

Progetto sottomisura 16.2 PSR 2014-2020 della Regione Toscana

Relazione tecnica finale domanda di aiuto partner DiSAAA-a

Sommario del progetto

Titolo progetto PIF
di riferimento

Per l'Innovazione e lo Sviluppo Sostenibile delle
Aziende Ortofrutticole Toscane

Titolo e acronimo
progetto
sottomisura 16.2

INNovazione nell'Ortofrutta INN.O

Filiera/Settore di riferimento prevalente: ORTOFRUTTA

Priorità e Focus area prevalente: 2A, 4B 5B 5B 5D 5E

Forma di aggregazione del partenariato: ACCORDO DI COOPERAZIONE

Denominazione del soggetto responsabile del progetto di cooperazione:

Società cooperativa sociale PARVUS FLOS società agricola

PARTERNARIATO:

- 1) Società cooperativa sociale PARVUS FLOS società agricola (capofila)
- 2) Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali, Università di Pisa (DiSAAA-a);
- 3) Tirrenofruit srl;
- 4) Consorzio Ori di Toscana per lo sviluppo dei prodotti agricoli;

Obiettivi:

Realizzare un impianto pilota per verificare e adattare alle condizioni tipiche della Toscana la tecnologia della serra chiusa per la produzione extra-stagionale di ortaggi ad elevato valore organolettico e nutraceutico.

Realizzazione di un impianto pilota di cerasicoltura per verificare, e adattare all'ambiente pedoclimatico toscano, le diverse tipologie di copertura antipioggia e/o anti-insetto al fine di aumentare la resa economica del ceraseto e di diminuire l'utilizzo di fitofarmaci di sintesi.

Potenziare la tracciabilità di filiera e le azioni di marketing ad essa connesse

Azioni:

1. Coordinamento e gestione del gruppo di cooperazione (Parvus Flos)
2. Progettazione dell'impianto-pilota (serra chiusa con impianto aeroponic) (Tirrenofruit)
3. Realizzazione dell'impianto-pilota (serra chiusa con impianto aeroponica) (Parvus Flos)
4. Verifica e collaudo della tecnologia produttiva in serra (DiSAAA-a)
5. Verifica e collaudo della copertura del ceraseto (DiSAAA-a)
6. Tracciabilità (Tirrenofruit)
7. Indagine di marketing e disseminazione dei risultati (Consorzio Ori di Toscana)

Risultati e ricadute economiche e ambientali:

- 1) produzione di ortaggi di alta qualità nella stagione autunno-invernale quando i prezzi di vendita delle produzioni orticole sono normalmente più alti;
- 2) utilizzo di energia geotermica con conseguente riduzione dei costi di produzione;
- 3) possibilità di impiego di persone non particolarmente qualificate e/o con disabilità psico-fisiche;
- 4) sviluppo di zone svantaggiate come sono molte delle aree geotermiche della Toscana.
- 5) utilizzo di coperture anti-insetto e/o antipioggia per ottenere maggiore produzione lorda vendibile (PLV) con caratteristiche qualitative migliori rispetto alle tecniche convenzionali;
- 6) riduzione del consumo di acqua e fertilizzanti grazie all'impiego di sistemi idroponici a ciclo chiuso;
- 7) nessun impiego di antiparassitari di sintesi grazie ad una difesa antiparassitaria basata sul controllo del clima e della nutrizione minerale delle piante e all'utilizzo dei mezzi di controllo delle malattie e dei parassiti ammessi in agricoltura biologica
- 8) miglior controllo di fisiopatie senza l'utilizzo di prodotti chimici di sintesi

Costo complessivo del progetto sottomisura 16.2: **500.000,00**

Contributo richiesto (valore assoluto) sottomisura 16.2: **450.000,00**

TITOLO DEL PIF

Per l'Innovazione e lo Sviluppo Sostenibile delle Aziende Agricole Toscane

ACRONIMO DEL PROGETTO SOTTOMISURA 16.2

INN.O

TITOLO DEL PROGETTO SOTTOMISURA 16.2

INNovazione dell'Ortofrutta

Breve descrizione della proposta progettuale misura 16.2

Il partner DiSAAA-a è responsabile di 2 azioni del progetto INN.O.

COLTURA IDROPONICA IN SERRA

Obiettivo di una specifica azione sulla serricoltura è stato quello di realizzare un impianto pilota per verificare e adattare alle condizioni tipiche della Toscana la tecnologia della serra "chiusa" (a basso impatto ambientale relativamente alla perdita di acqua e di nutrienti e ad elevato controllo climatico tale da permettere una forte riduzione dell'uso di fungicidi e insetticidi) per la produzione extra-stagionale di ortaggi ad elevato valore organolettico e nutraceutico.

CERASICOLTURA

Obiettivo di una specifica azione sulla cerasicoltura è stata quella di realizzazione un impianto pilota per verificare, e adattare all'ambiente pedoclimatico toscano, le diverse tipologie di copertura antipiovra e/o anti-insetto al fine di aumentare la resa economica del ceraseto e di diminuire l'utilizzo di fitofarmaci di sintesi.

Azioni del progetto in relazione ai relativi soggetti attuatori. Ogni azione è contraddistinta da un numero progressivo. In grassetto le azioni di competenza del DiSAAA-a.

Azioni progettuali previste	Titolo dell'azione	Partner attuatore	Categoria di costo (*) (a, b, c, d, e, f, g)	Costo per categoria di costo
1	Coordinamento e gestione del gruppo di cooperazione	PARVUS FLOS	d	10.000,00
2	Progettazione dell'impianto-pilota (serra chiusa con impianto aeroponica)	TIRRENO FRUIT	c	206.280,00
3	Realizzazione dell'impianto-pilota (serra chiusa con impianto aeroponica)	PARVUS FLOS	c	124.920,00
4	Verifica e collaudo della tecnologia produttiva in serra	DISAAA-a	c	50.000,00
5	Verifica e collaudo della copertura del ceraseto	DISAAA-a	c	50.000,00
6	Tracciabilità	TIRRENO FRUIT	d	31.500,00
7	Indagine di marketing e disseminazione dei risultati	CONSORZIO ORI DI TOSCANA	e	27.300,00
TOTALE COSTO DEL PROGETTO				500.000,00

(*) Categoria di costo: a) studi preliminari e di contesto che comprendono l'analisi dei fabbisogni, studi di fattibilità, indagini di marketing; b) animazione (incontri, focus groups, workshops, seminari); c) progettazione per la realizzazione di prototipi, per la realizzazione di test e prove; d) costi diretti dei progetti specifici finalizzati all'innovazione che non possono essere ricondotti a altre voci; e) divulgazione dei risultati ottenuti.

Relazione tecnica delle attività progettuali svolte del DiSAAA-a nella misura 16.2 INN.O-INNOvazione nella Ortofrutta

L'attività del DiSAAA-a nel progetto INN.O ha previsto due principali azioni: la verifica e il collaudo della tecnologia aeroponica in una serra chiusa per la produzione di basilico (AZIONE 4 del progetto) e la verifica e il collaudo della copertura di un ceraseto (AZIONE 5 del progetto). Le attività rendicontate si suddividono sul portale ARTEA in tre grosse macro-categorie, nel cui interno si possono riconoscere delle singole azioni progettuali (Vedi tabella successiva).

AZIONE 61: Studi preliminari e di contesto che comprendono l'analisi dei fabbisogni, studi di fattibilità, indagini di marketing, che include le attività progettuali (Spesa prevista: € 20.597,82. Spesa rendicontata: € 17.741,13):

4.1 Definizione delle specifiche della serra Pilota;

4.3. Analisi economico-finanziaria degli investimenti necessari per la realizzazione e la gestione di una serra chiusa;

5.1. Definizione delle specifiche tecniche della copertura nei ceraseti intensivi (tipologia di rete e metodologia di copertura);

5.3 Analisi economico-finanziaria degli investimenti necessari per la realizzazione e la gestione dei ceraseti intensivi).

Il principale discostamento dal preventivo è dovuto al fatto che non ci si è avvalsi di una consulenza esterna per la gestione amministrativa del progetto e si è utilizzato solamente il personale del DiSAAA-a. Inoltre, diverse attività sono state fatte con un numero minore di sopralluoghi, con un piccolo risparmio anche sulle missioni e sul tempo necessario.

AZIONE 65 - Realizzazione di test e prove, che include le attività progettuali (Spesa prevista: € 72.541,56. Spesa rendicontata: € 80.267,49):

4.2 Prove sperimentali sulla coltivazione di basilico; 5.2 Prove sperimentali sulla coltivazione del ciliegio.

Questa fase è stata la più corposa, e ha coinvolto sia personale a tempo indeterminato (€ 19.458,09) che a tempo determinato DiSAAA-a (€49.266,31). Inoltre, si è ricorso a beni tecnici di consumo per lo svolgimento delle prove (€ 9.491,85) e a missioni per i prelievi di campioni sperimentali durante le azioni di collaudo, svoltesi sia a Radicondoli che a nell'areale Aretino. Rispetto a quanto preventivato, presso l'Università di Pisa sono state effettuate delle prove supplementari, necessarie per le sperimentazioni sul ciclo chiuso, sul sistema aeroponico e sulle reti anti-grandine dei ceraseti, determinando un leggero aumento dei costi preventivati.

AZIONE 66 - Divulgazione dei risultati ottenuti, che include le attività progettuali: (Spesa prevista: € 6.859,94. Spesa rendicontata: € 7.227,23):

4.4 Disseminazione e divulgazione dei principi scientifici e tecnici della serra chiusa e dell'impianto di produzione fuori suolo.

5.4 Disseminazione e divulgazione dei risultati ottenuti nella sperimentazione sui ceraseti intensivi. Sono stati eseguiti due *open day* aziendali, il 17 luglio 2018 presso l'azienda IL CERRO ALTO (loc. CHIAVERETTO, SUBBIANO -AR-) che prevedeva la visita ad un impianto intensivo di ciliegio tardivo allevato sotto reti monofila e il 20 luglio 2018, a Radicondoli (SI), presso l'Azienda PARVUS FLOS, dove è stato visitato l'impianto innovativo di coltura fuori suolo per la produzione di basilico in serra chiusa. La spesa è stata leggermente superiore al previsto anche a causa di un incremento del costo del personale a tempo indeterminato coinvolto (prof. Incrocci e prof. Remorini). Il 10/09/2018 a Firenze, si è svolto il Convegno finale PSR 2014-2020 Regione Toscana PIF N. 50/2015 "Per l'Innovazione e lo Sviluppo Sostenibile delle Aziende Ortofrutticole Toscane"

Tabella riassuntiva delle spese preventivate e rendicontate del progetto INNo, misura 16.2 per il partner DiSAAA.a

11			ATTIVITA'	Spesa assegnata	Spesa rendicontata
61 - Studi preliminari e di contesto che comprendono l'analisi dei fabbisogni, studi di fattibilità , indagini di marketing	30 - Studi preliminari e di contesto che comprendono l'analisi dei fabbisogni, studi di fattibilità , indagini di marketing	230 - Spese per consulenza tecnica e finanziaria	4.1, 4.3, 5.1, 5.3	500	0
61 - Studi preliminari e di contesto che comprendono l'analisi dei fabbisogni, studi di fattibilità , indagini di marketing	30 - Studi preliminari e di contesto che comprendono l'analisi dei fabbisogni, studi di fattibilità , indagini di marketing	6 - Personale - retribuzione e oneri tecnico/amministrativo dipendente	4.1, 4.3, 5.1, 5.3	8.031,98	6.097,61
61 - Studi preliminari e di contesto che comprendono l'analisi dei fabbisogni, studi di fattibilità , indagini di marketing	30 - Studi preliminari e di contesto che comprendono l'analisi dei fabbisogni, studi di fattibilità , indagini di marketing	8 - Personale - retribuzione e oneri tutor NON dipendente	4.1, 4.3, 5.1, 5.3	11.255,68	11.265,6
61 - Studi preliminari e di contesto che comprendono l'analisi dei fabbisogni, studi di fattibilità , indagini di marketing	30 - Studi preliminari e di contesto che comprendono l'analisi dei fabbisogni, studi di fattibilità , indagini di marketing	287 - Missioni e trasferte	4.1, 4.3, 5.1, 5.3	810,16	377,92
65 - Realizzazione di test e prove	48 - Realizzazione di test e prove	6 - Personale - retribuzione e oneri tecnico/amministrativo dipendente	4.2, 5.2	11.026,3	19.458,09
65 - Realizzazione di test e prove	48 - Realizzazione di test e prove	8 - Personale - retribuzione e oneri tutor NON dipendente	4.2, 5.2	49.243,6	49.266,31
65 - Realizzazione di test e prove	48 - Realizzazione di test e prove	287 - Missioni e trasferte	4.2, 5.2	2.277,78	2.051,24
65 - Realizzazione di test e prove	49 - Realizzazione di test e prove	288 - Beni di consumo	4.2, 5.2	9.993,88	9.491,85
66 - Divulgazione dei risultati ottenuti	48 - Divulgazione dei risultati ottenuti	6 - Personale - retribuzione e oneri tecnico/amministrativo dipendente	4.1,5.4	4.941,00	6.685,75
66 - Divulgazione dei risultati ottenuti	48 - Divulgazione dei risultati ottenuti	287 - Missioni e trasferte	4.1, 5.4	1.918,94	541,48
Totali				99.999,32	105.235,85

DESCRIZIONE PARTICOLAREGGIATA DELLE ATTIVITA' SPERIMENTALI

Attività 4.1 e 4.3 Definizione delle specifiche tecniche della serra-pilota.

E' stata eseguita un'analisi delle condizioni climatiche presenti nel distretto produttivo di Radicondoli e della possibilità di sfruttamento dell'energia geotermica presente in zona. Sulla base di questa analisi, sono state definite le caratteristiche costruttive e gli impianti tecnologici di cui una serra dovrebbe essere dotata per ottenere una produzione redditizia di fragola e basilico di alta qualità. Sopralluoghi tecnici nella zona di Radicondoli-Lago Boracifero sono stati necessari al fine di acquisire i dati climatici della zona e le informazioni tecnico-economiche inerenti alla possibilità di utilizzare l'energia geotermica della zona per la climatizzazione delle serre. I sopralluoghi e l'elaborazione dei dati e delle informazioni raccolte sono serviti per la stesura di una relazione tecnica sullo stato attuale della serricoltura nella zona e sulle sue potenzialità di sviluppo. Le attività su dette sono state effettuate da personale a tempo indeterminato e tempo determinato del DiSAAA-a. L'attività di raccolta, elaborazione dei dati e stesura della relazione, iniziata nel mese di maggio 2016 e conclusasi alla fine del 2017, ha avuto lo scopo di fornire supporto tecnico all'azienda capofila (PARVUS FLO di Radicondoli) nella scelta delle caratteristiche della serra e dell'impianto di coltivazione in grado di permettere una produzione di basilico più competitiva. L'azione si è protratta più a lungo del tempo previsto, a causa della rimodulazione del progetto esecutivo della serra, resasi necessaria in seguito alla mancata concessione edilizia da parte del comune di Radicondoli, per la realizzazione di una nuova serra in ferro e vetro alta 5 metri in gronda. A seguito di ciò, è stato necessario studiare come adattare un settore di una serra in ferro e vetro già presente nell'azienda.

I risultati dello studio sono qui di seguito brevemente riassunti:

a) miglioramento del controllo climatico della serra, con i seguenti interventi da effettuare (in ordine di importanza): 1) miglioramento della ventilazione naturale delle serre, realizzando delle nuove finestre laterali e ripristinando il funzionamento delle finestre sul colmo già presenti. Questo intervento permette di ridurre lo stress da alte temperature nei periodi primaverili-estivi; 2) sostituzione degli attuali vetri con altri a maggiore trasmissività e a norma di sicurezza (vetri temperati) 3) inserire un termoconvettore, per migliorare il rimescolamento dell'aria nella serra e ridurre /impedire la formazione della condensa sulle piante; 4) installazione di un computer climatico, in grado di gestire in maniera autonoma i vari attuatori presenti in serra, come ad esempio il riscaldamento e l'apertura delle finestre. Queste modifiche permetteranno di ottenere un maggior controllo del clima all'interno della serra, evitando così, ad esempio, i fenomeni di bagnatura prolungata delle foglie e dei frutti, tipici delle prime ore della mattina. l'assenza di una bagnatura prolungata delle foglie ridurrà l'incidenza di attacchi fungini, specialmente della peronospora del basilico, contro la quale hanno scarsa efficacia anche i mezzi di lotta chimici registrati.

b) Realizzazione di un impianto aeroponico per la produzione di basilico. Il DiSAAA-a ha fornito i dati tecnici necessari per la progettazione e realizzazione dell'impianto aeroponico. Vista la necessità di collaudare l'impianto aeroponico con due differenti specie vegetali, sarà fondamentale suddividere l'impianto in due settori, fra loro completamente indipendenti. Ciascun settore dovrà essere dotato di un sistema di disinfezione della soluzione nutritiva a lampade ultraviolette (UV-B), di un contenitore di accumulo della soluzione nutritiva e di uno per lo stoccaggio della soluzione nutritiva nuova e corretta. La soluzione nutritiva potrà essere corretta e reintegrata per il contenuto di nutrienti attraverso l'uso di un fertirrigatore che potrà funzionare alternativamente per il primo e il secondo settore. Per sfruttare al meglio lo spazio a disposizione si consiglia di adottare bancali mobili su rotaia in modo da ridurre le tare improduttive dal 50-60% fino ad un 10-15% della superficie complessivamente coltivata.

Per la realizzazione di questa fase, si è impiegato personale a tempo indeterminato (prof.

Attività 4.2 Prove sperimentali sulla coltivazione di basilico e di fragola.

BASILICO

Per facilitare la verifica e il collaudo dell'impianto aeroponico, nella primavera del 2017 è stato iniziato uno studio preliminare all'interno di una serra in ferro e vetro presso il DiSAAA-a. Lo studio in questione ha avuto lo scopo di valutare le differenze produttive, di consumo idrico e di durata post-raccolta fra il basilico prodotto con la tecnica di coltivazione aeroponica e quello cresciuto in vaso su substrato (lapillo vulcanico/torba in rapporto volume:volume di 70/30), tecnica di coltivazione attualmente adottata dalla azienda capofila PARVUS FLOS. Sono stati quindi installati:

a) **un impianto aeroponico pilota di 3,6 m²**, costituito da due canalette affiancate (dimensione 40 cm per 4 metri). L'impianto aeroponico era costituito inferiormente da una canaletta in plastica rigida chiusa, avente lo scopo di raccogliere la quantità in eccesso di soluzione nutritiva e superiormente da vassoi preforati, in plastica o polistirolo, dove erano posizionate le piante di basilico con il proprio cubetto di lana di roccia. All'interno della canaletta era posizionato un tubo in plastica nel quale erano inseriti ugelli (a distanza di 25 cm uno dall'altro) che, grazie alla pressione creata dalla pompa, nebulizzavano la soluzione nutritiva facendola giungere alle radici (interventi di 20 secondi ogni 5 minuti nel periodo diurno e ogni 10 minuti nel periodo notturno). La canaletta era inclinata verso il serbatoio di stoccaggio della soluzione così da evitare eventuali ristagni idrici. **(Figura 1 e 2)**

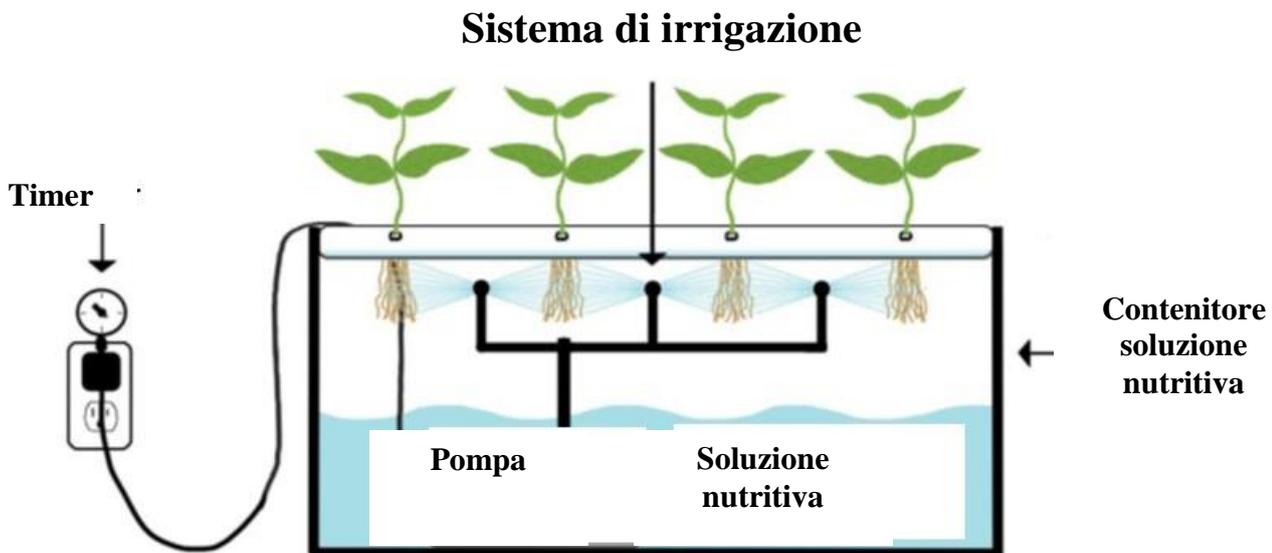


Figura 1. Schema di funzionamento del sistema aeroponico



Figura 2. *Impianto sperimentale aeroponico per la coltivazione di basilico (Università di Pisa).*

b) **un impianto di coltura fuori suolo di basilico costituito da 24 vasi** del diametro 26 cm (10 litri), forniti dalla azienda capofila PARVUS FLOS, per una superficie effettiva coltivata di 3,9 m². Il substrato di coltivazione utilizzato è stato lapillo più torba.

La densità delle piante in entrambi i sistemi di coltivazione è stata di circa 100 piante/m². Entrambi i sistemi erano a ciclo chiuso: la soluzione drenata è stata raccolta e, dopo le opportune re-integrazioni, ri-somministrata alla coltura. **(Figura 3).**



Figura 3. *Impianto sperimentale di basilico su substrato in vaso (Università di Pisa)*

Le piante di basilico sono state coltivate con una soluzione nutritiva (SN) impostata sulla base dei nutrienti già presenti disciolti nell'acqua proveniente dal pozzo **(Tabella 1).**

Tabella 1. Composizione dell'acqua e della soluzione nutritiva (SN) utilizzata nella sperimentazione su basilico, espressa in millimoli e micromoli rispettivamente per i macroelementi (N, P, K, Na, Ca, Mg, S) e microelementi (Fe, B, Cu, Zn, Mn, Mo).

Tipo	pH	EC	N-NO ₃	N-NH ₄	P	K	Ca	Mg	Na	S-SO ₄	Cl	Fe	B	Cu	Zn	Mn	Mo
Acqua	6.9	0.8	0.0	0.0	0.0	0.10	2.7	1.10	1.70	2.00	2.0	3.5	18	0.0	5.5	1.2	0.0
SN	5.5	2.3	9.0	1.0	1.0	5.6	4.0	1.5	1.70	3.80	2.0	30	25	4.0	13.0	10.0	1.0

La prova è iniziata il 10/07/2017, data della prima raccolta, e si è protratta fino al 10/07/2018. Durante questo periodo, le piante sono state sostituite con nuove il 15/11/2017.

Le piante di basilico utilizzate negli impianti sono state seminate su lana di roccia pressata (Grodan®) in alveoli di polistirolo successivamente posti in una cella di germinazione a 25°C per 48-72 ore. Una volta germinate, le piantine sono state diradate e, una volta che le radici sono fuoriuscite dalla parte inferiore del vassoio, trapiantate nell'impianto aeroponico e nei vasi.

Analisi effettuate

Consumo idrico e monitoraggio delle soluzioni nutritive

La misura della conducibilità elettrica, del pH delle soluzioni riciccolanti e del consumo idrico dell'impianto aeroponico e di quello su substrato, presenti nella serra del DiSAAA-a, sono state effettuate a cadenza settimanale nel periodo autunno-invernale e due volte a settimana nel periodo primaverile-estivo. I dati di consumo idrico sono stati utilizzati per effettuare il bilancio idrico della coltura e calcolare l'efficienza d'uso dell'acqua.

Valutazione della quantità prodotta e del suo contenuto in sostanza secca

La prima raccolta è stata effettuata quando la maggior parte delle piante in coltivazione presentava circa 6 nodi. Il taglio è stato effettuato fra il secondo e il terzo nodo. I tagli successivi sono stati effettuati dopo lo sviluppo di 3-4 nuovi nodi e comunque sempre prima della formazione dell'infiorescenza.

La produzione raccolta è stata pesata. Circa 100 grammi di peso fresco sono stati posti in stufa ventilata (70 °C) fino al raggiungimento del peso costante. Il contenuto percentuale di sostanza secca è stato calcolato facendo il rapporto fra il peso secco e il peso fresco.

Caratterizzazione della qualità della produzione ottenuta e simulazione di conservazione post-raccolta

Sono state effettuate delle prove di conservazione (alla temperatura di 8 °C) sul basilico raccolto e impacchettato nei medesimi contenitori utilizzati dalla azienda capofila Parvus Flos per la commercializzazione del proprio prodotto (prova *post-harvest*). Per valutare l'effetto di eventuali differenze legate al clima e alla diversa serra rispetto a quella dell'azienda capofila, nelle prove di *post-harvest*, si è proceduto ad inserire sempre, oltre al trattamento aeroponico e su substrato, un controllo aziendale, ottenuto prelevando direttamente nell'azienda Parvus Flos del basilico raccolto nella stessa mattina di quello raccolto nella serra sperimentale del DiSAAA-a e simulando poi il confezionamento e la conservazione adottata dalla stessa azienda capofila. Sono state effettuate numerose prove di *post-harvest* per ogni stagione (primavera, estate, autunno, inverno) valutando al tempo 0, 3, 6 e 9 giorni dopo il confezionamento e conservazione in frigo a circa 8°C al buio i seguenti parametri: a) clorofille e carotenoidi; b) fenoli totali; c) potere antiossidante; d) integrità di membrana (perdita di elettroliti).

Determinazione del contenuto di nitrati

Le foglie di basilico sono state essiccate, sottoposte ad una leggera macinazione e successivamente vagliate. Per la determinazione del contenuto di azoto nitrico si è utilizzato il

metodo Cataldo (1975). Ogni campione (100 mg di sostanza secca macinata) è stato posto in una beuta alla quale sono stati aggiunti 10 mL di acqua demineralizzata e successivamente sono stati posti su un agitatore orbitale per 2 ore. Per il saggio, sono stati prelevati 100 µL di estratto di ogni campione, ai quali sono stati aggiunti acido solforico (H₂SO₄) al 5% di acido salicilico (C₇H₆O₃) e successivamente alla soluzione è stato aggiunto idrossido di sodio (NaOH), con lo sviluppo di una colorazione giallastra, la cui assorbanza alla lunghezza d'onda di 410 nm è stata determinata con uno spettrofotometro. L'assorbanza rilevata è stata confrontata con quella letta da soluzioni a concentrazione nota di nitrato (tra 0 e 100 mg/L) che sono state processate allo stesso modo dei campioni. I risultati sono stati riportati come mg di nitrato per kg di prodotto fresco (FW), utilizzando la percentuale di sostanza secca corrispondente ad ogni campione.

Valutazione dell'integrità della membrana

Per valutare l'integrità della membrana si sono prelevati campioni di 3 foglie per ciascuna tesi, così da avere lo stesso numero di piccioli e una omogeneità nelle superfici a contatto con l'acqua fra le tesi. I campioni sono stati pesati e inseriti in becher con acqua distillata. Successivamente si è effettuata una agitazione per 2 ore e in seguito sono stati misurati i valori di conducibilità elettrica dell'acqua nella quale erano immerse le foglie. Al valore di conducibilità elettrica rilevato dallo strumento è stato sottratto il valore di conducibilità del controllo (acqua distillata) e rapportato al peso delle 3 foglie, quindi espresso in µS/cm/g.

Preparazione dell'estratto metanolico

Da ogni vaschetta (una vaschetta per tesi) venivano prelevati 3 dischetti fogliari per un peso di circa 100 mg di tessuto e uniti a 5 mL di metanolo (CH₃OH) all'interno di una provetta da 10 mL. I campioni sono stati estratti mediante sonicazione per 1 ora (4 cicli da 15 minuti ciascuno). L'estratto metanolico filtrato è stato utilizzato per la determinazione del contenuto in clorofilla, carotenoidi, fenoli totali e capacità antiossidante FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power).

Determinazione del contenuto in clorofille e carotenoidi

Per la determinazione delle clorofille e carotenoidi l'estratto in metanolo è stato diluito 1:10 con una soluzione di metanolo all'80%. L'assorbanza dell'estratto diluito è stata letta tramite spettrofotometro alla lunghezza d'onda di 665,2 nm, 652,4 nm e 470 nm (rispettivamente Chl a, Chl b e Carotenoidi). La concentrazione dei pigmenti è stata calcolata come riportato da Lichtentahler e Buschmann (2001). La concentrazione di clorofilla totale e carotenoidi è espressa come µg/g peso fresco (FW).

Fenoli totali

La determinazione dei fenoli totali è stata effettuata utilizzando il reattivo di Folin- Ciocalteu (Kang e Saltveit, 2002). Il metodo prevede l'utilizzo di 100 µL di estratto in metanolo aggiunti a 2,0 mL di acqua distillata 300 µL di reagente di Folin Ciocalteu. Trascorsi alcuni minuti sono stati aggiunti 1,6 mL di carbonato di sodio al 7.5% e lasciato riposare per due ore a temperatura ambiente. Il contenuto di fenoli è stato determinato tramite la lettura dell'assorbanza a 765 nm tramite la retta di calibrazione effettuata con concentrazioni note crescenti di acido gallico (GAE) (0-500 mmol). Il risultato è stato espresso in mg GAE/g FW.

Determinazione della capacità antiossidante totale

La capacità antiossidante totale è stata determinata con la metodologia FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) (Benzie e Strain, 1996). Il protocollo prevede la preparazione di un reagente (reagente FRAP: 2 mM di cloruro ferrico e 1 mM TPTZ (2,4,6-Tris(2-Pyridyl)-S-Triazine) immediatamente prima delle analisi. Per la lettura allo spettrofotometro è stata preparata una soluzione composta 2 mL di buffer acetato 0.25 M pH 3.6, 900 µL di reagente FRAP, 100 µL di estratto di metanolo diluito 1:4. La curva di calibrazione è stata preparata con soluzioni standard contenenti ioni ferro (Fe (II); 0-100µL) di sale di Mohr. L'assorbanza è stata letta a 593 nm e il risultato è stato espresso come µmol Fe (II) g/FW.

Determinazione del contenuto in acido rosmarinico

Nelle foglie di basilico raccolte nella primavera (19 marzo 2018) è stato determinato il contenuto di acido rosmarinico utilizzando il metodo descritto da Kiferle et al. (2011). L'analisi è stata effettuata in cromatografia liquida ad alta prestazione (HPLC). L'acido rosmarinico è stato identificato confrontando i tempi di ritenzione con quelli dello standard e quantificato integrando l'area dei picchi a confronto con la curva di calibrazione.

Contenuto degli elementi minerali nella sostanza secca

La determinazione degli elementi minerali nella sostanza secca (P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu) è stata effettuata su una raccolta rappresentativa per ognuna delle 4 stagioni.

I campioni (200 mg) sono stati digeriti a 240 °C in ambiente acido (miscela 5:2 v/v di acido nitrico HNO₃ 65% e acido perclorico HClO₄ 70%) per due ore usando tubi in vetro. Una volta digerito il liquido è stato filtrato, portato al volume di 40 ml e in seguito è stato determinato il contenuto in macro e microelementi per ciascun campione:

- P con il metodo del molibdato di ammonio (Olsen et al., 1982)
- K, Ca, Mg e altri microelementi (Fe, Mn, Zn e Cu) con uno spettrofotometro ad assorbimento atomico (Varian Model Spectra-AA240 FS, Australia).

Collaudo aziendale dell'impianto aeroponico

In seguito ai risultati di validazione dell'impianto aeroponico effettuato presso il DiSAAA-a, l'azienda ha proceduto alla realizzazione di un impianto aeroponico pilota di 1000 metri quadrati. La produzione ottenuta in questo impianto nel mese di luglio 2018 è stata confrontata con quella ottenuta nel sistema tradizionale di coltivazione in vaso dell'azienda. Sul materiale raccolto dallo sfalcio effettuato il 4 luglio 2018, è stata effettuata una prova di conservazione post-raccolta della durata di 9 giorni, secondo il protocollo specificato nei precedenti paragrafi.

Risultati ottenuti

I risultati hanno dimostrato che il sistema di produzione aeroponico è in grado di fornire produzioni annuali di basilico quasi doppie, rispetto al classico sistema di allevamento in vaso (62 kg /m² contro i 35 kg/m² registrati con il sistema del substrato). Poiché nella sperimentazione condotta presso il DiSAAA-a i due impianti a confronto erano entrambi a ciclo chiuso, l'efficienza nell'utilizzo dell'acqua è stata simile e pari ad un valore medio di 23.1 litri di acqua consumata per ogni kg di basilico fresco prodotto (Tab. 1). Occorre precisare che nell'azienda Parvus-Flo la coltura del basilico è effettuata a ciclo aperto, cioè dove l'acqua drenata non viene riutilizzata sulla stessa coltura. La qualità della produzione ottenuta con il sistema aeroponico è del tutto paragonabile e simile a quella ottenuta con il substrato, pur registrando spesso una forte oscillazione delle grandezze fra una stagione e l'altra (Graf. 1-8). In particolare la quantità di sostanza secca è oscillata fra 7.5 e 11. La percentuale di sostanza secca della produzione aeroponica ha sempre superato il 8 %, tranne che nella produzione invernale, dove è risultata intorno al 7,5 %. Il contenuto in nitrati in tutti i trattamenti e in tutte le stagioni è sempre stato inferiore a 1200 mg di NO₃ per kg di sostanza fresca, ben al di sotto dei limiti stabiliti dal regolamento europeo 1258/2011.

Le prove effettuate di post-harvest hanno dimostrato che il basilico prodotto con la tecnica idroponica dopo 9 gg di conservazione presentava una qualità mai inferiore e a volte superiore rispetto a quello ottenuto con il sistema tradizionale su substrato (grafici 7-11).

Tabella 1. Comparazione della produzione e dei parametri produttivi di due diversi sistemi di coltivazione fuori suolo per il basilico: sistema aeroponico e sistema su substrato (lapillo vulcanico e torba70:30) in vaso (diametro 27 cm), attualmente utilizzato dalla azienda capofila Parvus Flos. I dati sono espressi per m² di superficie effettivamente coltivata, con una densità di circa 100 piante/m² per entrambi i sistemi colturali. Periodo sperimentale: 10/07/2017-10/07/2018.

Parametri	Aeroponica	Substrato (lapillo + torba)
Consumo idrico (L m ⁻² anno ⁻¹)	1377	838
Numero piante per m ²	100	102
Produzione totale (kg m ⁻² anno ⁻¹)	62	35
Produzione a pianta (kg anno ⁻¹)	0,62	0,34
Consumo idrico a pianta (L p. ⁻¹ anno ⁻¹)	13,77	8,22
Efficienza d'uso dell'acqua (L kg ⁻¹)	22,21	23,94
Radiazione globale media giornaliera (MJ m ⁻² d ⁻¹)	6,63	6,63
Conducibilità elettrica media (dS/m)	3,58 (min 1,8 max 5,6)	3,42 (min 2,0 max 5,0)
pH medio	6.0 (min 4,8 max 5,6)	6.5 (min 5,0 max 7,7)

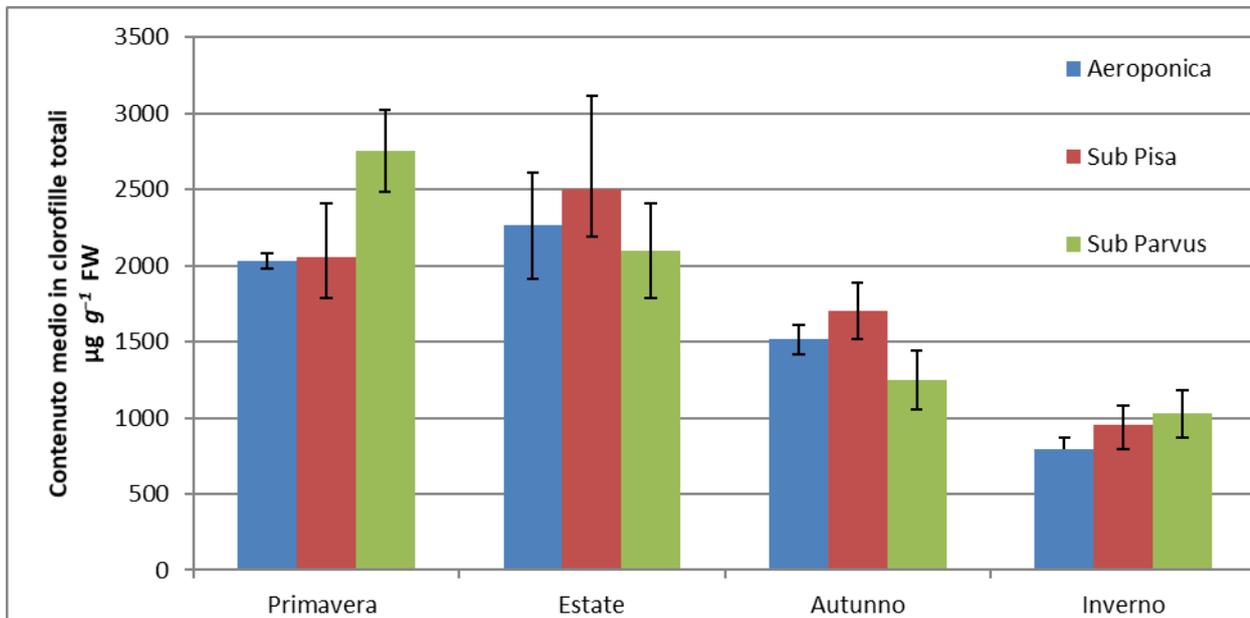


Grafico 1. Variazione del contenuto medio in **clorofille totali (µg g⁻¹ FW)** in foglie di basilico durante la conservazione in frigo in vaschette di polietilene a 8°C misurato al tempo 0 (T0) durante il periodo sperimentale 10/07/2017-10/07/2018). I trattamenti posti a confronto sono stati: basilico coltivato con tecnica aeroponica a Pisa (aeroponica), su substrato a Pisa (Sub Pisa) e su substrato presso l'azienda Parvus Flos (Sub Parvus). Le barre presenti sopra ogni misura rappresentano la deviazione standard della misura (n=4).

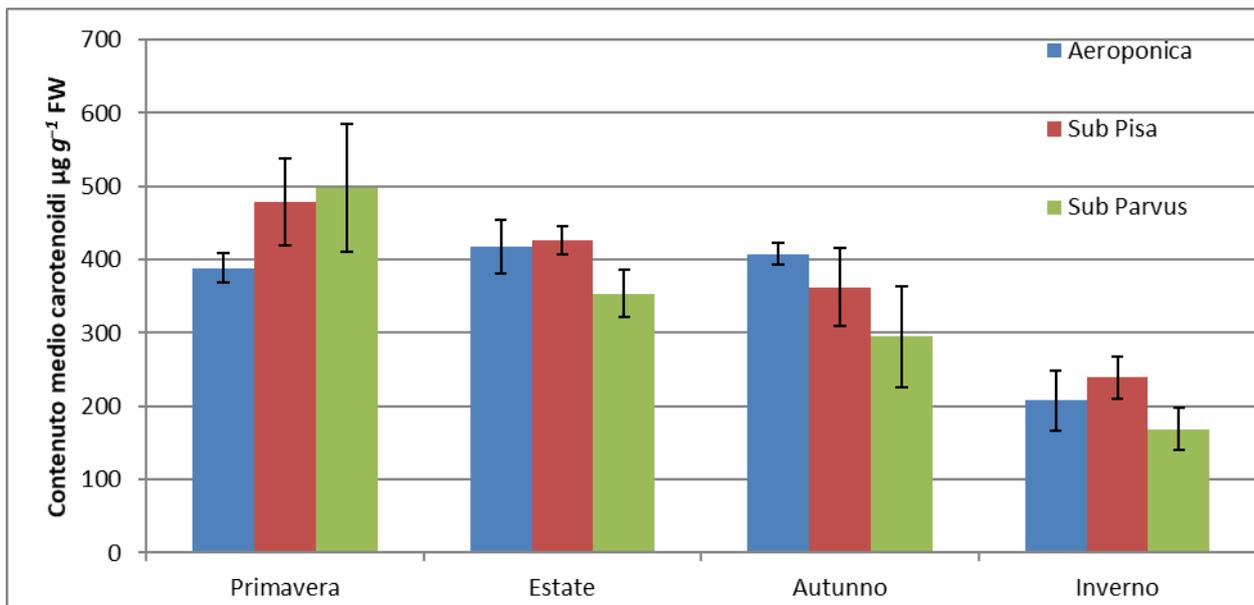


Grafico 2. Variazione del contenuto medio di **carotenoidi ($\mu\text{g g}^{-1}\text{ FW}$)** in foglie di basilico durante la conservazione in frigo in vaschette di polietilene a 8°C misurato al tempo 0 (T_0) durante il periodo sperimentale 10/07/2017-10/07/2018). I trattamenti posti a confronto sono stati: basilico coltivato con tecnica aeroponica a Pisa (aeroponica), su substrato a Pisa (Sub Pisa) e su substrato presso l'azienda Parvus Flos (Sub Parvus). Le barre presenti sopra ogni misura rappresentano la deviazione standard della misura ($n=4$).

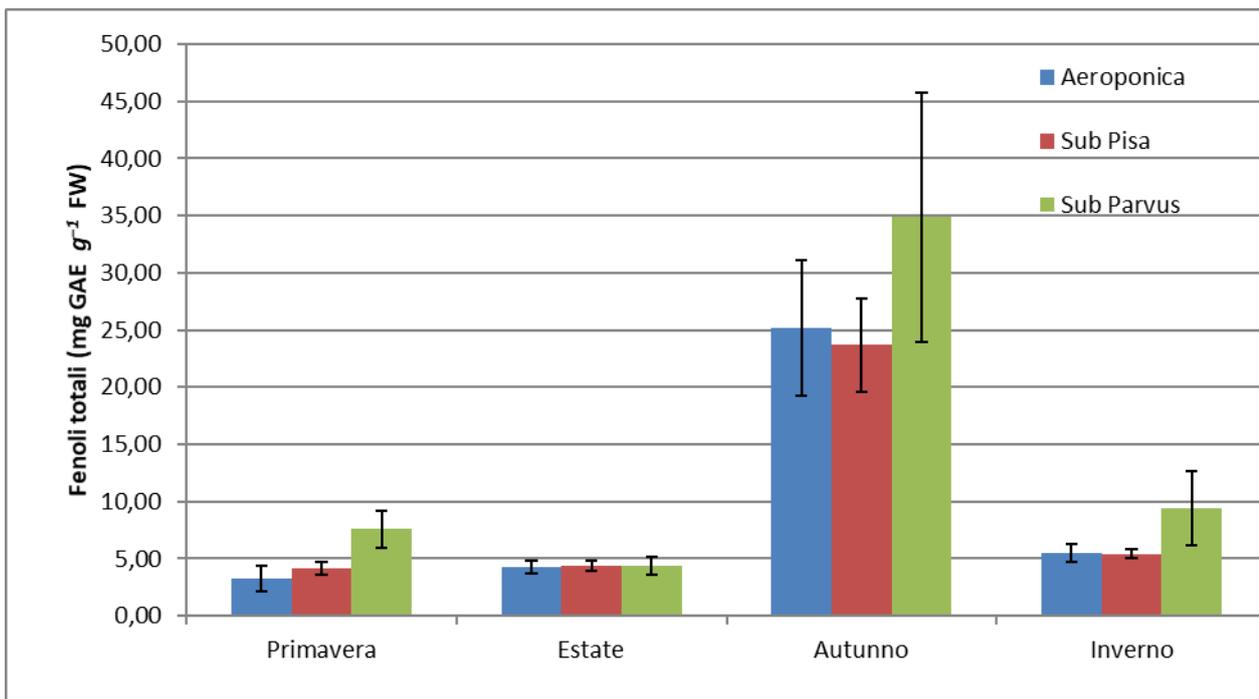


Grafico 3. Variazione del contenuto medio in **fenoli totali ($\text{mg GAE g}^{-1}\text{ FW}$)** in foglie di basilico durante la conservazione in frigo in vaschette di polietilene a 8°C misurato al tempo 0 (T_0) durante il periodo sperimentale 10/07/2017-10/07/2018). I trattamenti posti a confronto sono stati: basilico coltivato con tecnica aeroponica a Pisa (aeroponica), su substrato a Pisa (Sub Pisa) e su substrato presso l'azienda Parvus Flos (Sub Parvus). Le barre presenti sopra ogni misura rappresentano la deviazione standard della misura ($n=4$).

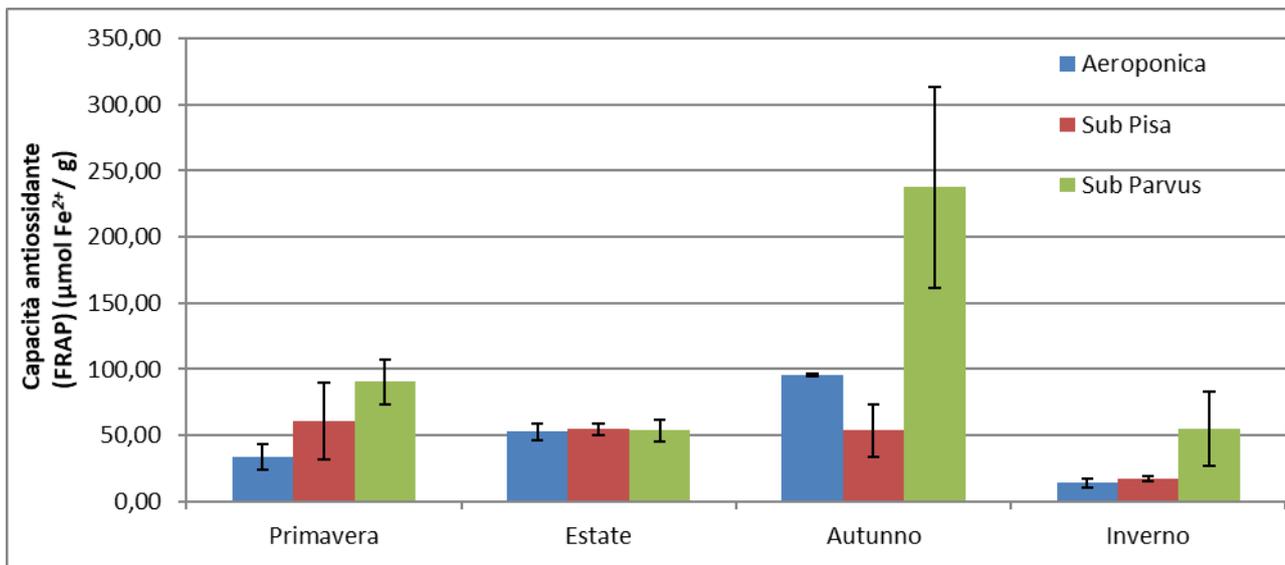


Grafico 4. Variazione del contenuto medio **della capacità antiossidante (FRAP) (μmol Fe²⁺/g)** in foglie di basilico durante la conservazione in frigo in vaschette di polietilene a 8°C misurato al tempo 0 (T0) durante il periodo sperimentale 10/07/2017-10/07/2018). I trattamenti posti a confronto sono stati: basilico coltivato con tecnica aeroponica a Pisa (aeroponica), su substrato a Pisa (Sub Pisa) e su substrato presso l'azienda Parvus Flos (Sub Parvus). Le barre presenti sopra ogni misura rappresentano la deviazione standard della misura (n=4)

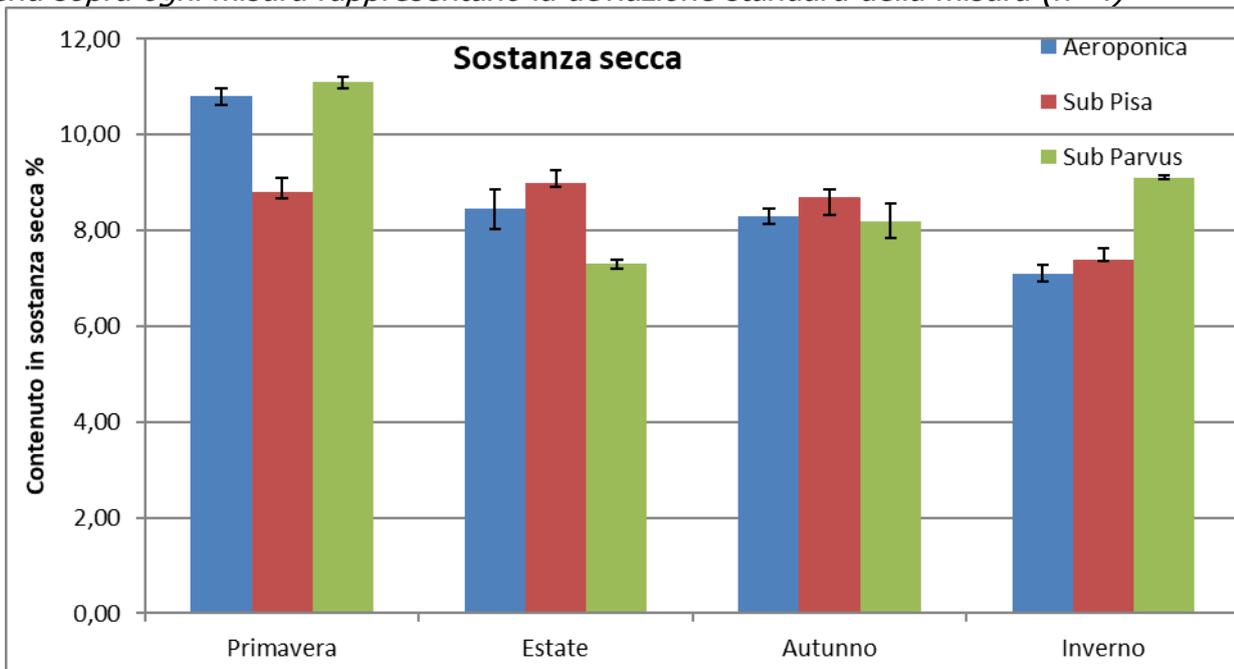


Grafico 5. Rapporto fra peso secco e peso fresco del basilico coltivato con tecnica aeroponica, basilico coltivato su substrato nella serra di Pisa e su substrato presso l'azienda Parvus Flos misurate durante il periodo sperimentale: 10/07/2017-10/07/2018. I trattamenti posti a confronto sono stati: basilico coltivato con tecnica aeroponica a Pisa (aeroponica), su substrato a Pisa (Sub Pisa) e su substrato presso l'azienda Parvus Flos (Sub Parvus). Le barre presenti sopra ogni misura rappresentano la deviazione standard della misura (n=4)

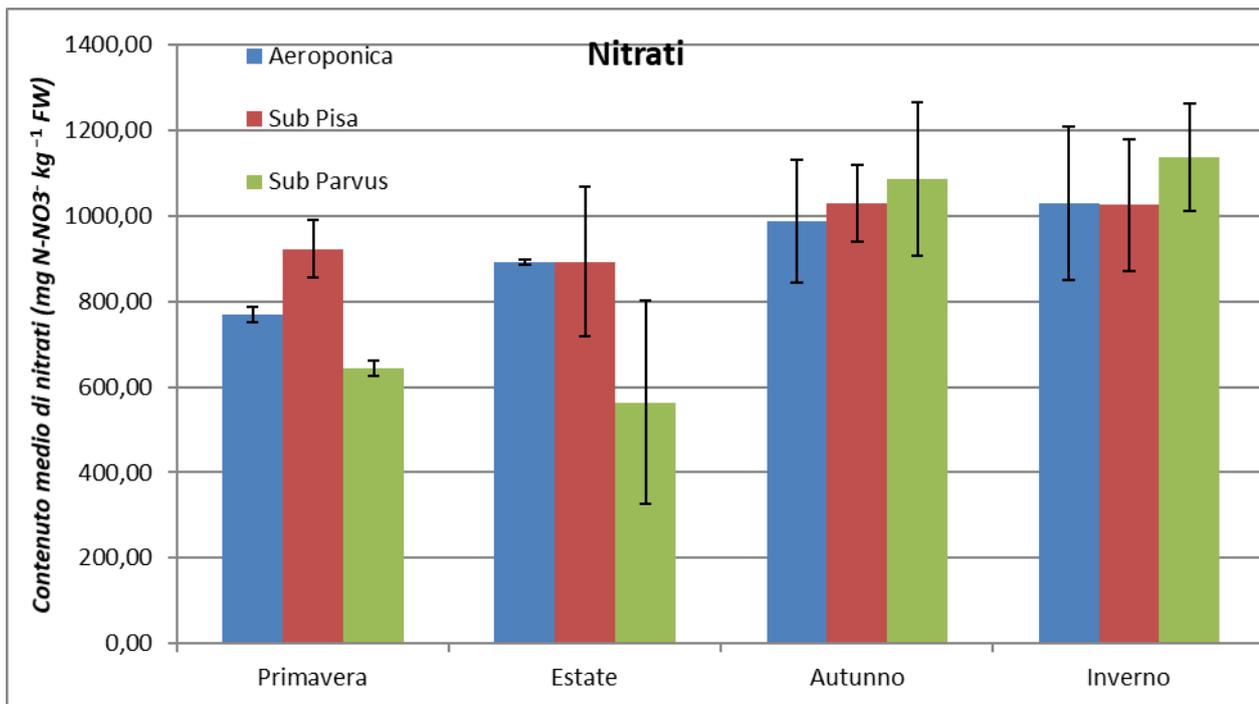


Grafico 6. Variazione del contenuto medio di nitrati ($\text{mg N-NO}_3^- \text{ kg}^{-1} \text{ FW}$) dei tessuti vegetali di basilico misurate durante il periodo sperimentale: 10/07/2017-10/07/2018. I trattamenti posti a confronto sono stati: basilico coltivato con tecnica aeroponica a Pisa (aeroponica), su substrato a Pisa (Sub Pisa) e su substrato presso l'azienda Parvus Flos (Sub Parvus). Le barre presenti sopra ogni misura rappresentano la deviazione standard della misura ($n=4$).

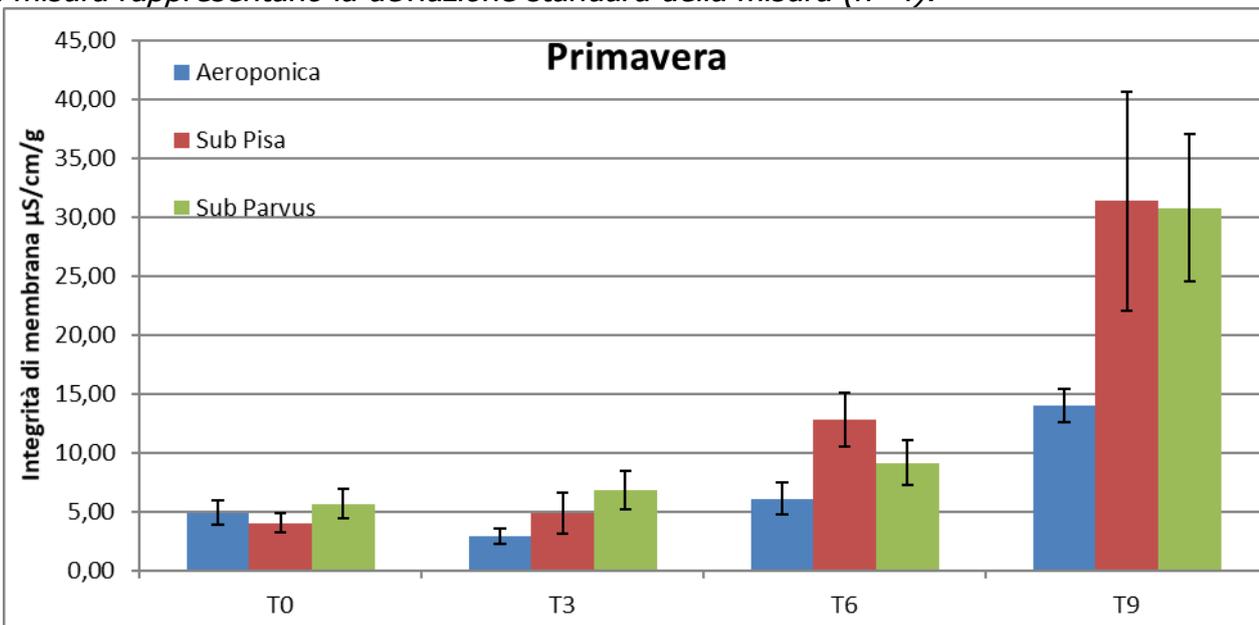


Grafico 7. Variazione dell'integrità di membrana ($\mu\text{S/cm/g}$) in foglie di basilico durante la conservazione in frigo in vaschette di polietilene a 8°C misurato all'inizio (T_0) dopo 3, 6 e 9 giorni (T_3 , T_6 , T_9 , periodo sperimentale 19/03/2018-23/05/2018). I trattamenti posti a confronto sono stati: basilico coltivato con tecnica aeroponica a Pisa (aeroponica), su substrato a Pisa (Sub Pisa) e su substrato presso l'azienda Parvus Flos (Sub Parvus). Le barre presenti sopra ogni misura rappresentano la deviazione standard della misura ($n=4$).

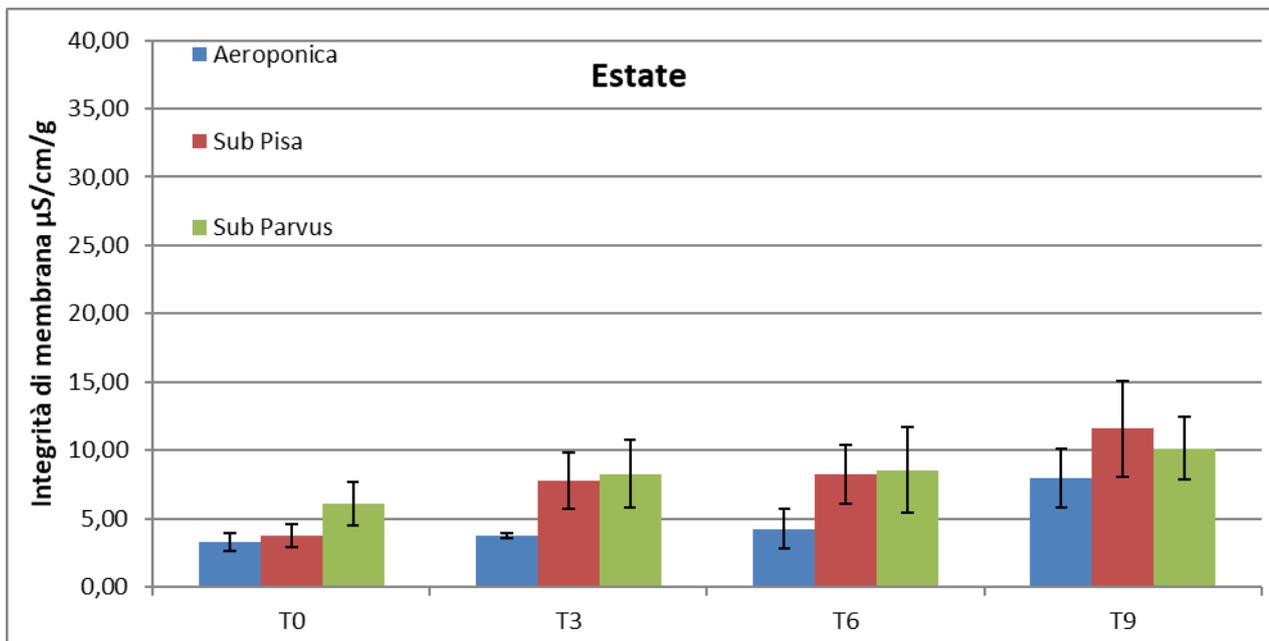


Grafico 8. Variazione dell'integrità di membrana ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$) in foglie di basilico durante la conservazione in frigo in vaschette di polietilene a 8°C misurato all'inizio (T_0) dopo 3, 6 e 9 giorni (T_3 , T_6 , T_9 , periodo sperimentale 11/07/2017-03/08/2017). I trattamenti posti a confronto sono stati: basilico coltivato con tecnica aeroponica a Pisa (aeroponica), su substrato a Pisa (Sub Pisa) e su substrato presso l'azienda Parvus Flos (Sub Parvus). Le barre presenti sopra ogni misura rappresentano la deviazione standard della misura ($n=4$)

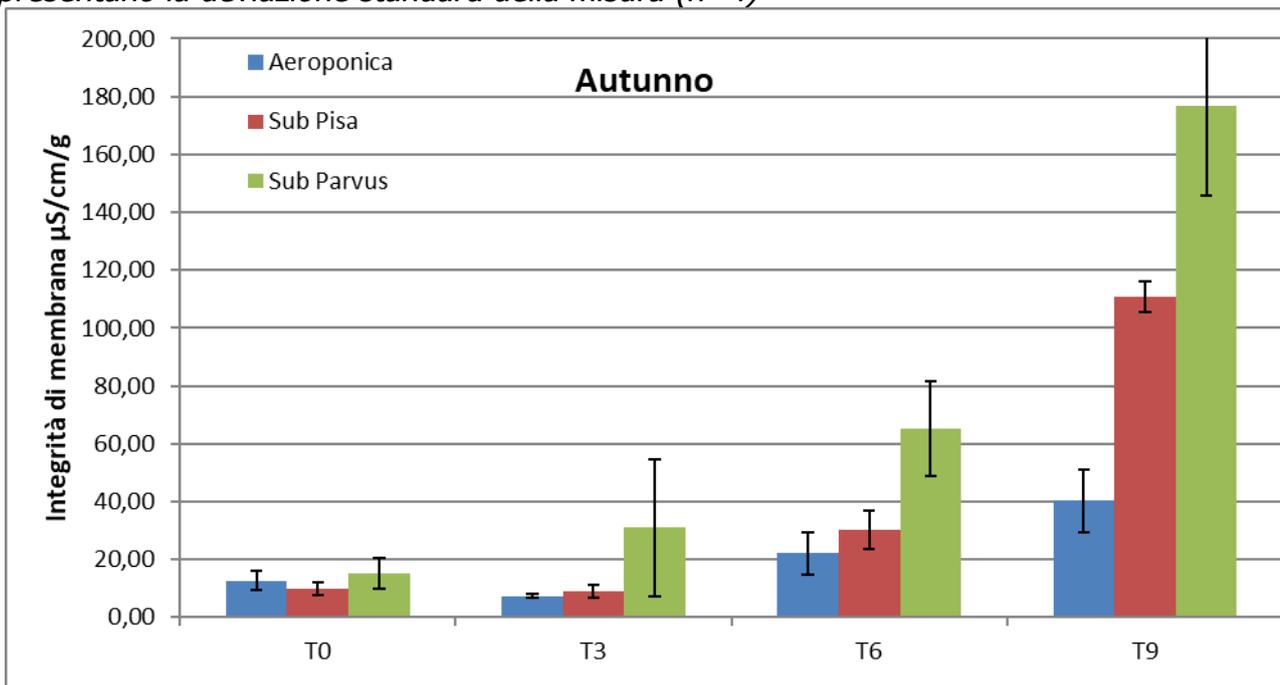


Grafico 9. Variazione dell'integrità di membrana ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$) in foglie di basilico durante la conservazione in frigo in vaschette di polietilene a 8°C misurato all'inizio (T_0) dopo 3, 6 e 9 giorni (T_3 , T_6 , T_9 , periodo sperimentale 31/10/2017-09/11/2017). I trattamenti posti a confronto sono stati: basilico coltivato con tecnica aeroponica a Pisa (aeroponica), su substrato a Pisa (Sub Pisa) e su substrato presso l'azienda Parvus Flos (Sub Parvus). Le barre presenti sopra ogni misura rappresentano la deviazione standard della misura ($n=4$)

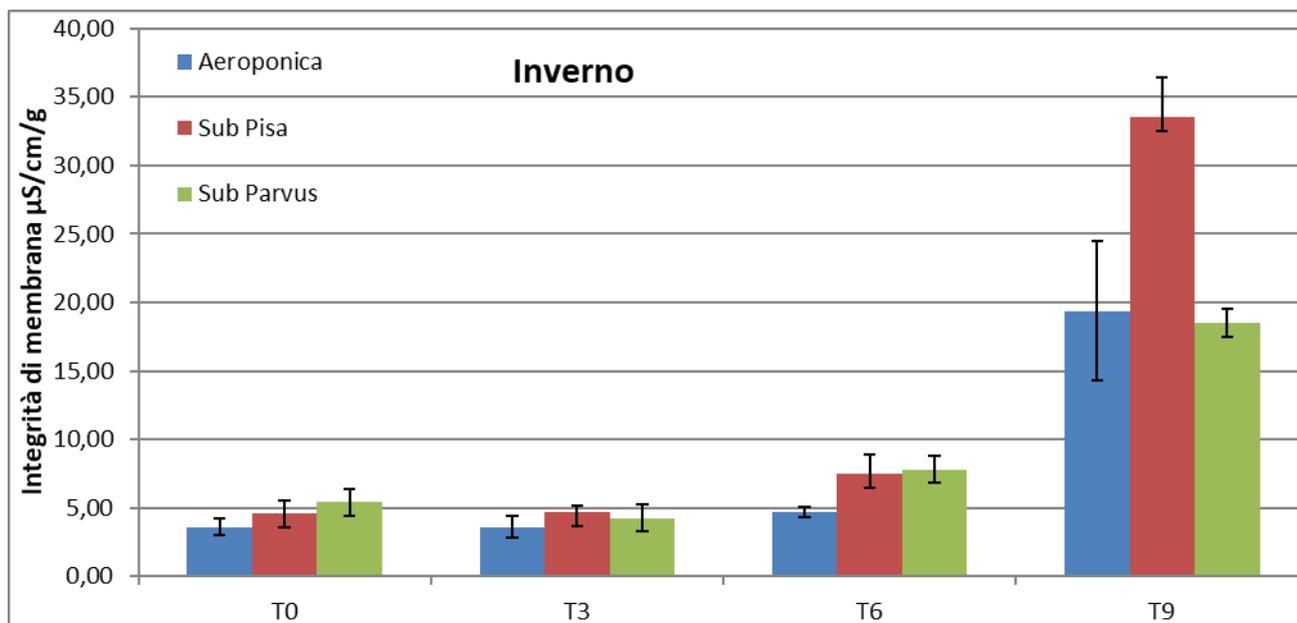


Grafico 10. Variazione dell'integrità di membrana ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$) in foglie di basilico durante la conservazione in frigo in vaschette di polietilene a 8°C misurato all'inizio (T_0) dopo 3, 6 e 9 giorni (T_3 , T_6 , T_9 , periodo sperimentale 23/01/2018-01/02/2018). I trattamenti posti a confronto sono stati: basilico coltivato con tecnica aeroponica a Pisa (aeroponica), su substrato a Pisa (Sub Pisa) e su substrato presso l'azienda Parvus Flos (Sub Parvus). Le barre presenti sopra ogni misura rappresentano la deviazione standard della misura ($n=4$)

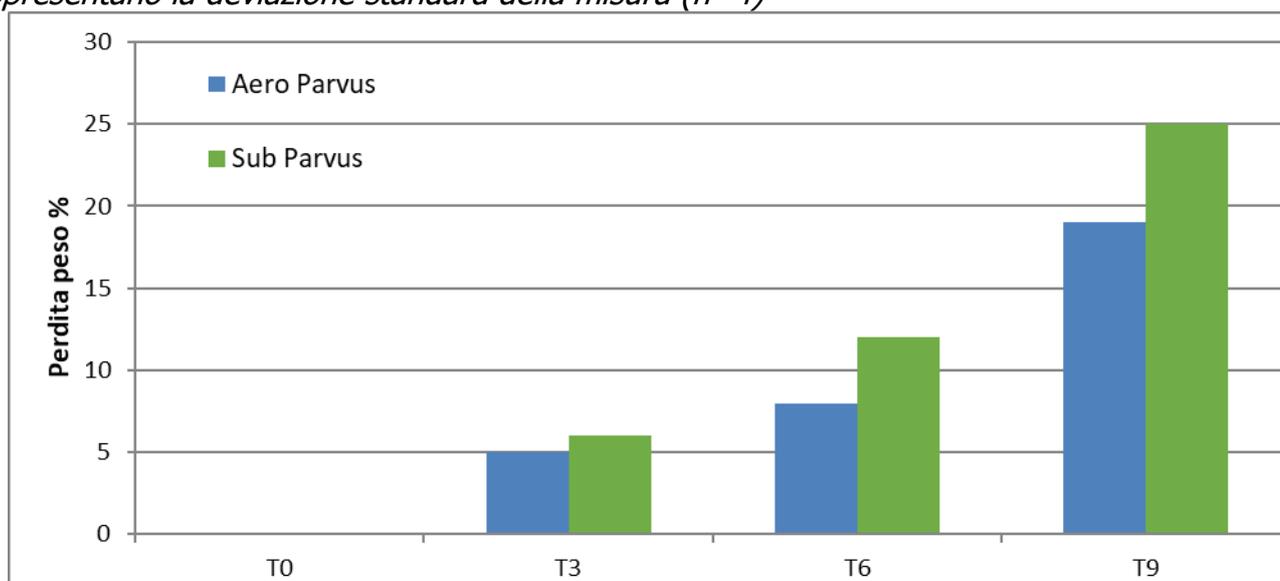


Grafico 11. Valutazione della perdita di peso rispetto al peso iniziale ($T_0=50\text{g}$) espressa in percentuale (%) del basilico coltivato con la nuova tecnica aeroponica e basilico coltivato su substrato in vaso presso l'azienda agricola Parvus Flos a Radicondoli (SI). Le analisi sono state effettuate durante il periodo 05/07/2018-16/07/2018.

Tabella 3. Contenuto minerale medio in macroelementi (g/kg DW) e microelementi (mg/kg DW) nel basilico coltivato con tecnica aeroponica e su substrato a Pisa e presso l'azienda Parvus Flos durante il periodo sperimentale: 10/07/2017-10/07/2018

PRIMAVERA								
Trattamento	K	Na	Ca	Cu	Mg	Mn	Fe	Zn
	(g/kg DW)	(g/kg DW)	(g/kg DW)	(mg/kg DW)				
Aeroponica	10141,3	226,3	4520,5	4,2	432,7	15,6	93,3	76,4
Sub Pisa	8637,3	120,9	937,6	2,1	166,9	19,8	29,0	47,4
Sub Parvus	3689,7	48,8	4495,8	1,4	171,8	26,2	167,6	43,8

ESTATE								
Trattamento	K	Na	Ca	Cu	Mg	Mn	Fe	Zn
	(g/kg DW)	(g/kg DW)	(g/kg DW)	(mg/kg DW)				
Aeroponica	34436,5	693,5	19665,5	22,5	4110,0	98,0	88,0	227,5
Sub Pisa	29995,1	725,7	15662,5	23,3	4992,0	102,6	192,8	170,7
Sub Parvus	44112,0	1094,0	13773,0	24,0	5138,0	166,0	329,0	142,0

AUTUNNO								
Trattamento	K	Na	Ca	Cu	Mg	Mn	Fe	Zn
	(g/kg DW)	(g/kg DW)	(g/kg DW)	(mg/kg DW)				
Aeroponica	35969,5	1427,5	18746,0	20,0	5086,0	27,5	103,5	87,0
Sub Pisa	43367,0	1565,0	19615,5	13,0	4731,0	18,5	121,5	47,0
Sub Parvus	24165,0	553,5	9462,5	9,4	2797,8	76,8	129,5	59,3

INVERNO								
Trattamento	K	Na	Ca	Cu	Mg	Mn	Fe	Zn
	(g/kg DW)	(g/kg DW)	(g/kg DW)	(mg/kg DW)				
Aeroponica	14910,1	226,3	6388,0	4,9	459,6	46,7	19,8	82,7
Sub Pisa	7848,9	72,1	3321,3	0,7	145,0	31,1	8,5	41,0
Sub Parvus	17534,1	194,5	2293,1	3,5	110,3	43,2	40,9	24,7

Tabella 4. Analisi della soluzione nutritiva utilizzata per la coltivazione di basilico in aeroponica presso l'azienda agricola Parvus Flos a Radicondoli (SI).

Data Prelievo	N- NO3	P- PO4	K	Na	Ca	Cu	Mg	Mn	Fe	Zn
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
18/06/2018	247,47	50,53	375,52	69,66	179,80	0,00	84,33	0,39	0,68	0,80
25/06/2018	171,76	21,19	272,10	78,19	220,02	0,03	55,53	0,33	1,32	0,80
04/07/2018	70,63	19,97	189,24	76,61	185,89	0,05	44,14	0,33	0,43	0,66
11/07/2018	76,28	23,39	235,13	61,95	137,67	0,05	32,85	0,36	0,76	0,54
18/07/2018	30,79	5,87	150,00	109,84	205,06	0,09	37,73	0,35	0,38	0,89
30/07/2018	118,65	17,85	182,41	75,82	130,56	0,07	46,58	0,25	0,68	0,24
17/08/2018	90,40	17,77	205,46	88,60	166,55	0,05	45,64	0,36	1,82	0,58
22/08/2018	136,17	20,05	285,85	120,59	217,12	0,09	73,44	0,79	2,55	0,76



Figura 4. Apparato radicale di basilico in coltivazione fuori suolo (aeroponica) dopo 5 gg dal trapianto presso il nuovo impianto a Radicondoli (SI).



Figura 5. Primo taglio del basilico in coltivazione fuori suolo (aeroponica) a 14 gg dal trapianto presso il nuovo impianto a Radicondoli (SI).



Figura 6. Basilico in coltivazione fuori suolo (aeroponica) a 28 gg dal trapianto presso il nuovo impianto a Radicondoli (SI).



Figura 7. Impianto aeroponico di basilico in piena produzione a 42 gg dal trapianto presso il nuovo impianto a Radicondoli (SI).

Tabella 5. Monitoraggio della produzione di basilico in aeroponica presso il nuovo impianto a Radicondoli (SI).

data	n° tagli	superficie m2	kg raccolti	kg/m²
02/07/2018	1	8,4	11,5	1,37
03/07/2018	1	42	71	1,69
04/07/2018	1	100,8	128	1,27
05/07/2018	1	126	189	1,50
13/07/2018	1	63	204	3,24
16/07/2018	2	92,4	149,6	1,62
17/07/2018	2	79,8	185,5	2,32
18/07/2018	2	29,4	83	2,82
19/07/2018	2	33,6	79,5	2,37
21/07/2018	2	42	92,15	2,19
23/07/2018	2	33,6	45,65	1,36
27/07/2018	2	33,6	73,1	2,18
31/07/2018	3	42	50,6	1,20
01/08/2018	3	37	76,5	2,07
02/08/2018	3	84	139	1,65
03/08/2018	3	42	88,5	2,11
04/08/2018	3	37,8	78,5	2,08
06/08/2018	3	48,72	96	1,97
07/08/2018	3	12,6	30,5	2,42
TOTALE	3	329,6	1871,6	5,679

FRAGOLA

Nell'impianto sperimentale prototipo fornito dalla ditta EDO Radici Felici, sono state effettuate anche alcune prove preliminari atte a testare la possibilità di allevare piante con il sistema di coltivazione aeroponico. L'impianto aeroponico si componeva di una canaletta (dimensioni di 400x40 cm, pari ad una superficie netta utile complessiva di 1.6 m²), di un contenitore per la soluzione nutritiva ricircolante (200 litri) e di una pompa per la pressurizzazione della soluzione nutritiva.

Le prove si sono svolte nel periodo compreso fra il 1 dicembre 2017 e l'11 giugno 2018. Le piante, con 7-10 foglie, sono state trapiantate nell'impianto mantenendo le radici in un panetto di torba racchiuso in un vasetto forato. La densità di impianto adottata è stata di 25 piante/m² di canaletta (piante singole, distanza fra le piante di 10 cm sulla fila e di 20 cm tra le fila). L'inizio della raccolta delle fragole è avvenuto il 15 febbraio 2016 per un impianto e il 22 febbraio 2016 per l'altro impianto. Il 1 aprile 2016, in seguito ad un drastico calo della produzione di fiori, è stato deciso di effettuare una defogliazione, lasciando 5-7 foglie per pianta, per stimolare la fase riproduttiva. La raccolta di fragole si è conclusa l'11 giugno 2016 in entrambi gli impianti.

Per la coltivazione si è utilizzata una soluzione nutritiva contenente tutti i macro e microelementi necessari per la pianta, avente pH 5.6 e una conducibilità elettrica (EC) di 1.3 mS/cm, come riportato in Tab. 6.

Tabella 6. Composizione dell'acqua e della soluzione nutritiva (SN) utilizzata nella sperimentazione su fragola, espressa in millimoli e micromoli rispettivamente per i macro e microelementi (Fe, B, Cu, Zn, Mn, Mo). Per la sua preparazione è stata utilizzata acqua piovana.

Tipo	pH	EC	N-NO ₃	N-NH ₄	P	K	Ca	Mg	Na	S-SO ₄	Cl	Fe	B	Cu	Zn	Mn	Mo
		mS/cm	mM									µM					
Acqua	6.0	0.04	0.0	0.0	0.0	0.05	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.5	1	0.0	2.5	0.8	0.0
SN	5.5	1.72	10.0	1.0	1.0	5.5	3.5	1.3	0.1	2.6	0.1	25	20	1.0	5.0	10.0	1.0



A sinistra: fragole al momento del trapianto nell'impianto aeroponico (1 dicembre 2017). A destra: stesse Fragole al momento della raccolta (4 marzo 2018).

La reintegrazione dell'evapotraspirazione era effettuata ogni 3-4 gg (in genere, tutti i lunedì e i venerdì mattina) utilizzando soluzione nutritiva fresca, o sola acqua piovana nel caso che la EC

eccedesse il valore di 1.6 mS/cm. Il basso livello di sodio e cloro nell'acqua irrigua utilizzata ha permesso di evitare un rapido accumulo di questi elementi non essenziali per la pianta nella soluzione: la soluzione nutritiva è stata sostituita solo al superamento della soglia di EC di 2.0 mS/cm. Il cambio della soluzione nutritiva è stato fatto 1 volta.

Tabella 2. Produzione commerciale di fragola (dati espressi per pianta e per m² effettivo di impianto di coltivazione, 6.9 piante/m² di serra) ottenuta nell'impianto aeroponico situato presso una serra dell'Università di Pisa nel periodo 01/12/2017-13/06/2018

Numero settimana di raccolta	Giorni dal trapianto	Prod commerciale /pianta		Prod. commerciale /m ² canaletta	
		N°frutti	Peso (g)	N°frutti	Peso (g)
1	82	0.5	8	12.20	187
2	89	2.4	40	58.50	977
3	96	3.1	39	74.90	940
4	103	1.2	11	31.10	275
5	110	1.5	13	40.90	346
6	117	0.5	5	14.10	115
7	124	0.5	4	12.80	110
8	131	0.5	5	12.80	126
9	138	0.2	2	6.10	62
10	145	1.2	15	29.90	363
11	152	0.9	10	21.30	235
12	159	0.8	8	23.30	222
13	166	3.5	34	97.20	877
14	173	1.8	16	50.10	429
15	180	1	8	33.80	239
16	187	1.2	11	37.40	313
17	194	2.2	20	60.50	528
Totali		23.0	249	616.9	6344

La qualità della produzione ottenuta è stata di qualità normale, con un eccellente gado zuccherino. La produzione ottenuta complessivamente è risultata sufficiente, non particolarmente elevata a causa di una riduzione nella produzione dovuta alla progressiva salinizzazione del panetto di torba contenenti le radici della pianta. L'attività ha quindi confermato che il prototipo può essere vantaggiosamente utilizzato per la produzione della fragola, a patto di utilizzare piante con radici nude e non radicate nel panetto di torba.

Conclusioni sperimentazione azione 4.

Il sistema di coltivazione aeroponico testato ha fornito una buona produzione quali-quantitativa di basilico durante tutto l'anno. Questo impianto, come tutti i sistemi di coltivazione fuori suolo a ciclo chiuso, presenta il vantaggio di incrementare la produzione rispetto alla coltivazione in terreno, di avere una più alta efficienza nell'utilizzo dell'acqua e degli elementi fertilizzanti e di non produrre substrato esausto alla fine del ciclo.

I risultati dimostrano che il sistema aeroponico applicato alla coltura del basilico presso l'azienda agricola Parvus Flos ha una produttività molto più elevata rispetto a quella ottenibile con la coltura in substrato su vaso: comparando la produzione nel periodo 02 luglio 2018 - 07 agosto 2018, la coltura aeroponica ha prodotto una quantità di basilico fresco di circa 5 kg/m² al mese. Invece il basilico fresco ottenuto su substrato in vaso nel medesimo periodo e con le stesse condizioni climatiche è stato di circa 1 kg/m².

Attività 5

Definizione delle specifiche tecniche della copertura (tipologia di rete e metodologia di copertura)

La scelta della tipologia di copertura del ceraseto è stata indirizzata, come ipotizzato in sede preliminare di progetto, verso l'utilizzo di reti monofila ad apertura laterale che permettono una protezione anti-acqua (anti-cracking), anti-insetto (in particolare anti-*Drosophila suzukii*) e anti-grandine (Fig. 4). Questa tipologia di copertura permette, diversamente da altri tessuti plastici, di limitare o annullare l'aumento della temperatura e soprattutto quello dell'umidità relativa al di sotto della rete. La parte superiore della rete è realizzata in microtex con due teli sovrapposti che hanno lo scopo di non far penetrare acqua all'interno del telo garantendo contemporaneamente la traspirazione dell'aria, mentre le parti laterali sono a maglia più larga permettendo un abbondante passaggio dell'aria senza far passare insetti anche di piccole dimensioni come la *Drosophila suzukii*.



*Visione delle reti monofila ad apertura laterale che permettono una protezione anti-acqua (anti-cracking), anti-insetto (in particolare anti- *Drosophila suzukii*) e anti-grandine, nella azienda Frutta e Fiori di Roghi Santi a San Zeno (AR).*

Le reti scelte sono state posizionate tramite un idoneo supporto in acciaio sulle strutture, in cemento e in legno, presenti in un moderno ceraseto ad alta densità impiantato da pochi anni dall'azienda Frutta e Fiori di Roghi Santi a San Zeno (AR). Il lavoro necessario per lo studio e la messa a punto delle specifiche tecniche della copertura è stato eseguito dal personale a tempo indeterminato del DiSAAA-a (Proff. Massai e Remorini).

Attività 5.2 Prove sperimentali sulla coltivazione del ciliegio

Le prove comparative, relative all'effetto della copertura monofila, sono state effettuate presso il ceraseto dall'azienda Frutta e Fiori di Roghi Santi a San Zeno (AR) (43°42'42" N 11°83'25"), situato su un terreno pianeggiante, a 280 m s.l.m., di tessitura franco argillosa (40% sabbia, 30% argilla, 30% limo). Le piante di ciliegio presenti nell'impianto appartengono a cinque cultivar (Grace Star, Carmen, Kordia, Regina e Ferrovia), tutte innestate sul portinnesto nanizzante Gisela

5, poste a dimora nel 2015 con un sesto d'impianto 3,5x0,5 m (densità d'impianto: 5714 piante/ha) ed allevate ad asse colonnare (o centrale). Le cultivar scelte sono caratterizzate da un calendario di maturazione esteso per circa tre settimane dalla più precoce alla più tardiva. La concimazione del frutteto è effettuata con la fertirrigazione apportando, annualmente, 40 unità di N, 20 unità di P e 60 unità di K. Sono state effettuate, annualmente, 3 trattamenti di Ca fogliare. Per la potatura verde e invernale sono state necessarie 80 ore/ha.

Nel 2016 sono state valutate, in post-raccolta, le condizioni vegetative delle piante incluse le osservazioni sulla comparsa di malattie fungine e sull'incidenza di attacchi parassitari. Nel 2017 è stato valutato, durante l'intera stagione vegetativa (in fase di pre-germogliamento, post-germogliamento, invaiatura, raccolta e post-raccolta) l'effetto della copertura sia sulla qualità della luce filtrante, sia sulle temperature e l'umidità relativa che si riscontra con la copertura artificiale. Nel 2018 è stato valutato (in fase di post-germogliamento, invaiatura e raccolta) l'effetto della copertura sulle condizioni vegetative delle piante, sulla fotosintesi netta (A) e sull'efficienza d'uso dell'acqua (WUE) che si riscontra con la copertura artificiale. Nel dettaglio, sono stati registrati, sia sotto la copertura monofilare sia fuori dalla stessa: i dati di temperatura e umidità (utilizzando dataloggers Gemini, mod. Tinytag Ultra 2, posti a circa 1,5 m di altezza), le misure dello spettro della radiazione solare utilizzando uno spettroradiometro Ocean Optic HR2000-UV-VIS-NIR e gli scambi gassosi (fotosintesi netta, traspirazione ed efficienza d'uso dell'acqua) utilizzando un IRGA (InfraRed Gas Analyzer) Li-COR 6400. Nel 2017 e nel 2018, in concomitanza con la raccolta commerciale del prodotto, differente per le diverse cultivar, oltre alla stima della produttività delle piante di ciliegio e del peso medio della drupa, sono state raccolti campioni di frutti su cui sono state effettuate le seguenti analisi chimico/fisiche:

- peso medio della drupa;
- contenuto in solidi solubili, utilizzando un rifrattometro digitale Modello 53011, TR (Forlì, Italia);
- determinazione del *cracking index* utilizzando il metodo Bilgener: nello specifico la suscettibilità del frutto al *cracking* è stata valutata in laboratorio immergendo 50 frutti in acqua distillata a 20 °C per 6 ore e i frutti rotti sono stati conteggiati a intervalli di 2 ore. L'indice di *cracking* è stato determinato utilizzando la formula di Christensen (1972);
- colore dell'epidermide dei frutti, utilizzando lo spettroradiometro Ocean Optic HR2000-UV-VIS-NIR.

Sugli stessi campioni è stata inoltre valutata l'incidenza di danni da *Drosophila suzukii*.

Su campioni di frutti raccolti sono state effettuate le seguenti analisi chimico/fisiche:

- contenuto in antociani: determinazione effettuata per via spettrofotometrica sia nell'UV che nel visibile;
- contenuto in acido ascorbico totale: valutato per via spettrofotometrica;
- capacità antiossidante totale: mediante metodo del DPPH (2,2-difenil-1-picrildrazile). Il DPPH è un radicale libero stabile che in metanolo assorbe a 515 nm (color viola). Il DPPH in presenza di un antiossidante antiradicalico in grado di donare un atomo di idrogeno (H), si trasforma nella molecola stabile DPPH-H che non assorbe a 515 nm (colore giallo). La reazione tra il DPPH ed un antiossidante determina nel tempo il passaggio del colore della soluzione da viola a giallo (*bleaching*) e quindi una diminuzione dell'assorbanza a 515 nm, che può essere monitorata spettrofotometricamente;
- contenuto in fenoli totali: mediante determinazione spettrofotometrica con il metodo Folin-Ciocalteu. Il reattivo di Folin-Ciocalteu è una miscela in soluzione acquosa di fosfomolibdato e fosfotungstato utilizzata per la determinazione dei fenoli e dei polifenoli.

Risultati

Durante il progetto sono stati svolti numerosi sopralluoghi presso l'azienda Frutta e Fiori di Roghi

Santi con lo scopo di descrivere le caratteristiche tecniche della copertura monofila utilizzata nel ceraseto, le condizioni vegetative delle piante di ciliegio, incluse osservazioni sulla comparsa di malattie fungine e sull'incidenza di attacchi parassitari, e stimare la produttività delle piante delle cultivar prese in esame.

In concomitanza con la raccolta commerciale del prodotto, sono stati raccolti campioni di frutta per le seguenti determinazioni da fare in laboratorio: misura del peso medio, del contenuto in solidi solubili, del cracking index, incidenza di danni da *Drosophila suzukii*. Inoltre, sono stati conservati a -80 °C campioni di frutto per successive misure di acidità titolabile, contenuto in antociani, contenuto in acido ascorbico; capacità antiossidante totale e contenuto in fenoli totali.

Tutte le misure relative ai frutti raccolti nel 2017 risentono fortemente delle gelate che si sono verificate in Val di Chiana nelle notti comprese tra il 20 e il 22 aprile 2017, eventi che hanno compromesso seriamente la produzione di frutti nella zona d'interesse. L'azienda che ospitava le reti monofilari oggetto della presente relazione, ha registrato una perdita di produzione tale da decidere di non effettuare la raccolta dei pochi frutti rimasti, che pertanto non potevano risultare come campioni significativi.

Le misure della temperatura e dell'umidità relativa registrate all'interno e all'esterno della copertura hanno avuto l'obiettivo di valutare quanto il sistema di copertura monofilare utilizzato possa influenzare il microclima a cui sono sottoposti i frutti durante la loro permanenza in campo. I dati relativi all'andamento della temperatura nel periodo che va da 18 maggio al 15 giugno 2017 riguardano le temperature massime, minime e medie rilevate sia sotto che fuori la copertura (rispettivamente Figura 1, Figura 2 e Figura 3). I valori medi registrati nell'intero periodo sono di 22,5 °C e 24,1 °C rispettivamente all'esterno ed all'interno del sistema coprente. Mentre i valori medi complessivi per la temperatura massima e minima risultano essere di 41,2/7,8 °C esternamente e 43,5/7,5 °C sotto-copertura. La temperatura minima non mostra differenze significative fra le due posizioni, con una variazione massima di 1,9 °C in favore della posizione scoperta, misurata il 22 maggio. In questo caso per l'intero periodo le temperature più alte sono state misurate al di fuori della copertura. Diversamente, il delta delle temperature massime registrate ha una maggiore rilevanza, con variazioni giornaliere più marcate soprattutto nell'ultima decade di maggio, quando si arriva a toccare differenze di 10,9 °C in più sotto la copertura, con temperature registrate anche di 43 °C nel primo pomeriggio. Inoltre, è possibile notare una importante variazione nell'andamento delle rilevazioni: dal 18 al 30 di maggio e dall'8 al 14 di giugno la temperatura misurata all'interno della copertura risulta essere superiore a quella fuori, mentre nel periodo intermedio che va dal 31 maggio al 6 giugno si ha un'inversione di tendenza. Per quanto riguarda le temperature medie l'andamento è pressoché identico in entrambe le posizioni, ma con una leggera differenza (da 0,32 a 3,02 °C) che denota una temperatura media più alta sotto la copertura utilizzata.

Analizzando gli andamenti dei valori registrati di umidità relativa, è possibile dedurre come l'UR media risulti praticamente la stessa fra l'interno e l'esterno della rete per tutta la durata del periodo considerato (Figura 4). L'andamento dell'umidità relativa massima si è dimostrato concorde con quanto detto per l'umidità media, ma con valori leggermente superiori registrati all'interno nell'intervallo 18 – 30 maggio (dati non riportati). Diversamente, per i dati di UR minima, durante tutto il periodo si è registrato un delta positivo (2,00-7,97 %) dovuto ad una costante superiorità dell'umidità all'esterno della copertura rispetto alla porzione interna, con un picco massimo (variazione di 7,97 %) registrato in data 28 maggio, dato comunque in linea con quelli rilevati nei restanti giorni (Figura 10). In conclusione, la media dell'intero periodo all'interno ed all'esterno del sistema di protezione è praticamente la stessa, con differenze minime, mentre per ciò che concerne i valori massimi e minimi registrati troviamo che in entrambi i casi il picco massimo è rappresentato dal 100% di umidità relativa, mentre per il valore minimo si riscontrano differenze appena più consistenti, con 22,4 % e 18,5 % rispettivamente fuori e sotto la copertura.

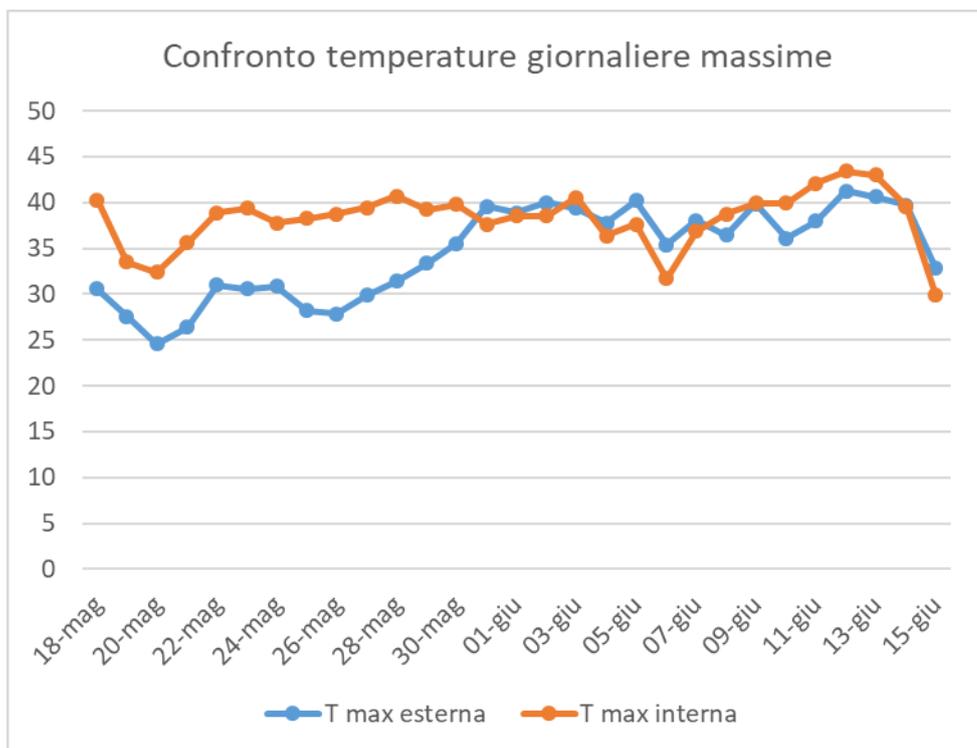


Figura 1 – Confronto delle temperature giornaliere massime registrate, nel periodo dal 18 maggio al 15 giugno 2017 sotto (interna) e sopra (esterna) la copertura utilizzata.

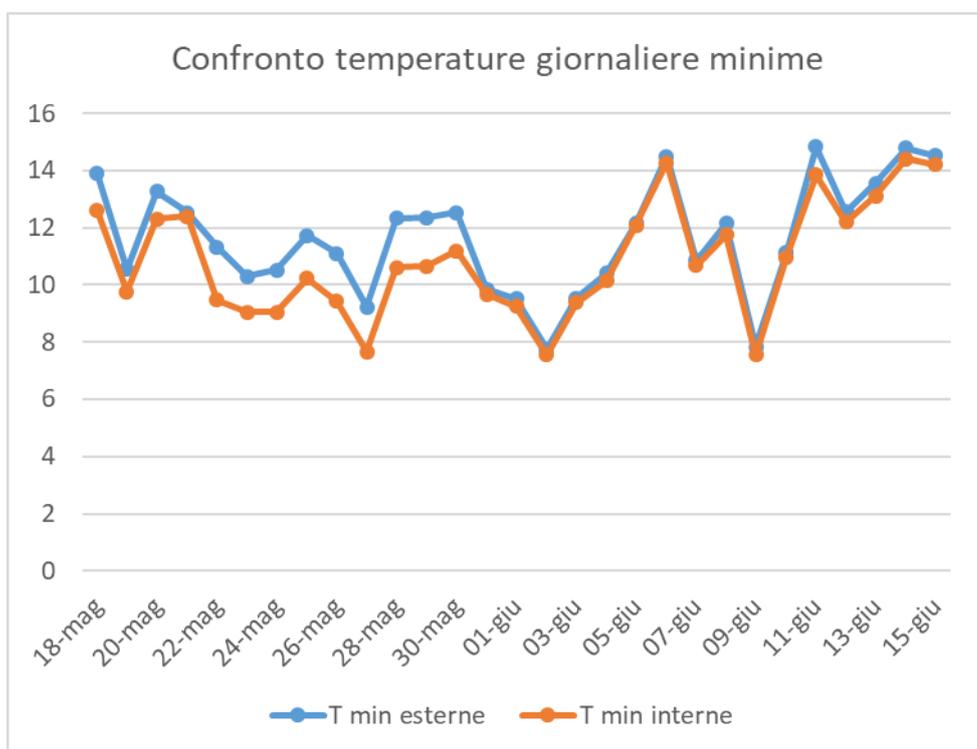


Figura 2 – Confronto delle temperature giornaliere minime registrate, nel periodo dal 18 maggio al 15 giugno 2017 sotto (interna) e sopra (esterna) la copertura utilizzata.

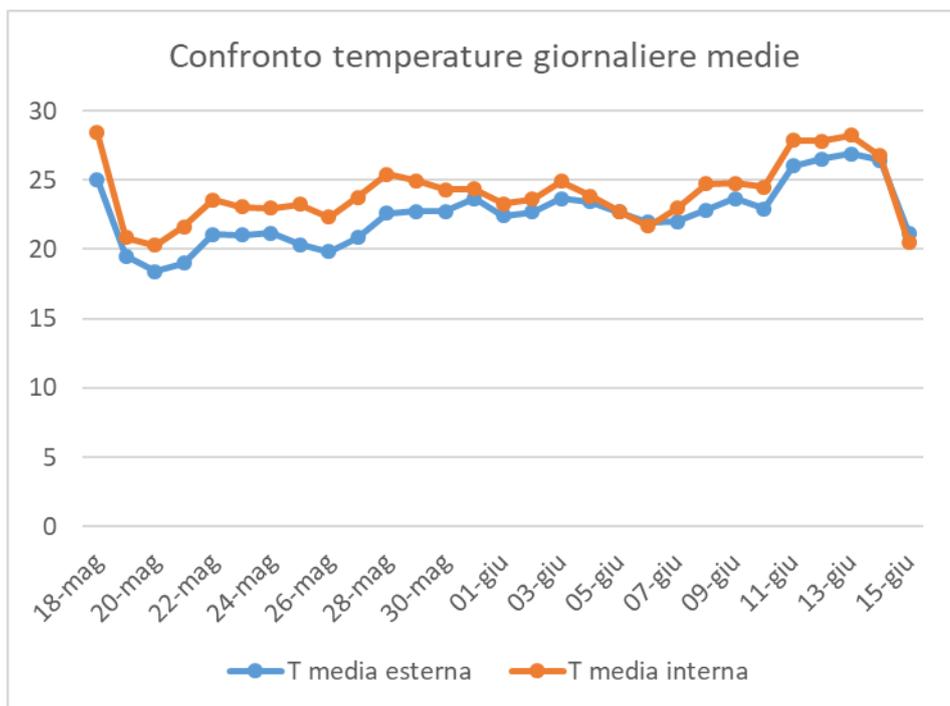


Figura 3 – Confronto delle temperature giornaliere medie registrate, nel periodo dal 18 maggio al 15 giugno 2017 sotto (interna) e sopra (esterna) la copertura utilizzata.

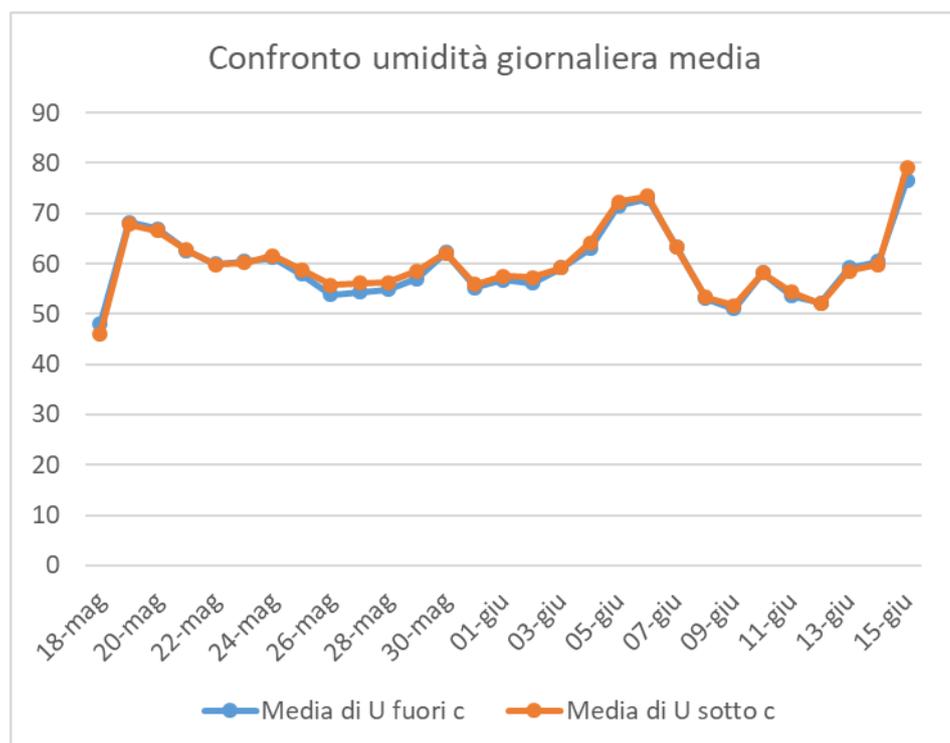


Figura 4 – Confronto tra l'umidità relativa giornaliera media registrata, nel periodo dal 18 maggio al 15 giugno 2017 sotto (interna) e sopra (esterna) la copertura utilizzata.

I dati relativi al peso medio dei frutti (Figura 5), mostrano, nel 2017, i valori più elevati in Kordia (12,7 g), seguita da Ferrovia (12,1 g), Grace Star (11,0 g) e Carmen (8,9 g). Tuttavia, i dati rilevati nel 2017, anno caratterizzato dalla gelata primaverile, non sono stati confermati nella stagione successiva, maggiormente attendibile e rappresentativa, quando i valori più elevati sono stati registrati sui frutti della cv Carmen (14,5 g) seguiti da Kordia (13,8 g), Ferrovia (13,3 g), Grace Star (13,3 g) e Regina (11,8 g).

Da sottolineare comunque che le pezzature dei frutti raggiunte con il sistema di allevamento adottato e con l'utilizzo delle reti di copertura sono sempre di altissimo livello commerciale (calibro da 26 e oltre) e garantiscono un'eccellente remunerazione del prodotto.

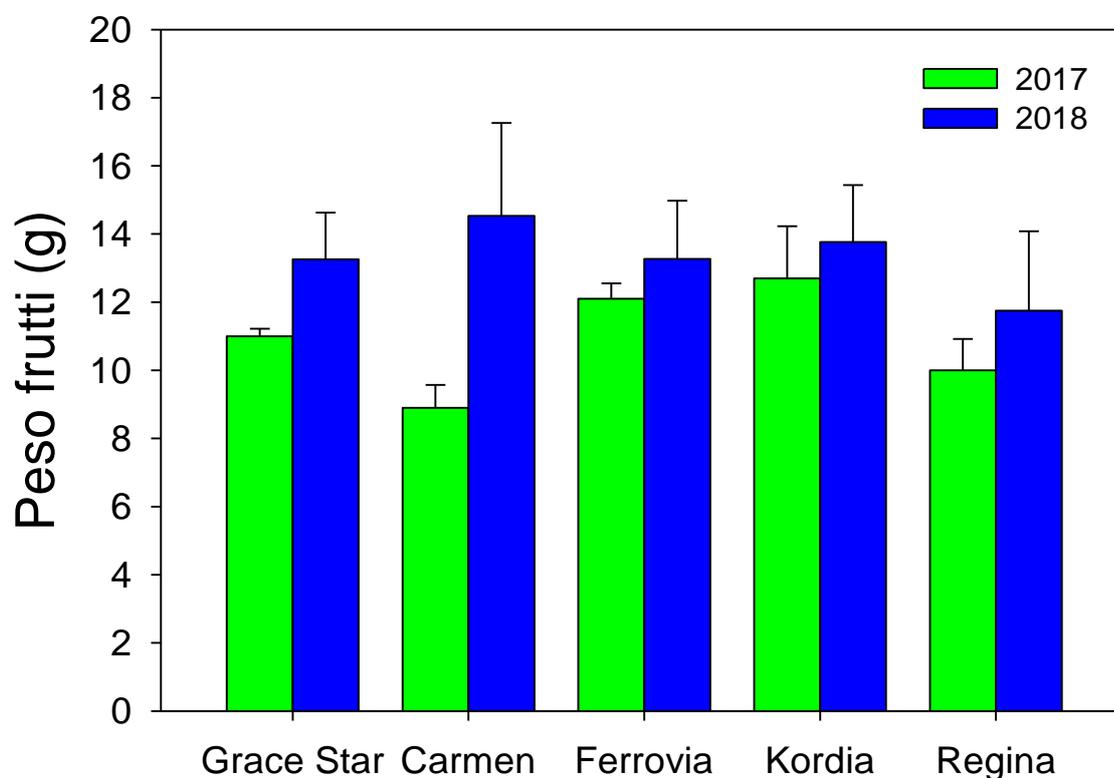


Figura 5 – Peso medio dei frutti delle cultivar di ciliegio analizzate negli anni 2017 e 2018 sotto rete protettiva. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard.

Il contenuto in solidi solubili misurato alla raccolta nei frutti mostrano valori molto simili fra loro, con un range che varia nel 2017 da 16,1°Brix di Grace Star fino ai 17,7 °Brix registrati su Regina e nel 2018 da 18,2 °Brix di Kordia e Grace Star a 16,2 di Regina (Figura 6). Anche il tenore zuccherino dei frutti sotto copertura ha sempre garantito un'altissima qualità organolettica del prodotto.

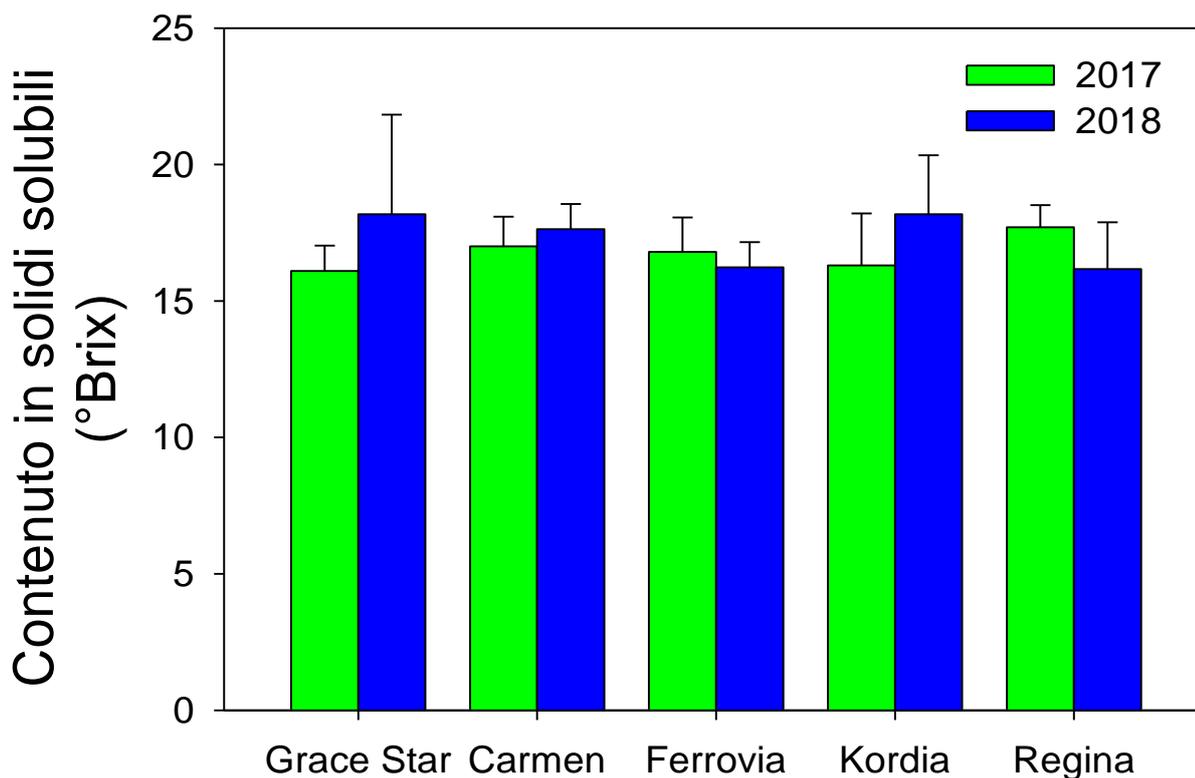


Figura 6 – Contenuto in solidi solubili dei frutti delle cultivar di ciliegio analizzate negli anni 2017 e 2018 sotto rete protettiva. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard.

Le misure della propensione alla spaccatura dei frutti (Figura 7) evidenziano il valore più elevato per i frutti della cultivar Ferrovia seguiti da Kordia; i dati relativi a Carmen Regina e Grace Star risultano significativamente inferiori evidenziando la loro minore propensione alla spaccatura. Tuttavia, i dati sopra riportati si riferiscono soltanto alla propensione alla spaccatura dei frutti delle diverse cultivar mentre non sono stati registrati dati significativi di frutti con l'epidermide spaccata, o comunque non commercializzabili per cracking, sotto la rete protettiva nonostante le piogge che si sono verificate nel periodo della maturazione sia nel 2017 che nel 2018.

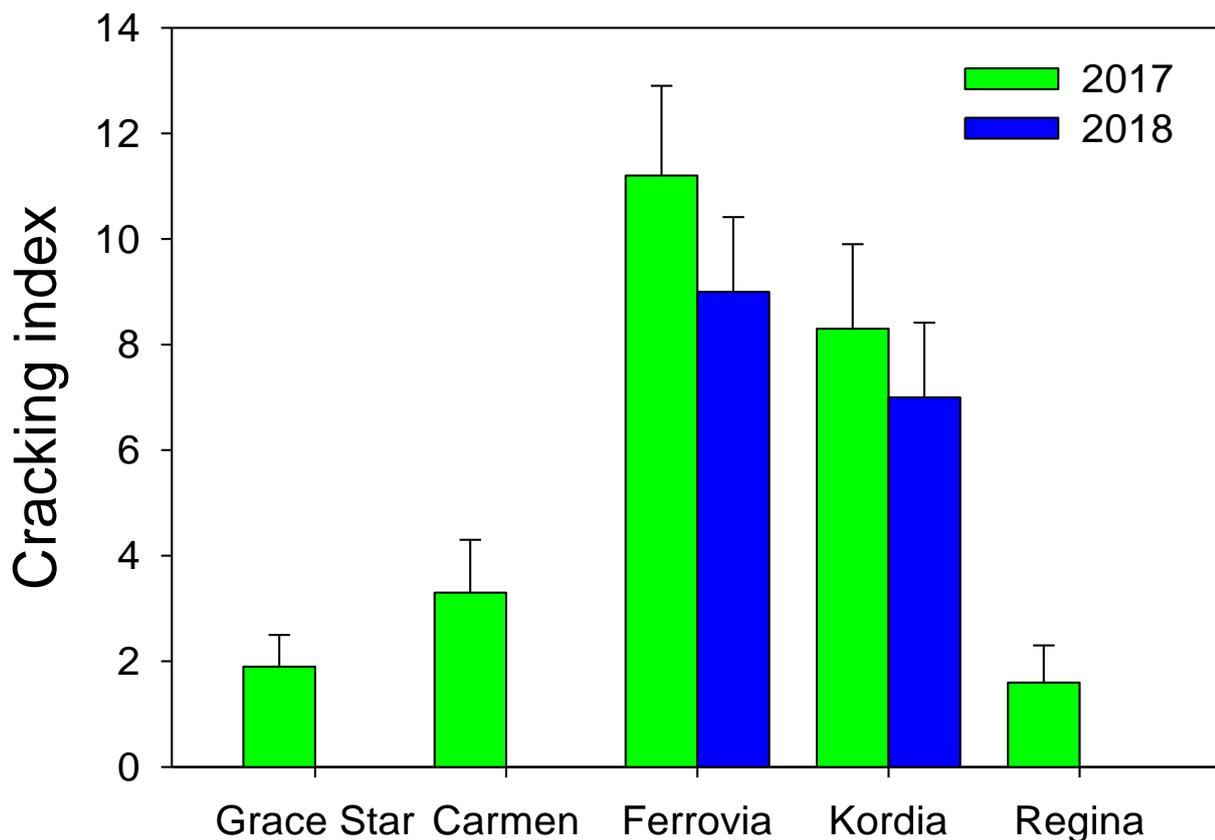


Figura 7 – Indice di cracking delle cultivar di ciliegio analizzate negli anni 2017 e 2018 sotto rete protettiva. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard.

La capacità antiossidante delle ciliegie è stata determinata come μ moli di equivalenti di Trolox per grammo di peso fresco. Il dato più elevato registrato nel 2017 è relativo all'analisi dei campioni di Carmen (99,7), seguito da Kordia (85,7), Grace Star (70,7), Ferrovia (67,1) e Regina (44,9), mentre nel 2018 il valore più elevato è stato misurato in Ferrovia (104,9) seguito da Carmen (82,3), Ferrovia (62,5), Regina (60,0) e Grace Star (51,9) (Figura 8).

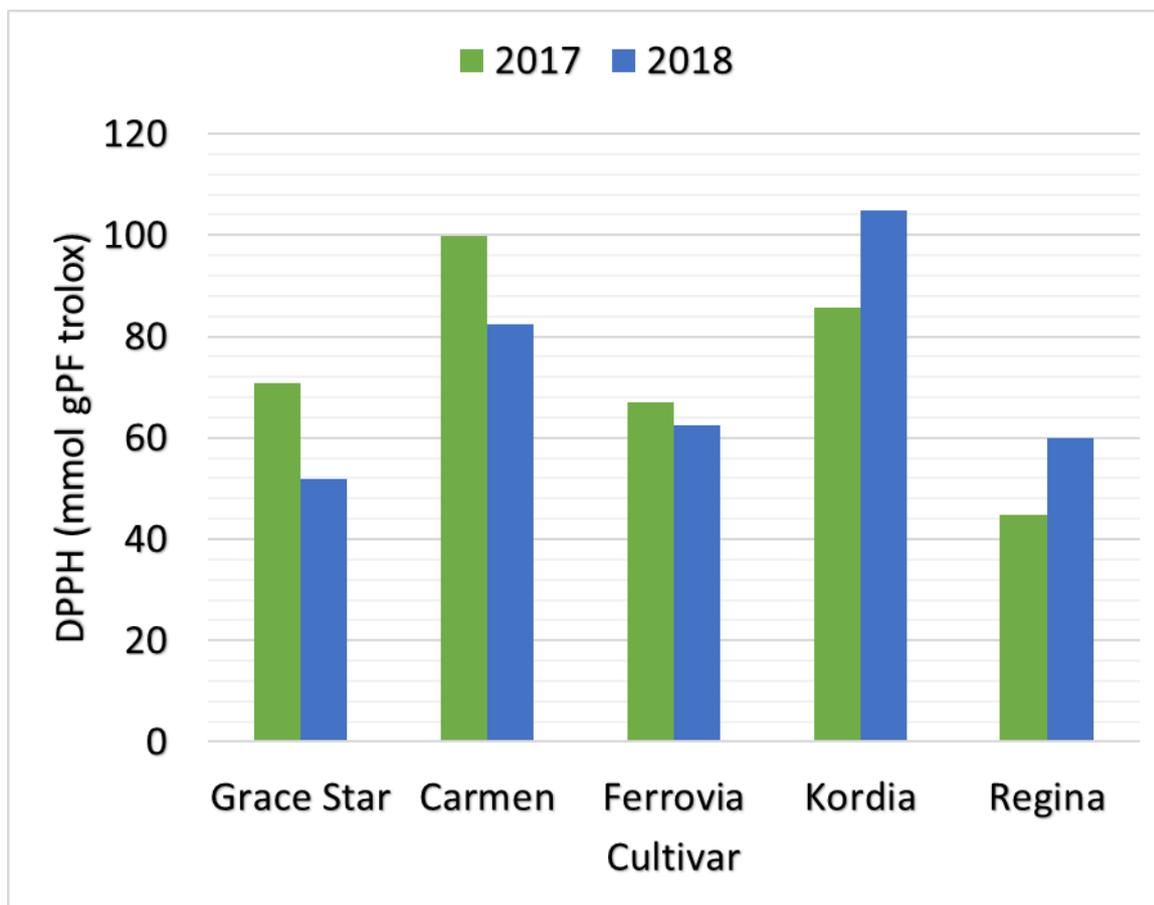


Figura 8 – Potere antiossidante, espresso come DPPH, delle cultivar di ciliegio analizzate negli anni 2017 e 2018 sotto rete protettiva.

Il contenuto dei fenoli totali evidenzia valori che oscillano fra un massimo di 15,5 mg (Kordia nel 2018) ed un minimo di 7,4 mg (Grace Star nel 2018). Anche in questo caso si assiste a notevoli differenze nei valori misurati nelle due stagioni vegetative, evidenziando in ogni caso un, seppur leggero, diverso comportamento delle cultivar alle condizioni di crescita sotto la rete protettiva (Figura 9).

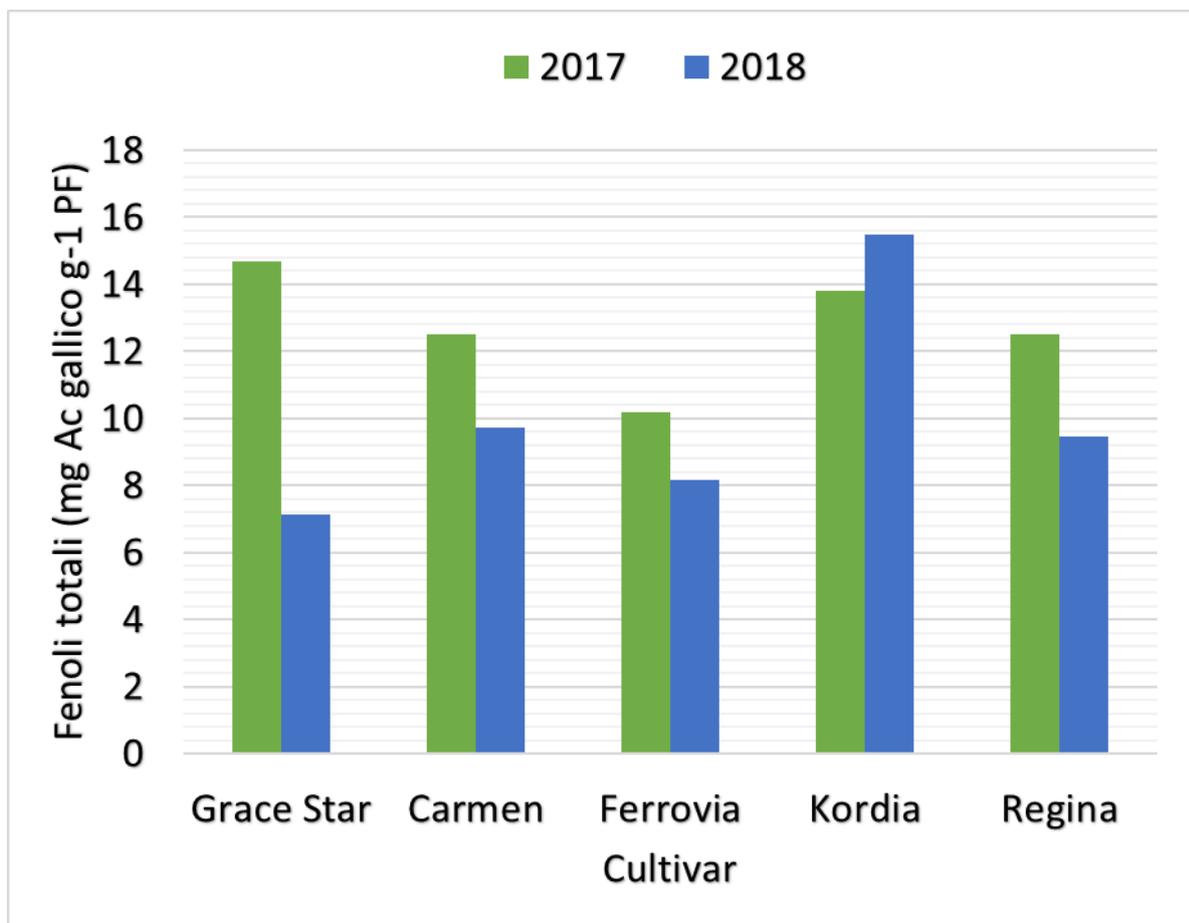


Figura 9 – Potere antiossidante, espresso come fenoli totali, delle cultivar di ciliegio analizzate negli anni 2017 e 2018 sotto rete protettiva.

Il contenuto di antociani totali più elevato è stato registrato nella cultivar Carmen, seguiti, in ordine decrescente per quantitativo di micromoli di cianidina 3-glucoside g-1 PF, da Kordia, Grace Star, Regina e Ferrovia. I dati registrati, nonostante alcune differenze nei valori assoluti, appaiono sostanzialmente simili nelle due stagioni vegetative (Figura 10). Tutte le varietà utilizzate, scelte in funzione del loro adattamento al sistema di impianto adottato, mostrano una qualità nutraceutica di altissimo livello anche sotto copertura evidenziata sia dai valori di DPPH che di fenoli totali e anche dal contenuto in antociani, che inoltre è anche un sintomo evidente della buona o eccellente colorazione dei frutti.

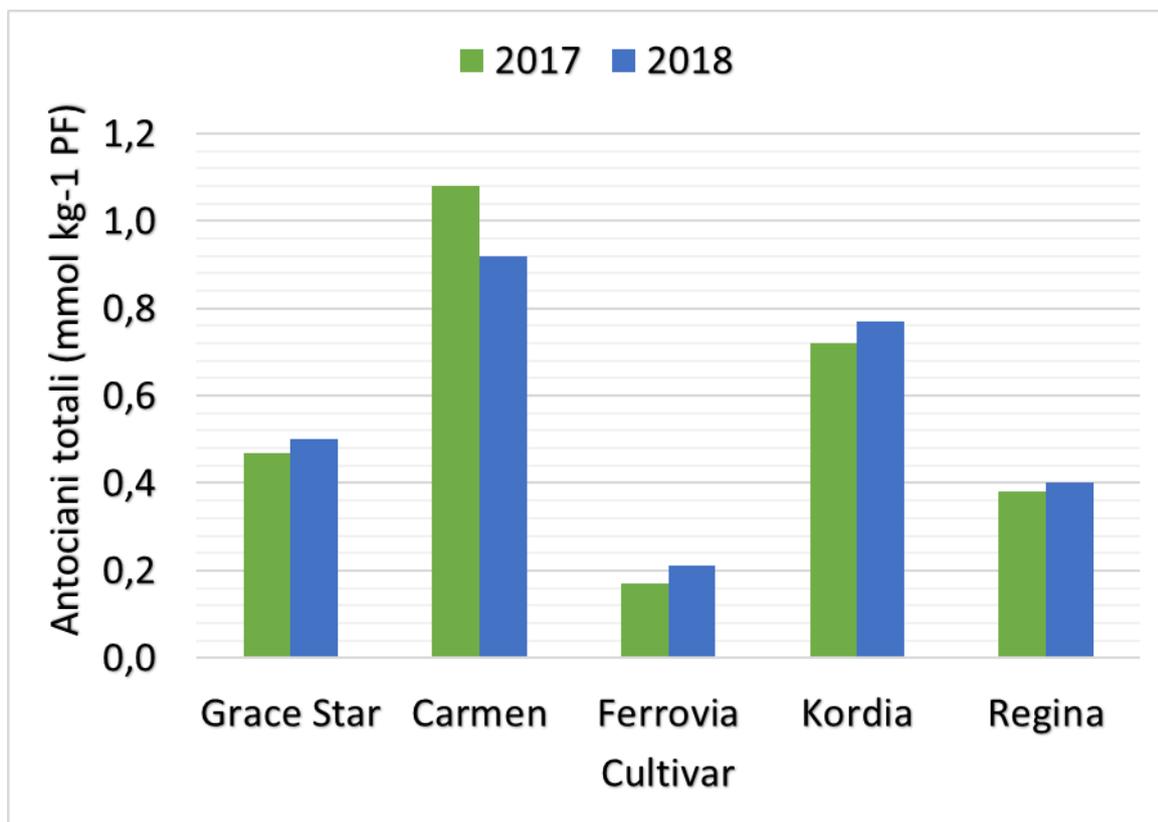


Figura 10 – Contenuto in antociani totali delle cultivar di ciliegio analizzate negli anni 2017 e 2018 sotto rete protettiva.

Le misure di acido ascorbico evidenziano valori più elevati in Carmen e Kordia nel 2017 e in Carmen Kordia e Regina nel 2018 (Figura 11).

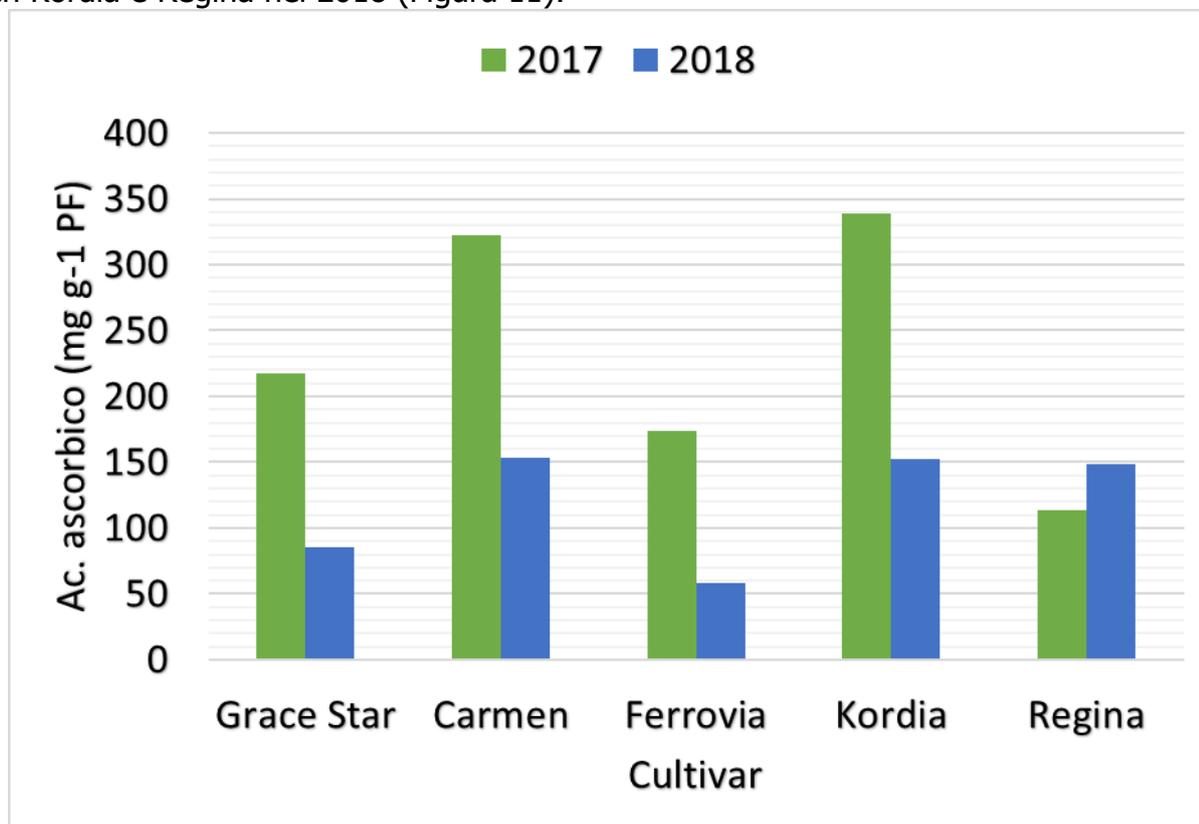


Figura 11 – Contenuto in acido ascorbico delle cultivar di ciliegio analizzate negli anni 2017 e 2018 sotto rete protettiva.

Le misure relative al colore dell'epidermide dei frutti (Figura 12) mostrano una maggiore luminosità (L^*), componente del rosso (a^*) e del giallo (b^*) per i frutti di Grace Star e Carmen. Anche la saturazione del colore (Chroma*) appare più elevata nei frutti di Grace Star e Carmen.

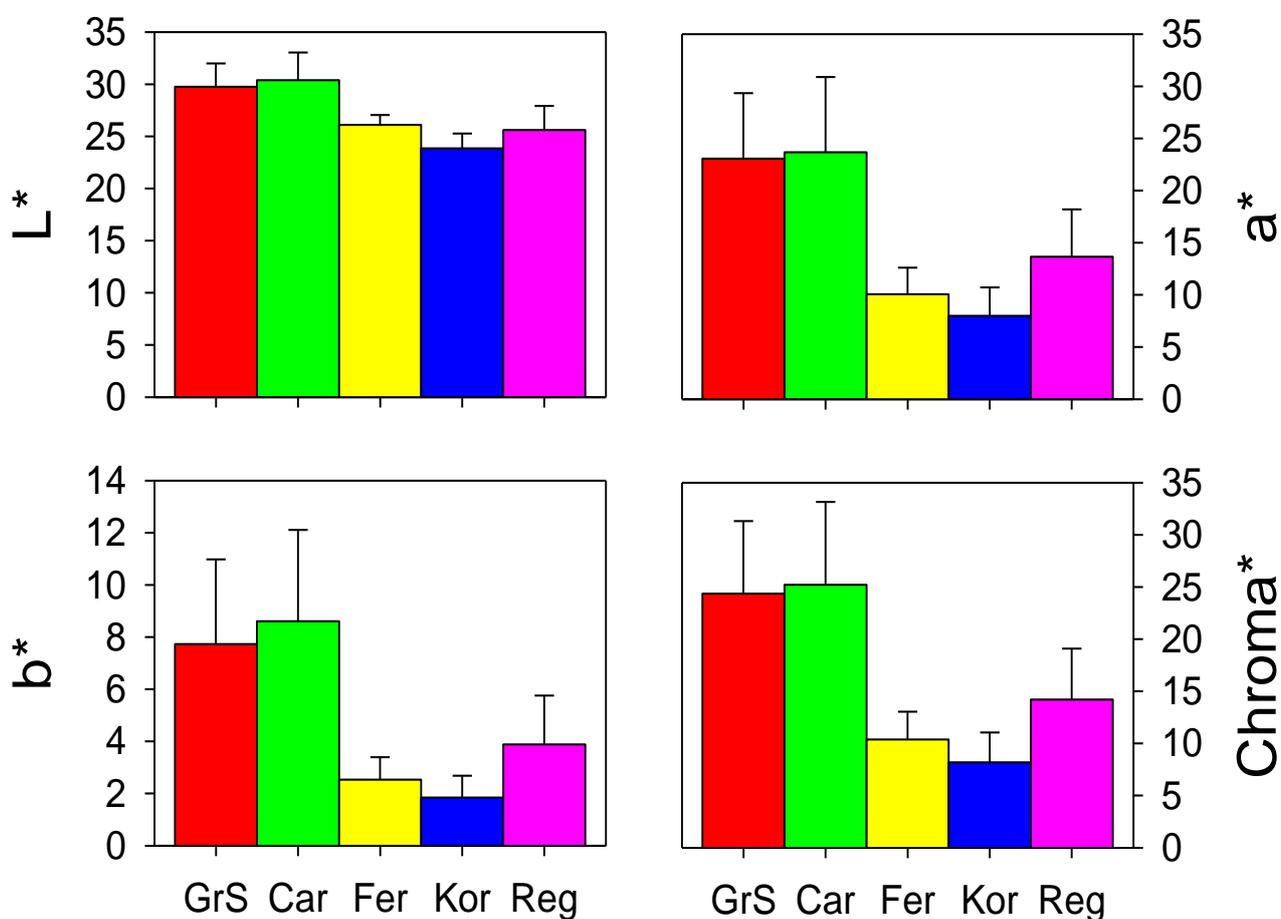


Figura 12 – Colore dell'epidermide di frutti delle cultivar di ciliegio analizzate nel 2018 sotto rete protettiva. Le barre di errore indicano la deviazione standard.

Le misure della radiazione fotosinteticamente attiva (PAR) sono state effettuate durante la stagione vegetativa 2017 ed evidenziano una riduzione media della radiazione che attraversa le reti protettive di circa il 28%. In particolare, le riduzioni medie di PAR registrate a 2, 1,5 e 1,0 m di altezza, sono state rispettivamente del 25%, del 27% e del 32% (Figura 13). In ogni caso la riduzione della radiazione luminosa al di sotto della copertura consente di avere sulla chioma delle piante un'intensità luminosa nettamente superiore al punto di saturazione della fotosintesi, evitando nel contempo anche fenomeni di stress luminoso e di fotoinibizione che si potrebbero verificare in condizioni di piena luce. Da evidenziare inoltre che la radiazione luminosa al di sotto delle reti presenta una maggiore quantità di radiazione diffusa rispetto agli impianti tradizionali a causa dell'effetto riflettente delle pareti verticali delle coperture.

		20/04/2017	17/05/2017	25/05/2017	30/05/2017
PAR pieno sole ($\mu\text{mol photons} / (\text{m}^2 \text{s})$)		1131	1640	1780	1835
PAR (%) rispetto al pieno sole	2,0 m ext	98	99	94	97
	1,5 m ext	97	99	91	93
	1,0 m ext	97	92	91	90
	2,0 m int	79	81	71	62
	1,5 m int	78	73	69	57
	1,0 m int	77	58	57	63
	2,0 m sot	38	32	35	23
	1,5 m sot	60	43	40	38
	1,0 m sot	35	23	24	20

Figura 13 – Radiazione fotosinteticamente attiva (PAR) misurata durante la stagione vegetativa 2017 in pieno sole e, in percentuale, sui filari di ciliegio alle altezze di 2, 1,5 e 1,0 m (ext: misure effettuate esternamente alla rete protettiva; int: misure effettuate al di sotto della rete protettiva; sot: misure effettuate in prossimità del fusto dei ciliegi).

Le misure di fotosintesi netta (Figura 14) e traspirazione fogliare (Figura 15) evidenziano valori più elevati nelle foglie poste subito al di sotto della rete protettiva (PAR 1100) di Regina, Kordia e Ferrovia e nelle foglie ombreggiate (PAR 500) di Regina e Kordia. Le foglie della cultivar Ferrovia mostrano i valori più bassi nelle condizioni di ombra.

L'efficienza di uso dell'acqua (Figura 16) risulta più elevata per le piante di Grace Star e Carmen, seguite da Ferrovia, Kordia e Regina.

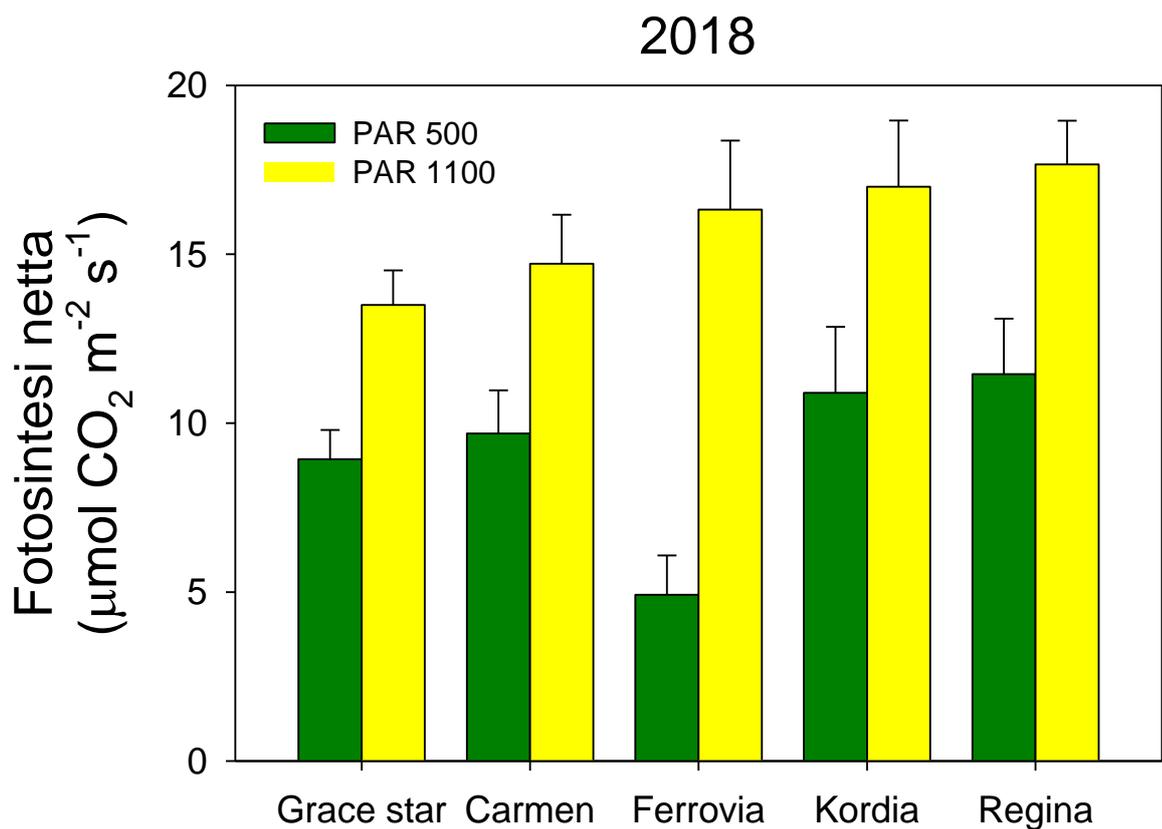


Figura 14 – Fotosintesi netta delle cultivar di ciliegio misurata sotto rete protettiva nel 2018. Le barre di errore indicano la deviazione standard.

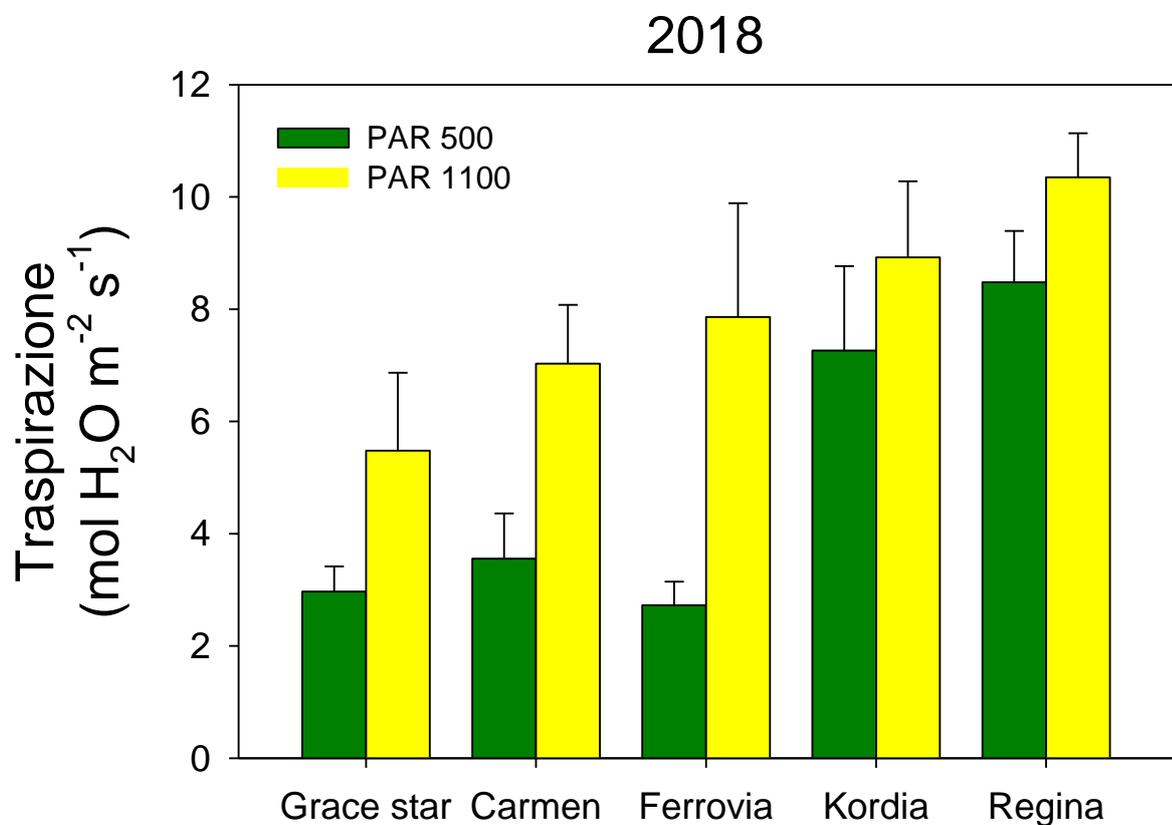


Figura 15 – Traspirazione fogliare delle cultivar di ciliegio misurata sotto rete protettiva nel 2018. Le barre di errore indicano la deviazione standard.

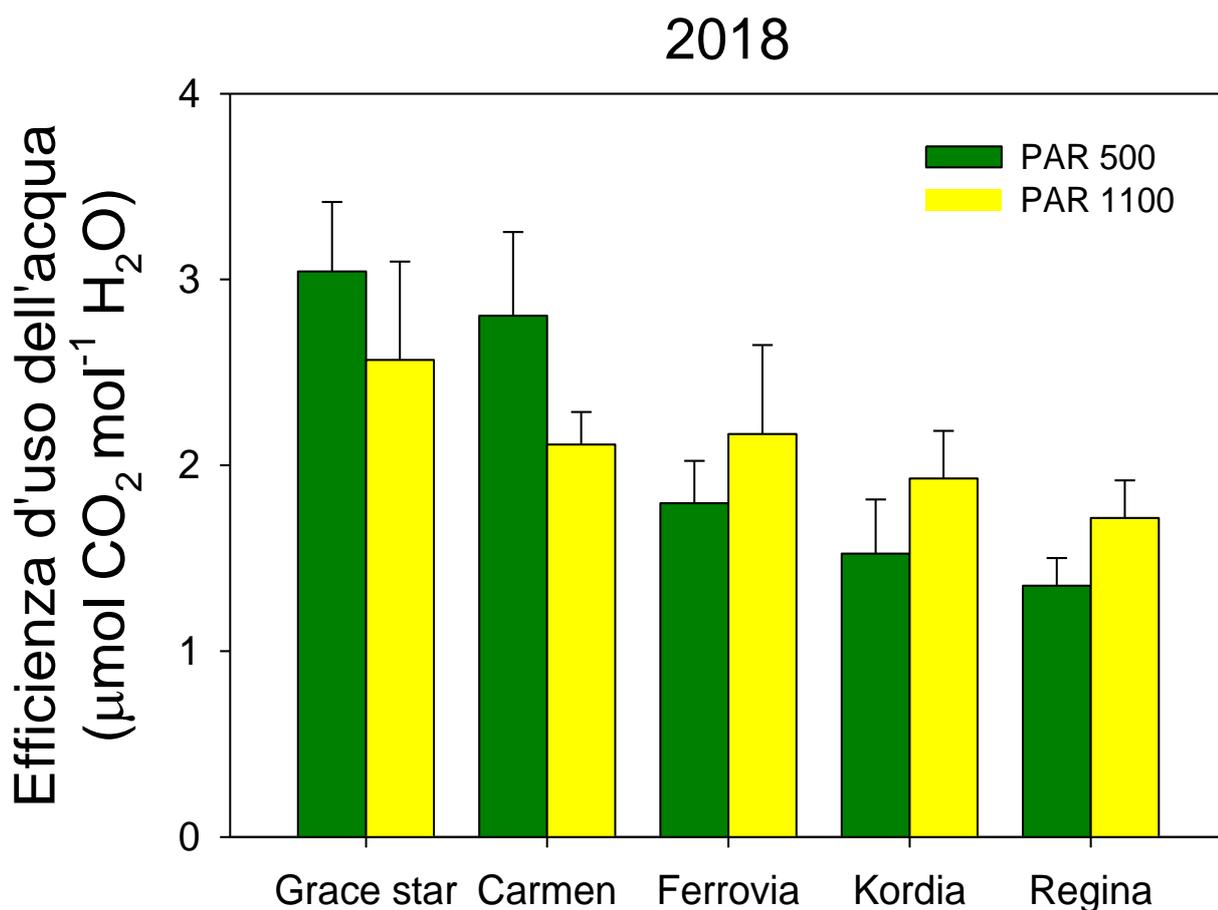


Figura 16 – Efficienza d'uso dell'acqua (molecole di CO_2 fissate per ogni molecola di H_2O traspirata) delle cultivar di ciliegio misurata sotto rete protettiva nel 2018. Le barre di errore indicano la deviazione standard.

I dati relativi alla produzione di frutti per pianta sono riportati nella Figura 17. Dall'analisi dei dati appare evidente l'elevata produzione per pianta (e per ettaro) registrata in tutte le cultivar analizzate (media 10,3 t/ha) e, soprattutto per la cultivar Ferrovia (20 t/ha). Molto interessante è il calibro dei frutti che sono stati raccolti e commercializzati dal ceraseto posto sotto copertura. Il 90% dei frutti di Carmen aveva un calibro 30+, il 95% dei frutti di Regina un calibro 28+, il 90% dei frutti di Grace Star, Carmen e Kordia presentava un calibro 28+ e il 60% dei frutti di Ferrovia un calibro 28+. Le elevate pezzature dei frutti raccolti hanno permesso all'azienda di liquidare il prodotto ad un prezzo di vendita medio di 6,5 euro/kg. L'efficienza di raccolta è stata di 170 kg/giorno a persona.

Cultivar	Produzione per pianta (kg)	Produzione per ettaro (t)	Calibro frutti
Grace Star	1,8	10,3	90% 28+
Carmen	1,9	10,9	90% 30+
Ferrovìa	3,5	20,0	60% 28+
Kordia	1,5	8,6	90% 28+
Regina	1,7	9,7	95% 28+
Media	1,8	10,3	

Figura 17 – Produzione, a pianta e a ettaro, e pezzatura media dei frutti raccolti nel 2018 sulle cultivar di ciliegio allevate sotto rete protettiva.

Le misure dello spettro della radiazione solare, degli scambi gassosi, la raccolta dei campioni e le analisi sui frutti sono state effettuate da personale a tempo indeterminato (Proff. Massai e Remorini, Dott. Iacona) e determinato (assegnista di ricerca Dott. Landi) del DiSAAA-a.

Attività 5.3 Analisi economico-finanziaria degli investimenti necessari per la realizzazione e la gestione.

Per una attendibile analisi economica-finanziaria degli investimenti necessari per la realizzazione e la gestione dell'impianto di ciliegio sotto copertura monofila sono necessari alcuni anni di rilievi. La durata del progetto, e la contemporanea mancanza di produzione nel 2017, non ha permesso di effettuare un'analisi economico finanziaria attendibile. Tuttavia, nonostante l'elevato costo del materiale necessario per la copertura dell'impianto (circa 50000 euro/ha per le colonne di cemento alte 3 metri, tiranti, rete, manodopera) l'elevata produzione raccolta e l'alto prezzo di vendita realizzato dall'azienda nel 2018 permettono, verosimilmente, il rientro dell'investimento in circa 4/5 anni a fronte di una durata dell'impianto di almeno 10 anni.

Attività 5.4 Disseminazione e divulgazione dei risultati.

Il 17 luglio 2018 è stata organizzato, nell'ambito dello sviluppo del PIANO INTEGRATO DI FILIERA della Regione Toscana n° 50 "Per lo sviluppo sostenibile delle aziende ortofrutticole toscane", un OPEN DAY presso l'azienda IL CERRO ALTO (loc. CHIAVERETTO, SUBBIANO -AR-) che prevedeva la visita ad un impianto di ciliegio tardivo intensivo allevato sotto reti monofila.

Il 10 settembre 2018, a Firenze, si è svolto il Convegno finale PSR 2014-2020 Regione Toscana PIF N. 50/2015 "Per l'Innovazione e lo Sviluppo Sostenibile delle Aziende Ortofrutticole Toscane".