.	**	**	n.s.
Anno*n° Branche (a×b)	*	n.s.	n.s.	n.s.
Anno*Carico produttivo (a×c)	n.s.	**	*	n.s.
n° Branche*Carico produttivo (b×c)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Anno*n° Branche*Carico produttivo (a×b×c)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

d) DUREZZA DELLA POLPA:

questo parametro, stando all'analisi statistica, viene influenzato dall'anno, dal numero di branche e dall'interazione tra questi 2 parametri (Tab. 11) ma non viene influenzato dal parametro del carico produttivo. Questo è in disaccordo con diversi studi che affermano che il carico produttivo incide in maniera significativa sulla maturazione del frutto (Marini, 2003; Minas *et al.*, 2018).

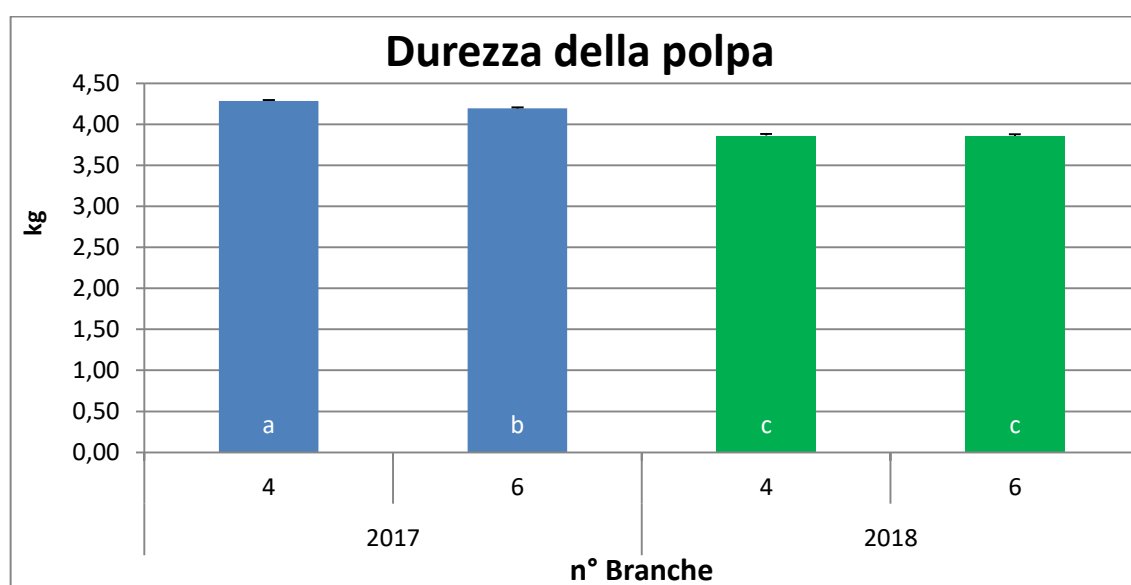


Figura 15: influenza del numero di branche sulla durezza della polpa. Dati medi riferiti agli anni 2017 e 2018 \pm Errore standard. Valori indicati con lettere diverse si differenziano statisticamente per $P < 0,05$, Test LSD.

Dai risultati si nota una diminuzione della durezza nell'anno 2018 rispetto all'anno 2017. Ma all'interno delle 2 tesi (potatura con 4 branche e potatura con 6 branche) nell'anno 2018 non ci sono differenze significative, mentre nell'anno 2017 la differenza tra i 2 trattamenti è statisticamente significativa ma con una differenza talmente bassa da essere considerata trascurabile (soli 0,09 kg a favore della tesi 4 branche).

e) SOVRACCOLORE:

come evidenziato dall'analisi statistica, il sovraccolore dell'epidermide viene influenzato dall'anno in cui è stata condotta la prova, dal carico produttivo e dall'interazione tra questi 2 parametri (Tab. 11).

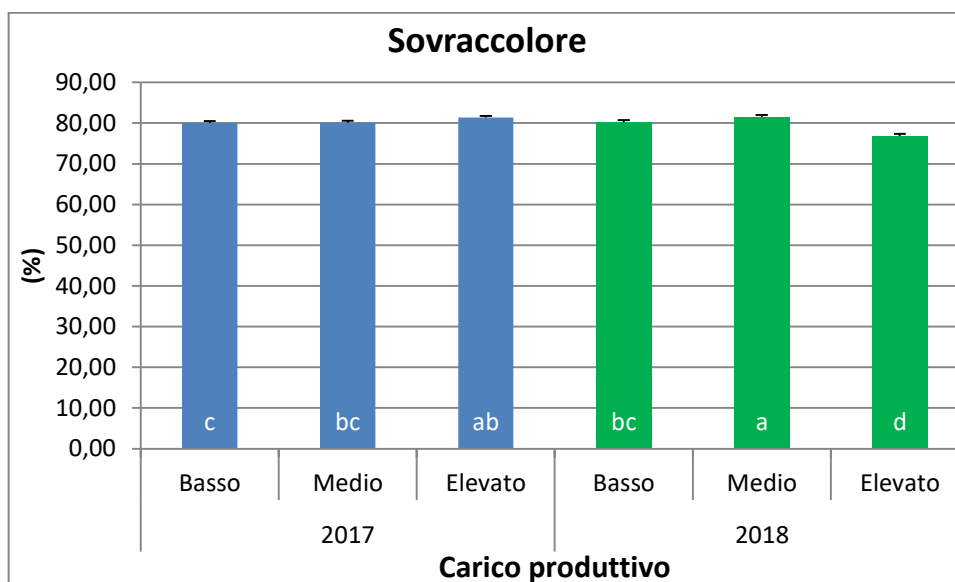


Figura 16: influenza del carico produttivo sulla percentuale di sovraccolore del frutto. Dati medi riferiti agli anni 2017 e 2018 \pm Errore standard. Valori indicati con lettere diverse si differenziano statisticamente per $P < 0,05$, Test LSD.

In questo studio non si notano influenze da parte del numero di branche. Questo è un risultato inaspettato in quanto la distribuzione della luce all'interno della chioma influenza fortemente il sovraccolore dell'epidermide (Corelli-Grappadelli e Coston, 1991; Marini *et al.*, 1991). Anche se il vaso catalano, essendo una forma di allevamento aperta e con una buona penetrazione della luce all'interno della chioma, permette di non avere eccessivi ombreggiamenti e quindi evidenti differenze di sovraccolore.

Dal grafico si notano risultati contrastanti. Mentre nel 2017 il carico produttivo elevato presenta la maggiore percentuale di sovraccolore, nel 2018 la stessa tesi mostra la percentuale minore di sovraccolore.

f) CONTENUTO DI SOLIDI SOLUBILI:

dall'analisi statistica effettuata, questo parametro viene influenzato dal carico produttivo, dall'anno in cui è stata condotta la prova e dall'interazione tra anno e carico produttivo (Tab. 11).

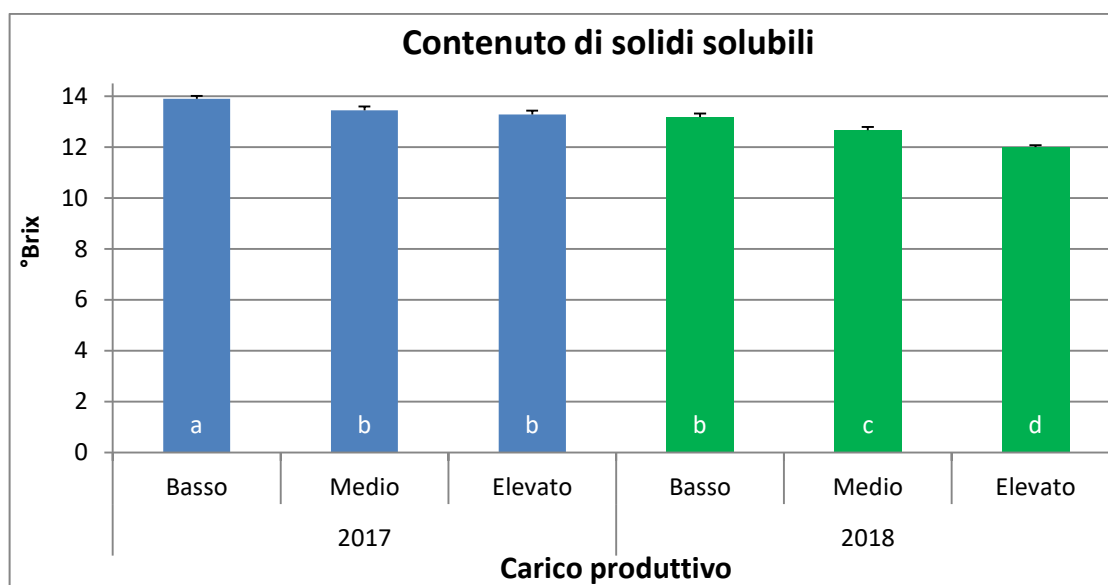


Figura 17: influenza del carico produttivo sul contenuto di solidi solubili. Dati medi riferiti agli anni 2017 e 2018 \pm Errore standard. Valori indicati con lettere diverse si differenziano statisticamente per $P < 0,05$, Test LSD.

Un alto carico produttivo in entrambi gli anni porta ad una diminuzione del contenuto di solidi solubili di 0,62 °Brix per l'anno 2017 e di 1,2 °Brix per l'anno 2018 rispetto al trattamento con basso carico produttivo. Questi risultati sono perfettamente aderenti con quanto riportato in letteratura ovvero che il diradamento minimizza la competizione per tra i frutti per i fotosintetati (Grossman e DeJong, 1995). Quindi minore è il carico produttivo e maggiore è la quantità di fotosintetati che si concentra nei frutti.

g) ACIDITÀ TITOLABILE

L'acidità non viene influenzata da nessun parametro, ovvero, né dall'anno, né dal carico produttivo, né dal numero di branche e nemmeno dall'interazione di questi parametri (Tab.

11). Dall'analisi delle misurazioni effettuate non troviamo infatti differenze statisticamente rilevanti tra le diverse tesi.

4.3.3 Parametri nutrizionali

I parametri nutrizionali sono stati analizzati per il solo anno 2018. Dall'analisi statistica risulta che sul Contenuto di polifenoli e sulla Capacità antiossidante totale influiscono sia il carico produttivo che il numero di branche, ma non la loro interazione (Tab. 12).

Tabella 12: Analisi della varianza a 2 vie (ANOVA) riferiti ai parametri di Contenuto di polifenoli (TPH) e Contenuto totale di antiossidanti (CAT). Dati riferito all'anno 2018.

**=interazione significativa per $P < 0,001$; *=interazione significativa; n.s.=interazione non significativa

Parametro	TPH	CAT
n° Branche (a)	*	*
Carico produttivo (b)	*	*
n° Branche*Carico produttivo (a×b)	n.s.	n.s.

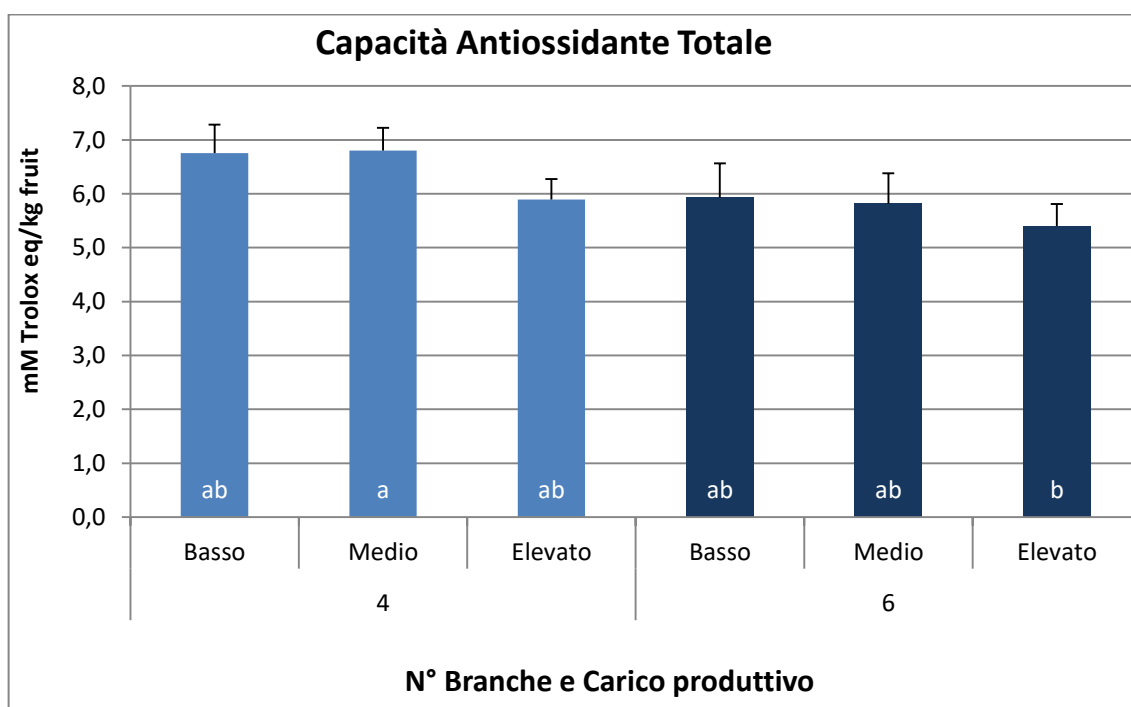


Figura 18: Influenza del carico produttivo e del numero di branche sulla Capacità Antiossidante Totale dei frutti. Dati medi riferiti all'anno 2018 \pm Errore standard. Valori indicati con lettere diverse si differenziano statisticamente per $P < 0,05$, Test LSD.

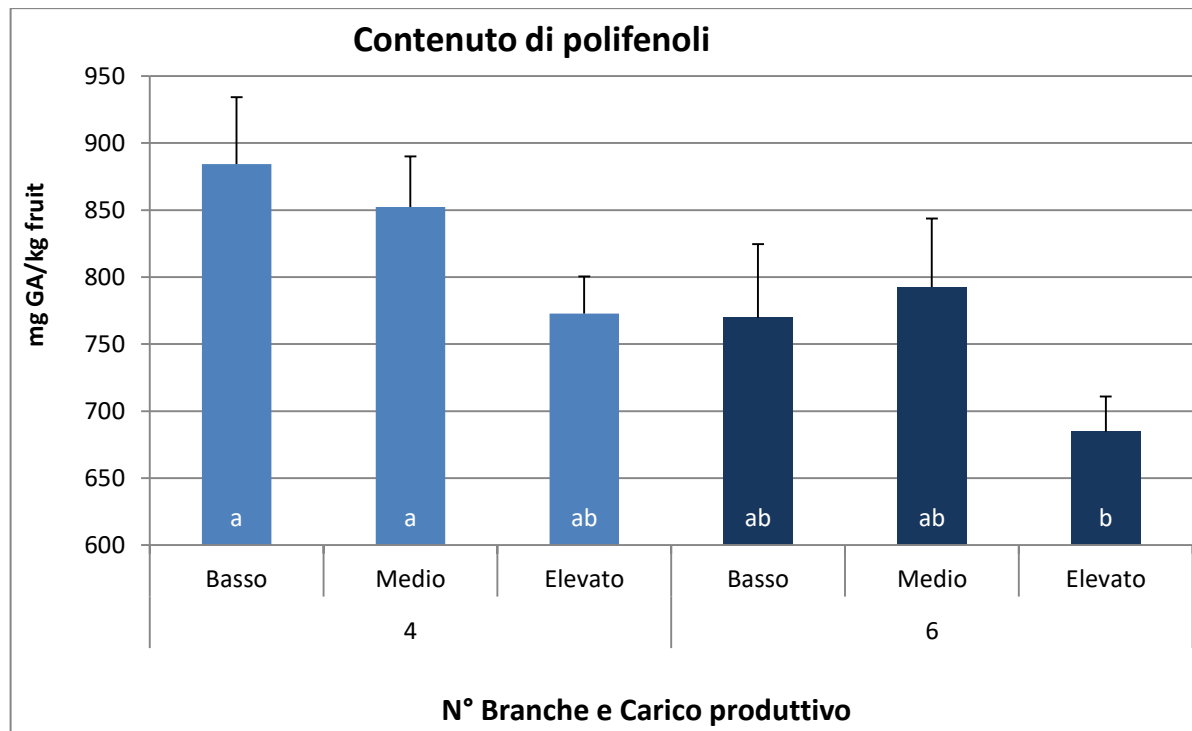


Figura 19: Influenza del carico produttivo e del numero di branche sul contenuto di polifenoli dei frutti. Dati medi riferiti all'anno 2018 \pm Errore standard. Valori indicati con lettere diverse si differenziano statisticamente per $P < 0,05$, Test LSD.

Dai grafici (Fig. 18 e Fig. 19) si nota come la Capacità antiossidante totale ed il Contenuto di polifenoli diminuisca passando dalla tesi 4 branche alla tesi 6 branche. Inoltre dal punto di vista del carico produttivo, si può notare come, per entrambi i grafici, la capacità antiossidante totale ed il contenuto di polifenoli decresca passando dalla tesi con carico produttivo basso alla tesi con carico produttivo elevato.

Quindi il numero di branche ed il carico produttivo incidono in maniera significativa sulla componente nutrizionale. Questo è possibile in quanto l'architettura della chioma può influenzare fortemente la luce intercettata e da questo dipende la componente nutrizionale che è strettamente legata alla percentuale di sovraccolore rosso dell'epidermide (Gullo *et al.*, 2014). Questo aspetto è confermato confrontando i grafici dei parametri nutrizionali (Fig. 18 e Fig. 19) con il sovraccolore (Fig. 16). Si può notare come, per l'anno 2018, ci sia una diminuzione del sovraccolore nella tesi di maggior carico produttivo e da questo può esser dipeso un minor contenuto del parametro nutrizionale.

4.4 Conclusioni

Le pratiche di potatura e diradamento nel pescheto, seppur onerose, sono necessarie per ottenere una produzione adeguata e di qualità.

Dai risultati ottenuti da questo studio risulta evidente l'interazione che il carico produttivo esercita su tutti i parametri (produttivi, qualitativi e nutrizionali) mentre il numero di branche agisce soltanto sui parametri nutrizionali.

Nello specifico, per quanto riguarda i parametri produttivi, possiamo notare come l'elevato carico produttivo porta a diminuzioni del peso medio (con differenze di quasi 20 g in più per la tesi basso carico rispetto alla tesi con carico elevato, in entrambi gli anni, 2017 e 2018) ed il calibro del frutto (0,6 cm per il 2017 e 1,1 cm per il 2018 di differenza a favore del carico produttivo basso). Dall'altra parte però un elevato carico produttivo permette di ottenere delle produzioni/pianta maggiori che arrivano a 10 kg in più per l'anno 2017 e a 25,4 kg in più per l'anno 2018 rispetto alla tesi con basso carico produttivo.

Dal punto di vista dei parametri qualitativi troviamo risultati interessanti.

La durezza della polpa in questo studio risulta influenzata dal numero di branche ma non dal carico produttivo, in disaccordo con studi che riportano variazioni di durezza in funzione del carico produttivo (Marini, 2003; Minas *et al.*, 2018). In ogni caso in questo studio le differenze di durezza registrate tra le tesi sono molto basse e ritenute trascurabili.

Per quanto riguarda il sovraccolore in questo lavoro non si registrano influenze significative da parte del numero di branche. Evidentemente la forma a vaso catalano ed un numero relativamente basso di branche (4 o 6) permettono un'ottimale distribuzione della radiazione luminosa all'interno della chioma e questo permette di non andare ad influire sulla colorazione dell'epidermide. Il carico produttivo incide invece sul sovraccolore in maniera non concorde nei 2 anni di trattamento: 1,3% di sovraccolore in più per la tesi ad alto carico produttivo rispetto alla tesi medio e basso carico per l'anno 2017 e 3,4% di sovraccolore in più per la tesi basso carico rispetto alla tesi carico elevato nell'anno 2018.

Il contenuto di solidi solubili aumenta al diminuire del carico produttivo e questo risultato è stato confermato in entrambi gli anni di sperimentazione. Passando dal carico produttivo elevato al carico basso i °Brix sono aumentati di 0,62 per il 2017 e di 1,2 per il 2018.

L'acidità titolabile non viene influenzata né dal carico produttivo e né dal numero di branche.

I parametri nutrizionali sono gli unici in cui si rileva un'incidenza significativa sia del carico produttivo che del numero di branche. Sia la capacità antiossidante totale che il contenuto di polifenoli diminuiscono all'aumentare del numero di branche. Mentre per quanto riguarda il

carico produttivo i parametri nutrizionali decrescono all'aumentare del carico. Conoscendo la stretta relazione che esiste tra il sovraccolore dell'epidermide ed i parametri nutrizionali si può notare come ci sia rispondenza tra la diminuzione di sovraccolore (nell'anno 2018) e la diminuzione dei parametri nutrizionali nella tesi carico elevato.

In tutti i parametri sono state rilevate influenze significative anche tra i due anni di prove dovute al fatto che nel 2017 la pianta non aveva ancora completato la crescita, mentre nel 2018, ormai al 3° anno di impianto, l'architettura della chioma era ormai completa ed in grado di supportare la crescita del frutto.

I risultati ottenuti permettono di aggiungere informazioni utili nel panorama della corretta gestione della chioma e del carico produttivo e degli effetti che questi due aspetti hanno sui parametri produttivi, qualitativi e nutrizionali del frutto.

5. APPLICAZIONE DELLA TECNICA DELLO STRESS IDRICO CONTROLLATO SU UNA CULTIVAR DI PESCO A MATURAZIONE TARDIVA

Abstract

Questo studio è stato incentrato sull'introduzione della tecnica dello stress idrico controllato in un pescheto commerciale ad alta densità d'impianto, situato nella Valdaso (FM)-Regione Marche. Il controllo dell'irrigazione è stato effettuato attraverso l'introduzione di sonde tensiometriche per la misurazione del potenziale idrico del suolo. Le 3 tesi applicate sono: piena irrigazione (100% di restituzione irrigua rispetto alla capacità idrica di campo); stress moderato (80% di restituzione); stress intenso (60% di restituzione). La prova è stata condotta su una cultivar di pesco tardiva e lo stress è stato applicato durante la seconda fase di crescita del frutto. Sono stati analizzati i parametri produttivi, qualitativi e nutrizionali del frutto. Dalle prove è emerso che il trattamento irriguo incide sulla produzione totale della pianta, sulla pezzatura, sulla durezza della polpa e sul sovraccolore. Lo stress idrico influenza in particolar modo i parametri nutrizionali del frutto.

I risultati ottenuti sono utili all'azienda per un'efficiente programmazione della gestione irrigua e la facilità di utilizzo delle sonde tensiometriche introdotte permettono di trasferire la tecnica anche ad altre aziende.

5.1 Introduzione

La scarsità d'acqua è una delle maggiori preoccupazioni in molte aree agricole irrigue del mondo. Pertanto, la gestione delle acque di irrigazione deve essere effettuata in modo sempre più efficiente, al fine di risparmiare acqua e massimizzando la produttività (Fererres e Soriano 2007). Un approccio interessante è rappresentato dallo sviluppo della tecnica dello stress idrico controllato (RDI-Regulated Deficit Irrigation) che permette di ridurre l'apporto irriguo nelle fasi fenologiche meno sensibili della crescita del frutto, preservandone in questo modo la resa e la qualità. Nel caso del pesco le fasi meno sensibili alla carenza idrica corrispondono alla II° fase di crescita del frutto (indurimento del nocciolo) ed al post raccolta, mentre le fasi più critiche risultano essere la fioritura, l'allegagione, la I° e III° fase di crescita del frutto (divisione e distensione cellulare) (Behboudian *et al.*, 2011; Behboudian e Mills, 1997; Chalmers *et al.*, 1981; Lopez *et al.*, 2011; Xiloyannis *et al.*, 2012).

Dai numerosi studi condotti è emerso che l'efficacia di RDI è strettamente dipendente da 3 fattori:

- il momento specifico nel quale viene applicato (II° e/o IV° fase di crescita del frutto);
- il livello di severità dello stress (lo stress deve essere moderato);

- il carico produttivo della pianta (una pianta sottoposta a stress non può supportare un carico produttivo eccessivo) (Marsal and Girona, 1997).

I benefici portati dalla tecnica dell'RDI riguardano, oltre al risparmio idrico, anche notevoli vantaggi sul comportamento della pianta come la riduzione di crescita dei succhioni ed una migliore concentrazione dei carboidrati e dell'azoto negli organi di riserva grazie alla riduzione della competizione con gli organi vegetativi (Johnson e Handley, 2000; Xiloyannis *et al.*, 2012). Diversi sono gli effetti che RDI ha sulla produttività della pianta e sulla qualità del frutto. La dimensione del frutto risulta dipendente dal livello di carico produttivo e di stress applicato (Alcobendas *et al.*, 2012; Berman e DeJong, 1996). Mentre dal punto di vista della qualità del frutto le informazioni riportate in letteratura risultano a volte discordanti.

Una delle parti più difficili dell'applicazione di RDI consiste nel pianificare ed utilizzare la giusta quantità di irrigazione (Capra *et al.*, 2008), poiché questo richiede l'uso di indicatori adeguati. Il potenziale idrico del suolo nella zona radicale è un indicatore che è risultato significativamente correlato con il potenziale idrico dello stelo (Intrigliolo e Castel, 2004) ed il potenziale idrico della foglia misurato prima dell'alba (Ghrab *et al.*, 2013; Lebon *et al.*, 2003; Pellegrino *et al.*, 2004). Il potenziale idrico del suolo può essere misurato giornalmente attraverso delle sonde, a diverse profondità, che hanno provato la loro efficacia nella programmazione dell'irrigazione (Hanson *et al.*, 2000; Lecoeur *et al.*, 1992; Merot *et al.*, 2008).

Questo studio si è avvalso del potenziale idrico del suolo come parametro di controllo per l'applicazione di RDI. Scopo specifico della sperimentazione è stato valutare come incide lo stress idrico controllato, applicato nella II° fase di crescita del frutto, su una cultivar a maturazione tardiva. Sono stati attenzionati in particolar modo gli aspetti produttivi della pianta e la componente qualitativa e nutrizionale del frutto. I risultati della sperimentazione potranno essere utilizzati dall'azienda ai fini di una razionale programmazione dell'irrigazione del pescheto.

5.2 Materiali e metodi

5.2.1 Disegno sperimentale

La prova è stata condotta in un pescheto commerciale realizzato nel 2015, situato nel Comune di Ortezzano (FM), lungo la Valdaso-Regione Marche (43.012850 N, 13.363191 E), (Fig. 20). La prova è stata realizzata nel biennio 2017-2018 in un impianto con un'estensione di 7 ettari, in una posizione di fondovalle. Il pescheto è gestito con inerbimento nell'interfila e diserbo lungo la fila.

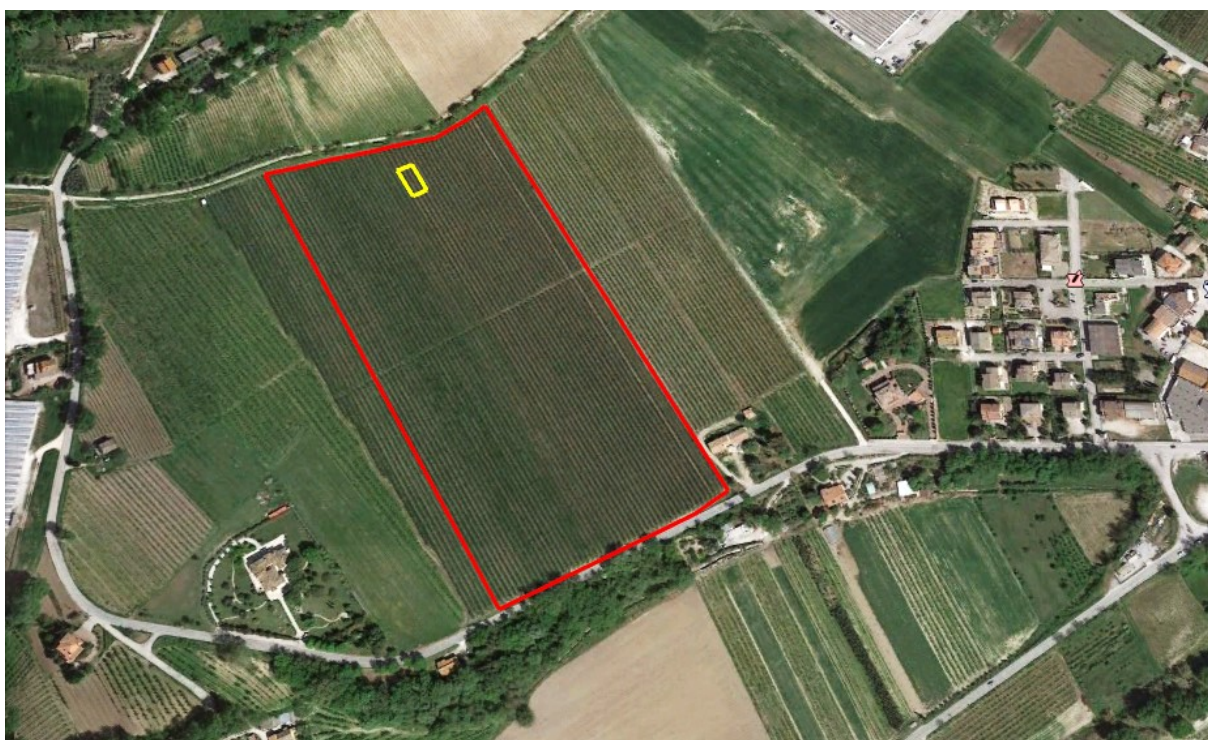


Figura 20: vista aerea dell'impianto (contorno color rosso) in cui sono state svolte le prove con evidenziazione delle parcelle campionate (contorno color giallo).

La prova è stata condotta sulla cultivar Tarderina*, una nettarina polpa gialla (Fig. 21) con epoca di raccolta tardiva (Tab. 14). La cultivar è innestata su portinnesto GF677, allevata a fusetto stretto con sesto d'impianto 3,8x1,25 m (Fig. 22).

Le piante sono state diradate uniformemente lasciando 85 frutti/pianta nell'anno 2017 e 65 frutti/pianta nel 2018 (il minor numero di frutti/pianta nel 2018 è dovuto alla scarsa allegagione causata da condizioni metereologiche avverse).



Figura 21: Dettaglio del frutto della cultivar Tarderina.

L'irrigazione viene distribuita attraverso 1 manichetta per fila, posta alla base del tronco, con ugelli distanziati 0,5 m gli uni dagli altri (Fig. 22). La manichetta emette 4 l/m.



Figura 22: Impianto nel quale sono state svolte le prove. Foto relativa all'anno 2017.

L'irrigazione è stata effettuata applicando la tecnica dello stress idrico controllato.

Lo stress è stato gestito attraverso la misurazione del potenziale idrico del suolo. Per la misurazione sono state utilizzate delle sonde Watermark® (Fig. 23) poste lungo la fila a 2 diverse profondità: a 30 cm (presupponendo che a quella profondità si concentri la maggior parte dell'apparato radicale) e a 60 cm (presupponendo che a quella profondità termini la porzione di profilo del suolo esplorata dalle radici). Le sonde Watermark® sono state collegate ad un datalogger che ha registrato giornalmente le misurazioni dei potenziali.



Figura 23: Sonda Watermark® utilizzata per la lettura del potenziale idrico del suolo.

Il potenziale idrico del suolo è stato monitorato dal 1° aprile al 31 agosto, per entrambi gli anni 2017 e 2018.

La prova è stata condotta applicando lo stress idrico controllato nella II° fase di crescita del frutto (Fig. 4). In questa fase sono stati impostati 3 trattamenti (Forey *et al.*, 2016; Wery, 2005) (Tab 13):

- un trattamento in piena irrigazione (100%) in cui il potenziale idrico del suolo a 30 cm di profondità è stato mantenuto vicino alla capacità idrica di campo, al di sotto di -0,02 Mpa;
- un trattamento in cui è stato applicato uno stress moderato, restituendo cioè l'80% del volume irriguo rispetto alla piena irrigazione, durante la II° fase di crescita del frutto. È stato possibile mantenendo il potenziale idrico del suolo, a 30 cm di profondità, tra -0,04 e -0,06 Mpa;
- un trattamento in cui è stato applicato uno stress più intenso, restituendo cioè il 60% del volume irriguo rispetto alla piena irrigazione, durante la II° fase di crescita del frutto. È stato possibile mantenendo il potenziale idrico del suolo, a 30 cm di profondità, maggiore di -0,06 Mpa.

Tabella 13: Gestione dell'irrigazione nei 3 trattamenti applicati nei 2 anni di studio, 2017 e 2018. Per ogni fase di crescita del frutto di pesco è evidenziato il range entro il quale è stato mantenuto il potenziale idrico del suolo (espresso in Mpa).

Fase di crescita del frutto di pesco	Restituzione 100% (Mpa)	Restituzione 80% (Mpa)	Restituzione 60% (Mpa)
I° Fase	< - 0,02	< - 0,02	< - 0,02
II° fase	< - 0,02	- 0,04 / - 0,06	> - 0,06
III° fase	< - 0,02	< - 0,02	< - 0,02
IV° fase	< - 0,02	< - 0,02	< - 0,02

La II° fase di crescita del frutto è stata individuata misurando settimanalmente i 2 diametri equatoriali del frutto che sono stati mediati ed usati per costruire la curva di crescita. I frutti campionati per la costruzione della curva di crescita sono stati scelti nella porzione mediana del ramo. Il periodo individuato come II° fase di crescita per la cultivar Tarderina* si estende dal 15 maggio al 30 giugno (Fig. 24).

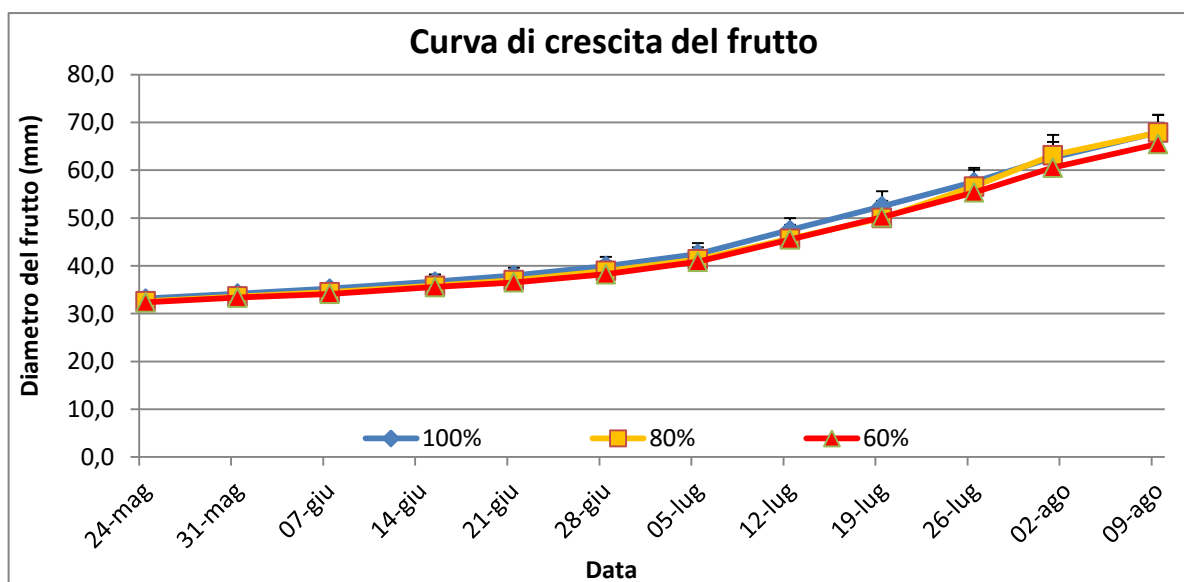


Figura 24: Curva di crescita del frutto costruita mediando i 2 diametri equatoriali del frutto. La II° fase di crescita è stata individuata tra il 15 maggio e il 30 giugno (dati riferiti all'anno 2017).

I 3 trattamenti irrigui sono stati impostati su 3 diverse file. Per ogni trattamento sono state definite 6 parcelle, distribuite lungo la stessa fila. Per ogni parcella sono state campionate 3 piante. Nel complesso la prova ha compreso 54 piante.

La raccolta è stata eseguita in 2 stacchi in entrambi gli anni (Tab. 14).

Tabella 14: Data di raccolta della cultivar Tarderina* nei 2 anni, 2017 e 2018.

Raccolta	Anno 2017	Anno 2018
1° Raccolta	11/08/2017	16/08/2018
2 Raccolta	22/08/2017	24/08/2018

Ad ogni stacco sono stati prelevati da ogni pianta 7 frutti per le analisi produttive e qualitative e 3 frutti per le analisi nutrizionali. I frutti sono stati scelti nella porzione mediana esterna della chioma. L'intera produzione di ogni pianta è stata poi raccolta e pesata.

5.2.2 Parametri metereologici

Attraverso l'utilizzo di una centralina meteo (iMetos-Pessl Instruments) sono state misurate le temperature mensili relative al periodo dell'anno in cui è stata impostata la prova (Tab.15) e i mm di pioggia caduti nello stesso periodo, nel 2017 e nel 2018 (Tab. 16).

Tabella 15: Temperature medie, minime e massime registrate durante i mesi in cui è stata svolta la prova (1 aprile-31 agosto), per gli anni 2017 e 2018.

Anno	Mese	Temperatura media (°C)	Temperatura massima (°C)	Temperatura minima (°C)
2017	Aprile	13,6	21,9	5,3
	Maggio	17,6	25,6	9,5
	Giugno	23,2	31,9	14,4
	Luglio	24,5	33,8	15,1
	Agosto	24,8	33,9	15,7
2018	Aprile	15,2	22,6	7,7
	Maggio	19,0	25,9	12,1
	Giugno	21,6	29,0	14,2
	Luglio	24,2	32,0	16,4
	Agosto	24,0	31,2	16,7

Tabella 16: Somma dei mm di pioggia registrati nei 2 anni di studio (2017-2018), nel periodo compreso tra il 1 aprile e il 31 agosto.

Anno	Precipitazioni (mm)
2017	279,6
2018	304,4

5.2.3 Parametri produttivi

a) PESO MEDIO DEL FRUTTO:

I frutti prelevati da ogni raccolta sono stati pesati attraverso una bilancia digitale (Orma-Milano) ed espressi in grammi (g). È stato poi calcolato il peso medio del frutto. I pesi medi delle due raccolte sono stati mediati per trattamento per ogni anno.

b) PRODUZIONE TOTALE DELLA PIANTA:

È stato misurato il peso totale dei frutti prelevati ad ogni raccolta, sulle singole piante, attraverso un dinamometro digitale (Kern CH 50K50) ed espresso in chilogrammi (kg). I pesi totali registrati per ogni raccolta sono stati sommati per singola pianta e mediati per trattamento.

c) CIRCONFERENZA DEL FRUTTO:

Ad ogni raccolta è stata misurata la circonferenza del frutto attraverso un calibro commerciale ad anelli ed espressa in centimetri (cm). I calibri registrati dalle diverse raccolte sono stati mediati per singolo trattamento, per ogni anno.

5.2.4 Parametri qualitativi

d) DUREZZA DELLA POLPA:

La data di raccolta è stata stabilita in base alla misurazione della consistenza della polpa, misurata con penetrometro manuale (Turoni) con puntale da 8 mm, su 2 punti diametralmente opposti del frutto, dopo aver rimosso l'epidermide nel punto di perforamento. Il valore di durezza media entro il quale sono state effettuate le raccolte corrisponde a 4,5 kg.

I valori di durezza registrati dalle diverse raccolte sono stati mediati per singolo trattamento, per ogni anno.

e) SOVRACCOLORE:

Il campione di frutti prelevato ad ogni raccolta è stato sottoposto alla stima del sovraccolore dell'epidermide, rilevata tramite valutazione visiva, ed espressa in % di sovraccolore sull'intera superficie dell'epidermide. I valori di sovraccolore registrati dalle diverse raccolte sono stati mediati per singolo trattamento, per ogni anno.

f) CONTENUTO DI SOLIDI SOLUBILI:

La misurazione è stata ottenuta attraverso un rifrattometro digitale Atago (N-1E/made in Japan) a compensazione di temperatura. Ad ogni raccolta, dai frutti campionati, attraverso una centrifuga (BOSCH-700Watt) è stato estratto il succo. Da questo sono state prelevate 1-2 gocce che sono state poste sulla superficie del prisma del rifrattometro per la lettura. La misura è espressa in °Brix. I valori registrati dalle diverse raccolte sono stati mediati per singolo trattamento, per ogni anno.

g) ACIDITÀ TITOLABILE

Dal succo di ogni campione sono stati prelevati 10 g ai quali sono stati aggiunti altri 10 g di acqua distillata. La soluzione è stata titolata con una soluzione di soda NaOH (0,1 N). Il viraggio di colore della soluzione è dato dal Blu di Bromotimolo che a titolazione avvenuta passa dal colore verde al colore blu. L'acidità titolabile viene espressa in milli equivalenti di NaOH su 100 g di succo (meq NaOH/100 g). I valori ottenuti dai frutti campionati per ogni raccolta sono stati mediati per singolo trattamento, per ogni anno.

5.2.5 Parametri nutrizionali

ESTRAZIONE DEI COMPOSTI ANTIOSSIDANTI:

Sono stati prelevati degli spicchi da un campione di frutti senza difetti e con una colorazione omogenea. Il materiale prelevato è stato tagliato in piccoli pezzi e da questi sono stati prelevati 10 g. L'estrazione è avvenuta in metanolo ed acqua, rispettivamente in rapporto di 80:20. Il metanolo permette di mantenere la stabilità dei composti a carattere antiossidante. La soluzione è stata addizionata ai 10 g di materiale vegetale in rapporto 1:10 (1 parte di materiale vegetale e 10 di soluzione). Alla soluzione estraente è stato aggiunto un extravolume dell'1% di acido acetico che è necessario per degradare le pareti cellulari dell'epidermide dei frutti. Il composto ottenuto è stato omogeneizzato attraverso l'Ultraturrax T 25 (Janke e Kunkel, IKA-Labortechnik) e posto al buio in frigorifero per 48 ore. Successivamente l'omogenato è stato centrifugato a 4000 RPM per 15 minuti. Separato il composto sono stati prelevati 4 ml del surnatante e replicato per 6 vials ambrate e posto in congelatore a -20°C (Diamanti *et al.*, 2012).

h) CAPACITÀ ANTIOSSIDANTE TOTALE (CAT)

Viene valutata con il metodo Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC). La reazione si basa sulla capacità che hanno le sostanze estratte dal frutto, col metodo sopra descritto, di estinguere una soluzione radicalica. La soluzione radicalica pre formata presenta una colorazione blu/verde. Viene generata tramite la radicalizzazione del ABTS^{•+} (acido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sulfonico) da parte del persolfato di potassio. Il catione radicale possiede la massima assorbanza a 734 nm. Con lo spettrofotometro si valuta l'estinzione del radicale cioè l'ABTS. Il picco di assorbimento per questa sostanza si trova a 734 nm, per questo motivo tutti i campioni vengono analizzati a questa lunghezza d'onda. Il radicale viene estinto in presenza di antiossidanti donatori di idrogenioni, provocando una decolorazione della soluzione. Questa decolorazione è determinata in funzione della concentrazione e calcolata in funzione alla reattività del Trolox (standard esterno a concentrazione crescente) tramite regressione lineare (Miller *et al.*, 1993). La scala viene ottenuta facendo reagire ABTS e la soluzione di sodio persolfato con Trolox (analogo della vitamina E idro-solubile) a concentrazioni crescenti per un volume totale di 10 ml. L'assorbanza, ovvero il dato che deriva dalla lettura allo spettrofotometro (Shimadzu UV-1800), deve ricadere all'interno dei valori ottenuti dalla scala degli standard. I campioni vengono diluiti 1:3 con tampone fosfato. Il campione così diluito viene fatto reagire in rapporto 1:2 con la soluzione radicalica e conservato in oscurità per 6 minuti, dopodiché la soluzione viene letta allo spettrofotometro. Maggiore è la capacità antiossidante e più il colore tenderà al bianco. La misura viene espressa come mmol Trolox equivalenti/kg.

i) CONTENUTO TOTALE DI POLIFENOLI (TPH)

Viene valutato tramite il metodo del reagente di Folin Ciocalteu.

Il saggio del contenuto totale di polifenoli non determina solamente il contenuto in composti fenolici ma anche gli altri composti riducenti, perché il meccanismo su cui si fonda il metodo è una reazione redox. Nella composizione chimica del reagente Folin sono contenuti eteropolfosfo-tungstano molibdato. Il molibdeno viene facilmente ridotto nel complesso. Una reazione di trasferimento degli elettroni avviene tra i composti riducenti e il Mo(VI) in condizioni alcaline con la produzione di una colorazione blu con assorbanza massima a 760 nm. Il contenuto in polifenoli viene valutato tramite la regressione lineare calcolata in funzione della curva di calibrazione di acido gallico (standard esterno) a concentrazione crescente. Il campione viene diluito in rapporto 1:2 con acqua distillata. La reazione avviene in provetta ed il volume finale della reazione è di 5 ml. La provetta viene riempita con 3.5 ml

di acqua milliq. 0,5 ml, del campione diluito, viene fatto reagire in provetta con 250 µl del reagente di Folin Ciocalteu. Successivamente ad una agitazione tramite agitatore meccanico, la soluzione viene lasciata reagire per 3 minuti. Dopodiché viene addizionato 0,750 ml di una soluzione di Carbonato di Sodio 20% p/V. Successivamente all'aggiunta del carbonato la soluzione viene lasciata reagire in oscurità per 60 minuti ed infine si misura l'assorbanza a 760 nm. Le misurazioni vengono espresse in mg Gallic Acid equivalent/kg di frutto. (Slinkard and Singleton 1977).

5.2.6 Analisi statistica

I dati sono stati sottoposti all'analisi ANOVA a due vie per determinare differenze tra anni, e diversi livelli di restituzione idrica e relative interazioni. Le medie dei diversi gruppi di dati sono state separate attraverso il test di Fisher (Least Significant Difference, LSD) utilizzando il software STATISTICA 7.0 (StatSoft. Tulsa, USA).

5.3 Risultati e discussione

5.3.1 Risparmio idrico ed economico

L'applicazione della tecnica dello stress idrico controllato ha portato all'ottenimento di 3 diversi consumi idrici in base al trattamento applicato (100%, 80%, 60% di restituzione irrigua rispetto alla Capacità idrica di campo). I consumi sono diversi nei 2 anni di sperimentazione in quanto il potenziale idrico del suolo varia fortemente di anno in anno in base alle temperature ed alle precipitazioni registrate (Tab. 17).

Tabella 17: Sono riportati i mm di irrigazione distribuiti per ettaro in ogni trattamento e i mm di pioggia registrati. Dati riferiti agli anni di sperimentazione 2017 e 2018. Dati riferiti al periodo 1 aprile al 31 agosto.

Trattamento	Anno 2017 (mm)	Anno 2018 (mm)
100%	213	139
80%	171	111
60%	128	83
Precipitazioni	279,6	304,4

Il risparmio idrico rappresenta una vera e propria priorità per la coltivazione del pesco non solo dal punto di vista della sostenibilità ambientale ma anche dal punto di vista economico. Da pochi anni infatti nelle aziende marchigiane, Regione nella quale è stata svolta la prova, sono stati inseriti i contatori per il calcolo dei consumi idrici.

Considerando che il costo del consumo irriguo applicato alle aziende corrisponde a 0,004 €/litro, risulta evidente che minore è lo spreco di acqua da parte dell'azienda e maggiore è il risparmio economico (Tab. 18). Dai conteggi dei litri risparmiati risulta palese che il trattamento più conveniente risulta essere la tesi 60% di restituzione. Ma ovviamente è necessario valutare come la riduzione di acqua incide sulla produzione e sulla qualità del frutto in quanto stress troppo severi possono portare a perdita di produzione (Marsal *et al.*, 2016).

Tabella 18: Confronto economico tra i diversi volumi irrigui per ettaro impiegati nei 3 trattamenti. Dati riferiti ai 2 anni di sperimentazione, 2017 e 2018, nel periodo dal 1 aprile al 31 agosto.

Trattamento	Anno 2017		Anno 2018	
	Volume irriguo distribuito (m ³)	Costo economico (€)	Volume irriguo distribuito (m ³)	Costo economico (€)
100%	2.132	8.526	1.389	5.558
80%	1.705	6.821	1.112	4.446
60%	1.279	5.116	834	3.335

5.3.2 Parametri produttivi

L'analisi della varianza evidenzia che la Produzione totale e Calibro medio del frutto sono statisticamente influenzati dall'anno in cui è stata eseguita la prova e dal trattamento irriguo applicato. La produzione totale è anche influenzata dall'interazione tra anno e trattamento imposto. Al contrario il peso medio del frutto non risulta influenzato da nessun parametro preso in esame in questo studio (Tab. 19).

Tabella 19: Analisi della varianza a 2 vie (ANOVA) riferita al Peso Medio Frutto, Produzione Totale, Calibro medio. **=interazione significativa per $P<0,001$; *=interazione significativa per $P<0,05$; n.s.=interazione non significativa.

Parametro	Peso medio frutto	Produzione totale	Calibro medio
Anno	n.s.	**	**
Trattamento irriguo	n.s.	*	**
Anno * Trattamento irriguo	n.s.	*	n.s.

a) PESO MEDIO DEL FRUTTO:

Il peso medio del frutto in questo specifico lavoro non viene influenzato a livello statistico né dall'anno in cui è stata svolta la prova, né dal trattamento irriguo applicato (Tab. 19). Effettivamente, confrontando i dati si può notare una differenza davvero trascurabile in termini di grammi tra i 3 trattamenti. Questo risultato potrebbe essere correlato all'ipotesi formulata da alcuni studi secondo i quali la crescita del frutto inizia a diminuire solo dopo alcuni anni di applicazione consecutiva di stress idrico (Marsal e Girona, 1997). Essendo questi dati il risultato di soli 2 anni di applicazione, lo stress imposto potrebbe non aver influito sul peso del frutto.

b) PRODUZIONE TOTALE DELLA PIANTA:

dall'analisi statistica si evidenzia un'influenza del trattamento irriguo sulla produzione totale della pianta (Tab. 19). In particolare si nota una diminuzione di produzione, in termini di kg/pianta, passando dalla tesi di piena irrigazione (100% di restituzione) alla tesi con uno stress più intenso (60% di restituzione) (Fig. 25).

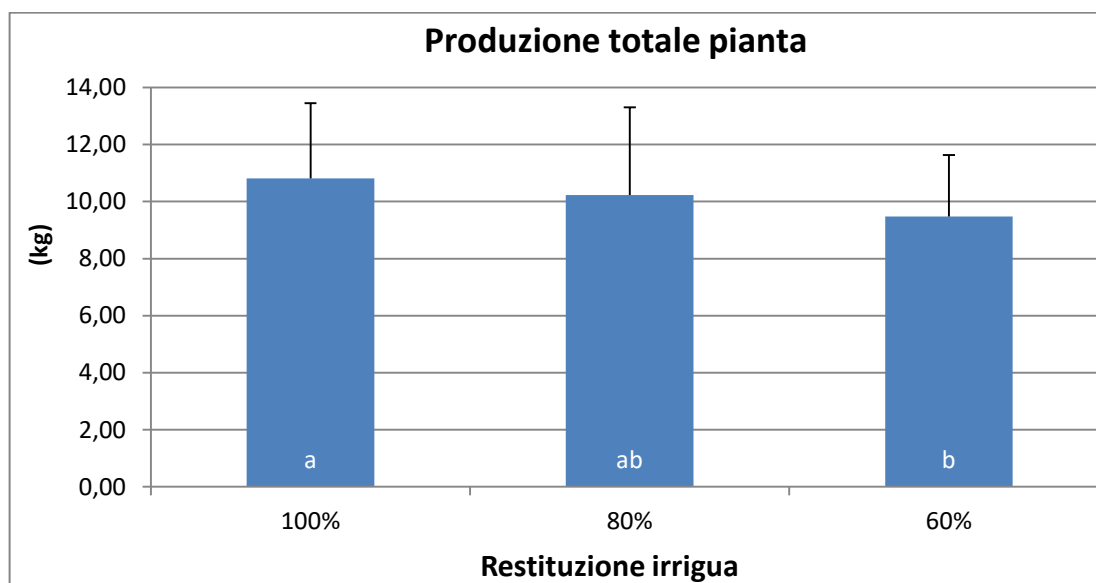


Figura 25: Produzione totale pianta in funzione del trattamento irriguo applicato. Sono stati mediati i dati degli anni 2017 e 2018 \pm Deviazione standard. Valori indicati con lettere diverse si differenziano statisticamente per $P < 0,05$, Test LSD.

Questo risultato mostra una migliore risposta del trattamento sottoposto a stress moderato (80% di restituzione), dove si registra una perdita di 0,59 kg rispetto alla tesi di piena irrigazione (100% di restituzione). Mentre nel trattamento di stress più intenso (60%) si nota una perdita di 1,34 kg rispetto alla piena irrigazione. Risultati simili al carico produttivo li troviamo anche per la circonferenza del frutto (Fig. 26).

c) CIRCONFERENZA DEL FRUTTO:

Dall'analisi statistica si nota un'influenza significativa del trattamento irriguo anche sulla circonferenza del frutto (Tab. 19).

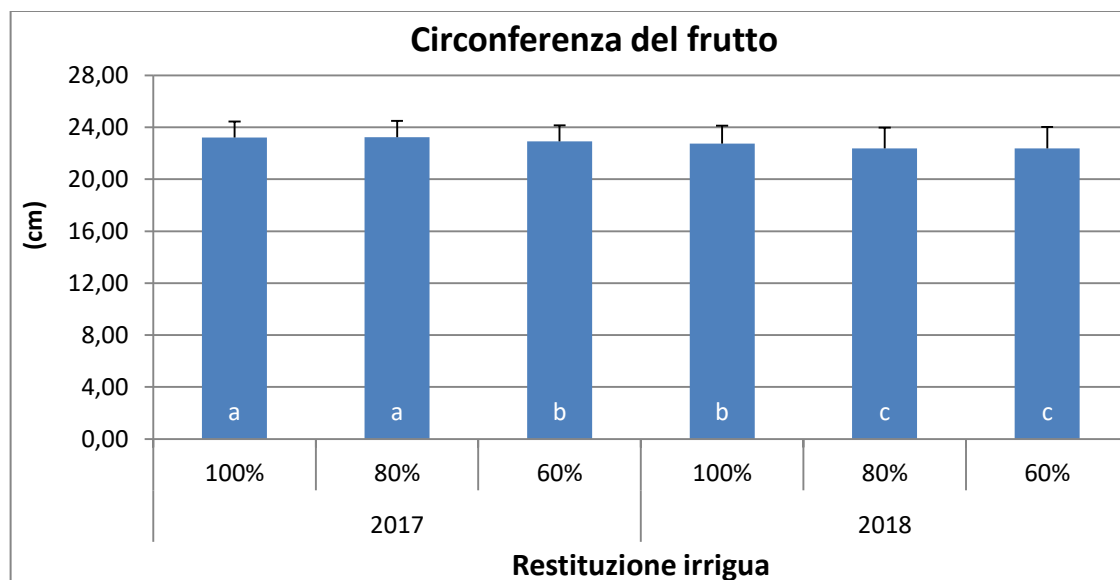


Figura 26: Influenza del carico produttivo sulla circonferenza del frutto (cm). Sono stati mediati i dati degli anni 2017 e 2018 \pm Deviazione standard. Valori indicati con lettere diverse si differenziano statisticamente per $P < 0,05$, Test LSD.

I risultati mostrano una diminuzione del calibro passando dalla tesi di piena irrigazione (100% di restituzione) alla tesi di stress più intenso (60%). Inoltre si può notare che il decremento di diametro aumenta tra i 3 trattamenti passando dal 1° al 2° anno di applicazione, nonostante il carico produttivo nel 2018 fosse minore (65 frutti/pianta) rispetto al carico del 2017 (85 frutti/pianta). Questo risultato può trovare conferma negli studi che affermano che qualsiasi tipo di stress idrico mantenuto per più stagioni consecutive porta a ridurre la dimensione del frutto nel lungo periodo. Quindi lo stress idrico controllato potrebbe non essere una tecnica raccomandabile nel caso in cui la dimensione del frutto rappresenta una componente importante del reddito aziendale (Marsal *et al.*, 2016).

5.3.3 Parametri qualitativi

Dall'analisi statistica si evince che il trattamento irriguo ha influenza sulla durezza della polpa, sul sovraccolore dell'epidermide, sull'acidità titolabile, ma non sul contenuto di solidi solubili (Tab. 20).

Tabella 20: Analisi della varianza a 2 vie (ANOVA) riferiti ai parametri di Durezza della polpa, Sovraccalore dell'epidermide, Contenuto di solidi solubili (CSS) ed Acidità titolabile (AT).

**=interazione significativa per $P < 0,001$; *=interazione significativa per $P < 0,05$; n.s.=interazione non significativa.

Parametro	Durezza	Sovraccalore	CSS	AT
Anno	**	**	n.s.	n.s.
Trattamento irriguo	**	*	n.s.	n.s.
Anno * Trattamento irriguo	n.s.	n.s.	n.s.	*

d) DUREZZA DELLA POLPA:

In questo studio il trattamento irriguo ha influenza sulla durezza della polpa (Tab. 20). In particolare si nota una diminuzione di consistenza delle tesi sottoposte a stress (80% e 60%) rispetto alla tesi in piena irrigazione (100%).

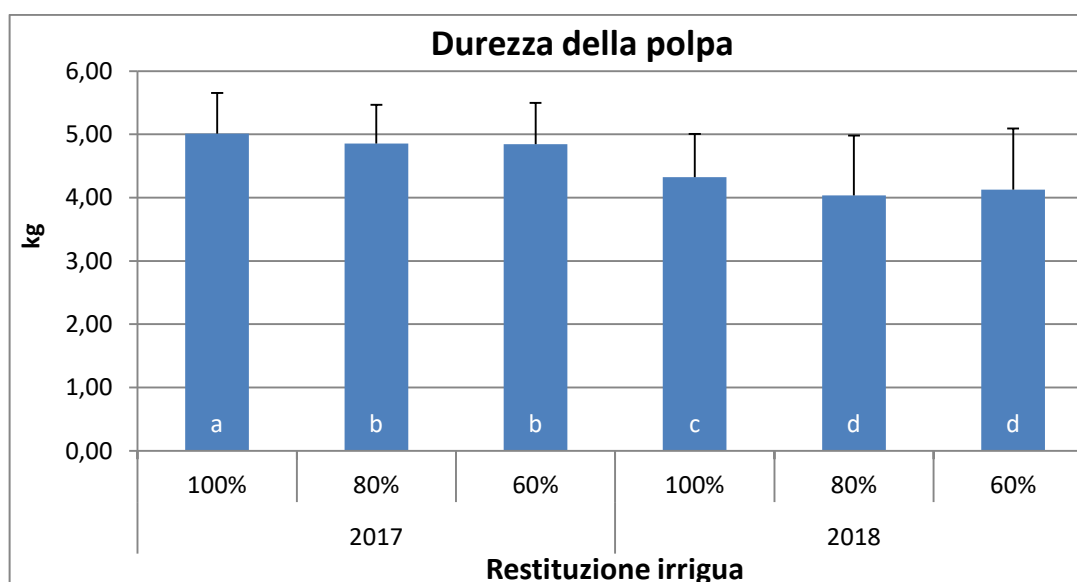


Figura 27: influenza del trattamento irriguo sulla durezza della polpa (kg). Sono stati mediati i dati degli anni 2017 e 2018 \pm Deviazione standard. Deviazione standard. Valori indicati con lettere diverse differiscono statisticamente per $P < 0,05$, Test LSD.

In ogni caso, la diminuzione di consistenza tra le tesi, anche se statisticamente significativa, è talmente minima da risultare trascurabile. Anche se il risultato ottenuto indica una perdita di turgidità del frutto che è in contrasto con quanto riportato in letteratura dove studi registrano un ritardo di maturazione del frutto nella tesi sottoposta a stress (Lopez *et al.*, 2011) oppure alcuni studi riportano una non influenza del trattamento sulla durezza (Crisosto *et al.*, 1994).

e) SOVRACCOLORE:

Dall'analisi statistica si nota un'influenza del trattamento sul sovraccolore dell'epidermide del frutto (Tab. 20).

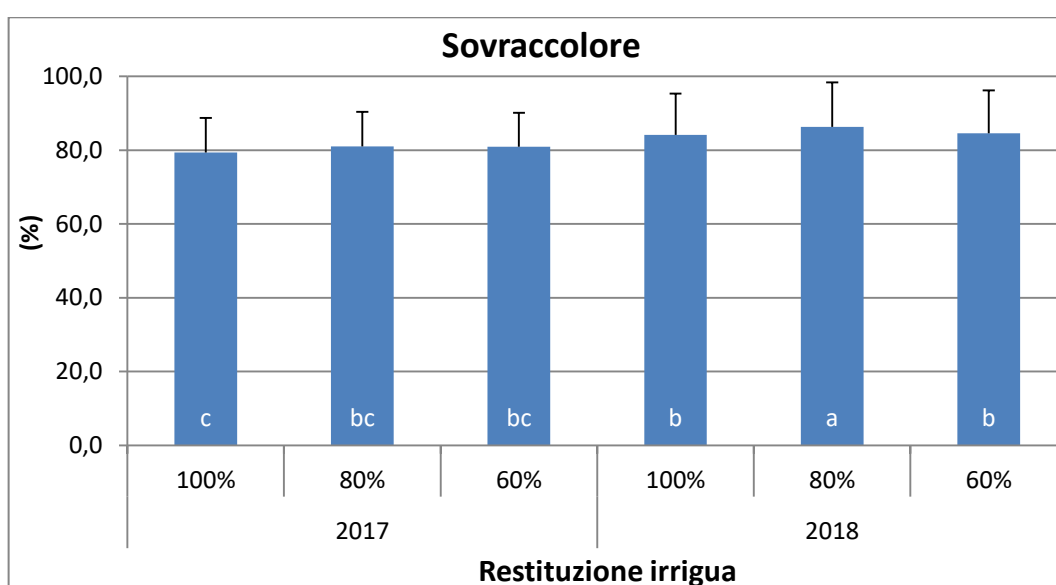


Figura 28: influenza del trattamento irriguo sul sovraccolore dell'epidermide (%). Sono stati mediati i dati degli anni 2017 e 2018 \pm Deviazione standard. Valori indicati con lettere diverse differiscono statisticamente per $P < 0,05$, Test LSD.

Nello specifico, nel 2017, si nota una leggera tendenza del sovraccolore ad aumentare nelle tesi stressate rispetto alla tesi in piena irrigazione. Mentre nel 2018 si nota un leggero aumento del sovraccolore per la tesi con stress moderato (80%) rispetto alla tesi in piena irrigazione (100%). I risultati ottenuti, anche se con differenze minime si discostano da studi precedentemente effettuati secondo i quali lo stress idrico controllato non incide sul sovraccolore dell'epidermide (Crisosto *et al.*, 1994).

f) CONTENUTO DI SOLIDI SOLUBILI:

Dall'analisi statistica emerge che il trattamento irriguo applicato non ha influito sul contenuto di solidi solubili nel frutto (Tab. 20). Questo risultato è stato confermato sia nell'anno 2017 che nell'anno 2018. Non è stato quindi trovata un'esaltazione del contenuto di solidi solubili che è stata invece registrata in altri studi (Crisosto *et al.*, 1994; Buendía *et al.*, 2008; Lopez *et al.*, 2011).

g) ACIDITÀ TITOLABILE

Dall'analisi statistica risulta che il trattamento irriguo non influenza l'acidità titolabile del frutto, mentre incide la combinazione tra l'anno in cui è stata svolta la prova ed il trattamento irriguo adottato (Tab. 20).

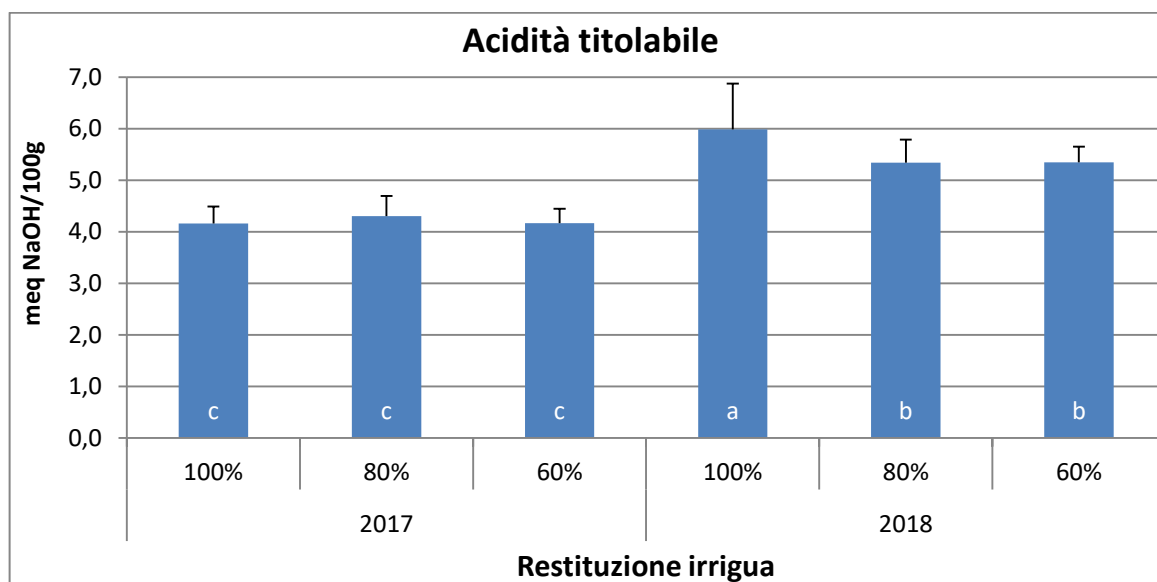


Figura 29: influenza del trattamento irriguo sull'acidità titolabile. Sono stati mediati i dati degli anni 2017 e 2018 \pm Deviazione standard. Valori indicati con lettere diverse si differenziano statisticamente per $P < 0,05$, Test LSD.

In letteratura ci sono pareri discordanti sul comportamento dell'acidità titolabile. Alcuni studi affermano che questo parametro aumenta in trattamenti sottoposti a stress rispetto a trattamenti in piena irrigazione (Alcobendas *et al.*, 2012, Lopez *et al.*, 2011; Wu *et al.*, 2002). Altri studi affermano che l'acidità titolabile non viene influenzata dal trattamento irriguo (Crisosto *et al.*, 1994).

In questo specifico studio si nota che nel 1° anno di sperimentazione (nel 2017) il trattamento irriguo non ha influenzato l'acidità titolabile (Fig. 29). Mentre nel 2° anno di studio, (2018),

l'acidità titolabile diminuisce in entrambe le tesi sottoposte a stress (80% e 60%) rispetto alla tesi in piena irrigazione (100%).

5.3.4 Parametri nutrizionali

L'analisi statistica indica che il trattamento irriguo incide in maniera significativa sui parametri nutrizionali presi in esame in questo lavoro, ovvero sulla Capacità antiossidante totale e sul Contenuto di polifenoli (Tab. 21).

Tabella 21: Analisi della varianza a 2 vie (ANOVA) riferiti ai parametri di Contenuto di polifenoli (TPH) e Capacità antiossidante totale (CAT). *=interazione significativa; n.s.=interazione non significativa.

Parametro	TPH	CAT
Anno	n.s.	n.s.
Trattamento irriguo	*	*
Anno * Trattamento irriguo	n.s.	n.s.

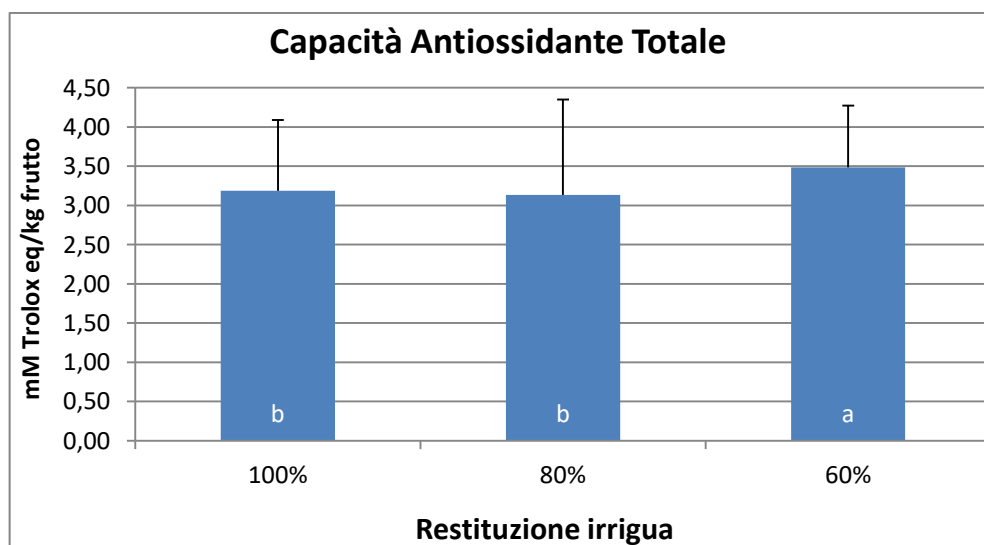


Figura 30: Influenza del trattamento irriguo sulla Capacità antiossidante totale. Sono stati mediati i dati degli anni 2017 e 2018 \pm Deviazione standard. Valori indicati con lettere diverse si differenziano statisticamente per $P < 0,05$, Test LSD.

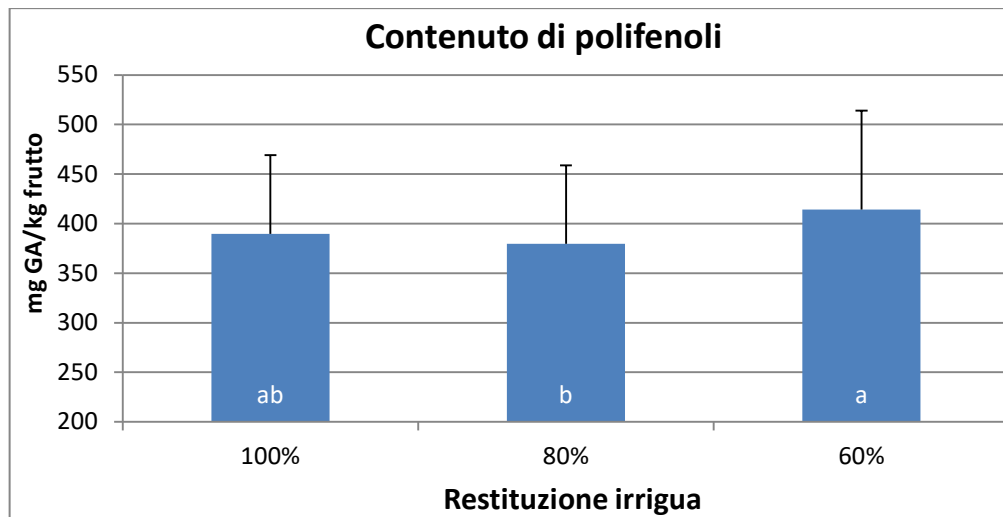


Figura 31: : Influenza del trattamento irriguo sul contenuto di polifenoli. Sono stati mediati i dati degli anni 2017 e 2018 \pm Deviazione standard. Valori indicati con lettere diverse si differenziano statisticamente per $P < 0,05$, Test LSD.

In questo specifico lavoro possiamo notare come lo stress idrico porti all'aumento della componente nutrizionale. In particolare, sia la capacità antiossidante totale (Fig. 30) che il contenuto di polifenoli (Fig. 31) aumentano significativamente nella tesi sottoposta a stress più intenso (60%) rispetto alla tesi in piena irrigazione (100%). Questo risultato è in perfetto accordo con diversi studi che affermano che lo stress idrico può portare all'aumento del contenuto di polifenoli nel frutto (Buendia B. *et al.*, 2008; Rahmati *et al.*, 2014; Roby *et al.*, 2004; Tavarini *et al.*, 2011).

5.4 Conclusioni

La gestione della risorsa idrica nelle aziende agricole è un problema più che mai attuale e che va trattato con la dovuta attenzione. A seguito dell'introduzione nelle aziende di contatori per il calcolo dei litri consumati durante la stagione agricola, l'attenzione al risparmio idrico è diventata non più solo una questione puramente legata alla sostenibilità ambientale ma ha iniziato a rappresentare anche un costo da dover gestire. È diventato quindi prioritario programmare i consumi nella maniera più efficiente possibile massimizzando la produzione.

L'adozione della tecnica dello stress idrico controllato può essere una soluzione vantaggiosa in termini di risparmio idrico. In questo lavoro nei 2 anni di studio, nel 2017 e nel 2018, l'applicazione di questa tecnica ha permesso all'azienda di risparmiare interessanti quantitativi irrigui nelle 2 tesi sottoposte a stress. Il risparmio maggiore, sia in termini di costo che di volumi irrigui è stato ottenuto nella tesi di stress più intenso (60% di restituzione). Ma è necessario valutare come il grado di severità dello stress agisce sulle caratteristiche produttive, qualitative e nutrizionali del frutto. Dai risultati ottenuti da questo lavoro è emerso che più elevato è lo stress e maggiore è l'effetto negativo sui parametri produttivi. Dall'analisi statistica è emerso che la produzione totale/pianta e la circonferenza del frutto, risultano significativamente influenzati dal trattamento irriguo, mentre non ci sono influenze sul peso medio del frutto. In particolare la tesi di stress moderato (80% di restituzione) sembra rappresentare un buon compromesso tra produzione e risparmio irriguo, soprattutto nel primo anno di applicazione. Mentre già dal secondo anno si nota una diminuzione maggiore di diametro del frutto nelle tesi stressate rispetto alla tesi di piena irrigazione.

Per quanto riguarda i parametri qualitativi si notano influenze statisticamente rilevanti del trattamento irriguo sulla durezza della polpa e sulla percentuale di sovraccolore dell'epidermide, mentre non si notano effetti significativi sul contenuto di solidi solubili e sull'acidità titolabile del frutto. La percentuale di sovraccolore dell'epidermide risulta aumentata nelle tesi sottoposte a stress, con maggiore rilevanza nella tesi sottoposta a stress moderato (80% di restituzione). Mentre la durezza della polpa subisce una leggera diminuzione nelle tesi sottoposte a stress rispetto alla piena irrigazione.

Il contenuto di solidi solubili non mostra influenze da parte del trattamento irriguo. Mentre l'acidità titolabile diminuisce nel 2° anno di trattamento in entrambe le tesi sottoposte a stress. Interessante è l'influenza che il trattamento irriguo esercita sui parametri nutrizionali. Dall'analisi statistica si nota un aumento significativo del contenuto di solidi solubili e della capacità antiossidante totale nella tesi sottoposta a maggiore stress (60% di restituzione).

Concludendo si può affermare che la strategia irrigua da adottare ed il livello di stress da applicare dipendono dalle esigenze dell'azienda, oltre che dagli andamenti stagionali delle precipitazioni. Se i parametri produttivi sono ritenuti fondamentali ai fini del reddito aziendale, allora la strategia più adeguata ricade nell'adozione di uno stress moderato (80% di restituzione) poiché non porta a perdite eccessive di produzione. Se invece l'azienda vuole orientare la produzione verso un frutto con spiccate caratteristiche dal punto di vista qualitativo, in particolare nutrizionale, allora potrebbe risultare interessante l'adozione di uno stress più intenso (60% di restituzione) che permette di esaltare la componente antiossidante e polifenolica del frutto.

L'adozione del potenziale idrico del suolo per il controllo dell'irrigazione, si è rivelata una strategia molto semplice da gestire per l'azienda. La facilità di utilizzo delle sonde tensiometriche adottate e la loro economicità le rende uno strumento interessante da introdurre nelle aziende per la gestione razionale della risorsa idrica.

I risultati ottenuti da questa prova permettono di confermare ed approfondire le conoscenze relative all'applicazione della tecnica dello stress idrico controllato. L'adozione di strumenti semplici da utilizzare per il controllo dell'irrigazione permette, inoltre, di diffondere questa tecnica anche ad altre aziende con interessanti vantaggi in termini di sostenibilità ambientale.

6. CONCLUSIONI GENERALI

In questo lavoro sono stati esaminati vari aspetti della tecnica colturale del pesco ed è stato indagato come questi agiscono sugli aspetti produttivi, qualitativi e nutrizionali del frutto.

Le recenti dinamiche del mercato peschicolo evidenziano una situazione di forte competitività internazionale. Per emergere, in questa condizione, è necessario mantenere uno sguardo attento alle dinamiche di mercato ma anche alle esigenze del consumatore. La strategia migliore da adottare, in un mercato saturo come è quello del pesco, è rappresentata dal completo orientamento alla qualità ed alla tipicità delle produzioni. A questo fine le 3 linee di ricerca impostate nell'azienda Acciarri Società Agricola si sono concentrate proprio sul miglioramento della qualità del frutto oltre che sull'adattamento della tecnica allo specifico areale di coltivazione Valdaso (FM).

Per il produttore uno dei problemi preliminari da affrontare, nella costituzione di un nuovo impianto, riguarda la scelta della cultivar, dato l'elevatissimo numero disponibile e con caratteristiche molto diverse tra loro. Fattori fondamentali da considerare sono l'adattabilità all'areale ed il gradimento del prodotto da parte del consumatore. Quest'ultimo, infatti, orienta i propri acquisti preliminarmente osservando il colore del frutto, mentre successivamente, una volta effettuato l'acquisto, il gradimento si basa sul sapore, sulla consistenza della polpa e sulla conservabilità del frutto. Dalla caratterizzazione effettuata nell'azienda presa in esame si riscontra un'elevata percentuale di sovraccolore nelle cultivar presenti. Dalla caratterizzazione è emerso che le pesche polpa gialla presentano la percentuale di colorazione dell'epidermide maggiore, mentre il valore minore è registrato nelle pesche polpa bianca tipologia platicarpa. Altro aspetto fondamentale dal quale dipende il gradimento del consumatore è il sapore del frutto. I gusti si stanno orientando sempre più verso frutti con bassa acidità titolabile. Questo aspetto è confermato dai rilievi effettuati nei nuovi impianti dove le cultivar introdotte presentano un carattere subacido. Con la caratterizzazione è quindi stata rilevata una maggiore attenzione, nei nuovi impianti, verso i requisiti maggiormente apprezzati dal consumatore.

Alla scelta varietale è necessario affiancare un'adeguata tecnica colturale.

È stato ritenuto interessante svolgere uno studio che approfondisse le potenzialità produttive del vaso catalano, una forma di allevamento che negli ultimi anni ha avuto una grande diffusione, con una ricerca specifica riguardante la potatura ed il diradamento.

In questo studio la combinazione del numero di branche e del carico produttivo sul vaso catalano ha influito in maniera significativa sulla qualità del frutto. In particolar modo è stato rilevato che il carico produttivo ha un forte peso su tutti i parametri del frutto (produttivi, qualitativi, nutrizionali), mentre il numero di branche influenza soltanto la componente nutrizionale. Questi risultati sono molto utili perché orientano il produttore nella corretta gestione della chioma e del carico produttivo, conoscendo gli effetti che questi due aspetti hanno sui parametri produttivi, qualitativi e nutrizionali del frutto.

Infine è stata sperimentata una tecnica che permette un utilizzo razionale della risorsa idrica: lo stress idrico controllato. Negli ultimi anni è diventata prioritaria la gestione efficiente dell'irrigazione poiché questa ha ripercussioni sotto diversi punti di vista: economico, produttivo ed ambientale. Dagli studi effettuati è emerso che il trattamento irriguo incide in maniera significativa sulla circonferenza del frutto e sulla produzione. Inoltre, ha influenze anche sulla durezza della polpa, sulla percentuale di sovraccolore dell'epidermide e sulla componente nutrizionale. L'adozione di uno stress moderato permette di mantenere una produzione adeguata e di ridurre i quantitativi irrigui utilizzati. Maggiore è lo stress a cui sono sottoposte le piante e maggiore è l'esaltazione della componente nutrizionale del frutto.

I risultati ottenuti da questo studio sono utili allo sviluppo della peschicoltura fornendo informazioni utili per:

- programmare meglio gli impianti in funzione delle caratteristiche del frutto più apprezzate dal consumatore;
- organizzare le operazioni colturali di potatura e diradamento tenendo conto di quali combinazioni vanno ad esaltare le caratteristiche produttive, qualitative e nutrizionali del frutto;
- gestire la risorsa idrica nella maniera più efficiente valutando entro quale range di stress è possibile risparmiare acqua senza intaccare la produzione ed esaltando anzi le proprietà nutrizionali del frutto.

BIBLIOGRAFIA

- Albàs E.S., Jiménez S., Aparicio J., Betrà J.A., Moreno M.A., 2004. Effect of several almond×peach hybrid rootstocks on fruit quality of peaches. *Acta Hort.* 658, 321-326.
- Alcobendas R., Mirás-Avalos J.M., Alarcón J.J., Pedrero F., Nicolás E., 2012. Combined effects of irrigation, crop load and fruit position on size, color and firmness in an extra-early cultivar of peach. *Sci. Hort.* 142, 128–135.
- Alcobendas R., Mirás-Avalos J.M., Alarcón J.J., Nicolás E., 2013. Effects of irrigation and fruit position on size, colour, firmness and sugar contents of fruits in a mid-late maturing peach cultivar Rosalía. *Scientia Horticulturae* 164, 340–347.
- Andreotti C., Ravaglia D., Ragaini A., Costa G., 2008. Phenolic compounds in peach (*Prunus persica*) cultivars at harvest and during fruit maturation. *Ann Appl Biol* 153, 11–23.
- Arash N., Golam F., Kamaludin R., 2015. The impact of drought stress on morphological and physiological parameters of three strawberry varieties in different growing conditions. *Pak. J. Agri. Sci.*, 52 (1), 79-92.
- Basile B., Solari L.I., Dejong T.M., 2007. Intra-canopy variability of fruit growth rate in peach trees grafted on rootstocks with different vigour-control capacity. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 82, 243-256.
- Bassi D. e Sansavini S., 2012. Programmi di miglioramento genetico ed utilizzazione del germoplasma arboreo. In: Sansavini S., *Arboricoltura generale*. Patron Editore Bologna, 193.
- Bassi D., Costa G., Ramina A., Vizzotto G., 2012. Sviluppo del seme e del frutto. In: Sansavini S., Patron Editore Bologna, 156-167.
- Behboudian M.H. e Mills T.M., 1997. Deficit irrigation in deciduous orchards. *Hort. Rev.*, 21, 105-131.
- Behboudian M.H., Marsal J., Girona J., Lopez G., 2011. Quality and yield responses of deciduous fruits to reduced irrigation. *Hort. Rev.* 38, 149–189.
- Ben Mechlia N., Ghrab M., Zitouna R., Ben Mimoun B., Masmoudi M., 2002. Cumulative effect over five years of deficit irrigation on peach yield and quality. *Acta Hort.* 592, 301–307.

- Ben Mimoun M., DeJong T.M., 1999. Using the relation between growing degree hours and harvest date to estimate run-times for PEACH: a tree growth and yield simulation model. *Acta Hortic.* 499, 107–114.
- Berman M.E. e DeJong T.M., 1996. Water stress and crop load effects on fruit fresh and dry weights in peach (*Prunus persica*). *Tree Physiol.* 16, 859–864.
- Besset J., Génard M., Girard T., Serra V., Bussi C., 2001. Effect of water stress applied during the final stage of rapid growth on peach trees (cv. Big-Top). *Sci. Hortic.* 91, 289–303.
- Bradford K.J. e Hsiao T.C., 1982. Physiological Responses to Moderate Water Stress, In: *Physiological Plant Ecology II*, 263–324.
- Bravdo B. e Naor A., 1996. Effect of water regime on productivity and quality of fruit and wine. *Acta Horticulturae* 427, 15–26
- Bruhn C.M., Feldman, N. Garlitz, C., Harwood J., Ivans E., Marshall M., Riley A., Thurber D., Williamson E., 1991. Consumer perceptions of quality: apricots, cantaloupes, peaches, pears, strawberries, and tomatoes. *J. Food Qual.* 14, 187–195.
- Bryla D.R., Dickson E., Shenk R., Johnson R.S., Crisosto C.H., Trout T.J., 2005. Influence of irrigation method and scheduling on patterns of soil and tree water status and its relation to yield and fruit quality in peach. *Hortscience* 40, 2118–2124.
- Buendía B., Allende A., Nicolás E., Alarcón J.J., Gil M.I., 2008. Effect of regulated deficit irrigation and crop load on the antioxidant compounds of peaches. *J. Agric. Food Chem.* 56, 3601–3608.
- Bussi C. e Plenet D., 2012. Effects of centrifugal pruning on agronomic performance and fruit quality in a medium-maturing peach cultivar. *Eur. J. Hortic. Sci.* 77 (3), 129–136.
- Byrne D.H., 2005. Trends in stone fruit cultivar development. *Horttechnology* 15, 494–500.
- Byrne D.H., Raseira M.B., Bassi D., Piagnani M.C., Gasic K., Reighard G.L., Moreno M.A., Pérez S., 2012. Peach. In: *Badenes M.L., Byrne D.H. (Eds.), Fruit Breeding.* Springer, New York, 505–570.
- Byrne D.H., Nikolic A.N., Burns E.E., 1991. Variability in sugars, acids, firmness, and color characteristics of 12 peach genotypes. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 116, 1004–1006.

- Cantín C.M., Moreno M.A., Gogorcena Y., 2009. Evaluation of the antioxidant capacity phenolic compounds, and vitamin C content of different peach and nectarine [Prunus persica (L.) Batsch]. *J. Agric. Food Chem.* 57, 4586–4592.
- Cantín C.M., Gogorcena Y., Moreno M.Á, 2010. Phenotypic diversity and relationships of fruit quality traits in peach and nectarine [Prunus persica (L.) Batsch] breeding progenies. *Euphytica* 171, 211–226.
- Capra A., Consoli S., Scicolone B., 2008. Deficit irrigation: theory and practice. *Agric. Irrig. Res. Prog.*, 53–82.
- Caruso T., Giovannini D., Liverani A., 1996. Rootstock influences the fruit mineral, sugar and organic acid content of a very early ripening peach cultivar. *J. Hortic. Sci.* 71, 931–937.
- Caruso T., Giovannini D., Inglese P., Turci E., 1993. Rootstock influence on dry matter and nutrient above-ground content and partitioning in Maravilha peach trees. In: *Proceedings of the Second International Symposium on Diagnosis of Nutritional Status of Deciduous Fruit Orchards, San Michele all’Adige (Tn). September., 13–17.*
- Caruso T., Dejong T., Di Miceli C., Di Vaio C., Guarino F., Marra F.P., Musso O., Reginato G.H., 2008a. Evoluzione tecnica dei modelli di impianto nella peschicoltura degli ambienti mediterranei. *FRUTTICOLTURA* 2008- 2, 8-22.
- Caruso T., Motisi A., Di Vaio C., Pernice F. 2008b. Peach planting systems in southern Italy ecophysiological aspects and technical development. *Acta Horticulturae* 772, 423-430.
- Caruso T., Di Lorenzo R., Barone E., 1992. Il germoplasma del pesco in Sicilia: aspetti genetici e bioagronomici. *Atti ‘Congresso Germoplasma Frutticolo’, Alghero, 21-25 settembre, 285-293.*
- Caruso T., Giovannini D., Marra F.P., Sottile F., 1999a. Planting density, above-ground dry-matter partitioning and fruit quality in greenhouse-grown “Flordaprince” peach (Prunus persica L. Batsch) trees trained to “free-standing Tatura”. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 74, 547–552.
- Caruso T., Inglese P., Sottile F., Marra F.P., 1999b. Effect of planting system on productivity, dry-matter partitioning and carbohydrate content in aboveground components of “Flordaprince” peach trees. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 124, 39–45.
- Cevallos-Casals B.A., Byrne D., Okie W.R. e Cisneros-Zevallos L., 2006. Selecting

- new peach and plum genotypes rich in phenolic compounds and enhanced functional properties. *Food Chem* 96, 273–280.
- Chalmers D. e Ende B., 1975. A reappraisal of the growth and development of peach fruit. *Aust. J. Plant Physiol.* 2, 623.
- Chalmers D.J., Mitchell P.D., Vanheek L., 1981. Control of peach-tree growth and productivity by regulated water-supply, tree density, and summer pruning. *J Am Soc Hortic Sci* 106, 307–312.
- Chaves M.M., Santos T.P., Ortun M.F., Souza C.R., Rodrigues M.L., Lopes C.M. et al., 2007. Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality. *AnnAppl Biol* 150, 237–252.
- Cheng F., Sun H., Shi H., Zhao Z., Wang Q., Zhang J., 2012. Effects of regulated deficit irrigation on the vegetative and generative properties of the pear cultivar yali. *J. Agric. Sci. Technol.* 14, 183–194.
- Cirilli M., Bassi D., Ciacciulli A., 2016. Sugars in peach fruit: a breeding perspective. *Hortic. Res.* 3, 15067.
- Corelli-Grappadelli L. e Marini R.P., 2008. Orchard Planting Systems. In: Layne D.R. e Bassi D.(Eds.), *The Peach: Botany, Production and Uses*. CAB International, 264–283.
- Corelli-Grappadelli L. e Coston D.C., 1991. Thinning pattern and light environment in peach tree canopies influence fruit quality. *Hortscience* 26, 1464–1466.
- Crisosto, C.H., Johnson, R.S., DeJong, T., Day, K.R., 1997. Orchard factors affecting postharvest stone fruit quality. *Hortscience* 32, 820–823.
- Crisosto C., 2002. How do we increase peach consumption? *Acta Hortic.* 592, 601–605.
- Crisosto C.H. e Costa G., 2008. Preharvest factors affecting peach quality. In: Layne D.R. Bassi D. (Eds.), *The Peach: Botany, Production and Uses*. CAB International, 536–549.
- Crisosto C.H., Johnson R.S., Luza J.G., Crisosto G.M., 1994. Irrigation regimes affect fruit soluble solids concentration and rate of water loss of ‘O’Henry’ peaches. *Hortscience* 29, 1169–1171.
- Day K.R., DeJong T.M., Hewitt A.A., 1989. Postharvest and preharvest summer pruning of firebrite nectarine trees. *Hortscience* 24, 238–240.

- DeJong T.M., 1998. PEACH: peach crop yield and tree growth simulation model for research and education. *Acta Hort.* 499, 193–200.
- DeJong T.M., Johnson R.S., Doyle J.F., Ramming D.W., 2005. Research yields size controlling rootstocks for peach production. *Calif. Agric.* 59, 80–83.
- DeJong T.M., 2005. Using physiological concepts to understand early spring temperature effects on fruit growth and anticipating fruit size problems at harvest. *Summerfruit 200*, 10–13.
- DeJong T.M., Day K.R., Johnson R.S. 2008. Physiological and technological barriers to increasing production efficiency and economic sustainability of peach production systems in California. *Acta Horticulturae* 772, 415-422.
- DeJong T.M., Tsuji W., Doyle J.F., Grossman Y.L., 1999. Comparative economic efficiency of four peach production systems in California. *Hortscience* 34, 73–78.
- DeJong T.M., Day K.R., Doyle J.F., Johnson R.S., 1994. The Kearney Agricultural Center Perpendicular “V” (KAC-V) orchard system for peaches and nectarines. *Horttechnology* 4, 362–367.
- Diamanti J., Capocasa F., Balducci F., Battino M., Hancock J., Mezzetti B., 2012. Increasing Strawberry Fruit Sensorial and Nutritional Quality Using Wild and Cultivated Germplasm. *PLOS ONE*. 7 (10), e46470.
- Dichio B., Xiloyannis C., Sofu A., Montanaro G., 2006. Effects of post-harvest regulated deficit irrigation on carbohydrate and nitrogen partitioning, yield quality and vegetative growth of peach trees. *Plant Soil* 290, 127–137.
- Dichio B., Montanaro G., and Xiloyannis C., 2011. Integration of the regulated deficit irrigation strategy in a sustainable orchard management system. *Acta Hort.*, 889, 221-226.
- Di Vaio C., Buccheri M., Graziani G., Ritieni A., Scalfi L., 2001. Attività antiossidante di frutti di pesco (cv. Maycrest). *Riv. di Fruttic. e di Ortofloric.* 7–8, 83–86.
- Di Vaio C., Graziani G., Marra L., Cascone A. e Ritieni A., 2008. Antioxidant capacities, carotenoids and polyphenols evaluation of fresh and refrigerated peach and nectarine cultivars from Italy. *Eur Food Res Technol.* 227, 1225–1231.
- Di Vaio C., Marallo N., Graziani G., Ritieni A., Di Matteo A., 2014. Evaluation of fruit quality, bioactive compounds and total antioxidant activity of flat peach cultivars.

- 2014 Society of Chemical Industry. *J Sci Food Agric.* 95, 2124–2131. DOI 10.1002/jsfa.6929.
- Domingo R., Ruiz-Sa'nchez M.C., Sàncchez-Blanco N.J., Torrecillas A., 1996. Water relations, growth and yield of Fino lemon trees under regulated deficit irrigation. *Irrigation Science* 16, 115–123.
 - Ebel R.C., Proebsting E.L., Evans R.G., 1995. Deficit irrigation to control vegetative growth in apple and monitoring fruit growth to schedule irrigation. *HortScience* 30, 1229–1232.
 - Faci J.M., Medina E.T., Martínez-Cob A., Alonso J.M., 2014. Fruit yield and quality response of a late season peach orchard to different irrigation regimes in a semi-arid environment. *Agricultural Water Management* 143, 102–112.
 - Farina V., Lo Bianco R., Inglese P., 2005. Vertical distribution of crop load and fruit quality within vase- and Y-shaped canopies of “Elegant Lady” peach. *Hortscience* 40, 587–591.
 - Fereres E. e Soriano M.A., 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *J. Exp. Bot.*, 58, 147–159.
 - Ferri G., 2018. Pesche e nettarine, produzioni e mercato in continua evoluzione. *Rivista di Frutticoltura e Ortofloricoltura. Rivista di Frutticoltura* 6/2018.
 - Fideghelli C., 2009. Quaderno Pesco. Centro di Ricerca e Sperimentazione in Agricoltura “Basile Caramia” di Locorotondo (Ba), 25-55.
 - Fiorino P., 2012. Metodi di propagazione. Innesto. In: *Arboricoltura generale*. Patron Editore, 250.
 - Font i Forcada, C., Gogorcena, Y., Moreno, M.Á., 2012. Agronomical and fruit quality traits of two peach cultivars on peach-almond hybrid rootstocks growing on Mediterranean conditions. *Sci. Hortic.* 140, 157–163.
 - Forey O., Metay A., Wery J., 2016. Differential effect of regulated deficit irrigation on growth and photosynthesis in young peach trees intercropped with grass. *Europ. J. Agronomy* 81, 106–116.
 - Forlani M., Basile B., Cirillo C., Iannini C., 2002. Effects of harvest date and fruit position along the tree canopy on peach fruit quality. *Acta Hortic.* 592, 459–466.
 - Frecon, J., Belding, R., Lokaj, G., 2002. Evaluation of white-fleshed peach and nectarine varieties in New Jersey. *Acta Hortic.* 592, 467–477.

- Fu L., Xu B.-T., Xu X.-R., Gan R.-Y., Zhang Y., Xia E.-Q., et al., 2011. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. *Food Chem* 129, 345–350.
- Génard M., Dauzat J., Franck N., Lescourret F., Moitrier N., Vaast P., Vercambre G., 2008. Carbon allocation in fruit trees: from theory to modelling. *Trees* 22, 269–282.
- Ghrab M., Gargouri K., Bentaher H., Chartzoulakis K., Ayadi M., Ben Mimoun M., Masmoudi M.M., Ben Mechlia N., Psarras G., 2013. Water relations and yield of olive tree (cv. Chemlali) in response to partial root-zone drying (PRD) irrigation technique and salinity under arid climate. *Agric. Water Manag.* 123, 1–11, <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2013.03.007>.
- Giaccone M., Caccavello G., Forlani M., Basile B., 2015. Influence of branch autonomy on fruit growth and quality in nectarine trees. *Acta Hortic.* 1084, 725–732.
- Gil M.I., Tomás-Barberán F.A., Hess-Pierce B., Kader A.A., 2002. Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of nectarine, peach, and plum cultivars from California. *J. Agric. Food Chem.* 50, 4976–4982.
- Giorgi M., Capocasa F., Scalzo J., Murri G., Battino M., Mezzetti B., 2005. The rootstock effects on plant adaptability, production, fruit quality, and nutrition in the peach (cv. “Suncrest”). *Sci. Hortic.* 107, 36–42.
- Girona J., Mata M., Arbones A., Alegre S., Rufat J., Marsal J., 2003. Peach tree response to single and combined regulated deficit irrigation regimes under shallow soils. *J Am Soc Hortic Sci* 128, 432–440
- Girona J., Gelly M., Mata M., Arbones A., Rufat J., Marsal J., 2005. Peach tree response to single and combined regulated deficit irrigation regimes in deep soils. *Agric Water Manag* 72, 97–108
- Goldhamer D.A. e Viveros M., 2000. Effects of preharvest irrigation cut off durations and postharvest water deprivation on almond tree performance. *Irrigation Science* 19, 125–131.
- Goldhamer D.A. e Beede R.H., 2004. Regulated deficit irrigation effects on yield, nut quality and water use efficiency of mature pistachio trees. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 79, 538–545.
- Goldhamer D.A., Salinas M., 2000. Evaluation of regulated deficit irrigation on mature orange trees grown under high evaporative demand. In: *Proceedings of the International Society of Citriculture, IX Congress. Orlando, FL: ISC*, 227–231

- González-Altozano P. e Castel J.R. 1999. Regulated deficit irrigation in ‘Clementina de Nules’ citrus trees. I. Yield and fruit quality effects. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 74, 706–713.
- Goodwin I. e Boland A.M., 2002. Scheduling Deficit Irrigation of Fruit Trees for Optimizing Water Use Efficiency, *Deficit Irrigation Practices*.
- Gradziel T.M., McCaa J.P., 2008. Processing peach cultivar development. In: Layne D.R., Bassi D. (Eds.), *The Peach: Botany, Production and Uses*. CAB International, 175–192.
- Grant O.M., Johnson A.W., Davies M.J., James C.M., Simpson D.W., 2010. Physiological and morphological diversity of cultivated strawberry (*Fragaria × ananassa*) in response to water deficit. *Environmental and Experimental Botany* 68, 264–272.
- Grossman Y.L. e DeJong T.M., 1995. Maximum fruit growth potential following resource limitation during peach growth. *Ann. Bot.* 75, 561–567.
- Grossman Y.L. e DeJong T.M., 1998. Training and pruning system effects on vegetative growth potential, light interception, and cropping efficiency in peach trees. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 123, 1058–1064.
- Gullo G., Motisi A., Zappia R., Dattola A., Diamanti J., Mezzetti B., 2014. Rootstock and fruit canopy position affect peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] (cv. Rich May) plant productivity and fruit sensorial and nutritional quality. *Food Chem.* 153, 234–242.
- Hanson B., Orloff S., Peters D., et al., 2000. Monitoring soil moisture helps refine irrigation management. *Calif. Agric.* 54, 38–42, <http://dx.doi.org/10.3733/ca.v054n03p38>.
- Harborne J.B. e Williams C.A., 2000. Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry* 55, 481–504.
- Iglesias I., Echeverría G., 2009. Differential effect of cultivar and harvest date on nectarine colour, quality and consumer acceptance. *Sci. Hortic.* 120, 41–50.
- Inglese P., Caruso T., Gugliuzza G., Pace L.S., 2002. Crop load and rootstock influence on dry matter partitioning in trees of early and late ripening peach cultivars. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 127, 825–830.
- Intrigliolo D.S. e Castel J.R., 2004. Continuous measurement of plant and soil water status for irrigation scheduling in plum. *Irrig. Sci.* 23, 93–102.

- Intrigliolo D.S., Ballester C., Castel J.R., 2013. Carry-over effects of deficit irrigation applied over seven seasons in a developing Japanese plum orchard. *Agric Water Manag* 128, 13–18
- Jackson M.B., 1993. Are plant hormones involved in root to shoot communication? *Adv. Bot. Res.* 19, 103–187.
- Jia H., Hirano K., Okamoto G., 1999. Effects of fertilizer levels on tree growth and fruit quality of “Hakuho” peaches (*Prunus persica*). *Engei Gakkai Zasshi* 68, 487–493.
- Jimenez S., Pinochet J., Romero J., Gogorcena Y., Moreno M.A., Espada J.L., 2011. Performance of peach and plum based rootstocks of different vigour on a late peach cultivar in replant and calcareous conditions. *Sci. Hortic.* 129, 58–63.
- Johnson S.R. e Handley D.F., 1989. Thinning response of early, mid-, and late-season peaches. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 114, 852–855.
- Johnson R.S.e Handley D.F., 2000. Using water stress to control vegetative growth and productivity of temperate fruit trees. *Hortscience* 35, 1048–1050.
- Karagiannis E., Tanou G., Samiotaki M., Michailidis M., Diamantidis G., Minas I.S., Molassiotis A., 2016. Comparative physiological and proteomic analysis reveal distinct regulation of peach skin quality traits by altitude. *Front. Plant Sci.* 7, 1689.
- Kelley K.M., Primrose R., Crassweller R., Hayes J.E., Marini R., 2016. Consumer peach preferences and purchasing behavior: a mixed methods study. *J. Sci. Food Agric.* 96, 2451–2461.
- Kobashi K., Gemma H., Iwahori S., 2000. Abscisic acid content and sugar metabolism of peaches grown under water stress. *J Am Soc Hortic Sci* 125, 425–428.
- Kumar M., Rawat V., Rawat J.M.S., Tomar Y.K., 2010. Effect of pruning intensity on peach yield and fruit quality. *Sci. Hortic.* 125, 218–221.
- Kyriacou, M.C., Roupheal, Y., 2017. Towards a new definition of quality for fresh fruits and vegetables. *Sci. Hortic.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.046>. (in press).
- Layne D.R., Jiang Z.W., Rushing J.W., 2001. Tree fruit reflective film improves red skin coloration and advances maturity in peach. *Horttechnology* 11, 234–242.
- Lebon E., Dumas V., Pieri P., Schultz H.R., 2003. Modelling the seasonal dynamics of the soil water balance of vineyards. *Funct. Plant Biol.* 30, 699–710.

- Lecoœur J., Wery J., Turc O., 1992. Osmotic adjustment as a mechanism of dehydration postponement in chickpea (*Cicer arietinum* L.) leaves. *Plant Soil* 144, 177–189, <http://dx.doi.org/10.1007/BF00012874>.
- Legua P., Hernández F., Díaz-Mula H.M., Valero D. and Serran M., 2011. Quality, bioactive compounds, and antioxidant activity of new flat-type peach and nectarine cultivars: a comparative study. *J Food Sci* 76, C729–C735.
- Liu F., Savic' S., Jensen C.R., Shahnazari A., Jacobsen S.E., Stikic' R., Andersen M.N., 2007. Water relations and yield of lysimeter-grown strawberries under limited irrigation. *Scientia Horticulturae* 111, 128–132.
- Liverani, A., Gionvannini, D., Brandi, F., 2002. Increasing fruit quality of peaches and nectarines: the main goals of ISF-FO (ITALY). *Acta Hort.* 592, 507–514.
- Lopez G. e DeJong T.M., 2007. Spring temperatures have a major effect on early stages of peach fruit growth. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 82, 507–512.
- Lopez G., Johnson S.R., DeJong T.M., 2007. High spring temperatures decrease peach fruit size. *Calif. Agric.* 61, 31–34.
- Lopez G., Behboudian M.H., Vallverdu X., Mata M., Girona J., Marsal J., 2010. Mitigation of severe water stress by fruit thinning in 'O'Henry' peach: Implications for fruit quality. *Sci. Hortic.* 125, 294–300.
- Lopez G., Behboudian M.H., Echeverria G., Girona J., Marsal J., 2011. Instrumental and sensory evaluation of fruit quality for 'Ryan's Sun' peach grown under deficit irrigation. *HortTechnology* 21, 712–719.
- Lopresti J., Goodwin I., McGlasson B., Holford P., Golding J., 2014. Variability in size and soluble solids concentration in peaches and nectarines. *Horticultural Reviews: Volume 42*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 253–312.
- Loreti F. e Massai R., 2002. The high density peach planting system: present status and perspectives. *Acta Hort.*, 377–390.
- Loreti F. e Morini S., 2008. Propagation Techniques. In: Layne, D.R. Bassi, D. (Eds.), *The Peach: Botany, Production and Uses*. CAB International, 221.
- Luchsinger L., Ortin P., Reginato G., Infante R., 2002. Influence of canopy fruit position on the maturity and quality of "Angelus" peaches. *Acta Hort.*, 515–521.
- Marini R.P., Sowers D., Marini M.C., 1991. Peach fruit quality is affected by shade during final swell of fruit growth. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 116, 383–389.

- Marini R.P. e Sowers D.L., 1994. Peach fruit weight is influenced by crop density and fruiting shoot length but not position on the shoot. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 119, 180–184.
- Marini R.P., 2003. Peach fruit weight, yield, and crop value are affected by number of fruiting shoots per tree. *Hortscience* 38, 512–514.
- Marra F.P., Inglese P., DeJong T.M., Johnson R.S., 2002. Thermal time requirement and harvest time forecast for peach cultivars with different fruit development periods. *Acta Hortic.*, 523–529.
- Marsal J., Casadesus J., Lopez G., Mata M., Bellvert J., Girona J., 2016. Sustainability of regulated deficit irrigation in a mid-maturing peach cultivar. *Irrig Sci* DOI 10.1007/s00271-016-0498-4
- Marsal J. e Girona J., 1997. Relationship between leaf water potential and gas exchange activity at different phenological stages and fruit loads in peach trees. *J Am Soc Hortic Sci* 122, 415–421
- McCarthy M.G., Loveys B.R., Dry P.R., Stoll M., 2002. Regulated deficit irrigation and partial root zone drying as irrigation management techniques for grapevines. In: *Deficit irrigation practices*, FAO Water Reports No. 22. Rome, Italy: FAO, 79–87.
- Mercier V., Bussi C., Lescourret F., Génard M., 2009. Effects of different irrigation regimes applied during the final stage of rapid growth on an early maturing peach cultivar. *Irrigation Sci.* 27, 297–306.
- Merot a., Wery J., Isbérie C., Charron F., 2008. Response of a plurispecific permanent grassland to border irrigation regulated by tensiometers. *Eur. J. Agron.* 28, 8–18, <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2007.04.004>.
- Milatovic D., Nikolic D., Durovic D., 2010. Variability, heritability and correlations of some factors affecting productivity in peach. *Hort Science* 37 (3),79–87.
- Miller N.J., Rice-Evans C., Davis M.J., 1993. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clinical Science.* 84 (1993), 407-412.
- Minas I. S., Tanouc G., Molassiotisc A., 2018. Environmental and orchard bases of peach fruit quality. *Scientia Horticulturae* 235, 307–322
- Mitchell P.D., van den Ende B., Jerie P.H., Chalmers D.J., 1989. Response of ‘Bartlett’ pear to withholding irrigation, regulated deficit irrigation, and tree spacing. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 114, 15–19.

- Mitchell P.D., Chalmers D.J., Jerie P.H., Burge G., (1986) The use of initial withholding of irrigation and tree spacing to enhance the effect of regulated deficit irrigation on pear trees. *J Am Soc Hortic Sci* 111, 858–861
- Molassiotis A., Tanou G., Diamantidis G., Patakas A., Therios I., 2006. Effects of 4-month Fe deficiency exposure on Fe reduction mechanism, photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and antioxidant defense in two peach rootstocks differing in Fe deficiency tolerance. *J. Plant Physiol.* 163, 176–185.
- Moriana A., Orgaz F., Pastor M., Fereres E., 2003. Yield responses of mature olive orchard to water deficits. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 123, 425–431.
- Muller B., Pantin F., Génard M., Turc O., Freixes S., Piques M., Gibon Y., 2011. Water deficits uncouple growth from photosynthesis, increase C content, and modify the relationships between C and growth in sink organs. *J. Exp. Bot.* 62, 1715–1729, <http://dx.doi.org/10.1093/jxb/erq438>.
- Murri G., Medori I., Massetani F., Neri D., 2013. Inclinazione del ramo e posizione del frutto: le basi per migliorare la qualità. *Frutticoltura* 7/8, 50-54.
- Murri G., Medori I., Massetani F., Neri D., 2015. Effect of shoot inclination and fruit position on fruit quality in peach ‘Nectaross’. *Acta Horticulturae* 1084, 711-716.
- Myers S.C., 1993. Preharvest watersprout removal influences canopy light relations, fruit quality, and flower bud formation of “Redskin” peach trees. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 118, 442–445.
- Naor A., 2006. Irrigation scheduling and evaluation of tree water status in deciduous orchards. *Hortic Rev* 32, 111–165.
- Naor A., Klein I., Hupert H., Greenblat Y., Peres M., Kaufman A., 1999. Water stress and crop load interactions in relation to nectarine yield, fruit size distribution, and water potentials. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 124, 189–193.
- Naor A., Hupert H., Greenblat Y., Peres M., Kaufman A., Klein I., 2001. The response of nectarine fruit size and midday stem water potential to irrigation level in stage III and crop load. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 126, 140–143.
- Neri D. e Massetani F., 2011. Spring and summer pruning in apricot and peach orchards. *Hort. Sci.*, 25 (3), 170-178.
- Neri D., Giovannini D., Massai R., Di Vaio C., Sansavini S., Del Vecchio G.L., Guarino F., Mennone C., Abeti D., Colombo R., 2010. Efficienza produttiva e

gestionale dell'albero e degli impianti di pesco: Confronto tra aree geografiche. *Italus Hortus*, 17 (5), 71-87.

- Nichenametla S.N., Taruscio T.G., Barney D.L. e Exon J.H., 2006. A review of the effects and mechanisms of polyphenolics in cancer. *Crit Rev Food Sci Nutr* 46, 161–183.
- Nicotra A., Conte L., Moser L. and Fantechi P., 2002. New types of high quality peaches: flat peaches (*P. persica* var. *platicarpa*) and Ghiaccio peach series with long on tree fruit life. *Acta Hort* 592, 131–135.
- Noratto G., Porter W., Byrne D.H. e Cisneros-Zevallos L., 2009. Identifying peach and plum polyphenols with chemopreventive potential against estrogen-independent breast cancer cells. *J Agric Food Chem* 57, 5219-5226.
- Okie, W.R., Bacon, T., Bassi, D., 2008. Fresh market cultivar development. In: Layne, D.R., Bassi, D. (Eds.), *The Peach, Botany, Production and Uses: Botany, Production and Uses*. CAB International, 139–174.
- Okie W.R., Werner D.J. 1996. Genetic influence on flower bud density in peach and nectarine exceeds that of environment. *Hort Science* 31 (6), 1010–1012.
- Orazem P., Stampar F., Hudina M., 2011a. Quality analysis of “Redhaven” peach fruit grafted on 11 rootstocks of different genetic origin in a replant soil. *Food Chem.* 124, 1691–1698.
- Orazem P., Stampar F., Hudina M., 2011b. Fruit quality of Redhaven and Royal Glory peach cultivars on seven different rootstocks. *J. Agric. Food Chem.* 59, 9394–9401.
- Palmer J.W., 2011. Changing concepts of efficiency in orchard systems. *Acta Hort.*, 41–49.
- Paltineanu C., Septar L., Moale C., Nicolae S., Nicola C., 2013. Peach response to water deficit in a semi-arid region. *Int. Agrophys.*, 27, 305-311.
- Pellegrino A., Lebon E., Voltz M., Wery J., 2004. Relationships between plant and soil water status in vine (*Vitis vinifera* L.). *Plant Soil* 266, 129–142.
- Pérez González S., 1993. Bud distribution and yield potential in peach. *Fruit Var. J.*47, 18–25.
- Pérez González S., 2004. Yield stability of peach germplasm differing in dormancy and blooming season in the Mexican subtropics. *Sci. Hortic.* 100, 15–21.

- Rahmati M., Gilles Vercambre G., Davarynejad G., Bannayan M., Azizi M., Génarda M., 2014. Water scarcity conditions affect peach fruit size and polyphenol contents more severely than other fruit quality traits. *J Sci Food Agri*, 95, 1055–1065.
- Reginato G.H., Carrasco O., Garcia de Cortazar V., 2008. Planting system evolution in apple and peach orchards after 25 years of intensive fruit industry development in Chile. *Acta Horticulturae* 772, 431-440.
- Reginato G.H., De Cortázar V.G., Robinson T.L., 2007. Predicted crop value for nectarines and cling peaches of different harvest season as a function of crop load. *Hortscience* 42, 239–245.
- Reighard G.L., Loreti F., 2008. Rootstock development. In: Layne, D.R., Bassi, D. (Eds.), *The Peach: Botany, Production and Uses*. CAB International, 193–220.
- Reighard G., Bridges W., Archbold D., Wolfe D., Atucha A., Pokharel R., Autio W., Beckman T., Black B., Lindstrom T., Coneva E., Day K., Johnson R.S., Kushad M., Parker M., Robinson T., Schupp J., Warmund M., 2015. NC-140 Peach rootstock testing in thirteen U.S. states. *Acta Hort.* 1084, 225–232.
- Reig G., Iglesias I., Gatiús F., Alegre S., 2013. Antioxidant capacity, quality, and anthocyanin and nutrient contents of several peach cultivars [*Prunus persica* (L.) Batsch] grown in Spain. *J. Agric. Food Chem.* 61, 6344–6357.
- Remorini D., Tavarini S., Degl’Innocenti E., Loreti F., Massai R., Guidi L., 2008. Effect of rootstocks and harvesting time on the nutritional quality of peel and flesh of peach fruits. *Food Chem.* 110, 361–367.
- Robinson T.L., Andersen R.L., Hoying S.A., 2006. Performance of six high-density peach training systems in the northeastern United States. *Acta Hort.* 713, 311–320.
- Robinson T.L. e Lakso A.N., 1991. Bases of yield and production efficiency in apple orchard systems. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 116, 188–194.
- Roby G., Harbertson J.F., Douglas A.A., Matthews M.A., 2004. Berry size and vine water deficits as factors in wine grape composition: anthocyanins and tannins. *Aust J GrapeWine Res.* 10,100–107.
- Romandini S., Tulipani S., Mezzetti B., Capocasa F., Bompadre S., Gracia S., Battino M., 2008. Preliminary survey on nutritional and commercial features of peaches from Emilia Romagna: Antioxidant properties as a possible novel quality parameter. *Italian Journal of Food Science.* 20 (4), 543-551

- Romeu J.F., Sánchez M.C., García-Brunton J., 2015. Potential productivity evolution of flat peach cultivars (*Prunus persicavar. platycarpa*) grown in different climatic conditions of southeast of Spain. *Scientia Horticulturae* 197, 687–696.
- Ruíz Chacón S. e Iglesias Castellarnau I. 2017. Análisis de la producción y consumo de melocotón en España. *Vida rural. Especial frutales de hueso*. 15 febbraio 2017, 2-8.
- Ruiz-Sanchez M.C., Torrecillas A., Perez-Pastor A., Domingo R., 2000. Regulated deficit irrigation in apricot trees. *Acta Horticulturae* 537, 759–766.
- Sansavini S, Neri D., Intrieri C., Tombesi A., Continella G., Costa G., Ramina A., 2012. Impianti e forme di allevamento, potatura, controllo della fruttificazione e raccolta. In Sansavini S., 2012, *Arboricoltura Generale*. Pàtron Editore Bologna, 333-398.
- Sansavini S., 2018. 2018, pesche fuori crisi? Girandola di analisi e proposte. *Rivista di Frutticoltura e Ortofloricoltura*. *Rivista di Frutticoltura* 6/2018.
- Saura-Calixto F. e Goni I., 2009. Definition of the Mediterranean diet based on bioactive compounds. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 49, 145–152.
- Slinkard K. e Singleton V.L., 1977. Total Phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture* 28, 49-55.
- Silvestroni, O., Motisi A., Spano D., 2012. Vocazionalità ambientale. In Sansavini S., *Arboricoltura generale*, Pàtron Editore Bologna, 283-302.
- Tavarini S., Gil M.I., Tomas-Barberan F.A., Buendia B., Remorini D., Massai R. et al, 2011. Effects of water stress and rootstocks on fruit phenolic composition and physical/chemical quality in Suncrest peach. *Ann Appl Biol* 158, 226–233.
- Tomás-Barberán F.A. e Espín J.C., 2001. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *J Sci Food Agric* 81, 853–876.
- Tombesi S., Johnson R.S., Day K.R., Dejong T.M., 2010. Interactions between rootstock, inter-stem and scion xylem vessel characteristics of peach trees growing on rootstocks with contrasting size-controlling characteristics. *AoB Plants*, plq013.
- Tonutti P., 2012. Qualità e postraccolta. In: Sansavini S., *Arboricoltura generale*. Pàtron Editore Bologna, 180-186.
- Tsipouridis C., Thomidis T., 2005. Effect of 14 peach rootstocks on the yield, fruit quality, mortality, girth expansion and resistance to frost damages of May Crest peach

- variety and their susceptibility on *Phytophthora citrophthora*. *Sci. Hortic.* 103, 421–428.
- United States Department of Agriculture. National Agricultural Statistics Service. *Agricultural Statistics* 2016.
 - Utset Suastegui A., 2008. Introducing modelling tools to support Water-management decision-making under Climate change conditions: a Spanish experience. In: *Agricultural Water Management Research Trends*. Magnus L. Sorensen editor. Nova Science Publishers, Inc., 9-67.
 - Vizzotto M., Porter W., Byrne D., Cisneros-Zevallos L., 2014. Polyphenols of selected peach and plum genotypes reduce cell viability and inhibit proliferation of breast cancer cells while not affecting normal cells. *Food Chem.* 164, 363–370.
 - Vizzotto M, Cisneros-Zevallos L., Byrne D.H., Ramming D.W. e Okie W.R., 2007. Large variation found in the phytochemical and antioxidant activity of peach and plum germplasm. *J Am Soc Hort Sci* 132, 334–340.
 - Werner D.J., Mowrey B.D., Chaparro J.X., 1988. Variability in flower bud number among peach and nectarine clones. *Hort Science* 23, 578–580.
 - Wert T.W., Williamson J.G., Chaparro J.X., Miller E.P., Rouse R.E., 2009. The influence of climate on fruit development and quality of four. *Hortscience* 44, 666–670.
 - Wert T.W., Williamson J.G., Chaparro J.X., Miller E.P., Rouse R.E., 2007. Node type development of four low chill peach cultivars at three locations in Florida. *HortScience* 42 (7), 1592–1595.
 - Wery J., 2005. Differential effects of soil water deficit on the basic plant functions and their significance to analyse crop responses to water deficit in indeterminate plants. *Aust. J. Agric. Res.* 56, 1201, <http://dx.doi.org/10.1071/AR05066>.
 - Wu B.H., Génard M., Lescourret F., Gomez L., Li S.H., 2002. Influence of assimilate and water supply on seasonal variation of acids in peach (cv. Suncrest). *J. Sci.Food Agric.* 82, 1829–1836.
 - Xiloyannis C., Massai R., Dichio B., 2005. L'acqua e la tecnica dell'irrigazione. In: *Sansavini*, 145-172.
 - Xiloyannis C. e Dichio B., 2006. L'irrigazione sostenibile in frutticoltura. *Ital. J. Agron.* 3, 507-517.

- Xiloyannis C., Dichio B., Gucci R., Massai R., Poni S., 2012. L'acqua e gli apporti irrigui. In: Sansavini S., Arboricoltura generale. Patron Editore Bologna, 399-424.
- Zarrouk O., Aparicio J., Gogorcena Y., Moreno M.A., Pinochet J., 2006. Graft compatibility for new peach rootstocks in nursery. *Acta Hort.* 327–330.
- Zarrouk O., Gogorcena Y., Gómez-Aparisi J., Betrán J.A., Moreno M.A., 2005. Influence of almond×peach hybrids rootstocks on flower and leaf mineral concentration, yield and vigour of two peach cultivars. *Sci. Hortic.* 106, 502–514.
- Zegbe J.A., Behboudian H., Clothier B.E., 2007. Reduced irrigation maintains photosynthesis, growth, yield and fruit quality in pacific rose apple. *J. Sustain.Agric.* 30, 105-, <http://dx.doi.org/10.1300/J064v30n02>

SITOGRAFIA

- FAOSTAT, URL <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- ISTAT, URL <https://www.istat.it/>

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano i partners che hanno cofinanziato il presente progetto e reso possibile la realizzazione di questo lavoro di ricerca.

In primo luogo si ringrazia la Regione Marche che tramite la creazione di borse di Dottorato Eureka permette di creare un forte legame tra il mondo della ricerca ed il mondo del lavoro.

Secondariamente un ringraziamento doveroso va all'azienda Acciarri Società Agricola s.r.l. che ha ospitato le prove sperimentali ed ha messo a disposizione delle sperimentazioni personale e risorse aziendali.

Infine un sentito grazie al D3A, sezione frutticoltura, per il prezioso lavoro di squadra, supporto ed affiancamento ricevuto nei 3 anni di Dottorato.