



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

Dottorato di Ricerca in Scienze Agrarie e Forestali
Indirizzo: Sistemi Arborei Agrari e Forestali
Dipartimento Scienze Agrarie e Forestali
Settore Scientifico Disciplinare AGR/03

**POTENZIALITA' DELLA TIPOLOGIA PRODUTTIVA
DEL FUORI SUOLO NEL COMPARTO DELL'UVA DA TAVOLA**

**IL DOTTORE
GABRIELE COFFARO**

**IL COORDINATORE
CHIAR. MO PROF. STEFANO COLAZZA**

**IL TUTOR
CHIAR. MO PROF. ROSARIO DI LORENZO**

**CO TUTOR
DOTT. ANTONINO PISCIOTTA**

**CICLO XXVI
ANNO CONSEGUIMENTO TITOLO 2016**

Sommario

1. INTRODUZIONE.....	3
2. UVA DA TAVOLA ITALIANA VS MERCATO.....	6
PARTE SPERIMENTALE.....	7
3. STUDIO 1: COMPORTAMENTO FENOLOGICO, ECO-FISIOLOGICO, VEGETATIVO E PRODUTTIVO DELLA CULTIVAR “VITTORIA” NEL BIENNIO 2014-2015.....	8
3.1 STATO DELL’ARTE	8
3.2 OBIETTIVI:.....	11
3.3 MATERIALI E METODI	12
3.4 RISULTATI E DISCUSSIONE	16
3.5 CONCLUSIONI	42
3.6 BIBLIOGRAFIA	44
4. STUDIO 2: GESTIONE IDRICA E MINERALE NELLA COLTIVAZIONE DELL’UVA DA TAVOLA IN FUORI SUOLO MEDIANTE SENSORI DIELETTRICI..	46
4.1 STATO DELL’ARTE	46
4.2 OBIETTIVI	50
4.3 MATERIALI E METODI	51
4.4 RISULTATI E DISCUSSIONE	55
4.5 CONCLUSIONI	66
4.6 BIBLIOGRAFIA	68
5. STUDIO 3: STUDIO DEGLI EFFETTI DI PGRS (PLANT GROWTH REGULATORS) SU VARIETA’ CON SEMI	70
5.1 STATO DELL’ARTE	70
5.2 OBIETTIVI	79
AUSTRALIA: VARIETÀ RED GLOBE	80
5.3 MATERIALI E METODI	80
5.4 RISULTATI E DISCUSSIONE	81
SICILIA: VARIETÀ VITTORIA	86
5.5 MATERIALI E METODI	86
5.6 RISULTATI E DISCUSSIONE	86
5.7 CONCLUSIONI	89
5.8 BIBLIOGRAFIA	90

1. INTRODUZIONE

Il consumo del frutto della vite allo stato fresco risale all'antichità. Numerose sono, difatti, le fonti archeologiche, archeobotaniche e letterarie che testimoniano il consumo di uva da tavola già nei popoli più antichi. La capacità della pianta di adattarsi a situazioni pedoclimatiche molto diverse ha poi consentito di conquistare areali molto vasti e diversi di coltivazione, raggiungendo valori di diffusione notevolmente elevati.

L'Italia è ad oggi uno dei paesi leader nel contesto mondiale nell'ambito della coltivazione che in quello della produzione e dell'esportazione. Ed è grazie, soprattutto, a regioni quali Puglia e Sicilia che ha potuto affermarsi come tale!

Negli anni, infatti, si è fatta strada il concetto di "meridionalizzazione" della coltura in quanto si è accertato che soltanto in queste zone vi erano le caratteristiche pedoclimatiche ottimali per ottenere uve ben mature e colorate, con eccellenti caratteristiche organolettiche e con gli aromi tipici varietali.

L'uva da tavola italiana, di altissima qualità, è una coltura estremamente esigente in mezzi tecnici, materiali, manodopera e condizioni climatiche e richiede ingenti capitali per finanziare gli impianti e soprattutto la conduzione dei vigneti.

Da sempre stata sinonimo d'Italia e di prodotto di qualità anche per il nome della varietà più commercializzata, l'uva da tavola è considerata la punta di diamante dell'esportazione dell'ortofrutta italiana: milioni sono, infatti, i quintali di pregiata uva certificata che vengono inviati annualmente in tutto il mondo.

La viticoltura da tavola siciliana offre, oltre la possibilità di ottenere produzioni qualitativamente e quantitativamente significative, un ampio calendario di offerta.

In specie, l'attività di ricerca e sperimentazione, svolta sulle tipologie di impianto in ambiente protetto per anticipare o ritardare la maturazione e la raccolta delle uve e sulla coltivazione in fuori suolo, ha consentito di disporre di un calendario di commercializzazione di otto mesi, dalla seconda decade di maggio fino al mese di dicembre.

La tendenza ad ampliare il calendario di offerta e di commercializzazione attraverso l'ottenimento di produzioni precoci e tardive, il controllo dell'impiego di manodopera e l'aumento della redditività, pur conservando elevati standard qualitativi, sono gli obiettivi che occorre perseguire con priorità assoluta in un momento storico ed economico, come quello attuale, in cui molti altri paesi con caratteristiche climatiche adeguate e con maggiori possibilità di controllo dei costi di produzione si affacciano sul mercato mondiale dell'uva da tavola, sempre più globale grazie alle innovazioni nel settore dei trasporti.

Paesi come Cile, Perù e Sud Africa, arrivano sui mercati europei nei mesi invernali e primaverili quando la produzione europea è assente; del pari, paesi del bacino del

Mediterraneo come Spagna, Turchia, Egitto, Marocco e Tunisia avendo un calendario di commercializzazione simile al nostro ed anche costi di produzione più bassi, risultano essere più concorrenziali.

Non a caso, si può affermare che il comparto dell'uva da tavola italiana stia fortemente risentendo di una crescente competizione internazionale che deriva proprio dalla globalizzazione.

Dunque, le sfide devono essere affrontate nel segmento della produzione, assicurando uva di elevata qualità, un calendario di offerta e di commercializzazione il più lungo possibile, una gamma varietale ampia e diversificata per tipologia anche in relazione alla presenza o assenza di semi.

Anche l'ampiezza dell'offerta varietale, attraverso il miglioramento genetico, è un fattore di notevole importanza per affrontare le sfide imposte dalla globalizzazione.

L'identità italiana delle uve da tavola si ritrova ancora nelle cv Italia, Red Globe e Vittoria: trattasi di produzioni che, ancora oggi, contribuiscono all'immagine produttiva del Paese. Insufficiente è, per contro, la diffusione delle varietà apirene pure necessarie per penetrare i mercati internazionali.

Per non vanificare i notevoli progressi conseguiti e per mantenere la leadership e la competitività a livello mondiale, è di fondamentale importanza, "attraverso l'azione congiunta di produttori ed enti di ricerca", delineare mirate strategie produttive e commerciali.

In tal senso, l'applicazione della tipologia produttiva del fuori suolo nella viticoltura da tavola rappresenta oggi, a distanza di più di un decennio dall'inizio della sperimentazione condotta in Sicilia, una valida opportunità di diversificazione dei sistemi produttivi nel comparto.

In Sicilia, tale tipologia si è sviluppata con le finalità di ottenere precocità di raccolta, di ampliare il calendario di offerta e di incrementare le produzioni per unità di superficie rispetto ai sistemi tradizionali in serra.

Anche altri interventi sono necessari per il miglioramento e il rilancio generale del settore: potenziamento dell'attività di ricerca lungo tutta la filiera produttiva e commerciale, adozione di disciplinari di produzione IGP e DOP oppure la certificazione EUREGAP, costituzione di consorzi di valorizzazione e tutela, aggregazione dell'offerta, realizzazione di azioni promozionali dirette ai consumatori per far conoscere le specifiche caratteristiche qualitative, nutrizionali e la sicurezza alimentare delle uve da tavola prodotte in Italia.

Da questo punto di vista, è importante che questo atteggiamento venga recepito dagli operatori dei diversi segmenti della filiera e dalle Istituzioni e si consolidi anche mediante l'avvio di un'intensa attività di ricerca finalizzata all'esaltazione dei punti di forza e al superamento dei punti deboli che caratterizzano la viticoltura da tavola italiana.

Dopo Cina (55 milioni di q.li) e Turchia (18 milioni di q.li), l'Italia è al terzo posto nel ranking mondiale della produzione di uva da tavola, con 13 milioni di q.li. (OIV 2011).

La coltivazione di uva da tavola si concentra nell'Italia meridionale.

Le regioni maggiormente interessate a questa coltivazione sono la Puglia e la Sicilia che rappresentano rispettivamente il 60,5% e il 33,4% della produzione nazionale (dati Istat 2012).

La Puglia con 32450 ettari è la principale area di coltivazione, dove si concentrano i due terzi del raccolto nazionale, valutabile in circa 6,5 milioni di q.li annui.

In particolar modo 14.000 ettari nella provincia di Bari (Rutigliano, Noicattaro, Adelfia, Casamassima, Conversano e Mola di Bari); circa 5.000 ettari nella provincia BAT (Bisceglie, Barletta, Andria e Trani); 15.000 ettari nella provincia di Taranto (Grottaglie, Castellaneta, Ginosa, Palagiano, Massafra, Palagianello); 1.000 ettari circa nella provincia di Foggia.

In Sicilia sono presenti 16.500 ettari destinati a questa coltivazione suddivisi in 7.500 ettari nelle provincie di Catania (Mazzarrone, Caltagirone, Licodia Eubea) e Ragusa (Acate, Chiaromonte Gulfi, Comiso) e circa 9.000 ettari nella provincia di Agrigento e Caltanissetta (comune principale: Canicatti).

La coltura dell'uva da tavola, non a caso, necessita di un clima caldo-arido, con una piovosità intorno ai 600 mm/anno, per lo più concentrata nei mesi invernali-primaverili, e con delle temperature che raramente possano raggiungere livelli vicino lo 0 °C.

Per quanto concerne la piattaforma ampelografica, in Puglia il 52% della superficie regionale interessata alla viticoltura da tavola è rappresentata dalla varietà Italia, dal tipico sapore di moscato, seguita dalla Vittoria con il 14% e la Regina con l'11%.

A tali cultivar con semi, si devono aggiungere la cultivar apirene Sugraone seedless e la Crimson seedless (ottima shelf-life) che sono in continua espansione.

Per il futuro si prevede una graduale sostituzione delle varietà con semi con quelle apirene, che rispondono maggiormente alle esigenze del mercato (soprattutto quelle del Nord-Europa che rappresenta per l'Italia un mercato molto importante) e si prestano meglio nella preparazione di prodotti alimentari.

La nostra produzione di uva da tavola è legata a diverse varietà, ma solo alcune di queste vantano una certa importanza: infatti, si tende a coltivare solo quelle che incontrano il gusto dei consumatori, portando quindi ad una certa uniformità del prodotto. Sia in Italia che all'estero si preferiscono grappoli di media grandezza, con acini ben sviluppati e colorati, a polpa croccante, con buccia sottile, sapore dolce, e possibilmente senza la presenza di vinaccioli.

L'obiettivo della ricerca di tutto il mondo è di produrre varietà apirene che, oltre ad avere caratteristiche idonee per l'adattabilità ai vari ambienti, abbiano dei requisiti che si riscontrano nelle migliori varietà con semi coltivate oggi.

2. UVA DA TAVOLA ITALIANA VS MERCATO

Pensare di affrontare i mercati partendo dal semplicistico assunto di avere il prodotto migliore e la tradizione più lunga nella coltivazione e nel consumo domestico di uva da tavola, appare un approccio nei fatti penalizzante.

Per affrontare al meglio il futuro è strategico proporsi con un percorso commerciale dell'uva da tavola fondato sulle reali esigenze del consumatore finale e dei partner distributivi.

Costruire una proposta commerciale di uva da tavola distintiva e quindi efficace significa, in pratica, segmentare l'offerta dall'origine e dalle caratteristiche organolettiche.

Da questo punto di vista, le nostre tre nazionali Indicazioni Geografiche Protette – uva da tavola di Canicattì, di Mazzarrone e di Puglia, nate per preservare le eccellenze, raccontare specificità e garantire i clienti attraverso la conoscenza del “come” si produce uva tipica di alcuni territori – sono un bacino di colori, gusto e sapori non imitabile e, quindi, un'opportunità concreta di valorizzazione. Fondamentale è rendere tangibili questi percorsi: non farlo equivale a correre il rischio di costruire “medaglie” incapaci di supportare il posizionamento di prodotto, mettendo in crisi intere economie territoriali dunque vanificando di fatto gli onerosi investimenti sostenuti dalla componente agricola.

Fondamentale è, anche, riuscire a connotare il prodotto, orientare l'azione commerciale in chiave marketing. Significa, ad esempio, proporsi ai clienti attuali e potenziali con un'offerta articolata su almeno tre prodotti-segmenti:

- la bianca: l'uva dolcissima per vocazione, ottima per gli amanti della buona tavola;
- l'uva rossa/nera, croccante e dissetante di natura, ottima come rompi digiuno e snack salutare;
- la seedless, necessaria per affrontare i mercati nord-europei, contemporanea e facile nel consumo, più dinamica e giovane, ottima per far apprezzare il piacere della frutta anche ai più piccoli.

Prodotti diversi, ciascun rispondente a esigenze specifiche, che si rivolgono a target di consumatori e mercati differenti a partire da un frutto che notoriamente presenta delle caratteristiche salutistiche e nutrizionali di primario interesse.

L'imperativo diventa mettere al centro del processo decisionale il mercato e il consumatore attraverso:

- un'offerta che enfatizzi la percezione del valore dell'uva da tavola attraverso la promozione delle caratteristiche organolettiche, salutistiche ed estetiche garantendo certezza delle stesse;
- una comunicazione diretta e chiara al consumatore a partire dai luoghi in cui fa la spesa;
- la gestione organizzativa di imprese e filiere produttive in grado di governare il mercato, orientando i propri sforzi e investimenti all'identificazione di strategie/visioni coerenti, capaci di operare sul mercato con una proposta commerciale per l'implementazione di partnership produzione/distribuzione.

Gli operatori del mercato hanno il compito di rilanciare il comparto su nuove basi e attraverso l'implementazione di nuovi modelli commerciali.

Il "made in Italy" e le specializzazioni sono un motore da sfruttare appieno guardando al futuro prossimo.

E' significativo che l'italian sounding, cioè l'utilizzo di denominazioni geografiche, immagini e marchi che evocano l'Italia, si stima che produca un fatturato superiore al doppio rispetto al nostro export, italianissimo, certificato e purtroppo molto spesso anonimo.

PARTE SPERIMENTALE

Nei successivi paragrafi vengono riportati gli studi effettuati durante il periodo di Dottorato:

- Studio 1: comportamento fenologico, eco-fisiologico, vegetativo e produttivo della cultivar "Vittoria" nel biennio 2014-2015;
- Studio 2: gestione idrica e minerale nella coltivazione dell'uva da tavola in fuori suolo mediante sensori dielettrici;
- Studio 3: studio degli effetti di PGR_s (Plant Growth Regulators) su varietà con semi.

3. STUDIO 1: COMPORTAMENTO FENOLOGICO, ECO-FISIOLOGICO, VEGETATIVO E PRODUTTIVO DELLA CULTIVAR “VITTORIA” NEL BIENNIO 2014-2015

3.1 STATO DELL'ARTE

La coltivazione in fuori suolo consiste nell'allevare le piante in assenza della componente fondamentale del loro ambiente di crescita, il terreno, utilizzando in sostituzione un substrato inerte ed alimentando la pianta con una specifica soluzione nutritiva, somministrata con un computer per la fertirrigazione che gestisce i turni, i volumi e i quantitativi giornalieri da somministrare.

La coltivazione delle piante in fuori suolo non può essere considerata solo un'acquisizione tecnica moderna, in quanto è ormai noto che queste coltivazioni erano già conosciute dagli antichi egizi [1]; altri esempi sono i giardini di Babilonia e degli Aztechi in Messico [2].

La prima applicazione su scala commerciale della coltura fuori suolo fu, comunque, quella di W.F.Gericke, fisiologo della *California Agricultural Experimental Station* nel periodo tra le due guerre mondiali del secolo scorso. Il sistema nacque come mezzo alternativo alla coltivazione a terra in serra, afflitta notoriamente, allora come adesso, dai problemi di stanchezza del terreno [2].

In Europa i primi impianti di colture senza suolo furono realizzati nel 1963, ma è solo negli anni '70 che possiamo parlare di una produzione commerciale fuori suolo significativa dal punto di vista statistico.

A testimonianza delle antiche radici della coltivazione della vite in fuori suolo, possono essere riportate le esperienze condotte da diversi autori tra la fine dell'800 e gli inizi del novecento, nelle quali vengono descritte le tecniche colturali delle “viti allevate nei vasi”, sia per scopi ornamentali che produttivi [3] [4] [5]

Si descrive la maggiore produttività e la rapida entrata in produzione della vite in vaso di un anno [5].

Come riportano gli autori, dalle viti in vaso si ottengono bellissimi grappoli per la conservazione [4], ma è indispensabile diminuire il numero dei grappoli dopo l'allegagione e cimare il germoglio che porta il grappolo, nonché eseguire l'incisione anulare e spuntare i grappoli stessi per ottenere un grappolo di grosse dimensioni.

Ottavi (l.c.) descrive la tecnica colturale per fare anticipare la maturazione dei grappoli e venderli a prezzi elevati come primizie, che consiste, nell'eseguire l'incisione anulare sui getti uviferi al disotto del primo grappolo 15 giorni dopo la fioritura; dà un accenno inoltre alla

coltivazione forzata delle viti realizzata portando i vasi in serre o ricorrendo all'ausilio delle stufe.

I primi a condurre studi sull'allevamento della vite in vaso sono stati i centri di sperimentazione francese e neozelandese. I risultati ottenuti in queste prove dal 1987 al 1996 non hanno consentito di estrinsecare le potenzialità della tecnica, probabilmente a causa delle limitanti condizioni del clima.

Gli studi condotti sino ad oggi dai diversi centri di ricerca nazionali e stranieri hanno interessato molte problematiche che la coltivazione dell'uva da tavola in fuori suolo pone, dalla scelta del contenitore e del substrato più idoneo alla scelta delle cultivar che meglio si adattano alla tecnica di produzione, dall'alimentazione idrica e minerale della pianta [6]; purtroppo le esperienze in fuori suolo della vite finora descritte sono state realizzate in condizioni climatiche diverse tra loro ed in presenza di un'alimentazione idrica e minerale della pianta mai identica l'una all'altra; non è quindi semplice considerare i risultati ottenuti dalla ricerca in valore assoluto.

La tecnica del fuori suolo nella viticoltura siciliana apre nuove prospettive al comparto dell'uva da tavola, affiancando le altre tipologie di produzione già affermate in Sicilia: la coltivazione in serra per anticipare la raccolta, quella in pieno campo e la coltivazione con la copertura dei tendoni all'invaiaitura per ritardare la raccolta [7].

Dal 1998 il Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali dell'Università di Palermo conduce prove di coltivazione della vite in fuori suolo in aziende specializzate nella produzione in serra di uva da tavola della zona sud-orientale della Sicilia che si è rilevata la più idonea, per le caratteristiche ambientali di luminosità e di temperatura, ed ha consentito di evidenziare al meglio le potenzialità della tecnica [8] [9].

L'adozione di tale tecnica nell'ambito della viticoltura protetta, già utilizzata con successo nei comparti vivaistico ed orto-floricolo [10], nasce innanzitutto dalle esigenze dettate dal mercato dell'uva da tavola che si indirizza sempre di più verso produzioni extrastagionali, soprattutto in termini di precocità di raccolta, che risultano quelle in grado di garantire all'imprenditore il maggior reddito.

Le ricerche condotte in Sicilia e più recentemente anche in Puglia sulla coltivazione in fuori suolo dell'uva da tavola hanno evidenziato, infatti, le molteplici potenzialità di questa tipologia produttiva e le opportunità che essa rappresenta per il comparto dell'uva da tavola italiana soprattutto riguardo all'ottenimento di produzioni anticipate, la dinamicità varietale, l'allargamento del calendario di commercializzazione, la destagionalizzazione dell'offerta dell'uva ed il superamento delle problematiche connesse al reimpianto [8] [9] [11] [12] [13] [14] [15].

La Sicilia, polo produttivo di rilievo a livello europeo e mondiale, che presenta oggi un ampio calendario di offerta di sette mesi circa, con la coltivazione in fuori suolo intravede la possibilità di guadagnare un ulteriore mese di anticipo sulla raccolta e ampliare quindi il calendario di offerta, arrivando sul mercato quando i Paesi produttori dell'Emisfero Sud (Sud Africa, Australia e Cile) iniziano ad esaurire il proprio prodotto [10] [16].

Con la tecnica del fuori suolo nell'uva da tavola in serra fredda, negli ambienti più caldi della Sicilia sud-orientale, si riesce a portare a maturazione l'uva a maggio, con notevole anticipo rispetto alla "convenzionale" coltivazione in serra il cui calendario di raccolta si apre intorno alla prima decade di giugno; nelle annate più favorevoli e con le varietà più precoci si è arrivati a raccogliere con un mese circa di anticipo.

La coltura in contenitore presenta, inoltre, un potenziale produttivo per m² superiore arrivando a ottenere produzioni di circa 3,4 kg/pianta poiché, non essendoci competitività tra le piante per l'acqua e gli elementi minerali come si verifica in pieno campo, è possibile ravvicinare la distanza tra i vasi con conseguente aumento del numero di piante per ettaro con un livello dell'uva, in termini estetici ed organolettici, soddisfacente.

La tecnica offre la possibilità di lavorare con materiale di propagazione sano e meno soggetto a successivo inquinamento come nel caso della coltura poliennale e, soprattutto, di consentire al viticoltore una programmazione delle produzioni cambiando da un anno all'altro le varietà coltivate in funzione alle fluttuazioni e alle richieste di mercato. L'introduzione dei sistemi fuori suolo nei comparti orto-floro-vivaistici ha consentito di migliorare considerevolmente la WUE (Water Use Efficiency) delle colture protette soprattutto nei sistemi chiusi in cui l'acqua può essere recuperata e riutilizzata [17].

I sistemi fuori suolo possono essere distinti in base al riutilizzo o meno del drenato. Infatti, per motivi tecnologici (disformità tra i punti di erogazione della soluzione nutritiva, differente sviluppo vegetativo delle piante) e per la qualità dell'acqua irrigua (alto contenuto in elementi non essenziali con conseguente necessità di dilavamento per evitare il loro accumulo) è necessario fornire un quantitativo di soluzione nutritiva superiore a quella evapotraspirata dalla coltura, ottenendo così un percolato denominato drenato: se questo è raccolto e, dopo essere opportunamente reintegrato, è ri-somministrato alla coltura si parla di ciclo chiuso, mentre se questo è utilizzato su una coltura su suolo o se scaricato nell'ambiente si parla di ciclo aperto. Il recupero e il riutilizzo della soluzione nutritiva drenata nei sistemi a ciclo chiuso permettono di risparmiare acqua e fertilizzanti e di ridurre l'impatto ambientale.

La riduzione dell'impatto ambientale rappresenta, assieme all'anticipo della maturazione dell'uva, uno degli obiettivi previsti dai sistemi di coltivazione della vite in fuori suolo.

La proibizione dell'impiego del Bromuro di Metile, avvenuta all'inizio del 2005, la limitazione del consumo di pesticidi e fertilizzanti e la legislazione ambientalistica che limita la dispersione di soluzioni nutritive esauste, impone agli agricoltori una profonda revisione delle tecniche colturali e le colture senza suolo, in questo senso, potrebbero giocare un ruolo importante.

Nella viticoltura da tavola, in particolare nell'esperienza siciliana, oltre alla possibilità di sfruttare l'anticipo nella raccolta, può rappresentare, da un punto di vista ambientale, una valida alternativa alla carenza di prodotti per la fumigazione sotto serra dei terreni, consentendo un impiego più efficiente dei fertilizzanti.

I sistemi fuori suolo permettono, inoltre, di contenere i problemi associati alla presenza del terreno tra cui la trasmissione delle patologie, la salinizzazione e gli effetti legati alle modifiche delle proprietà chimico-fisiche e della fertilità dei suoli [17].

Da qualche anno le potenzialità espresse dalla tecnica, tra cui la possibilità, come già menzionato, di aumentare la produttività per unità di superficie coperta e di programmare l'epoca di maturazione da un anno all'altro, hanno suscitato l'interesse di alcuni produttori di uva da tavola. Se l'ottenimento di una produzione extra precoce troverà, assieme agli altri vantaggi che la tecnica pone, ulteriore conferma, allora il fuori suolo potrà, ancor di più, proporsi come valida alternativa ai sistemi tradizionali di produzione dell'uva da tavola.

3.2 OBIETTIVI:

Gli obiettivi dello studio sono:

- caratterizzazione climatica dell'ambiente serra durante il periodo di coltivazione;
- studio e valutazione della risposta agronomica e qualitativa della varietà "Vittoria" in relazione alla coltivazione in "fuori suolo" nel biennio 2014-2015;

Il raggiungimento di questi obiettivi ha previsto l'articolazione dello studio in varie fasi, descritte dettagliatamente nel paragrafo "materiali e metodi" e qui di seguito riassunte:

1. caratterizzazione climatica dell'ambiente serra durante il biennio 2014-2015;
2. caratterizzazione fenologica;
3. valutazione dei parametri eco-fisiologici;
4. valutazione dei parametri vegetativi;
5. valutazione dei parametri produttivi e qualitativi.

3.3 MATERIALI E METODI

La ricerca è stata condotta nel 2014 presso l'azienda agricola F.lli Lo Giudice di Gela, in provincia di Caltanissetta.

L'azienda si estende per circa 30 ettari, di cui 40.000 mq in coltura protetta (serra e tunnel) dove vengono coltivati diversi prodotti ortofrutticoli (uva da tavola e ortaggi principalmente pomodoro).

La serra, dove è stata condotta l'attività sperimentale per la coltivazione dell'uva da tavola con la tecnica del fuori suolo a ciclo aperto, è di 3500 mq composta da quattordici campate di 8x30 m di lunghezza; ha una struttura multi tunnel con finestre laterali con apertura dal basso verso l'alto, per consentire una semplice ed ottimale gestione del microclima.

Le altezze alla gronda e al colmo sono rispettivamente di 2,80 e 4,50 m.

La copertura della serra è realizzata con film plastico in PE additivato con EVA dello spessore di 0,20 mm con durata garantita di 36 mesi.

Le piante sono state coltivate sin dalla fase di allevamento, in vasi di polietilene nero dalla capacità di 9 litri (ø 24 cm).

E' stato scelto come substrato un misto organico, della ditta Perlite Italiana, a base di perlite espansa e fibra di cocco, appositamente studiato per specie orticole e floricole allevate con il metodo fuori suolo, in miscela 70:30.

La miscela costituita, trova nell'elevata porosità libera della perlite espansa e nell'alta capacità di ritenzione idrica della fibra di cocco il suo punto di forza, essendo infatti un substrato ideale che abbina le caratteristiche migliori dei due materiali, creando costantemente un ambiente non asfittico ben bilanciato nella fase gassosa.

La perlite espansa, grazie alla sua granulometria, favorisce il drenaggio della soluzione in eccesso e garantisce un'ottima aereazione del substrato, condizione essenziale per evitare possibili marciumi radicali. La presenza della fibra di cocco, risorsa rinnovabile ed ecocompatibile, garantisce nello stesso tempo al substrato un'elevata riserva idrica che sopperisce ad eventuali errori o accidentali interruzioni nella gestione della nutrizione idrica e minerale delle viti.

Si è scelto di studiare la cv con semi "Vittoria", caratterizzata da elevata precocità genetica e buona produttività, che ben si adatta alla coltivazione in ambiente protetto per l'anticipo della raccolta e nello specifico alla coltivazione in fuori suolo.

La forma d'allevamento è a Y, che consente un'efficace intercettazione e penetrazione della radiazione solare. Il capo a frutto viene curvato ad un'altezza dal colletto di 100 cm e potato in modo da lasciare 9 gemme. È necessario evidenziare le differenze tra il 2014, primo anno di produzione, che segue l'anno di formazione e il 2015, secondo anno di produzione. Nel 2014

infatti, le 9 gemme considerate strutture vegeto-produttive “attive”, rappresentano le 9 gemme terminali dell’unico tralcio, di oltre 150 cm di lunghezza, formatosi nel 2013; quindi la reale posizione delle gemme è dalla 18° in poi. Nel 2015 invece, le 9 gemme sono state lasciate sul tradizionale capo a frutto. Nella gestione del fuori suolo in serra, si effettuano trattamenti con interruttori di dormienza; nel 2014 sono state trattate soltanto le 9 gemme terminali e nel 2015 tutte le 9 gemme del capo a frutto.



Fig. 11 Sistema di allevamento a Y

L’investimento per unità di superficie è pari a 1,43 piante/m², con un sesto d’impianto di 2 m tra le file e 0,35 m sulla fila per un totale di 6993 piante per ettaro.

La gestione delle piante sia nella fase di allevamento che in quella di produzione è avvenuta adottando il protocollo di coltivazione dell’uva da tavola in fuori suolo, che prevede interventi di scacchiatura, di rimozione dei germogli doppi e/o sterili, di asportazione di foglie dell’asse e delle femminelle e di cimatura.

Inoltre, ad allegagione avvenuta, per definire il carico produttivo della pianta, si è effettuato un intervento di diradamento [12]. Infine anche per la gestione dell’irrigazione è stato utilizzato lo stesso protocollo utilizzato in precedenti esperienze, adattandolo alle specifiche condizioni che si sono verificate durante i due anni di prova.

Al fine di studiare il clima in serra e di valutare l’influenza dello stesso sul comportamento fenologico nei due anni di osservazione, sono stati posizionati all’interno della serra 5 sensori datalogger WatchDog 1650 che rilevavano con cadenza oraria:

- temperatura ed umidità dell’aria nell’ambiente serra;

- radiazione solare (SRD) attraverso sensori di Solar Radiation Sensor Mod. 3670I collegati ad un datalogger;

- PAR attraverso sensori di Quantum Light Sensor Mod. 3668I collegati ad un datalogger.

Per confrontare il clima dell'ambiente serra con l'ambiente esterno, sono stati acquisiti dalla piattaforma Sias, i dati climatici relativi alla stazione di Gela, nel biennio 2014-2015.

Sono state calcolate:

- le medie mensili e giornaliere delle temperature minime, massime e medie;

- le medie mensili e giornaliere dell'umidità minima, massima e media;

- le medie mensili e giornaliere del PAR massimo, medio;

- le medie mensili del VPD (Deficit di pressione di vapore) espresso in KPa secondo la formula $(1-UR)*esat$ con $esat=0,611 \exp(17,4 T_{aria}/T_{aria} + 239)$;

- le sommatorie della SRD;

- le medie dell'SRD medio;

- la sommatoria delle temperature;

- la sommatoria del PAR compreso tra 600 e 700 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$;

- la sommatoria del $\text{PAR} > 1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$;

- il numero di ore con $\text{VPD} > 2 \text{ KPa}$;

- i GDD (Growing Degree Days) in base 4, 7 e 10.

La fenologia delle piante è stata rilevata con cadenza settimanale, adottando la scala fenologica della vite-modello BBCH semplificato [18]. In particolare sono state rilevate le fasi di germogliamento (cod. 8), piena fioritura (cod. 65) e l'invaiaitura (cod. 83). In prossimità delle fasi fenologiche sopra indicate, i rilievi sono stati effettuati ogni 48 ore.

I rilievi sono stati effettuati su dieci piante rappresentative della popolazione presente all'interno della serra. Le osservazioni sono state eseguite su entrambi i lati della chioma su piante di due filari contigui in modo da verificare due differenti esposizioni. Poiché il rilievo è mirato a determinare la fase fenologica della singola pianta, tale valutazione è stata eseguita adottando la seguente regola empirica: se la pianta è per la maggior parte ($\geq 50\%$) nella fase X, allora essa è effettivamente in quella fase fenologica; ovvero, se questa percentuale non raggiunge il 50% della fase X, allora la pianta è ancora nella fase fenologica precedente. La valutazione è stata effettuata considerando le 10 piante monitorate.

Scala fenologica della vite – modello BBCH, semplificato.

BBCH Fase fenologica

- 0 Gemma d'inverno
- 5 Gemma rigonfia o cotonosa
- 8** Germogliamento
- 11 Foglie distese
- 15 Lunghezza Tralcio 10cm
- 53 Grappoli visibili
- 55 Grappoli Distesi
- 57 Bottoni fiorali separati
- 61 Inizio Fioritura (10%)
- 65** Piena Fioritura (50%)
- 68 Inizio Allegagione
- 69 Allegagione
- 71 Allegagione Completa
- 73 Ingrossamento Acini
- 75 Pre-chiusura grappolo
- 77 Grappolo Chiuso
- 81 Inizio Invaiatura
- 83** Invaiatura (50%)
- 85 Invaiatura Completa
- 89 Maturazione
- 93 Caduta Foglie

I rilievi vegetativi sono stati effettuati su 30 germogli, scelti su 10 piante e per ciascuna pianta uno rispettivamente per porzione basale (nodo 1-3), mediana (nodo 4-6) ed apicale (nodo 7-9) ed è stato misurato lo sviluppo dell'asse a 37, 45, 52, 59, 66 e 78 giorni dal germogliamento, fino all'invaiatura. Alla fioritura, all'invaiatura e alla raccolta sono stati prelevati, da 10 piante, 3 germogli per porzione e misurata la superficie fogliare dell'asse e delle femminelle utilizzando un misuratore di immagini Windias 2000[®].

Il comportamento eco-fisiologico delle piante è stato studiato valutando la fotosintesi, la conduttanza stomatica e la traspirazione mediante un misuratore portatile di scambi gassosi a ciclo chiuso CIRAS PP systems-2 (110 Haverhill Road, Suite 301 Amesbury, MA 01913 Stati Uniti d'America, www.ppsystems.com). I rilievi sono stati effettuati dalle 10.00 alle 11.00 a.m., in sei date (46, 58, 89, 101, 123 e 141 giorni dal germogliamento) su 12 foglie scelte su 6 germogli per ciascuna delle porzioni del capo a frutto. Per caratterizzare lo stato idrico delle piante sono stati effettuati 4 rilievi (77, 83, 120 e 138 giorni dal germogliamento) del potenziale STEM su 12 foglie adulte individuate nella porzione mediana (nodo 8-14) dell'asse. Le foglie sono state insacchettate un'ora prima del rilievo, effettuato alle ore 01.00

p.m. Il sacchetto utilizzato era costituito da plastica (interno) ed alluminio (esterno), in modo da ombreggiare completamente la foglia.

Il comportamento produttivo è stato definito sulle infiorescenze dei germogli prelevati alla fioritura, misurando la lunghezza e determinandone il peso. All'invaiaatura e alla raccolta, sui grappoli presenti nei tralci sui quali sono state effettuate le misure dei parametri vegetativi, sono stati valutati il peso, numero di acini e di acinelli, il peso e la lunghezza del rachide. Infine su 100 acini, scelti in modo da ottenere un campione rappresentativo e proporzionato, sono stati determinati, per singolo acino, il peso, il diametro longitudinale e trasversale e il colore. Su l'intero campione sono stati realizzati 5 sub-campioni e su questi determinati gli zuccheri (°Brix) e l'acidità (g/L di acido tartarico). I dati per germoglio medio e per pianta sono stati ottenuti sulla media ponderata dei dati relativi alle diverse porzioni. Infine alla potatura invernale, sulle 10 piante, è stato pesato il legno di potatura. Sulla base dei parametri misurati, sono stati calcolati la durata del ciclo produttivo, degli intervalli fenologici, la forma dell'acino (calcolata come rapporto Dl/Dt), il rapporto zuccheri/acidi, gli indici di efficienza e di equilibrio e la distribuzione in classi di frequenza in relazione al peso dell'acino.

I dati sono stati sottoposti ad elaborazione statistica; è stata effettuata un'analisi della varianza a due vie. Sulle medie si è effettuato il test di TUKEY per $\alpha = 0,05$. Tutte le analisi statistiche sono state eseguite con il pacchetto SYSTAT 10®.

3.4 RISULTATI E DISCUSSIONE

3.4.1. Confronto del clima in pien'aria e in serra

Il periodo di svolgimento del ciclo vegetativo e riproduttivo della vite in ambiente protetto si è svolto dal mese di gennaio fino al mese di luglio. Durante questo periodo e nei due anni (2014 e 2015) sono stati rilevati i dati di temperatura dell'aria e di umidità relativa esterni alla serra. In linea generale, per entrambi gli anni, si sono rilevate le stesse temperature medie con un valore di circa 16°C. Le stesse considerazioni valgono per i valori medi delle temperature minime che per entrambi gli anni hanno avuto un valore di circa 9°C, mentre i massimi termici sono stati raggiunti con una temperatura di circa 23°C (dati non riportati). L'ambiente serra ha indotto maggiori livelli di temperatura dell'aria rispetto all'ambiente esterno. Le modifiche sulla temperatura minima dell'aria sono state rappresentate da uno scarto termico medio per il periodo simile in entrambi gli anni e pari a 3,8°C per il 2014 e 3,6°C per il 2015. Lo scarto delle temperature massime, invece, è stato di 11,4°C per il 2014 e 12,5°C per il 2015.

Il 2015, infatti, ha evidenziato temperature massime dell'aria maggiori (dati non riportati) soprattutto nei mesi di maggio e luglio, ma le maggiori temperature sono state compensate da livelli termici più bassi nel mese di gennaio. In generale l'ambiente serra ha determinato un incremento medio delle temperature di circa 5°C in entrambi gli anni; ha determinato, inoltre, la riduzione dei valori minimi di umidità relativa dell'aria, con scarto simile per entrambi gli anni e pari all'1 e 3% circa rispettivamente nel 2014 e nel 2015, mentre per l'umidità relativa massima i valori degli scarti sono stati di circa il 20% in entrambi gli anni. In generale la riduzione media di umidità relativa indotta dall'ambiente serra è stata di circa il 9%, con valori simili durante tutto il corso del periodo gennaio-luglio.

3.4.2 *Clima e fenologia nel biennio 2014-2015*

Nei due anni di osservazione sono emerse differenze della fenologia e del clima.

I dati di fenologia riportati in tabella 1 e 2 evidenziano infatti differenze sostanziali sia sulle date in cui si sono verificate le fasi fenologiche sia sulla durata degli intervalli fenologici. Nel 2015 il germogliamento delle piante è avvenuto il 12 gennaio, 8 giorni prima rispetto al 2014.

Tab.1 - Fenologia nei due anni di osservazione

FENOLOGIA				
	<i>GERMOGLIAMENTO</i>	<i>FIORITURA</i>	<i>INVAIATURA</i>	<i>RACCOLTA</i>
2014	20/01	11/03	11/05	02/07
2015	12/01	19/03	14/05	18/06

Tab. 2 - Durata degli intervalli fenologici nei due anni di osservazione

	<i>GERMOGLIAMENTO- FIORITURA</i>	<i>FIORITURA- INVAIATURA</i>	<i>INVAIATURA- RACCOLTA</i>	<i>GERMOGLIAMENTO- RACCOLTA</i>
2014	51	60	52	163
2015	67	55	35	157

Stesse differenze si sono mantenute per la data di fioritura avvenuta 8 giorni prima nel 2014 (11 marzo), con un andamento, nei due anni, opposto rispetto alla data di germogliamento.

Nel 2015 l'invaiaitura è avvenuta il 14 maggio, 3 giorni dopo rispetto al 2015.

Nel 2014 la raccolta è stata effettuata il 2 luglio, 16 giorni dopo rispetto al 2015. È altresì opportuno sottolineare come la differenza nella data di raccolta del 2014 sia stata influenzata dalle esigenze aziendali.

Le sommatorie termiche elaborate in termini di GDD4, GDD7, GDD10 (Growing Degree Days) non spiegano la data di germogliamento, in quanto quest'ultima è influenzata dalla diversa data di trattamento con interruttore di dormienza, dalla diversa data di potatura ed infine dalla diversa tipologia di tralcio su cui erano presenti le gemme, dovuta alla diversa età della pianta. Il dato di GDD7 spiega la data di fioritura; infatti i valori assunti negli anni sono stati rispettivamente di 708,9 e 702,7°C per 2014 e 2015 (Tabb.3, 4, 5). Il dato di GDD10 ha spiegato la data d'invasatura. Infatti i valori assunti negli anni sono stati rispettivamente di 1.128,5 e 1.134,6°C per 2014 e 2015 (tab.5). Le sommatorie termiche rilevate in termini di GDD4, GDD7, GDD10 (tabb.3, 4, 5), non hanno spiegato la data di maturazione, in quanto quest'ultima è probabilmente influenzata dal diverso livello di valutazione della maturazione raggiunta dai grappoli.

Tab.3 - *Growing Degree Days* (GDD) in base 4 nell'intervallo fenologico invaiatura-raccolta nei due anni di osservazione

anno	GDD4 data germogliamento	GDD4 data fioritura	GDD4 data invaiatura	GDD4 data raccolta
2014	195,3	894,7	1866,5	2920,9
2015	120,7	936,7	1938,6	2668,4
Δ GDD 4	74,6	-41,9	-72,1	252,5

Tab.4 - *Growing Degree Days* (GDD) in base 7 nell'intervallo fenologico invaiatura-raccolta nei due anni di osservazione

anno	GDD7 data germogliamento	GDD7 data fioritura	GDD7 data invaiatura	GDD7 data raccolta
2014	159,3	708,9	1497,5	2395,9
2015	84,7	702,7	1536,6	2161,4
Δ GDD 7	74,6	6,1	-39,1	234,5

Tab.5 - *Growing Degree Days* (GDD) in base 10 nell'intervallo fenologico invaiatura-raccolta nei due anni di osservazione

anno	GDD10 data germogliamento	GDD10 data fioritura	GDD10 data invaiatura	GDD10 data raccolta
2014	123,3	522,9	1128,5	1870,9
2015	48,7	468,7	1134,6	1654,4
Δ GDD 10	74,6	54,1	6,1	216,5

Per quanto sopra detto, sono emerse differenze significative nei due anni per quanto riguarda la durata degli intervalli fenologici. In particolare, la durata dell'intervallo germogliamento-

fioritura è stata di 51 giorni nel 2014 e di 67 giorni nel 2015. In questo intervallo, l'apporto energetico per unità di superficie (Irraggiamento E_r), misurato in termini di SRD (Solar Radiation Dose), non ha mostrato differenze statisticamente significative tra gli anni ed ha assunto valori di $130.877 \text{ Watt m}^{-2}$ per il 2014 e di $137.403 \text{ Watt m}^{-2}$ per il 2015, con una differenza del 5% circa. I livelli di energia forniti alla serra hanno, invece, mostrato differenze significative negli anni in termini di potenza (Irraggiamento/tempo). Considerando, infatti, la diversa durata del suddetto intervallo nei due anni, le potenze di irraggiamento sono state di $2.617 \text{ Watt m}^{-2} \text{ g}^{-1}$ per il 2014 e di $2.081 \text{ Watt m}^{-2} \text{ g}^{-1}$ per il 2015, con una differenza relativa tra gli anni del 20% circa di potenza media giornaliera in più nel 2014. In termini di valori statistici, il 2014 ha manifestato valori di SRD medi orari pari a $238,9 \text{ Watt m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ per il 2014 e di $190,9 \text{ Watt m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ per il 2015, con ampiezze medie (scarto tra valore massimo e minimo) nell'intervallo fenologico germogliamento-fioritura pari rispettivamente a $477 \text{ Watt m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ e $416 \text{ Watt m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Il maggiore flusso energetico verificatosi nel 2014, concorre a spiegare la riduzione della durata temporale della fase fenologica germogliamento-fioritura che si è comunque compiuta, in entrambi gli anni, quando è stato raggiunto il livello energetico "soglia" pari a circa $130.000 \text{ Watt m}^{-2}$.

In termini di temperature e in relazione alla durata dell'intervallo fenologico germogliamento-fioritura nei due anni di osservazione, i valori di sommatoria termica sono stati di 881°C per il 2014 e di 1072°C per il 2015. Rapportando le sommatorie termiche alle rispettive durate dell'intervallo fenologico nei due anni (51 e 67 giorni rispettivamente per il 2014 e per il 2015), le temperature medie giornaliere assumo valori di 17°C e 16°C evidenziando come il 2014 sia stata un'annata più calda rispetto al 2015. Tale affermazione è confermata dal confronto tra le medie delle temperature nelle ore diurne (con $\text{SRD} \neq 0$) e di quelle notturne (con $\text{SRD} = 0$). I valori assunti dalle medie di temperatura diurna sono stati di 13 e 11°C rispettivamente per il 2014 e 2015, mentre i dati di temperatura media notturna sono stati di 24 e 23°C rispettivamente per il 2014 e 2015 (tab.6).

Tab.6 - Media delle temperature ($^\circ\text{C}$) diurne e notturne nei due anni nell'intervallo fenologico germogliamento-fioritura

GERMOGLIAMENTO-FIORITURA	2014	2015	Δ (%)
Temperature diurne ($^\circ\text{C}$)	24	23	4
Temperature notturne ($^\circ\text{C}$)	13	11	15

Le medie delle temperature medie sono state di $17,9^\circ\text{C}$ per il 2014 e di $16,4^\circ\text{C}$ per il 2015, con scarto medio tra valori massimi e minimi di circa 23°C per entrambi gli anni. L'apporto

energetico maggiore del 2015, oltre a non aver determinato come evidenziato sopra, maggiori effetti termici, non ha avuto effetti significativi sulla radiazione solare fotosinteticamente attiva (PAR). Infatti la sommatoria della PAR nell'intervallo 600-700 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, quota della PAR nella quale è maggiore il tasso di crescita dell'attività fotosintetica, è stata di 38.655 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ per il 2014 e di 24.163 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ per il 2015, con una differenza percentuale significativa e pari a circa il 16% in più per l'anno 2014 rispetto al 2015. La maggiore quota radiativa dell'anno 2015 è stata assorbita dalla PAR nell'intervallo maggiore al valore di 1.200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, limite di "saturazione" del sistema fotosintetico per la vite [20].

Infatti la sommatoria della PAR maggiore di 1.200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ è stata di 9.391 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ per il 2014 e di 26.062 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ per il 2015 con un incremento percentuale del 177% circa. In termini di Deficit di Pressione di Vapore (Vapor Pressure Deficit VPD), i due anni di osservazione hanno mostrato valori diversi espressi in termini di numero di ore con presenza di $\text{VPD} > 2$ KPa, soglia al disopra della quale si manifesta una condizione di forte richiesta traspirativa alle piante dall'ambiente; in particolare in termini assoluti, i valori sono stati di 168 ore nel 2014 e 185 ore nel 2015, con una differenza percentuale rispetto al 2014 del 10% circa (tab.7), mentre in termini di ore per giorno dell'intervallo, i valori sono stati rispettivamente di 3,29 nel 2014 e 2,66 nel 2015.

Tab.7 - Parametri climatici nell'intervallo fenologico germogliamento-fioritura nei due anni di osservazione

GERMOGLIAMENTO-FIORITURA	2014	2015	Δ (%)
Sommatoria SRD	130877	137403	5
Sommatoria SRD/GIORNO	2617,0	20181,0	
Media SRD Medie	238,9	190,9	
Sommatoria temp.	881	1072	
media temp medie	18,0	16,4	23
Sommatoria 600 < PAR < 700	38655	24163	16
Sommatoria PAR > 1200	9391	26062	177
n° ore $\text{VPD} > 2$	168	185	10

Durante l'intervallo fioritura-invaiaatura, invece, l'irraggiamento, misurato in termini di SRD (Solar Radiation Dose), ha mostrato differenze statisticamente significative tra gli anni ed ha assunto valori di 183.214 Watt m^{-2} per il 2014 e di 276.288 Watt m^{-2} per il 2015, con una differenza del 50% circa. In termini di potenza (Irraggiamento/tempo), con durate della fase di fioritura-invaiaatura pari a 60 giorni nel 2014 e 55 giorni nel 2015, i valori assunti sono stati di 3.003 Watt $\text{m}^{-2}\text{g}^{-1}$ per il 2014 e di 4.933 Watt $\text{m}^{-2}\text{g}^{-1}$ per il 2015, con una differenza

relativa tra gli anni del 64% circa di potenza media giornaliera in più nel 2015. La durata della fase di germogliamento è stata inferiore nel 2015, in linea con i maggiori apporti energetici del 2015, ma i dati non hanno mostrato una corrispondenza nei valori limite di soglia energetica come per la fase fenologica precedente (germogliamento-invaiaitura). I valori statistici della grandezza SRD sono stati di 234,4 Watt m⁻² h⁻¹ per il 2014 e di 371,2 Watt m⁻² h⁻¹ per il 2015, con ampiezze medie (scarto tra valore massimo e minimo) nell'intervallo fenologico fioritura-invaiaitura rispettivamente di 471,5 Watt m⁻² h⁻¹ e 740,2 Watt m⁻² h⁻¹. In termini di temperature, i valori di sommatoria termica sono stati simili e pari a 1.132°C per il 2014 e di 1.128°C per il 2015. Il valore medio delle temperature medie è stato di 19,9°C per il 2014 e di 21,8°C per il 2015, con uno scarto medio tra valori massimi e minimi di circa 23 e 25 °C rispettivamente nel 2014 e 2015. L'apporto energetico maggiore del 2015, pur avendo determinato maggiori effetti termici, non ha influenzato i livelli di radiazione solare fotosinteticamente attiva (PAR), confermando quanto rilevato per la stessa grandezza nel periodo germogliamento-fioritura. Infatti la sommatoria della PAR nell'intervallo 600-700 µm m⁻²s⁻¹ è stata di 29.459 µmol m⁻² s⁻¹ nel 2014 e di 28.079 µmol m⁻² s⁻¹ nel 2015, con una differenza percentuale non statisticamente significativa e pari a circa il 5% in più nell'anno 2014 rispetto al 2015. Come per l'intervallo fenologico germogliamento-fioritura, l'eccesso radiativo dell'anno 2015 è stato assorbito dalla PAR nell'intervallo maggiore di 1.200 µm m⁻² s⁻¹, ossia oltre il livello di saturazione del fotosistema. Infatti la sommatoria della PAR maggiore di 1.200 µmol m⁻²s⁻¹ è stata di 69.553 µmol m⁻² s⁻¹ per il 2014 e di 264.748 µmol m⁻² s⁻¹ per il 2015, con un incremento percentuale del 280% circa. In termini di Deficit di Pressione di Vapore (Vapor Pressure Deficit VPD), i due anni di osservazione hanno mostrato un numero di ore con VPD>2 KPa di 346 ore per il 2014 e 405 ore per il 2015, con una differenza percentuale rispetto al 2014 del 36% circa (tab.8).

Tab.8 - Parametri climatici nell'intervallo fenologico fioritura-invaiaitura nei due anni di osservazione

FIORITURA-INVAIATURA	2014	2015	Δ (%)
Sommatoria SRD	183214	276288	50
Sommatoria SRD/GIORNO	3003	4933	64
Media SRD Medie	234,4	371,2	
Sommatoria temp.	1132	1128	
media temp medie	19,9	21,8	
Sommatoria 600 < PAR < 700	29459	28079	5
Sommatoria PAR > 1200	69553	264748	280
n° ore VPD > 2	346	405	16

L'intervallo fenologico invaiatura-raccolta è stato caratterizzato da un irraggiamento (SRD), nei due anni di osservazione, di 1.115.285 Watt m⁻² per il 2014 e di 541.462 Watt m⁻² per il 2015, con una differenza del 51% circa. I livelli di energia forniti alla serra hanno, invece, mostrato differenze significative negli anni in termini di potenza (Irraggiamento/tempo). Considerando, infatti, la durata del periodo fenologico invaiatura-raccolta, che è stata di 52 giorni nel 2014 e di 35 giorni nel 2015, le rispettive potenze di irraggiamento sono state di 21.447 Watt m⁻² g⁻¹ nel 2014 e di 15.470 Watt m⁻² g⁻¹ nel 2015, con una differenza relativa tra gli anni del 28% in più nel 2014 per quanto riguarda la potenza media giornaliera. In termini di valori statistici, il 2014 ha manifestato valori di SRD medi orari pari a 114,7 Watt m⁻² h⁻¹ nel 2014 e di 276,7 Watt m⁻² h⁻¹ nel 2015, con ampiezze medie (scarto tra valore massimo e minimo) nell'intervallo fenologico germogliamento-fioritura rispettivamente di 221 Watt m⁻² h⁻¹ e 640 Watt m⁻² h⁻¹. In termini di temperature, i valori di sommatoria termica sono stati di 1.648°C per il 2014 e di 1.484°C per il 2015, rilevando un effetto opposto rispetto al dato d'irraggiamento. Le medie delle temperature medie sono state di 24°C per il 2014 e di 24,8°C per il 2015, con scarto medio tra valori massimi e minimi di circa 18°C per il 2014 e di 20°C per il 2015. In contrapposizione alle precedenti fasi fenologiche, nell'intervallo fenologico invaiatura-raccolta l'apporto energetico è stato maggiore nel 2014 ed ha determinato maggiori effetti termici ma, all'opposto, non ha determinato maggiori effetti sulla radiazione solare fotosinteticamente attiva (PAR). Infatti la sommatoria della PAR nell'intervallo 600-700 µmol m⁻²s⁻¹, quota della PAR nella quale è maggiore il tasso di crescita dell'attività fotosintetica, è stata di 3.901 µmol m⁻²s⁻¹ per il 2014 e di 14.776 µmol m⁻²s⁻¹ per il 2015 con una differenza percentuale statisticamente significativa e pari a circa il 279% in più nell'anno 2014 rispetto al 2015. Il 2014, pur mostrando livelli radiativi maggiori, non ha manifestato eccessi radiativi; la sommatoria della PAR nell'intervallo maggiore di 1.200 µmol m⁻²s⁻¹ è stata nulla, mentre gran parte della radiazione PAR del 2015 è stata "persa" con sommatoria dei valori di PAR maggiori di 1.200 µmol m⁻²s⁻¹, pari a 102.834 µmol m⁻²s⁻¹. In termini di Deficit di Pressione di Vapore (Vapor Pressure Deficit VPD), i due anni di osservazione hanno mostrato valori opposti di numero di ore con presenza di VPD>2 KPa ed in particolare 336 ore il 2014 e 214 ore per il 2015, con una differenza percentuale rispetto al 2014 del 36% circa (tab.9).

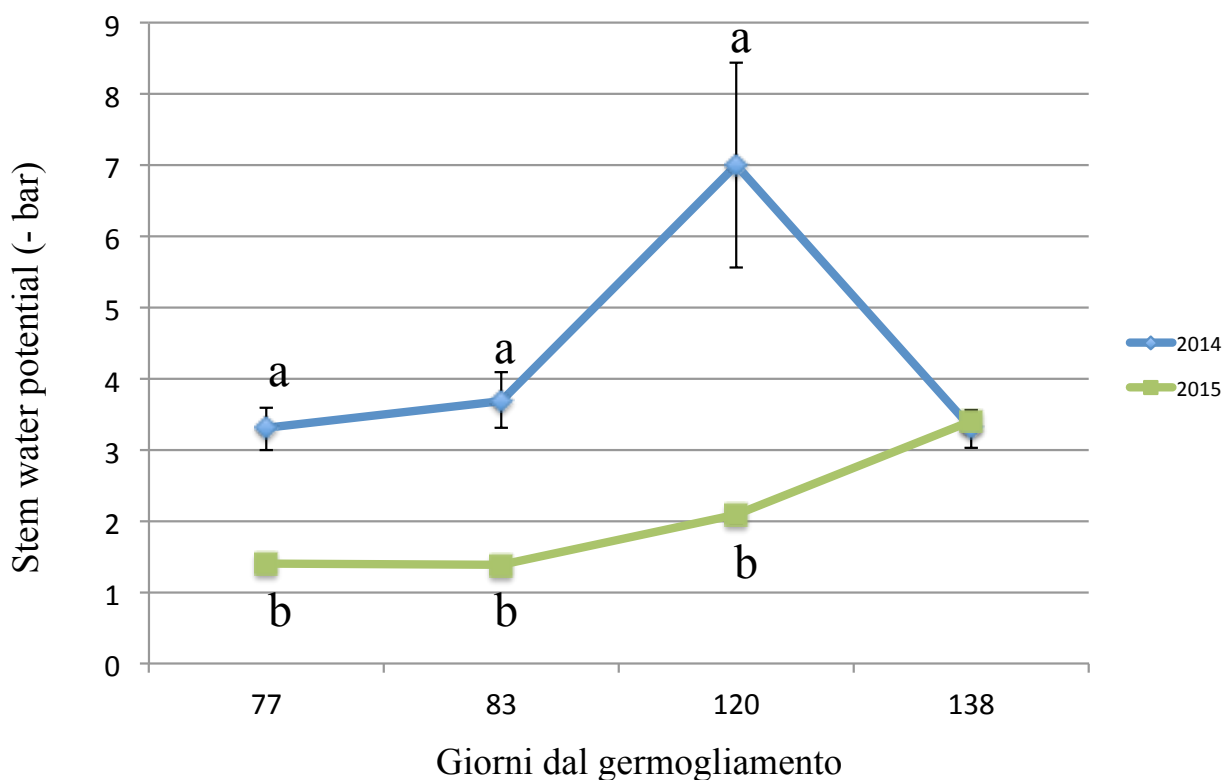
Tab.9 - Parametri climatici nell'intervallo fenologico invaiatura-raccolta nei due anni di osservazione

INVAIATURA-RACCOLTA	2014	2015	Δ (%)
Sommatoria SRD	1115285	541462	51
Sommatoria SRD/GIORNO	21447	15470	28
Media SRD Medie	114,7	276,7	
Sommatoria temp.	1648	1484	
media temp medie	24,2	24,8	
Sommatoria 600 < PAR < 700	3901	14776	279
Sommatoria PAR > 1200	0,0	102834	
n° ore VPD > 2	336	214	36

3.4.3 Parametri eco-fisiologici

In entrambi gli anni, le piante della cultivar “Vittoria”, allevate in fuori suolo, non hanno raggiunto valori di potenziali Stem tali da mostrare condizioni di stress idrico. I valori nel 2015 sono stati meno negativi (da -1,5 a -3,5 MPa) di quelli del 2014 (da -3,5 a -7,0 MPa), con differenze statisticamente significative per tutte le date ad eccezione dell'ultimo rilievo (fig.1).

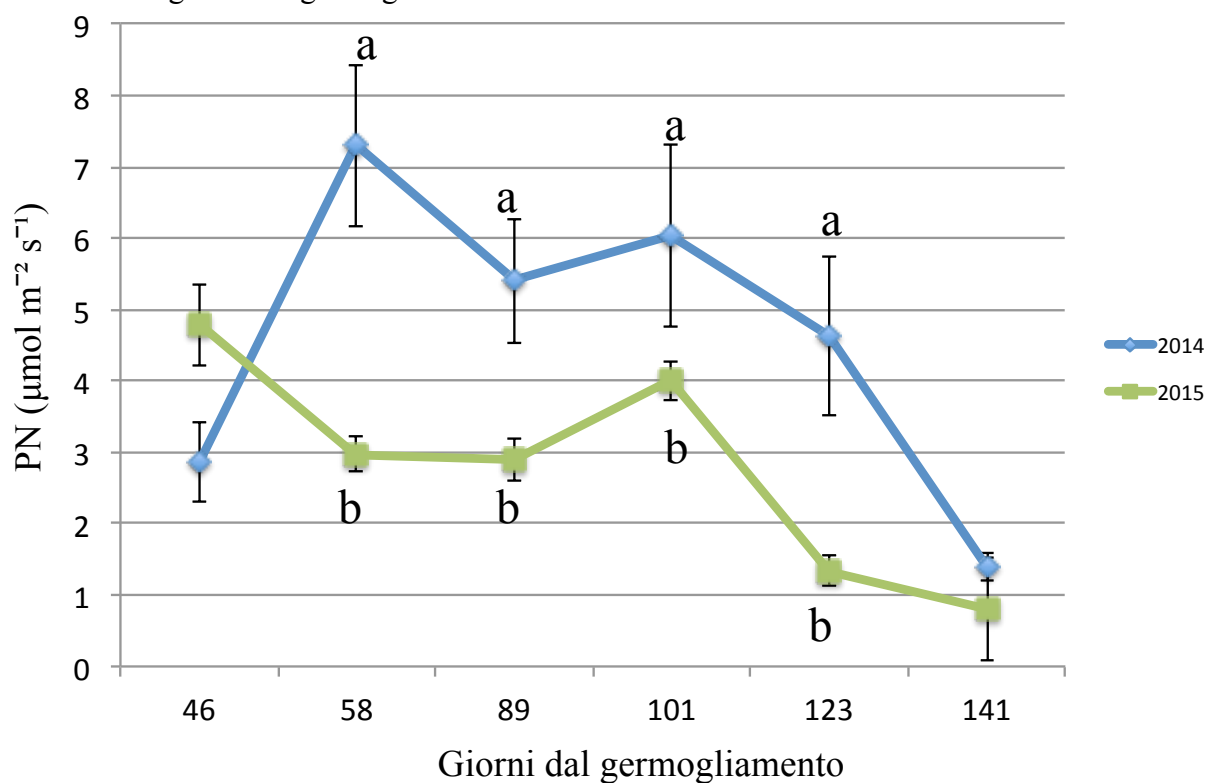
Fig.1 – Andamento del potenziale fogliare STEM nei due anni di osservazione, a 77, 83, 120 e 138 giorni dal germogliamento



Questo è da attribuire alle diverse condizioni climatiche della serra nei due anni, ma anche ai diversi rapporti vegeto-produttivi, come la maggiore produzione di uva (3,1 kg e 2,2 kg rispettivamente nel 2014 e nel 2015), e la superficie fogliare a pianta (60706,8 cm² nel 2014 e 54360,0 cm² nel 2015) (tabb.1, 2, 21, 16).

Le piante nel 2014 hanno fatto registrare tassi fotosintetici più elevati rispetto a quelli del 2015; al 58° giorno dal germogliamento è stata registrata la maggiore differenza (7,3 e 3,0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ rispettivamente nel 2014 e nel 2015), con uno scarto del 213%. Nell'ultima data di rilievo (141° giorno dal germogliamento) è stata invece registrata la minore differenza tra i due anni (1,4 e 0,8 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ rispettivamente nel 2014 e nel 2015), con differenze peraltro non statisticamente significative, nonostante uno scarto del 98% (fig. 2).

Fig.2 - Andamento della fotosintesi netta (PN) nei due anni di osservazione, a 46, 58, 89, 101, 123 e 141 giorni dal germogliamento



La traspirazione e la conduttanza stomatica hanno avuto andamento simile a quello della fotosintesi netta (figg. 3 e 4).

Fig.3 - Andamento della conduttanza stomatica (g_s) nei due anni di osservazione, a 46, 58, 89, 101, 123 e 141 giorni dal germogliamento

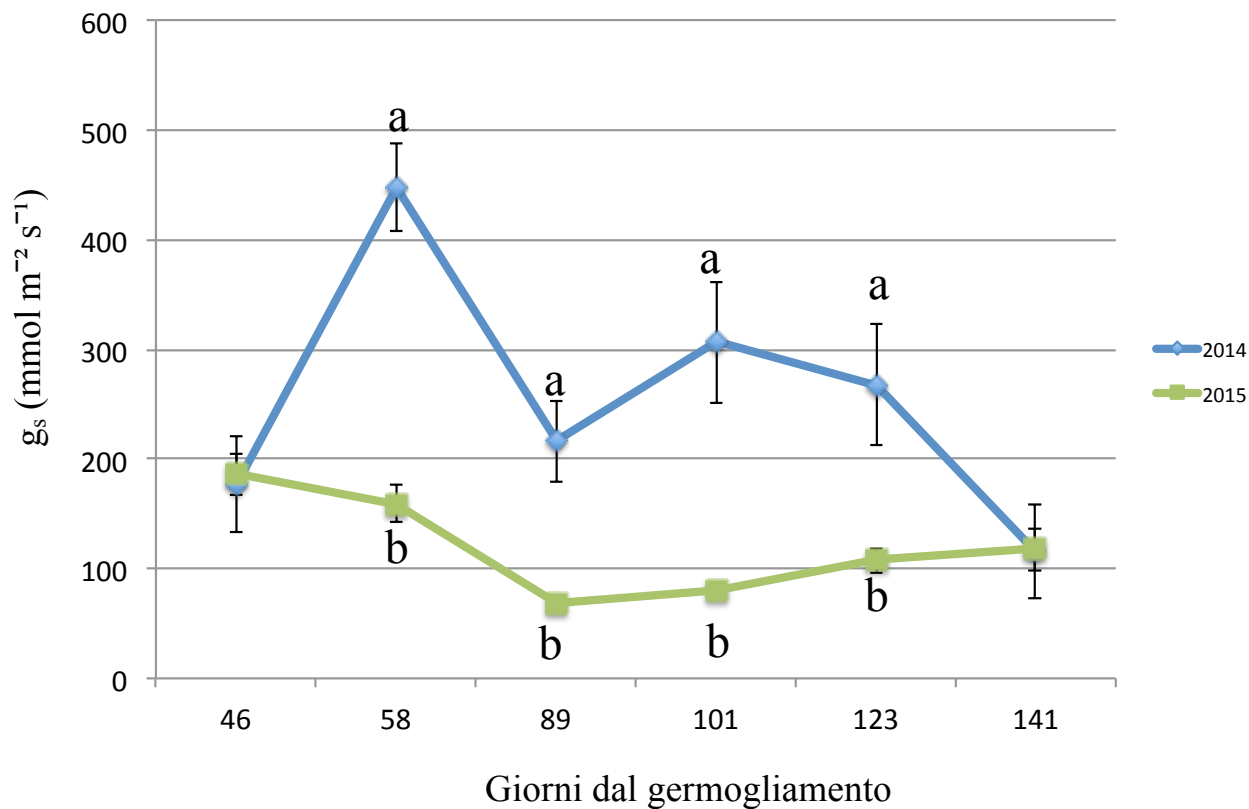
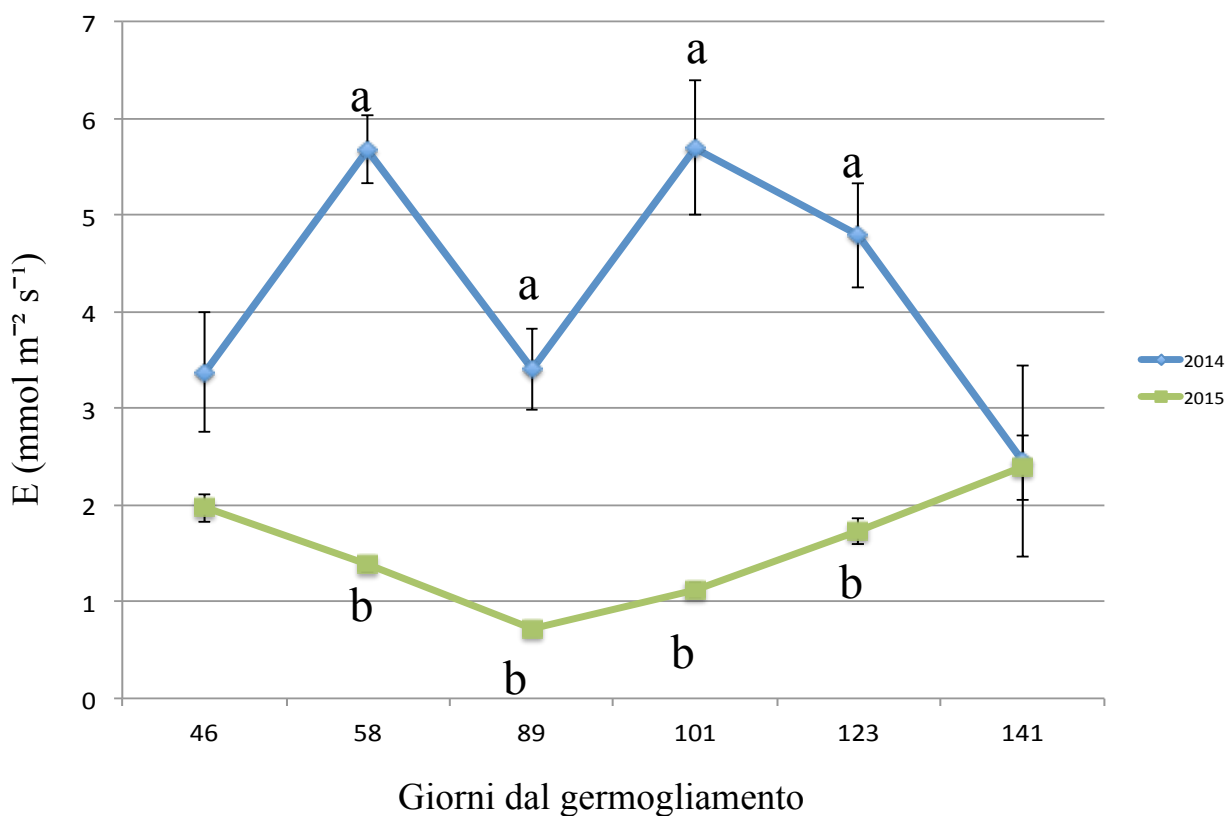
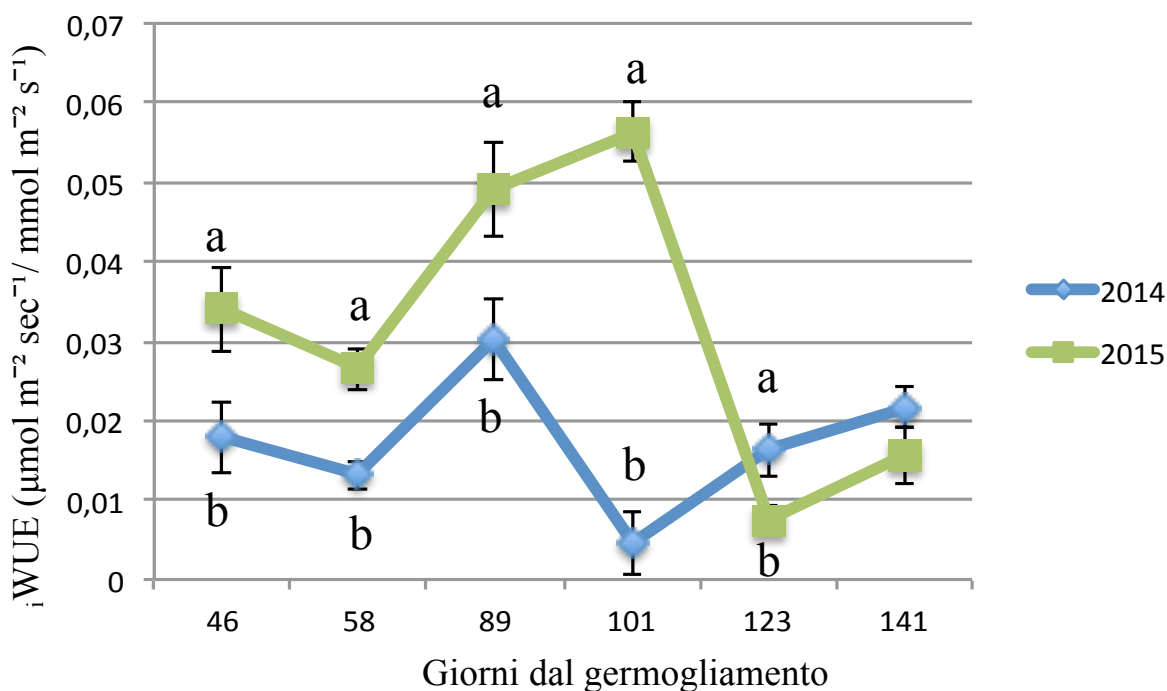


Fig.4 - Andamento della traspirazione (E) nei due anni di osservazione, a 46, 58, 89, 101, 123 e 141 giorni dal germogliamento



In particolare, la conduttanza stomatica nel 2014 è stata superiore rispetto al 2015 in tutti i rilievi eccetto che al 46° (177 e 185 mmol m⁻² sec⁻¹ rispettivamente nel 2014 e nel 2015) e al 141° giorno dal germogliamento (116 e 117 mmol m⁻² sec⁻¹ rispettivamente nel 2014 e nel 2015). La traspirazione ha fatto registrare valori simili in entrambi gli anni soltanto al 141° giorno dal germogliamento (2,46 e 2,39 mmol m⁻² sec⁻¹ rispettivamente nel 2014 e nel 2015). La figura 5 mostra l'andamento stagionale dell'efficienza dell'uso dell'acqua (iWUE) nei due anni di rilievi. Come si evince, tra gli anni, sono state registrate differenze statisticamente significative fino al 123° giorno dal germogliamento. Nell'anno 2015 i valori sono stati costantemente maggiori rispetto al 2014 eccetto che al 123° giorno dal germogliamento. Probabilmente la maggiore efficienza dell'uso dell'acqua, registrata nel 2015, è correlata alla più bassa conduttanza stomatica registrata lo stesso anno.

Fig.5 - Andamento dell'efficienza dell'uso dell'acqua (iWUE) nei due anni di osservazione, a 46, 58, 89, 101, 123 e 141 giorni dal germogliamento



3.4.4 Parametri vegetativi

L'analisi della varianza evidenzia l'effetto significativo dei fattori anno e posizione del germoglio sul capo a frutto sulle variabili lunghezza e superficie fogliare del germoglio. L'effetto posizione del germoglio è stato quindi analizzato singolarmente per ogni anno (2014 e 2015) (tab.10).

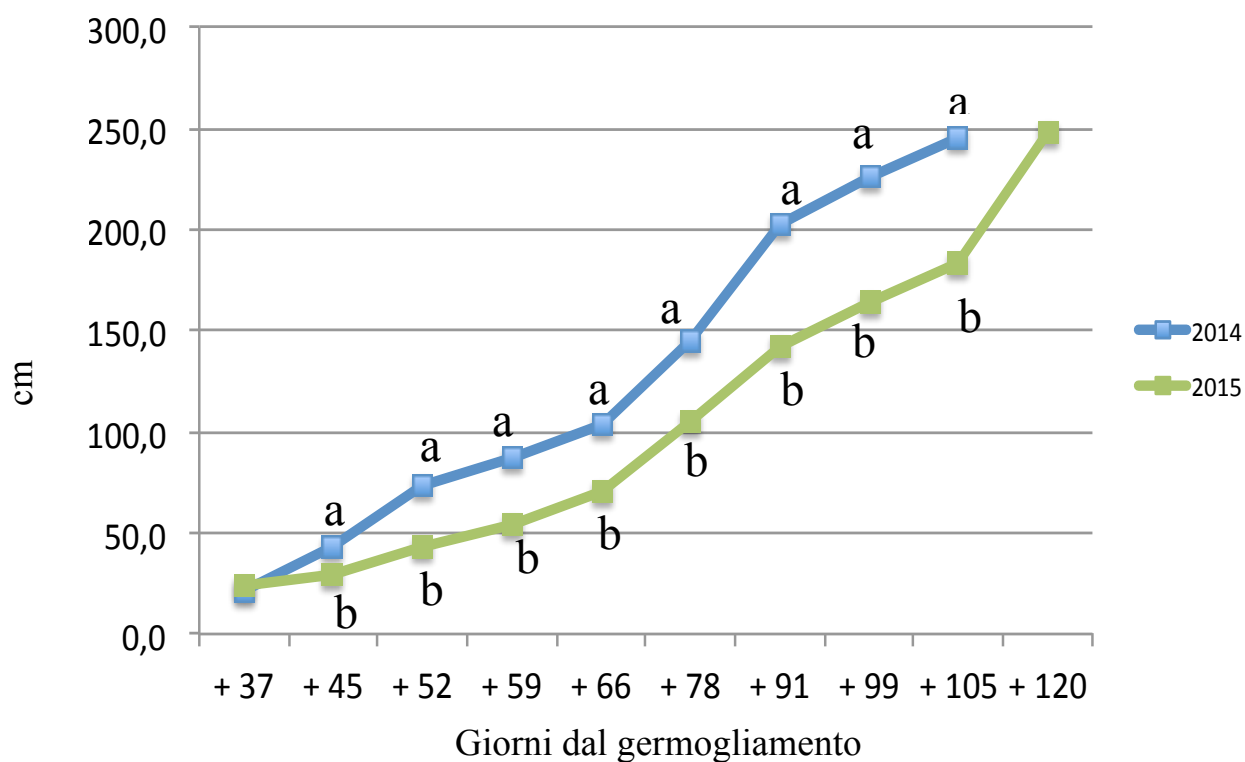
Tab.10 – Analisi della varianza per la variabile lunghezza dell'asse (cm)

	GIORNI DAL GERMOGLIAMENTO								
	+ 37	+ 45	+ 52	+ 59	+ 66	+ 78	+ 91	+ 99	+ 105
ANNO	n.s.	*	*	*	**	**	**	**	**
POSIZIONE	n.s.	n.s.	*	*	*	*	*	**	**
A x P	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

L'accrescimento del germoglio medio nei due anni di osservazione segue il normale andamento di crescita. La lunghezza massima dell'asse (circa 250 cm) è stata raggiunta all'inviatura in entrambi gli anni, ma con ritmi di crescita diversi.

Nel 2014, anno più tardivo per data di germogliamento, l'asse del germoglio ha mostrato ritmi di crescita più elevati, raggiungendo 15 giorni prima la lunghezza massima (fig.6).

Fig.6 - Accrescimento (cm) del germoglio medio



I germogli della porzione basale, mediana e apicale hanno avuto gli stessi andamenti del germoglio medio presentando, pertanto, valori significativamente superiori nel 2014 rispetto al 2015, confermando la maggiore capacità di crescita nel primo anno di osservazione. La lunghezza dei germogli dei tratti apicali e mediani è stata superiore a quella dei germogli del tratto basale, soprattutto nel secondo anno (figg 7, 8, 9).

Fig.7 - Accrescimento (cm) del germoglio del tratto basale

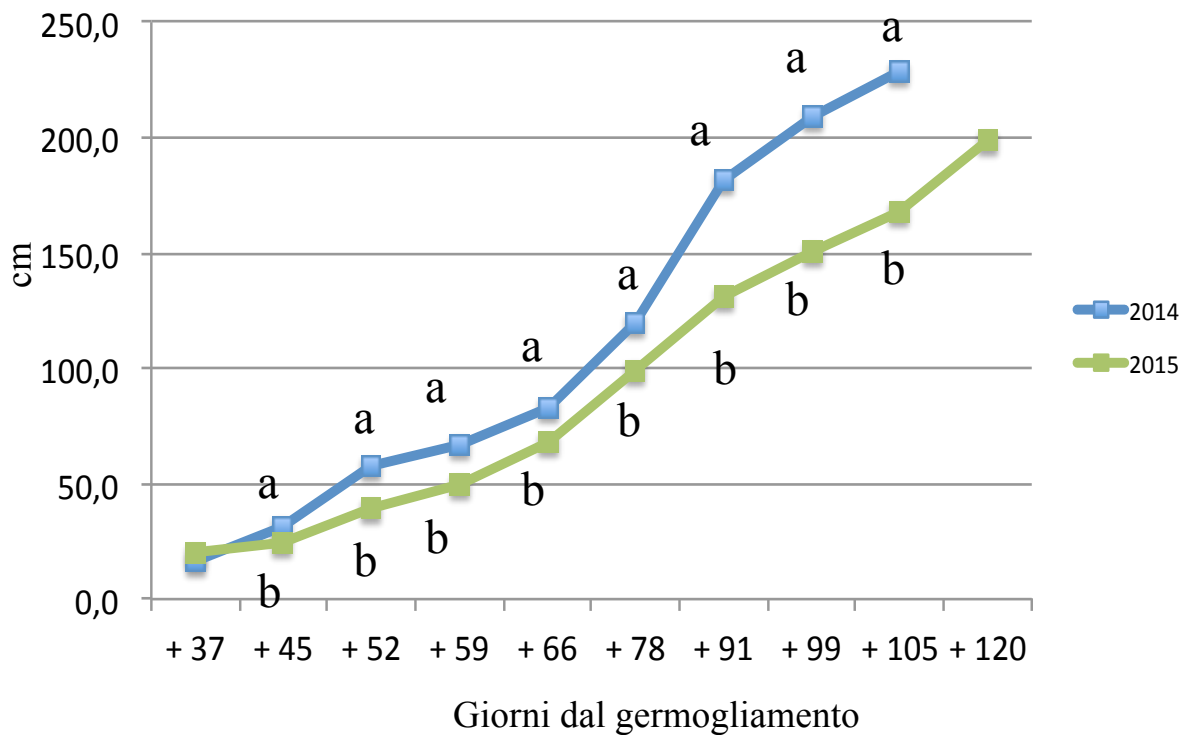


Fig.8 - Accrescimento (cm) del germoglio del tratto mediano

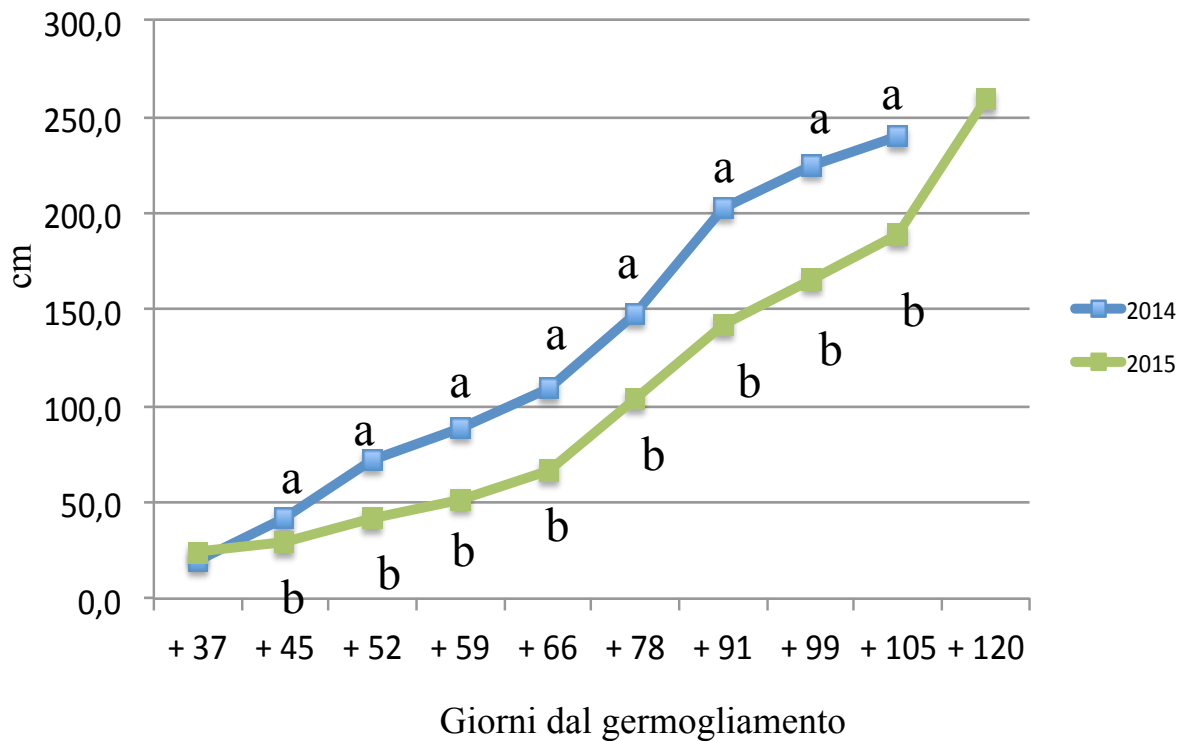
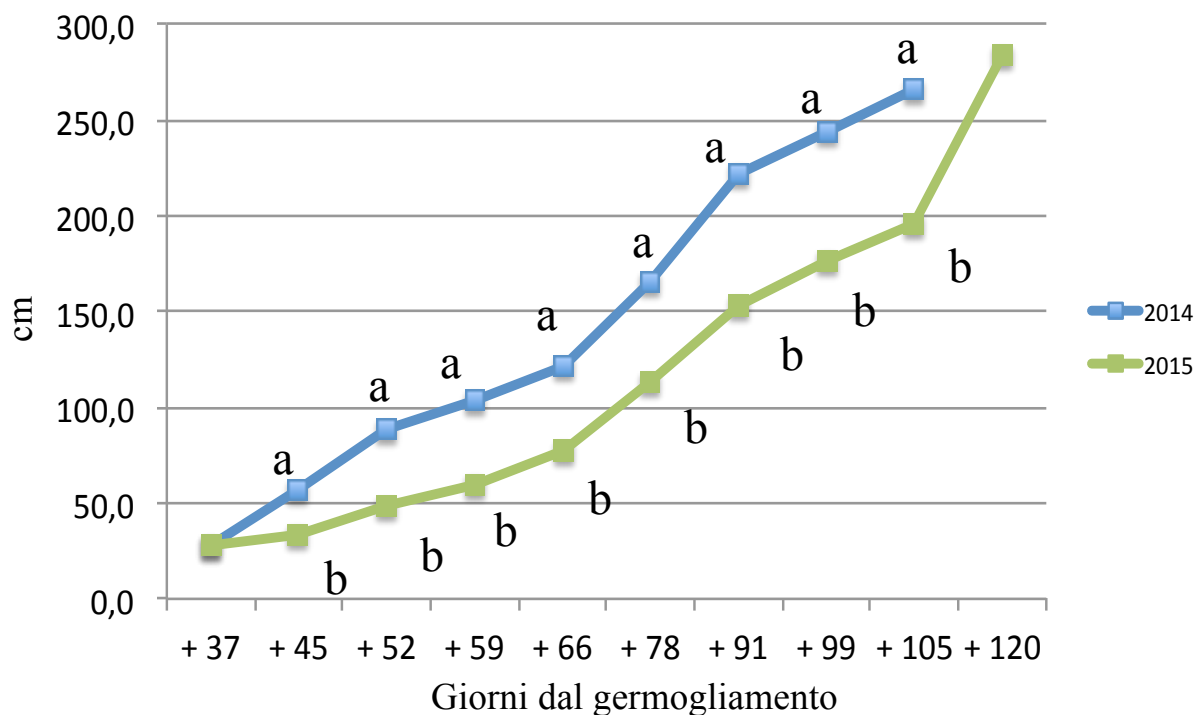


Fig.9 - Accrescimento (cm) del germoglio del tratto apicale



Commentando i dati per singolo anno, emerge che nel 2014 in fioritura (rilievo + 51 giorni dal germogliamento), si è registrato un maggiore sviluppo dei germogli apicali rispetto a quelli basali e mediani con differenze rispettivamente del 68% e del 16% (figg. 10 e 11) ed una maggiore superficie fogliare dovuta soprattutto alle femminelle, con differenze statisticamente significative rispettivamente del 168% e del 66% (tab.14).

Fig.10 – Accrescimento dei germogli di diversa posizione nel 2014

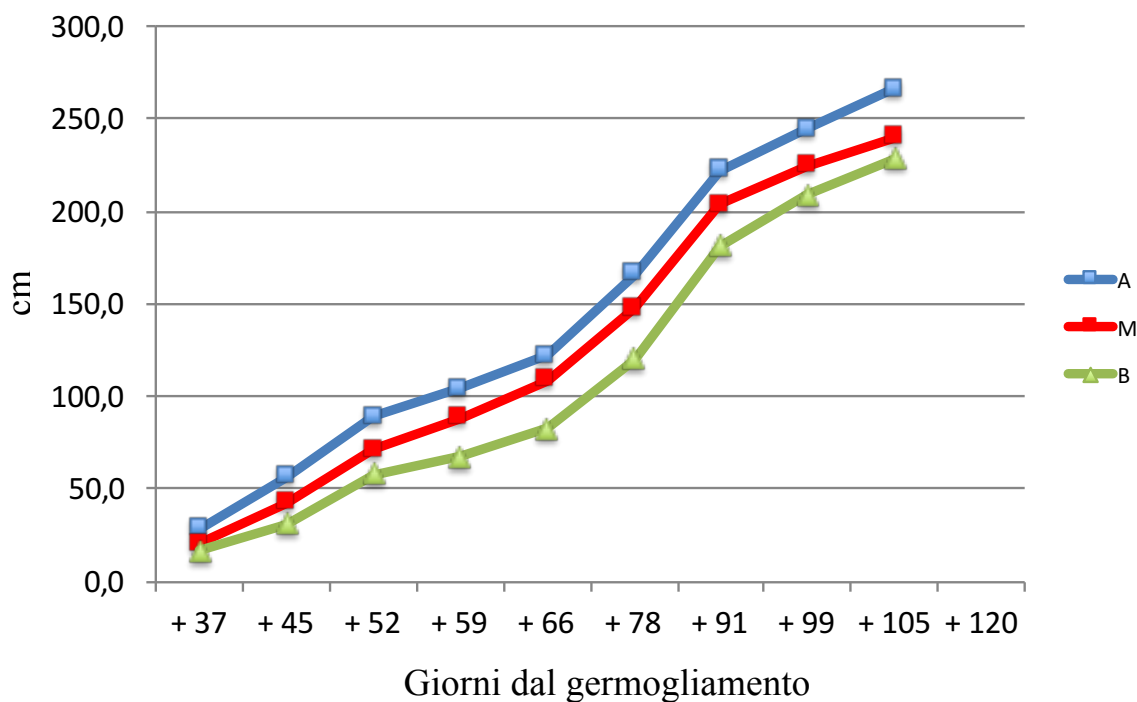
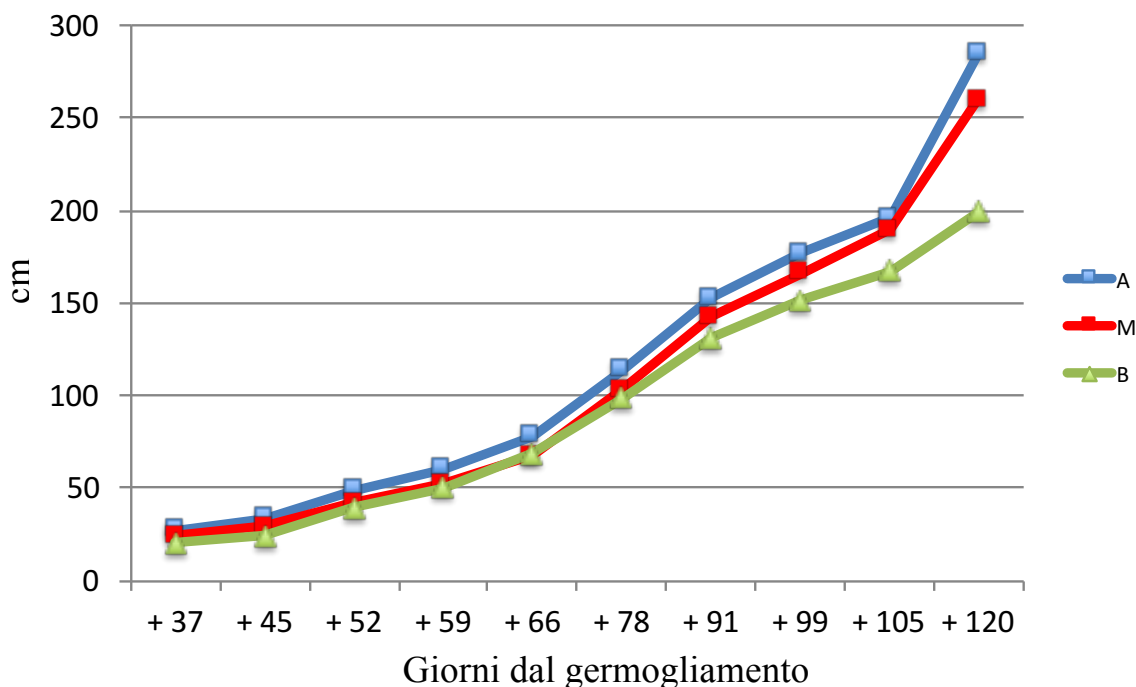


Fig. 11 - Accrescimento dei germogli di diversa posizione nel 2015



Ciò nonostante, i valori maggiori di superficie fogliare si continuano a riscontrare nei germogli apicali, con differenze del 56% e del 30% rispetto a quelli basali e mediani (tab.11).

Tab.11 - Superficie fogliare/germoglio (cm²) nelle diverse fasi fenologiche e posizioni sul capo a frutto nel 2014

	<i>FIORITURA</i>			<i>INVAIATURA</i>			<i>RACCOLTA</i>		
	<i>ASSE</i>	<i>FEMM</i>	<i>TOT</i>	<i>ASSE</i>	<i>FEMM</i>	<i>TOT</i>	<i>ASSE</i>	<i>FEMM</i>	<i>TOT</i>
BASALE	1191,3 b	391,8 c	1583,1 c	2556,1 b	2180,3 b	4736,4 b	2104,7 b	5084,9 c	7189,6 c
MEDIANO	1659,7 a	633,1 b	2292,8 b	2761,6 b	1101,1 c	3862,7 c	4732,8 a	6745,5 b	11478,3 b
APICALE	1608,1 a	1051,5 a	2659,6 a	3986,9 a	4443,3 a	8430,2 a	2487,4 b	13869,0 a	16357,4 a

La superficie fogliare è, infatti, aumentata nell'intervallo germogliamento-fioritura di 31, 45 e 52 cm²/giorno rispettivamente nei germogli di posizione basale, mediana ed apicale. Nell'intervallo fenologico fioritura-invaiatura, la crescita maggiore per giorno si ha nei germogli apicali (96 cm²/giorno), seguiti da quelli in posizione basale (53 cm²/giorno) e mediana (26 cm²/giorno).

La superficie fogliare, nell'intervallo invaiatura-raccolta, ha avuto un incremento giornaliero di 46, 143 e 150 cm²/giorno rispettivamente nei germogli di posizione basale, mediana e apicale (tab.12). È opportuno evidenziare come gli andamenti della superficie fogliare, dopo la

fioritura, vadano interpretati considerando l'influenza degli interventi in verde e della filloptosi.

Tab.12 - Superficie fogliare per germoglio (cm²/giorno) per le diverse posizioni sul capo a frutto e intervalli fenologici nel 2014

	G-F			F-I			I-R			G-R		
	ASSE	FEMM	TOT	ASSE	FEMM	TOT	ASSE	FEMM	TOT	ASSE	FEMM	TOT
BASALE	23	8	31	23	30	53	- 9	55	46	13	31	44
MEDIANO	33	12	45	18	8	26	37	106	143	29	41	70
APICALE	32	20	52	39	57	96	- 28	178	150	15	85	100

Alla raccolta l'incidenza dell'asse è stata del 29,3%, 41,2% e 15,2% rispettivamente nei germogli in posizione basale, mediana e apicale (tab.13).

Tab.13 - Incidenza dell'asse (%) nei due anni, nelle diverse fasi fenologiche e posizioni sul capo a frutto

	<i>FIORITURA</i>		<i>INVAIATURA</i>		<i>RACCOLTA</i>	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015
BASALE	75,3	75,9	54	46	29,3	12,3
MEDIANO	72,4	76,9	71,5	45,7	41,2	23,3
APICALE	60,5	68,2	47,3	37	15,2	9,5

Anche nel 2015 i germogli della porzione basale, mediana e apicale, hanno seguito gli stessi andamenti del germoglio medio per tutti gli intervalli di rilievo, presentando però, come detto, valori di lunghezza dell'asse significativamente inferiori rispetto al 2014 (figg. 6, 10, 11).

Nel 2015, in fioritura, i germogli apicali presentavano una maggiore superficie fogliare rispetto a quelli mediani e basali con differenze del 9% e del 13%. Le differenze tra i valori del tratto apicale e basale sono risultati statisticamente significative. Nello specifico la superficie fogliare dell'asse è risultata maggiore nel tratto mediano con differenze statisticamente significative rispetto alle altre due porzioni, mentre in termini di superficie fogliare delle femminelle, valori più elevati si sono riscontrati nel tratto apicale, valori simili nelle altre due porzioni e le differenze statisticamente significative. All'invaiaitura i germogli in posizione apicale presentavano la minore superficie dell'asse (2834,4 cm²) ma la maggiore superficie in termini di femminelle (4823,9 cm²). Le femminelle di questi germogli erano anche le più rappresentate alla raccolta (12483,6 cm²) (tab.14).

Tab.14 - Superficie fogliare/germoglio (cm²) nelle diverse fasi fenologiche e posizioni sul capo a frutto nel 2015

	<i>FIORITURA</i>			<i>INVAIATURA</i>			<i>RACCOLTA</i>		
	<i>ASSE</i>	<i>FEMM</i>	<i>TOT</i>	<i>ASSE</i>	<i>FEMM</i>	<i>TOT</i>	<i>ASSE</i>	<i>FEMM</i>	<i>TOT</i>
BASALE	1340,9 b	426,5 b	1767,4 b	3297,6 ab	3869,7 b	7167,3 c	1345,7 a	9591,1 b	10936,8 b
MEDIANO	1644,2 a	493,8 b	2138,0 a	3751,9 a	4455,3 ab	8207,2 a	1114,5 b	3664,3 c	4778,8 c
APICALE	1443,1 b	673,5 a	2116,6 a	2834,4 b	4823,9 a	7658,3 b	1306,1 a	12483,6 a	13789,7 a

La superficie fogliare nel 2015 è aumentata, nell'intervallo germogliamento-fioritura, di 26, 32 e 32 cm²/giorno rispettivamente nei germogli di posizione basale, mediana ed apicale (tab.15).

Tab.15 - Superficie fogliare per germoglio (cm²/giorno) per le diverse posizioni sul capo a frutto e intervalli fenologici nel 2015

	G-F			F-I			I-R			G-R		
	ASSE	FEMM	TOT	ASSE	FEMM	TOT	ASSE	FEMM	TOT	ASSE	FEMM	TOT
BASALE	20	6	26	36	63	99	- 56	163	107	9	61	70
MEDIANO	25	7	32	38	72	110	- 75	- 23	- 98	7	23	30
APICALE	22	10	32	25	75	100	- 44	219	175	8	80	88

Nel 2015 gli incrementi totali maggiori si sono avuti nell'intervallo fioritura-invaiatura, con valori di circa 100 cm² al giorno, mentre alla raccolta, per quanto riguarda la superficie fogliare dell'asse, si è riscontrata una riduzione della superficie fogliare dell'asse a causa di fenomeni di filloptosi e di defogliazione; per le femminelle, nei germogli basali ed apicali, si sono avuti incrementi giornalieri nell'intervallo invaiatura-raccolta di 163 e 219 cm² rispettivamente (tab.15). Alla raccolta inoltre, l'incidenza dell'asse è stata del 12,3%, 23,3% e 9,5% rispettivamente nei germogli in posizione basale, mediana e apicale (tab.13).

La tabella 16 mostra la superficie fogliare per germoglio (cm²) nei due anni e nelle diverse fasi fenologiche, in relazione alla posizione del germoglio sul capo a frutto. In fioritura le differenze significative tra i due anni sono esclusivamente nella porzione apicale (2659,6 e 2116,6 cm² rispettivamente nel 2014 e nel 2015). All'invasatura le differenze statisticamente significative tra i due anni si sono avute sia nei germogli basali (4736,4 e 7167,3 cm²

rispettivamente nel 2014 e nel 2015) che in quelli mediani (3862,7 e 4778,8 cm² rispettivamente nel 2014 e nel 2015).

Alla raccolta le differenze tra i due anni sono state statisticamente significative in tutte e tre le posizioni del germoglio.

Tab.16 - Superficie fogliare per germoglio (cm²) nei due anni, nelle diverse fasi fenologiche e posizioni sul capo a frutto

	FIORITURA			INVAIATURA			RACCOLTA		
	BAS	MED	API	BAS	MED	API	BAS	MED	API
2014	1583	2292,8	2659,6	4736,4	3862,7	8430,2	7189,6	11478,3	16357,4
2015	1767,4	2138,0	2116,6	7167,3	4778,8	7658,3	10936,8	8207,2	13789,7
	n.s.	n.s.	*	*	*	n.s.	*	*	*

Nei due anni e nelle tre fasi fenologiche, la superficie fogliare a pianta dell'asse presenta differenze statisticamente significative; la superficie fogliare a pianta delle femminelle presenta, invece, differenze statisticamente significative soltanto all'invaiaura (tab.17).

Tab.17 - Superficie fogliare a pianta (cm²) nei due anni e nelle diverse fasi fenologiche

	FIORITURA			INVAIATURA			RACCOLTA		
	ASSE	FEMM	TOT	ASSE	FEMM	TOT	ASSE	FEMM	TOT
2014	7037,2	3776,9	10754,1	15561,2	14499,8	30061,0	13529,3	47177,5	60706,8
2015	8709,6	3129,2	11838,8	1929,0	25578,1	44868,1	7171,0	47189,5	54360,5
	*	n.s.	*	*	*	*	*	n.s.	*

In tabella 18 vengono mostrate l'andamento della superficie fogliare per pianta (cm²/giorno) nei due anni e nei diversi intervalli fenologici.

I valori dell'asse sono simili nei due anni con differenze di 8 cm fino alla fioritura (valori maggiori nel 2014) e di 21 cm fino all'invaiaura (valori maggiori nel 2015). I decrementi di superficie fogliare riscontrati nell'intervallo fenologico invaiaura-raccolta sono dovuti principalmente a defogliazione e, soprattutto nel 2015, ad interventi di cimatura. Gli interventi in verde effettuati spiegano gli elevati incrementi a carico delle femminelle che hanno raggiunto valori di 519 cm² al giorno nel 2014 e 617 cm² nel 2015. È interessante sottolineare come, nell'intero ciclo, la crescita giornaliera nei due anni faccia registrare valori simili (Δ : 25 cm).

Tab.18 - Andamento della superficie fogliare per pianta (cm²/giorno) nei due anni e nei diversi intervalli fenologici

	G-F			F-I			I-R		
	ASSE	FEMM	TOT	ASSE	FEMM	TOT	ASSE	FEMM	TOT
2014	138	74	212	171	214	385	- 32	519	487
2015	130	47	177	192	408	600	- 346	617	271

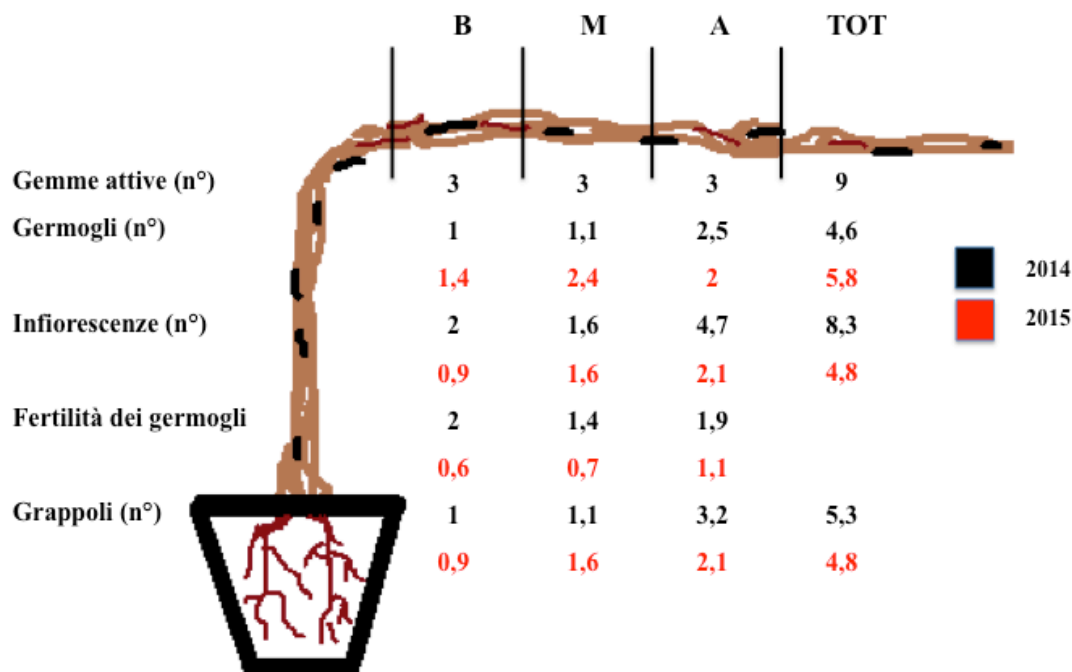
In tabella 19 viene riportata l'incidenza percentuale delle diverse posizioni del capo a frutto sul totale della produzione per pianta. Come si può notare, nel 2014, alla raccolta, l'incidenza maggiore è quella del tratto apicale (65%) rispetto a quello mediano e basale (20% e 15% rispettivamente); probabilmente il maggior vigore dei germogli in questa porzione (figg.7, 8, 9), il maggior numero di germogli nello stesso tratto a parità di fertilità (fig.12) ed il maggior peso del grappolo (tab.20) spiegano tale risultato.

Tab.19 - Incidenza (%) delle diverse posizioni sul totale della produzione per pianta

	BASALE		MEDIANO		APICALE	
	INVAIATURA	RACCOLTA	INVAIATURA	RACCOLTA	INVAIATURA	RACCOLTA
2014	16%	15%	15%	20%	69%	65%
2015	22%	15%	36%	27%	42%	58%

Nel 2015 alla raccolta, come nel 2014, l'incidenza più alta è stata quella del tratto apicale (58%); in questo caso, oltre che a causa di un elevato vigore (figg. 7, 8, 9) e di un maggior numero di germogli nella porzione in esame, si evince l'influenza anche di una maggiore fertilità dei germogli apicali (1,1) rispetto a quella dei germogli in posizione mediana e basale (0,7 e 0,6 rispettivamente) (fig.12).

Fig.12 - Pianta tipo nei due anni



3.4.5 Parametri produttivi

In figura 3 vengono riportati alcune delle differenze tra le piante nel 2014 e nel 2015. Come detto, si è lavorato nei due anni sulle stesse piante e sono state già evidenziate le differenze del capo a frutto del 2014 rispetto al 2015.

Nel 2015 si è avuto un maggior numero di germogli (5,8 e 4,6). Tali differenze sono attribuibili al maggior numero di germogli presenti nel tratto basale e soprattutto mediano. Nel 2014 sono stati riscontrati valori di fertilità maggiore in tutte le porzioni del capo a frutto, con differenze, rispetto al 2015, maggiori del 233%, 100% e 73% rispettivamente nella porzione basale, mediana ed apicale. Sulla base del numero dei germogli e dei valori di fertilità, nel primo anno le piante presentavano 8,3 infiorescenze mentre nel 2015 4,8. Nel 2014 l'elevato numero di grappoli ha indotto ad effettuare il diradamento, che ha portato il numero complessivo di grappoli per pianta a 5,3. Nel 2015 invece non è stata effettuato alcun intervento di diradamento. Con il diradamento è stato lasciato un numero di grappoli pari a 3,2 nel tratto apicale, 1,1 in quello mediano e 1,0 in quello basale nel 2014; nel 2015 sono stati lasciati 2,1 grappoli nel tratto apicale, 1,6 in quello mediano e 0,9 in quello basale (fig.12).

Nelle tabelle 19 e 20 vengono riportati i dati produttivi relativi alla fioritura, invaiatura e raccolta negli anni 2014 e 2015, suddivisi per porzione del capo a frutto.

Nel 2014 (tab.20), in fioritura, infiorescenze della porzione mediana e apicale sono risultate di dimensioni maggiori, sia in termini di peso che di lunghezza. In tutte le porzioni, per il peso del grappolo e dell'acino, si evincono incrementi più del doppio dall'invasatura alla raccolta. L'acino aumenta del 119%, del 193% e del 110% rispettivamente per la porzione basale, mediana ed apicale, valori che spiegano l'incremento del peso del grappolo nelle diverse porzioni. Questi valori hanno un effetto sul rapporto superficie fogliare/grammi di uva; infatti, sia all'invasatura che alla raccolta, tale rapporto è più alto nella porzione apicale e mediana rispetto a quella basale (14,5, 14,3, 10,7 g/cm² e 14, 14,7 e 7,6 g/cm² rispettivamente all'invasatura ed alla raccolta nei germogli in posizione apicale, mediana e basale) (dati non riportati). Gli acini dei grappoli provenienti dalla porzione basale, inoltre, hanno modificato meno, durante la maturazione, le caratteristiche di lunghezza e larghezza dell'acino (si sono registrati, infatti incrementi di circa il 14% per entrambi i diametri dall'invasatura alla raccolta), mentre quelli provenienti dalla porzione apicale, più di quella mediana, hanno modificato la forma dell'acino variandone più la lunghezza piuttosto che la larghezza (incrementi nel diametro longitudinale del 41,0% e del 24,3% rispettivamente per la porzione apicale e mediana, ed incrementi nel diametro trasversale del 22,0% e del 16,9%).

Irrilevanti sono state le variazioni in termini di lunghezza del rachide nelle tre porzioni del capo a frutto, mentre le variazioni di peso sono da attribuire al grado di maturazione e lignificazione dall'invasatura alla raccolta. In particolare il peso del rachide è aumentato del 35%, 20% e 28% rispettivamente nella porzione basale, mediana ed apicale del capo a frutto. Nell'anno in oggetto non ci sono state differenze statisticamente significative per il parametro numero degli acini; il numero di acinelli è stato maggiore (27) nei grappoli provenienti dalla porzione basale mentre non ci sono state significative differenze tra quelli provenienti dalle porzioni mediana e apicale (11 e 6 rispettivamente).

Tab.20 - Parametri produttivi nei grappoli di diversa posizione e nelle differenti fasi fenologiche nel 2014

	BASALE			MEDIANO			APICALE		
	FIOR	INV	RACC	FIOR	INV	RACC	FIOR	INV	RACC
Infiorescenza (g)	3,7			5,5			4,2		
Infiorescenza (cm)	18			19,7			21,5		
P.M.G. (g)		222,6	473,1		191,9	554,8		305,2	633,7
Acini (n°)			67			64			72
P.M.A. (g)		3,1	6,8		2,9	8,5		4,1	8,6
Acinelli (n°)			27			11			6
Rachide (g)		8,3	11,2		6,9	8,3		10,2	13,1
Rachide (cm)		27,3	27,8		22,4	22,9		22,5	23,1
DI (mm)		24,8	28,2		22,2	27,6		21,9	30,9
Dt (mm)		17,7	20,3		16	18,7		16,8	20,5
DI/Dt		1,4	1,4		1,4	1,5		1,3	1,5

Nel 2015 (tab.21), in fioritura, le infiorescenze di maggiori dimensioni (lunghezza e peso) sono state quelle delle porzioni apicale (2,1 g - 17,6 cm), con differenze evidenti con il tratto mediano (1,1 g - 12 cm).

Nel 2015 il peso del grappolo è incrementato dall'invaiaatura alla raccolta ma con percentuali più basse rispetto al 2014. In particolare è stata la porzione apicale a mostrare gli incrementi maggiori rispetto a quella mediana e basale (213%, 67% e 53% rispettivamente per la porzione apicale, mediana e basale). Il peso dell'acino si è comportato allo stesso modo del peso del grappolo, mostrando incrementi percentuali, dall'invaiaatura alla raccolta, del 217%, 67% e 53% rispettivamente per la porzione apicale, mediana e basale. Pur mostrando gli incrementi maggiori, il valore maggiore del peso dell'acino si è avuto alla raccolta nella porzione basale (8,4 g) seguito da quella apicale (7,6 g) e basale (6,0 g). Questi valori hanno un effetto sul rapporto superficie fogliare/grammi di uva; infatti, alla raccolta, tale rapporto è più alto nella porzione basale e apicale rispetto a quella mediana (50,0, 21,0, 19,0 g/cm² rispettivamente). La porzione basale, inoltre, è stata quella che ha modificato meno le caratteristiche di lunghezza e larghezza dell'acino (si sono registrati infatti incrementi di circa il 18% e 14% rispettivamente per DI e Dt dall'invaiaatura alla raccolta) mentre la porzione apicale, più di quella mediana, ha modificato la forma dell'acino variandone più la lunghezza piuttosto che la larghezza (incrementi nel diametro longitudinale del 32,0% e del 21,0% rispettivamente per la porzione apicale e mediana, ed incrementi nel diametro trasversale del 24,0% e del 15,0%). Irrilevanti sono state le variazioni in termini di lunghezza del rachide

nelle tre porzioni del capo a frutto (con valori più alti alla raccolta nella porzione apicale) mentre le variazioni di peso sono da attribuire al grado di maturazione e lignificazione dall'invasatura alla raccolta. In particolare il peso del rachide è aumentato del 30%, 34% e 34% rispettivamente nella porzione basale, mediana ed apicale del capo a frutto. A differenza del 2014, il numero di acini presenta differenze significative tra le diverse porzioni (43, 59 e 78 rispettivamente nella porzione basale, mediana e apicale); il numero di acinelli ha un andamento opposto rispetto al numero di acini ed è quindi maggiore nei grappoli provenienti da germogli basali (20) rispetto a quelli provenienti dai germogli mediani ed apicali (11 e 6 rispettivamente) (tab.21).

Tab.21 - Parametri produttivi nei grappoli di diversa posizione e nelle differenti fasi fenologiche nel 2015

	BASALE			MEDIANO			APICALE		
	FIOR	INV	RACC	FIOR	INV	RACC	FIOR	INV	RACC
Infiorescenza (g)	1,6			1,1			2,1		
Infiorescenza (cm)	16,3			12			17,6		
P.M.G. (g)		240	375,5		217,3	366,9		194,5	609,3
Acini (n°)			43			59			78
P.M.A. (g)		5,5	8,4		3,6	6,0		2,4	7,6
Acinelli (n°)			20			11			6
Rachide (g)		7,9	10,3		7,9	10,6		9,1	12,2
Rachide (cm)		20,5	21,6		18,5	19,4		20,5	21,6
DI (mm)		24,9	29,3		21,6	26,2		20,3	26,8
Dt (mm)		18,3	20,9		17,2	19,8		16,3	20,3
DI/Dt		1,4	1,4		1,2	1,4		1,2	1,3

Il peso medio del grappolo è stato di 264,1 e 584,9 grammi rispettivamente all'invasatura e alla raccolta nel 2014; nel 2015 il peso medio del grappolo è stato di 202,5 e 456,4 grammi rispettivamente all'invasatura e alla raccolta. La produzione media di uva per pianta è stata di 3,1 e 2,1 kg rispettivamente nel 2014 e nel 2015 (tab.22).

Tab.22 - Parametri produttivi per pianta nei due anni

		2014	2015
FIORITURA	P.M. Infiorescenza (g)	4,3	2
	Lungh. Infiorescenza (cm)	20,3	18,2
INVAIATURA	P.M.G. (g)	264,1	202,5
	Peso rachide (g)	9,1	8,1
	Lungh. Rachide (cm)	23,7	19,2
	Uva/pianta (kg)	1,4	1,0
RACCOLTA	P.M.G. (g)	584,9	456,4
	Peso rachide (g)	12	10,8
	Lungh. Rachide (cm)	23,9	20
	Acini (n°)	69	62
	Acinelli (n°)	11	16
	Uva/pianta (kg)	3,1	2,2
	Indice di compattezza	2,9	3,1

Il peso medio dell'acino ha seguito lo stesso andamento del precedente parametro in entrambi gli anni (3,6 g e 8,2 g nel 2014 e 3,1 g e 7,0 g nel 2015). Come si può notare, la forma dell'acino, in entrambi gli anni, cambia tra invaiatura e raccolta a causa di un aumento del diametro longitudinale che presenta un valore medio all'invaiatura di 22,5 e 20,9 mm rispettivamente nel 2014 e nel 2015; alla raccolta tale parametro presenta un valore medio di 29,7 mm e 27,2 mm rispettivamente nel 2014 e nel 2015 (tab.23).

Tab.23 - Parametri carpometrici dell'acino nei due anni di osservazione

		2014	2015
INVAIATURA	P.M.A. (g)	3,6	3,1 n.s.
	DI (mm)	22,5 a	20,9 b
	Dt (mm)	16,8	16,6 n.s.
	DI/Dt	1,3	1,3 n.s.
RACCOLTA	P.M.A. (g)	8,2 a	7,0 b
	DI (mm)	29,7 a	27,2 b
	Dt (mm)	20,1	20,3 n.s.
	DI/Dt	1,5	1,3 n.s.

La tabella 24 mostra le caratteristiche qualitative del grappolo alla raccolta; le uve sono state raccolte in entrambi gli anni con lo stesso contenuto zuccherino (12,2°Brix e 12,4°Brix

rispettivamente nel 2014 e nel 2015), e lo stesso rapporto zuccheri/acidi (44 e 48 rispettivamente nel 2014 e nel 2015). I valori di tale rapporto sono ben al di sopra del rapporto minimo 20:1, stabilito dalla risoluzione dell'OIV nel 2008. Quindi, tra gli anni non ci sono state differenze significative per i parametri di maturità tecnologica. Per raggiungere gli stessi valori della maturità tecnologica, nel 2014 ci sono voluti 53 giorni dall'invasatura alla raccolta, contro i 35 del 2015 (tabb. 1 e 2). Queste differenze hanno modificato le caratteristiche cromatiche degli acini. Infatti, l'acino del 2014, alla raccolta, è risultato più chiaro e giallo mentre nel 2015 più verde.

Tab.24 - Caratteristiche qualitative dell'acino alla raccolta nei due anni di osservazione

	2014	2015
Zuccheri (°Brix)	12,2	12,4 n.s.
Acidità Titolabile (g/L)	2,8	2,6 n.s.
Zuccheri/acidi	44	48 n.s.
Colore		
L* (C)	54,4 a	41,5 b
a* (C)	1,9 a	- 6,4 b
b* (C)	24,7 a	13,3 b

In entrambi gli anni, gli acini sono stati suddivisi in classi di frequenza in base al peso sia all'invasatura che alla raccolta (tab.25). Dalla suddetta ripartizione si evince che all'invasatura, in entrambi gli anni, gli acini si trovano prevalentemente nelle classi < 3,5 g e >4 g; alla raccolta, nel 2014 il 74% degli acini ha un peso superiore a 7 g, mentre nel 2015 solo il 44% degli acini ha un peso superiore a 7 g. Come si può evidenziare dalla suddetta tabella, il maggior grado di uniformità, parametro ricercato dal produttore e richiesto dal consumatore, si è ottenuto nel 2014 (74% degli acini nella classe di frequenza > 7 g).

Tab.25 - Ripartizione in classi di frequenza (%) in relazione al peso dell'acino

		g		
		< 3,5	3,5-4	>4
INVAIATURA	2014	43	17	40
	2015	57	14	29
RACCOLTA		<6	6,5-7	>7
	2014	18	8	74
	2015	33	23	44

3.5 CONCLUSIONI

Dall'analisi dei dati ottenuti dallo studio in oggetto, si possono trarre alcune considerazioni importanti.

I valori produttivi per pianta e i valori carpometrici, nei due anni di osservazione, confermano la buona capacità di adattamento della cultivar Vittoria alla coltivazione in fuori suolo. Con questa tecnica di coltivazione si è stati in grado di ottenere, nel primo anno di osservazione (2014), una produzione media di 3,1 kg a pianta e di ottenere rese per unità di superficie di 21 tonnellate. Rispetto alla bibliografia del fuori suolo, le rese da noi ottenute sono più basse a causa di una densità di piante minore che era stata scelta per ricercare precocità della produzione e qualità del prodotto. Dai nostri studi si può evincere come la diminuzione del numero delle piante non porti ad un rilevante aumento della qualità.

Nel 2015, secondo anno di prova, le piante, avendo già mostrato una più bassa fertilità dei germogli rispetto all'anno precedente (0,8 e 1,8 rispettivamente), non hanno fornito soddisfacenti valori di produzione per pianta (2,2 kg), e quindi ancor più basse rese per unità di superficie.

Soddisfacenti sono i dati relativi alle caratteristiche carpometriche dell'acino, nei due anni, per quanto riguarda peso medio e forma; i parametri qualitativi ottenuti pongono alcune problematiche, anche se il rapporto zuccheri/acidi è risultato coerente con quanto previsto dalla risoluzione OIV del 2008.

Per quanto riguarda gli aspetti relativi alla fisiologia delle piante, nei due anni, si è evidenziato che, nonostante condizioni termiche elevate raggiunte in determinati momenti della fenologia, la pianta abbia continuato a fotosintetizzare, seppur con valori più bassi e con una parziale chiusura degli stomi.

Una delle problematiche riscontrate durante il primo anno di ricerca (2014), rispetto ai risultati ottenuti in precedenti sperimentazioni, è stata quella di un allungamento dell'intervallo fenologico invaiatura-raccolta (+ 17 gg rispetto al 2015). Ciò può essere attribuito o agli effetti legati alla somministrazione di alcuni “biostimolatori” durante l'intervallo fenologico invaiatura-raccolta e/o all'utilizzo di una miscela di perlite e fibra di cocco (70:30), impiegata per la prima volta come substrato di coltivazione per l'uva da tavola in fuori suolo; nelle precedenti esperienze erano stati impiegati, difatti, pomice, perlite e una miscela di sola fibra di cocco realizzata dalla ditta Van der Knaap in miscela 70:30 midollo:chips (pezzi grossolani).

I risultati ottenuti, se confermati da ulteriori ricerche, costituiscono importanti conoscenze sul comportamento della cultivar Vittoria in fuori suolo e per alcuni aspetti punti di forza aggiuntivi per la diffusione della coltivazione dell'uva da tavola in fuori suolo.

I risultati confermano, quindi, la presenza dell'acrotonia e della dominanza apicale tipica di *Vitis Vinifera*, fenomeno peraltro che si accentua quando il germogliamento avviene in condizioni di elevato vigore [19].

3.6 BIBLIOGRAFIA

1. **Resh H.M. 1998:** Hydroponic food production: a definitive guidebook of soilless food-growing methods (V ed.). Woodbridge Press Publishing Company, California.
2. **Jensen M.H. 1997:** Hydroponics. Hortscience 32, 1018-1021.
3. **Foex G., 1891:** Cours complet de viticulture. Aux Bureaux Du Progres Agricole Et Viticole. Montpellier Et Villefranche (Rhône) - Bibliotheque Du Progres Agricole Et Viticole : 898-906.
4. **Ottavi O., 1893:** Viticoltura Teorico-Pratica.
5. **Longo A., 1926:** La coltivazione delle viti in vaso. Velletri, Luglio. Edizione L'Italia Agricola. Estratto Da L'Italia Vinicola Ed Agraria: 65-66; 68-70; 86-87; 103-105.
6. **Barbagallo M.G., Gambino C., Di Mauro B., Di Lorenzo R., 2005:** Ulteriori considerazioni in fuori suolo dell'uva da tavola. Frutticoltura speciale uva da tavola, n°1, pp. 32-36.
7. **Di Lorenzo R., 2001:** Innovazioni tecniche e varietali per dare maggiore competitività produttiva e commerciale all'uva da tavola italiana. Frutticoltura-speciale uva da tavola n° 12 pag. 5.
8. **Di Lorenzo R., Mafrica R., 2000:** La coltivazione fuori suolo dell'uva da tavola: risultati di un biennio di esperienza condotte in Sicilia. Rivista di frutticoltura, n°2, pp. 48-52.
9. **Di Lorenzo R., Barbagallo M.G., Mafrica R., Palermo G., Di Mauro B., 2001:** Bio-agronomic and physiological aspects of the training of "soilless" table grapes in Sicily. Atti XII Gesco.
10. **Vidaud J., Landry P., 1994:** Uva da tavola: verso nuovi concetti di produzione. Frutticoltura, 10: 39-42.
11. **Di Lorenzo R., Gambino C., Di Mauro B., 2009:** La coltivazione dell'uva da tavola in fuori suolo: stato attuale e prospettive. Bulletin de l'OIV, vol. 82, n°935-936-937, pp. 33-44.
12. **Gambino C., Di Lorenzo R., 2008:** Comportamento vegeto-produttivo ed ecofisiologico di viti allevate fuori suolo in coltura protetta. Rivista di frutticoltura e di ortofloricoltura, vol. 1, pp. 22-26 ISSN: 0392-954X.
13. **Cefola M., Pace B., Buttaro D., Santamaria P., Serio F., 2011:** Postharvest evaluation of soilless-grown table grape during storage in modified atmosphere. Journal of the Science of Food and Agriculture, DOI: 10.1002/jsfa.4432.
14. **Buttaro D., Santamaria P., 2010:** Uva da tavola senza suolo, una prospettiva interessante. Informatore Agrario, n. 66 (41): 60-61.

15. **Sportelli G.F., 2010.** Uva da tavola “senza suolo” per produzioni extrastagionali. Terra e Vita n. 51 (31-32), 55-57.
16. **Kingston C., Van Epenuijsen K., 1995:** Producing quality table grapes in containers. Levin Horticultural Research Centre Private Bag, Levin.
17. **De Pascale S., Maggio A., Barbieri G., 2006:** La sostenibilità delle colture protette in ambiente mediterraneo: limiti e prospettive. Italus Hortus 13 (1). Review N.3: 33-48.
18. **Lorenz D.H., Eichhorn K.W., Bleiholder H., Klose R., Meier U., Weber E., 1994:** Phänologische Entwicklungsstadien der Weinrebe (*Vitis vinifera* L. ssp.vinifera). Vitic. Enol. Sci. 49, 66-70.
19. **Di Lorenzo R., Gugliotta E., Costanza P., Pisciotta A., Mafrica R., Palermo G., Di Mauro B., Barbagallo M.G., 2002:** La coltivazione dell’uva da tavola in fuori suolo. Giornate Scientifiche SOI.
20. **Poni S., Palliotti A., Mattii G., Di Lorenzo R., 2007:** Funzionalità fogliare ed efficienza della chioma in *Vitis Vinifera*. Italus Hortus, 14 (4), 29-46

4. STUDIO 2: GESTIONE IDRICA E MINERALE NELLA COLTIVAZIONE DELL'UVA DA TAVOLA IN FUORI SUOLO MEDIANTE SENSORI DIELETRICI

4.1 STATO DELL'ARTE

Secondo la FAO [1], quasi il 40% del cibo del mondo è prodotto da agricoltura irrigua, che copre circa 250 milioni di ettari (pari al 17% del totale della terra coltivabile) ed è la maggiore utilizzatrice di acqua dolce, pari al 70% (in media e fino al 90% in molti paesi) dell'acqua nel mondo prelevata per uso umano. In Italia, l'irrigazione rappresenta circa il 50% del consumo totale di acqua e l'agricoltura irrigua copre circa il 27% dei terreni agricoli utilizzabili [2]

Il miglioramento dell'efficienza dell'uso dell'acqua d'irrigazione (cioè il rapporto tra acqua applicata e resa delle colture) è, dunque, decisivo per soddisfare l'aumento della domanda mondiale di prodotti alimentari e altri prodotti agricoli. Quest'obiettivo può essere ottenuto coltivando colture più efficienti in termini di utilizzo di acqua. Nonostante gli sforzi fatti negli ultimi anni, l'efficienza dell'irrigazione (cioè, la quantità di acqua nella zona radicale delle colture rispetto alla quantità di acqua applicata) è ancora insoddisfacente (meno del 40%) [1] e il suo miglioramento è un obiettivo chiave per il futuro.

L'efficienza dell'irrigazione dipende dal tipo d'irrigazione utilizzata (ad esempio, l'irrigazione superficiale utilizza molto più acqua di quella pressurizzata sopra chioma o di quella a goccia) e dalla programmazione dell'irrigazione, che è il metodo utilizzato per determinare la quantità di acqua da applicare ad una coltura e la temporizzazione per l'applicazione. Poiché determina l'utilizzo dell'acqua della coltura e ne influenza il suo rendimento, la programmazione irrigua ha un effetto notevole sull'efficienza d'uso dell'acqua. Un eccesso d'irrigazione aumenta le esigenze nutrizionali della coltura e la sua vulnerabilità alle malattie, i costi energetici per il pompaggio dell'acqua, la perdita d'acqua e l'inquinamento ambientale a causa della lisciviazione dei nutrienti applicati alla coltivazione con concimazione tradizionale o fertirrigazione. Thompson et al. [3] hanno riferito che la gestione inadeguata dell'irrigazione a goccia, che in molte operazioni si basa ancora sull'esperienza del produttore, è uno dei motivi che causa la lisciviazione dei nitrati nella produzione di pomodori in serra in Almeria, Spagna (attualmente, la più grande area serra nel mondo).

L'obiettivo di un programma d'irrigazione efficiente è quello di fornire il raccolto utilizzando la giusta quantità d'acqua, riducendone al minimo lo spreco a causa di profonde percolazioni e ruscellamento. Sono stati sviluppati diversi approcci alla programmazione irrigua, ciascuno con vantaggi e svantaggi [4]. Metodi innovativi basati sul monitoraggio diretto delle relazioni idriche delle piante sono stati proposti anche per la programmazione dell'irrigazione [4].

Anche se alcune aziende hanno progettato i dispositivi di controllo d'irrigazione che sfruttano micro misure di diametro del fusto, spessore della foglia o il flusso linfatico nel fusto, la gestione dell'irrigazione è ancora in stato di ricerca o di sviluppo ed è scarsamente impiegata in operazioni commerciali [4].

Il più diffuso metodo di programmazione dell'irrigazione si basa sulla determinazione dell'equilibrio suolo-acqua, che implica la stima dell'evapotraspirazione della coltura (ET_c). In generale, l' ET_c è stata calcolata combinando le misure di potenziale di evapotraspirazione (ET_0) forniti ottenuti attraverso stazioni meteorologiche, con coefficienti colturali [5]. Questi ultimi hanno bisogno di un aggiornamento periodico da parte dell'agricoltore per ogni tipo di coltura e fase di crescita. Un nuovo approccio è quello di ottenere coefficienti colturali con le immagini satellitari. Recentemente, D'Urso et al. [6] hanno sviluppato un tale sistema nel quadro di due progetti europei: Demeter (www.demeter-EC.net) e Pleiadi (www.pleiades.es). L'accesso ai dati satellitari è diventato molto più facile e più veloce a causa di recenti sviluppi con accesso web-based e grazie ai miglioramenti di risoluzione e precisione spaziale dei sensori. D'Urso et al. [6] riferiscono che il telerilevamento satellitare è una tecnica matura, adatto ad essere trasferito in applicazione pratica per la gestione dell'irrigazione.

L'altro approccio alla programmazione irrigua comporta l'uso di sensori di zona radicale (RZS) per ottenere lo stato del suolo e di umidità, al fine di riportare l'acqua a un livello prestabilito. In linea di principio, questo metodo ha la necessità di calcolare l' ET_c e funziona per qualsiasi coltura, purché i set-point che regolano il momento d'irrigazione siano scelti correttamente. Finora le applicazioni di sensori RZS alla gestione dell'irrigazione sono state meno comuni di quella che prevede l'utilizzo del metodo del bilancio idrico, ma nuovi tipi di RZS, che si basano sulla misura delle proprietà dielettriche del suolo, hanno aperto nuove possibilità per la programmazione irrigua; oggi, dopo i dubbi originati dai primi tentativi, il settore dell'irrigazione in tutto il mondo ha riconosciuto che gli RZS sono strumenti preziosi per l'applicazione della moderna tecnologia in agricoltura intensiva.

Molti lavori di ricerca hanno documentato che il programma d'irrigazione mediante RZS può ridurre significativamente l'uso dell'acqua in pieno campo e in colture in serra (coltivati sia sul suolo che in fuori suolo) senza effetti importanti sulla produttività delle colture. Alcuni esempi sono quelli pubblicati molto di recente da Zotarelli et al. (campo di pomodoro) [10], Tüzel et al. (cetriolo in serra) [8] e Pardossi et al. (pot all'aperto su piante ornamentali) [7].

Quando gli RZS vengono applicati per programmare l'irrigazione, il controllore utilizza i dati di rilevamento (s) per determinare il momento e la durata di irrigazione. Il principio di funzionamento è che, ogni volta che si raggiunge una soglia prefissata (valore 'start') di θ o ψ_m , le valvole delle condutture di irrigazione rimangono aperte fino a quando il valore di

'stop' viene raggiunto. Oltre a 'start' e soglie di 'Stop', i programmi d'irrigazione basati su RZS richiedono altri input da parte dell'utente, come la durata minima e massima di irrigazione, e il tempo massimo trascorso senza irrigazione in considerazione del possibile guasto del sensore. Più dispositivi (ad esempio, GP2, Delta-T Devices Ltd.) sono disponibili in commercio per fornire un controllo 'start-e-stop' dell'irrigazione sulla base di due o più RZS posti nella e sotto la root-zone. Questi sensori sono in grado di monitorare il movimento dell'acqua negli strati più profondi e minimizzare le perdite di percolazione.

Il valore di 'start' θ o ψ_m dipende dalla specie e dallo stadio di sviluppo, dalle caratteristiche del suolo e delle condizioni ambientali. Per ψ_m , la gamma tipica è compresa tra -20 e -70 KPa nel suolo (in base alla struttura del terreno) o tra -4 e -10 KPa in substrati fuori suolo [9]. Determinando la divergenza di potenziale idrico fogliare tra piante ben irrigate e non, Thompson et al. [11] hanno individuato la soglia ψ_m per il peperone, il melone e pomodoro coltivate nelle serre della costa sud-orientale della Spagna: -58 KPa per peperone, -35 KPa per melone e -38 e -58 KPa per pomodoro rispettivamente, in primavera o in inverno. Pertanto, il valore ottimale di start (ψ_m) può scendere sotto basse condizioni di ET, almeno in alcune specie coltivate.

La gestione idrica e minerale con l'ausilio di sensori di umidità del substrato è stata studiata prendendo in esempio la bibliografia che però interessa prevalentemente specie orticole e ornamentali. Queste tecniche di gestione consentono, nelle suddette specie, di ridurre significativamente il consumo di acqua e fertilizzanti e l'impatto ambientale provocato dalla lisciviazione di sostanze inquinanti (es. nitrati e fosfati) e consistono essenzialmente nel:

- 1) pilotaggio dell'irrigazione mediante l'impiego di modelli dell'evapotraspirazione della coltura (ET) e/o di sensori di umidità;
- 2) l'applicazione di sistemi di coltivazioni fuori suolo a ciclo chiuso;
- 3) la gestione della fertirrigazione delle colture a terra basata sull'analisi dell'estratto acquoso del terreno.

Gestire l'irrigazione significa essenzialmente definire il volume o dose irrigua (VI) e la frequenza (o turno, TI) con cui VI viene distribuito alla coltura. Il VI, come la ET, si esprime per unità di superficie, cioè in m^3/ha o più frequentemente, almeno nelle colture in serra, in L/m^2 o mm. Sia VI che ET sono riferiti all'unità di tempo: settimana, giorno o addirittura ore, come nel caso delle colture fuori suolo.

In molte aziende il pilotaggio dell'irrigazione è ancora lasciato all'empirismo, che quasi sempre si traduce nella tendenza a sovra irrigare; occorre invece adottare metodi affidabili e al tempo stesso semplici. L'approccio più comune alla gestione dell'irrigazione nelle colture su scala commerciale è noto come "metodo del bilancio idrico". I recenti sviluppi nel campo

della sensoristica e dell'ICT (Information and Communication Technology) hanno aperto però nuove strade al controllo automatizzato dell'irrigazione. Un approccio al pilotaggio dell'irrigazione prevede l'impiego di sensori in grado di rilevare il contenuto idrico o il potenziale matriciale (tensione) del terreno o del substrato.

La soglia d'intervento dell'irrigazione (espressa in tensione) è generalmente compresa tra -5 e -10 KPa nel caso di colture su substrato, e tra -25 e -60 KPa nel caso di colture a terra. I sensori di umidità non sono certo una novità. Però, negli ultimi 3-4 anni sono stati sviluppati e messi in commercio sensori poco costosi (meno di 1.000 Euro e in alcuni casi meno di 100 Euro), che hanno suscitato un nuovo interesse per questo metodo di controllo dell'irrigazione. Molte società, anche italiane, adesso producono sistemi irrigui controllati da uno o più di questi sensori. Recentemente sono comparsi sul mercato alcuni sensori (es.: WET, Delta-T Device, Burwell, UK; 5TE, Decagon Devices, Pullman, WA, USA) in grado di misurare anche la salinità. Questi sensori potrebbero essere utilizzati per gestire la fertirrigazione, ad esempio modulando la conducibilità elettrica (EC) dell'acqua di fertirrigazione in funzione della salinità del mezzo di crescita.

A causa della variabilità spaziale del terreno, per un pilotaggio efficace dell'irrigazione non è sufficiente installare solo uno o due sensori. Ciò rende il sistema di controllo più costoso e più difficile da gestire. Per evitare il problema della stesura dei cavi che mettono in rete i vari sensori, occorre far ricorso alla tecnologia delle reti senza filo (wireless) che prevede, appunto, una serie di sensori comunicanti tra loro e con un computer centrale incaricato dell'intera gestione (raccolta ed elaborazione dei dati; attivazione dell'irrigazione).

Nelle colture su substrato a ciclo aperto, sicuramente le più diffuse a livello mondiale, la frazione di drenaggio (rapporto tra soluzione drenata ed erogata) è di almeno il 25-30% e, molto spesso, assai più alta. Ciò determina un notevole spreco di acqua e di nutrienti ed è causa dell'inquinamento provocato dalla lisciviazione dei nutrienti. Per ovviare a questo inconveniente, si può ricorrere all'impiego dei cosiddetti "sistemi di coltivazione zero-runoff", intendendo con questo termine tutti quei sistemi in cui la perdita di nutrienti e di acqua è ridotta o nulla, in virtù del recupero delle acque di drenaggio (sistemi chiusi) o di una particolare gestione dell'irrigazione (sistemi virtualmente chiusi, cioè senza drenaggio o zero-drain).

Nelle serre olandesi, per la gestione della concimazione e in particolare della fertirrigazione delle colture su terreno è largamente impiegato un metodo sviluppato dal dott. C. Sonneveld.

Il metodo serve a mantenere nel terreno una concentrazione ottimale dei vari nutrienti attraverso la somministrazione di una soluzione nutritiva, la cui composizione è stabilita in base alle esigenze minerali della coltura in esame e ai risultati delle analisi chimiche degli

estratti acquosi del terreno effettuati ogni 2-4 settimane durante la coltivazione. Il metodo è utilizzato anche per stabilire gli eventuali interventi di dilavamento e per la concimazione di arricchimento necessari prima dell'impianto della coltura, nel caso ad esempio di un'eccessiva salinità del terreno e/o di un contenuto insufficiente di uno o più elementi nutritivi. Il metodo completo è descritto da Incrocci et al. [12]. L'estrazione dei campioni di terreno raccolti in serra avviene con acqua distillata o deionizzata; il rapporto di estrazione è 1:2 in volume, cioè una parte di terreno (eventualmente umidificato con acqua distillata) e due parti di acqua. Le analisi degli estratti acquosi del terreno sono in genere eseguite da laboratori specializzati, ma la diffusione negli ultimi anni di kit rapidi per la determinazione dei principali nutrienti nelle acque, permette di effettuare queste analisi anche a livello aziendale, al costo di pochi Euro per campione (compreso l'ammortamento della strumentazione necessaria). I valori della concentrazione dei macronutrienti (azoto, fosforo, potassio, calcio e magnesio) negli estratti acquosi sono ben correlati con quelli della soluzione circolante del terreno. Il metodo degli estratti acquosi, invece, è poco affidabile per la determinazione del livello dei micronutrienti. Normalmente, non si determina la concentrazione di ammonio, poiché la quantità di questo ione presente negli estratti acquosi dei terreni è molto bassa (raramente supera 0.2-0.3 mmol/L) e di gran lunga inferiore a quella del nitrato. Le concentrazioni dei macroelementi negli estratti acquosi sono confrontate con i valori guida specifici per la coltura in esame; la composizione della soluzione nutritiva standard viene modificata quando i valori misurati sono inferiori al 75% o superiori al 125%, del valore-guida. Per il fosforo si utilizza una procedura differente dagli altri nutrienti a causa della sua scarsa solubilità in acqua: se la sua concentrazione nell'estratto acquoso è superiore a 0.10 mmol/L (circa 3 mg/L), compresa fra 0.10 e 0.05, o inferiore a 0.05 mmol/L, la concentrazione di fosforo nella soluzione nutritiva è rispettivamente 0, 0,5 o 1,0 mmol/L.

4.2 OBIETTIVI

L'obiettivo principale dello studio effettuato è stato quello di verificare la possibilità di ottimizzare la gestione della nutrizione minerale e idrica e, quindi, aumentare la sostenibilità del sistema produttivo. Sostenibilità in termini di una minore quantità di acqua e di elementi nutritivi somministrati e quindi, di minori input esterni, di riduzione dei costi di produzione e di inquinamento ambientale, considerato che si è operato in un sistema fuori suolo a ciclo aperto.

L'obiettivo che si è scelto di raggiungere è stato studiato mediante un confronto tra una gestione idrica e minerale adottata normalmente dall'azienda e una gestione idrica controllata da sensori che regolano la quantità di acqua ottimale da fornire alla pianta, in relazione al contenuto idrico del substrato.

4.3 MATERIALI E METODI

La ricerca è stata condotta nel 2014 presso l'azienda agricola F.lli Lo Giudice di Gela, in provincia di Caltanissetta.

L'azienda si estende per circa 30 ettari (di cui 40000 mq in coltura protetta, serra e tunnel), dove vengono coltivati diversi prodotti ortofrutticoli (uva da tavola, uva da mosto, pomodori tipologia a grappolo della varietà Piccadilly, pesche, ortaggi principalmente carciofi).

La serra, dove è stata condotta l'attività a carattere sperimentale per la coltivazione dell'uva da tavola con la tecnica del fuori suolo a ciclo aperto, è di 3500 mq composta da quattordici campate di 8x30 m di lunghezza; ha una struttura multi tunnel con finestre laterali con apertura dal basso verso l'alto, per consentire una semplice ed ottimale gestione del microclima.

Le altezze alla gronda e al colmo sono rispettivamente di 2,80 e 4,50 m.

La copertura della serra è realizzata con film plastico in PE additivato con EVA dello spessore di 0,20 mm con durata di 36 mesi.

Le piante sono state coltivate sin dalla fase di allevamento, in vasi di polietilene nero dalla capacità di 9 litri (\varnothing 24 cm).

E' stato scelto come substrato un misto organico, della ditta Perlite Italiana, a base di perlite espansa e fibra di cocco, appositamente studiato per specie orticole e floricole allevate con il metodo fuori suolo, in miscela 70:30.

La miscela costituita trova nell'elevata porosità libera della perlite espansa e nell'alta capacità di ritenzione idrica della fibra di cocco il suo punto di forza, essendo un substrato ideale che abbina le caratteristiche migliori dei due materiali, creando costantemente un ambiente non asfittico perfettamente bilanciato nella fase gassosa.

La perlite espansa, grazie alla sua granulometria, favorisce il drenaggio della soluzione in eccesso e garantisce un'ottima aereazione del substrato, condizione essenziale per scongiurare possibili marciumi radicali. La presenza della fibra di cocco, risorsa rinnovabile ed ecocompatibile, garantisce nello stesso tempo al substrato un'elevata riserva idrica che

sopperisce ad eventuali errori o accidentali interruzioni nella gestione della nutrizione idrica e minerale delle viti.

Si è scelto di studiare la cv con semi “Vittoria”, caratterizzata da elevata precocità genetica e buona produttività, che ben si adatta alla coltivazione in ambiente protetto per l’anticipo della raccolta e nello specifico alla coltivazione in fuori suolo.

Il sistema di allevamento è a Y, il quale consente un’ottimizzazione della penetrazione e intercettazione della radiazione solare, con altezza del filo da terra di 120 cm dove il tralcio produttivo principale lasciato sulla pianta viene curvato ad un’altezza dal colletto della pianta di 100 cm sul quale sono state lasciate 9 gemme “attive”.

L’investimento per unità di superficie nell’impianto in oggetto è pari a 1,43 piante/m², utilizzando sestri d’impianto di 2 m tra le file e 0,35 cm sulla fila per un totale di 44 piante sul filare.

La gestione delle piante sia nella fase di allevamento che in quella di produzione è avvenuta secondo il protocollo di coltivazione dell’uva da tavola in fuori suolo, prevedendo interventi di scacchiatura sulla parte inferiore del tralcio, di rimozione dei germogli doppi e/o sterili, di defogliazione delle foglie dell’asse e delle femminelle e di cimatura.

Ad allegagione avvenuta, si è intervenuto definendo il carico produttivo della pianta rimuovendo i grappoli in eccesso o quelli la cui allegagione non ha avuto esito soddisfacente [13].

Per la nutrizione minerale, sono stati impiegati concimi semplici ad elevata solubilità comunemente utilizzati per la gestione della fertirrigazione.

La nutrizione idrica e minerale è stata gestita in due modalità differenti: 1 filare replicato 3 volte è stato irrigato in “modalità aziendale” mentre la gestione dell’irrigazione di un altro filare, anch’esso ripetuto tre volte, è stata “comandata” da sensori che misuravano il contenuto idrico nel substrato, determinando così, in seguito ad un’opportuna impostazione delle soglie di intervento, i momenti e la durata di irrigazione. Le soglie d’intervento sono state decise sulla base della curva di ritenzione idrica del substrato. Si è ritenuto opportuno, dal momento che il substrato era stato già utilizzato l’anno precedente, non basarsi sulla curva di ritenzione idrica riportata nella scheda tecnica del substrato, predisposta dalla casa produttrice; per questo sono state fatte analisi specifiche del substrato posto nel vaso l’anno precedente, in cui è avvenuta la formazione delle piante.

Partendo da due soluzioni madre con concentrazione 1:100 si è, tramite un fertirrigatore computerizzato, controllato il pH e la EC della soluzione in uscita dall’impianto.

La distribuzione e gestione della soluzione nutritiva avviene tramite un impianto irriguo realizzato con tubazione in PE di colore nero con diametro di 20 mm e gocciolatori auto-

compensanti online della portata di 4 l/h (distanziati tra di loro 50 cm) con deviatore a due uscite, tubicino capillare e due astine per ciascun contenitore.

Nel gennaio 2014 all'interno della serra, per svolgere il ciclo "invernale-primaverile", erano presenti 2520 piante della cv "Vittoria" al primo anno di produzione.

Le piante sono state trattate in dicembre con interruttore di dormienza per anticipare la data ed uniformare il germogliamento.

Nei due anni è stato studiato il comportamento fenologico, vegeto-produttivo ed eco-fisiologico delle piante.

L'ambiente serra è stato monitorato attraverso tre centraline climatiche e dei datalogger WatchDog serie 1000 (modello 1650) della Spectrum® Technologies, Inc (<http://www.specmeters.com/brands/watchdog/1000series>).

I parametri climatici rilevati sono stati: la temperatura dell'aria, l'umidità relativa e l'energia radiante con cadenza oraria.

È stato inoltre calcolato il valore del Deficit di pressione di vapore (VPD) espresso in KPa secondo la formula $(1-UR) * esat$ con $esat=0,611 \exp(17,4 T_{aria}/T_{aria} + 239)$. Gli stessi parametri sono stati acquisiti in pien'aria utilizzando la stazione del Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano (www.sias.regione.sicilia.it) relativa alla città di Gela.

Su un campione rappresentativo di trenta piante, sia per la tesi "aziendale" che quella che prevede l'ausilio di sensori, che verrà indicata come tesi "GP2", sono state rilevate le fasi fenologiche delle "gemme attive" del tralcio e, seguendo lo schema della "Scala BBCH per la vite" è stata calcolata la durata degli intervalli fenologici [13].

Negli intervalli fenologici (germogliamento-fioritura, fioritura-invaiaatura, invaiaatura-raccolta, germogliamento-raccolta) è stato determinato l'accrescimento dell'asse in base alla loro posizione sul tralcio (apicale, mediano, basale). Sono stati monitorati 9 germogli, 3 per posizione basale, mediana e apicale sul capo a frutto

Un mese dopo il germogliamento, sulle stesse piante è stato determinato il numero di gemme, di germogli totali e d'infiorescenze, la percentuale di germogli doppi, germogli sterili e di gemme cieche ed è stata determinata la fertilità potenziale (n° d'infiorescenze/ n° germogli).

Nel 2014, primo anno di produzione in cui le piante presentavano un unico tralcio con 15-18 gemme, i rilievi hanno riguardato le ultime 9 gemme ovvero quelle trattate con il prodotto utilizzato per l'interruzione di dormienza, che pertanto sono indicate come gemme "attive".

Su 4 foglie (2 apicali e 2 mediane) per replica, sono stati misurati, durante il ciclo vegetativo, gli scambi gassosi, il potenziale idrico fogliare e il contenuto in clorofilla rispettivamente con un misuratore-gas CIRAS-2 2000® PP System, con una camera a pressione tipo Scholander e con il Konika Minolta SPAD 502.

I rilievi relativi ai parametri di conduttanza stomatica, fotosintesi netta e traspirazione sono stati effettuati a 46, 58, 89, 101, 121 e 141 giorni dal germogliamento in condizioni di cielo non nuvoloso, su due foglie per pianta rispettivamente della parte basale e mediana del germoglio, facendo attenzione a selezionare foglie ben esposte alla luce rispettando, durante il rilievo, l'orientamento naturale della foglia.

Il potenziale Stem è stato rilevato a 79, 85, 109 e 141 giorni dal germogliamento, alle 12.00 su foglie precedentemente (1 ora prima) insacchettate (plastica dentro e alluminio fuori), scegliendo la foglia opposta al grappolo per un totale di sei foglie (2 foglie per replica).

In fioritura, sulle infiorescenze presenti su tre germogli per replica, sono stati misurati peso medio e lunghezza dell'infiorescenza.

Alla raccolta, su 5 piante per replica, si è provveduto alla valutazione della produzione di uva sia in termini quantitativi sia qualitativi.

La data di raccolta è avvenuta quando le uve di una delle due tesi hanno raggiunto la maturità tecnologica e commerciale.

In potatura invernale è stato pesato il legno asportato su 5 piante per replica e calcolato l'indice di Ravaz (kg uva/kg legno). È stato inoltre calcolato il rapporto superficie fogliare su kg di uva (m^2/kg).

Su un campione rappresentativo di nove tralci, tre per posizione apicale, mediano e basale, è stata rilevata la superficie fogliare sia dell'asse che delle femminelle in fioritura, invaiatura e raccolta.

Sui grappoli presenti sono state effettuate le seguenti misurazioni: peso grappolo, peso e lunghezza rachide, numero di acini e acinelli, sia all'invaiatura che alla raccolta.

Su un campione rappresentativo di 50 acini, replicato 3 volte, è stato determinato: peso, diametro trasversale e longitudinale, forma acino (Dt/Dl), numero di vinaccioli, ed i parametri colorimetrici della buccia mediante un colorimetro Konika Minolta CR400 Chroma Meter.

La scala colorimetrica adottata è stata L, a, b, dove la coordinata L^* (luminosità, perpendicolare al piano della figura) va, per convenzione, da 0 (luminosità nulla) a 100 (luminosità massima, è un particolare bianco scelto come riferimento).

La coordinata a^* è una componente che va dal verde a rosso mentre la coordinata b^* è una componente che va dal blu a giallo.

Le coordinate a^* e b^* possono variare ognuna da meno a più infinito, ma per $L^* = 0$ e $L^* = 100$, a^* e b^* possono assumere solo il valore 0.

Su un ulteriore campione di 50 acini, replicato 3 volte, è stato determinato il contenuto zuccherino, espresso in °Brix (mg zucchero/100 ml), l'acidità titolabile (g/L di acido tartarico) e calcolato il rapporto zuccheri/acidi (E/A).

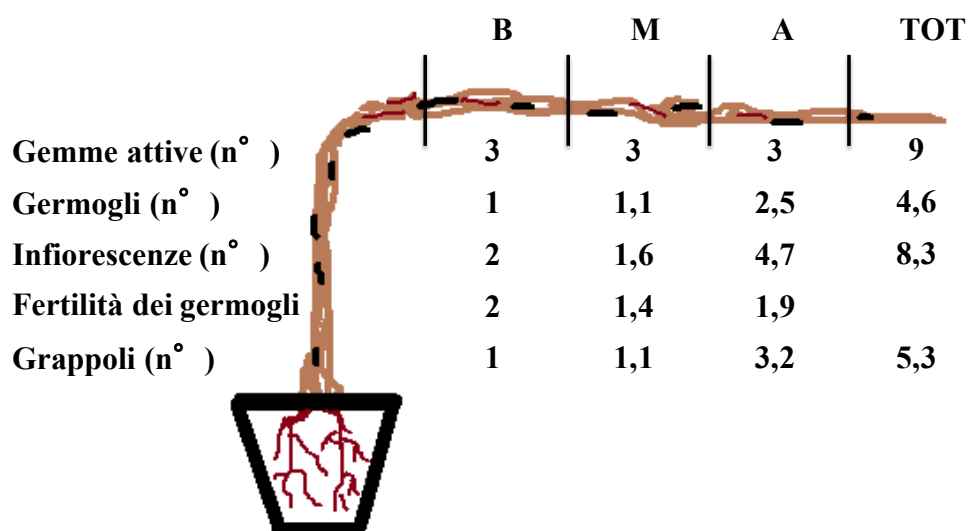
Sulla popolazione di acini studiata è stata valutata la distribuzione in tre classi di frequenza del peso: < 6, 6,5-7 e >7 g.

Sui parametri accrescimento dell'asse principale, tasso di crescita assoluto e superficie fogliare per germoglio nelle diverse epoche, è stata eseguita un'analisi della varianza ad una via considerando la gestione idrica come variabile indipendente. Sulle medie si è effettuato il test di TUKEY per $\alpha = 0,05$. Tutte le analisi statistiche sono state eseguite con il pacchetto SYSTAT 10®.

4.4 RISULTATI E DISCUSSIONE

Le caratteristiche delle piante su cui è stata effettuata la prova vengono mostrate in figura 1.

Fig. 1 - Pianta tipo



Come si evince dalla figura di cui sopra, il numero di gemme "attive" è risultato essere di 9, equamente suddivise nelle tre porzioni (apicale, mediana e basale); il numero dei germogli presenti sul tralcio è stato di 4,5, con un numero di infiorescenze pari a 8,3 (4,7, 1,6 e 2,0 rispettivamente nella porzione apicale, mediana e basale). Ad allegazione avvenuta, si è deciso di diminuire il carico produttivo, così che ogni germoglio portasse 5,3 grappoli (3,2, 1,1 e 1,0 rispettivamente nella porzione apicale, mediana e basale).

Sulla base delle analisi delle curve di ritenzione idrica del substrato, eseguite prima dell'inizio della prova, è emersa una stratificazione all'interno del vaso dovuta a una diversa distribuzione delle due componenti (perlite e fibra di cocco). Nello specifico sono stati individuati tre diversi strati (superiore, medio ed inferiore) caratterizzati da una differente curva di ritenzione (figg. 2.a, 2.b, 2.c)

Fig. 2.a: curva di ritenzione idrica nello strato superiore del substrato

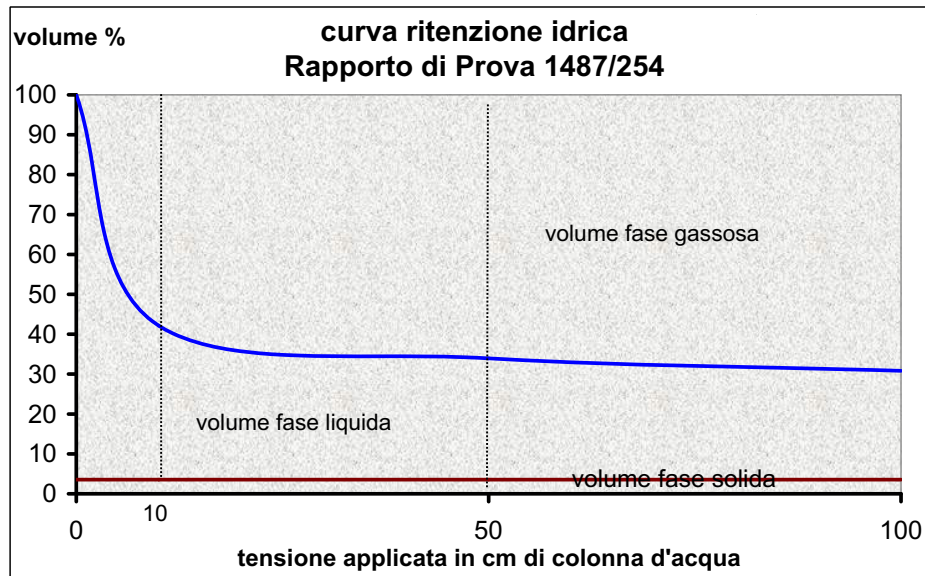


Fig. 2.b: curva di ritenzione idrica nello strato medio del substrato

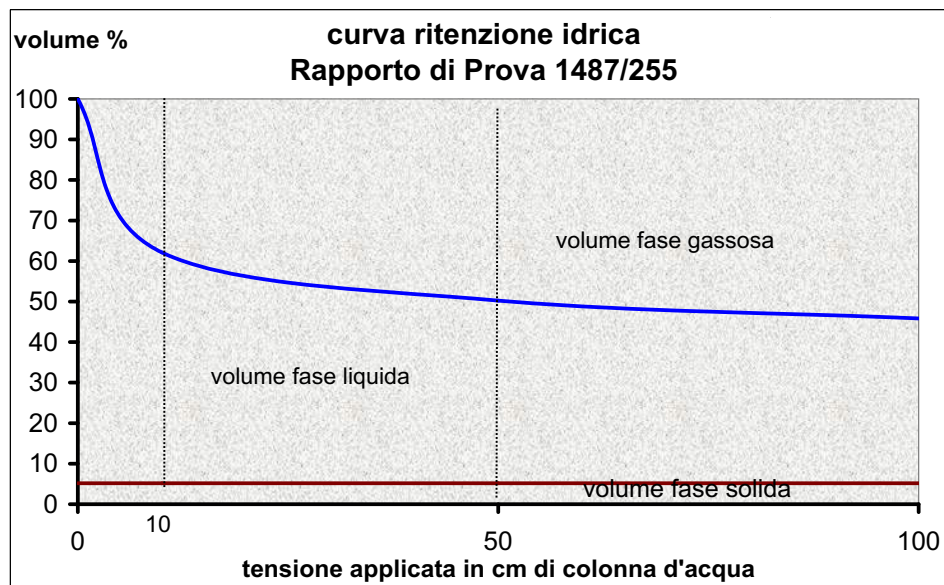
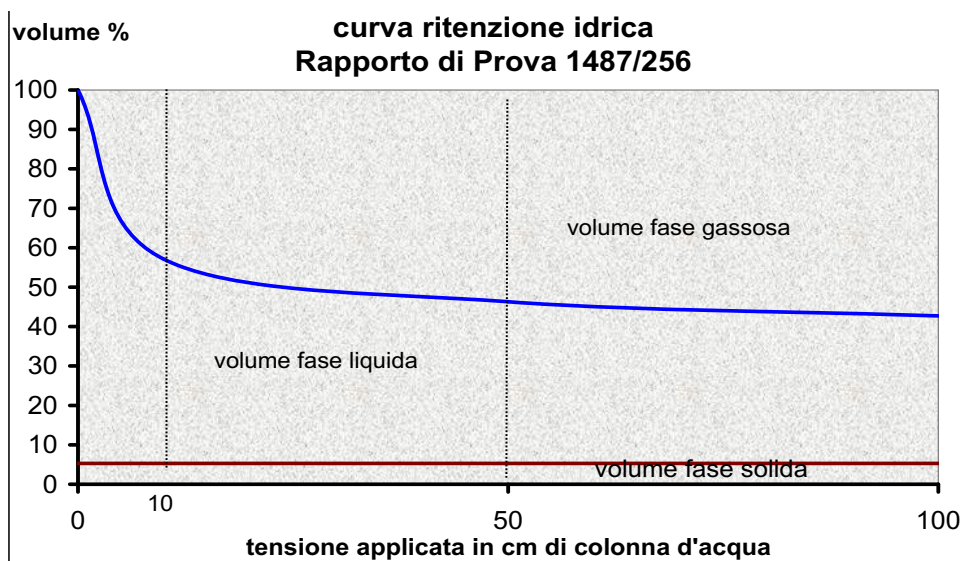


Fig. 2.c - curva di ritenzione idrica nello strato inferiore del substrato



Alla luce dei risultati ottenuti dalle suddette analisi, è stata stabilita, come soglia d'intervento, il valore di 40 (% volume terreno/volume acqua) e una durata del turno irriguo di 3,5 minuti. La gestione della nutrizione idrica e minerale attraverso sensori TDR ha permesso di ottenere risultati interessanti per quanto riguarda la sostenibilità dei volumi irrigui somministrati; con la gestione dell'irrigazione attraverso sensori di umidità del substrato, infatti, si è registrato un sensibile risparmio in termini di acqua erogata (- 46%) e quindi di elementi nutritivi nell'intero ciclo rispetto alla gestione aziendale (tabb. 1.a e 1.b).

Tab. 1: Acqua (L/pianta) ed elementi nutritivi (g/pianta) somministrati nelle due tesi, nei diversi intervalli fenologici

Tab. 1.a

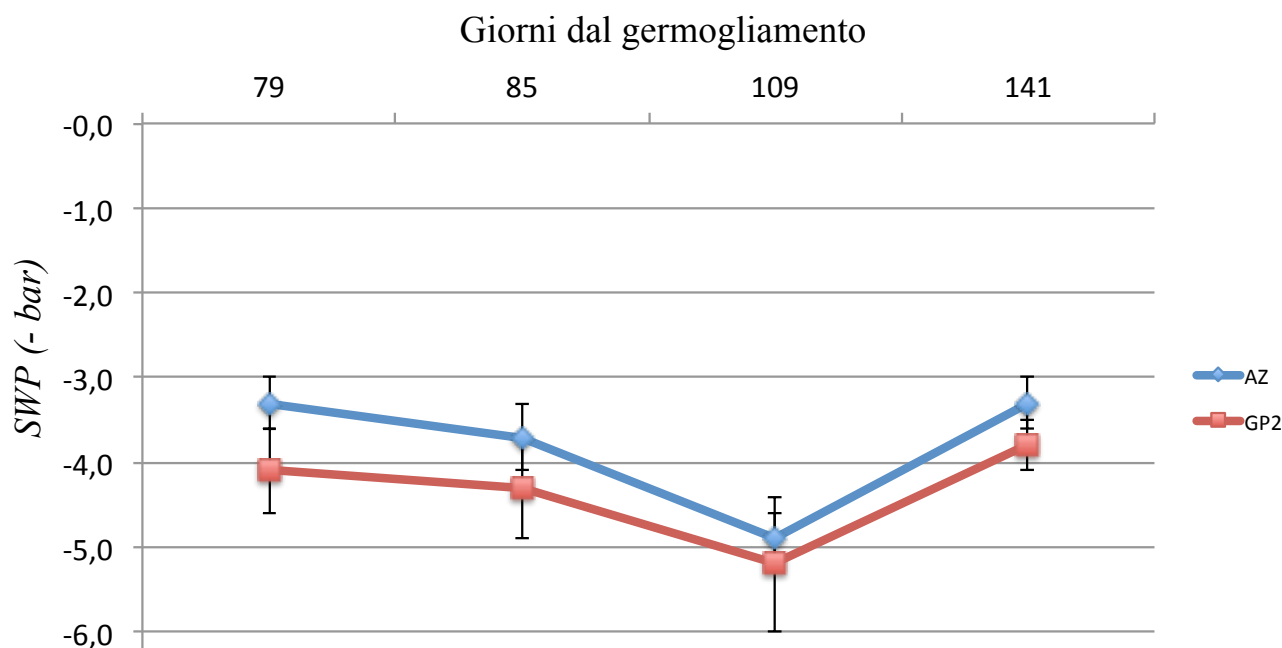
Acqua (lt)	Sgrondo (%)	Intervalli Fenologici			
		<i>G-F</i>	<i>F-I</i>	<i>I-R</i>	<i>G-R</i>
Aziendale	30	56	93	314	463
GP2	20	56	66	126	248
Δ (%)		0	-29	-60	-46

Tab. 1.b

Elementi nutritivi (g)	Aziendale				GP2			
	Intervalli fenologici							
	<i>G-F</i>	<i>F-I</i>	<i>I-R</i>	<i>G-R</i>	<i>G-F</i>	<i>F-I</i>	<i>I-R</i>	<i>G-R</i>
N	7,7	9,5	30,5	47,8	7,7	6,7	12,1	26,6
P	3,7	3,3	10,2	17,1	3,7	2,3	4,0	10,0
K	16,6	18,0	91,6	126,2	16,6	12,8	36,3	65,7
Ca	13,3	22,4	69,1	104,8	13,3	15,9	27,4	56,6
Mg	4,7	7,9	26,2	38,8	4,7	5,6	10,4	20,7
Δ (%)					0	-30	-60	-46

L'utilizzo della metodologia oggetto di questo studio ha consentito una riduzione del quantitativo di acqua e di elementi nutritivi del 30 e del 60% rispettivamente nell'intervallo fenologico fioritura-invaiaatura e invaiaatura-raccolta. Le misure di potenziale Stem, (dal 79° al 141° giorno dal germogliamento) non hanno mostrato differenze significative tra le tesi; questo può essere inteso come un indice di massimizzazione della risorsa irrigua in quanto, con quantitativi di acqua inferiori al 40%, si sono raggiunti gli stessi valori di potenziale (fig.3).

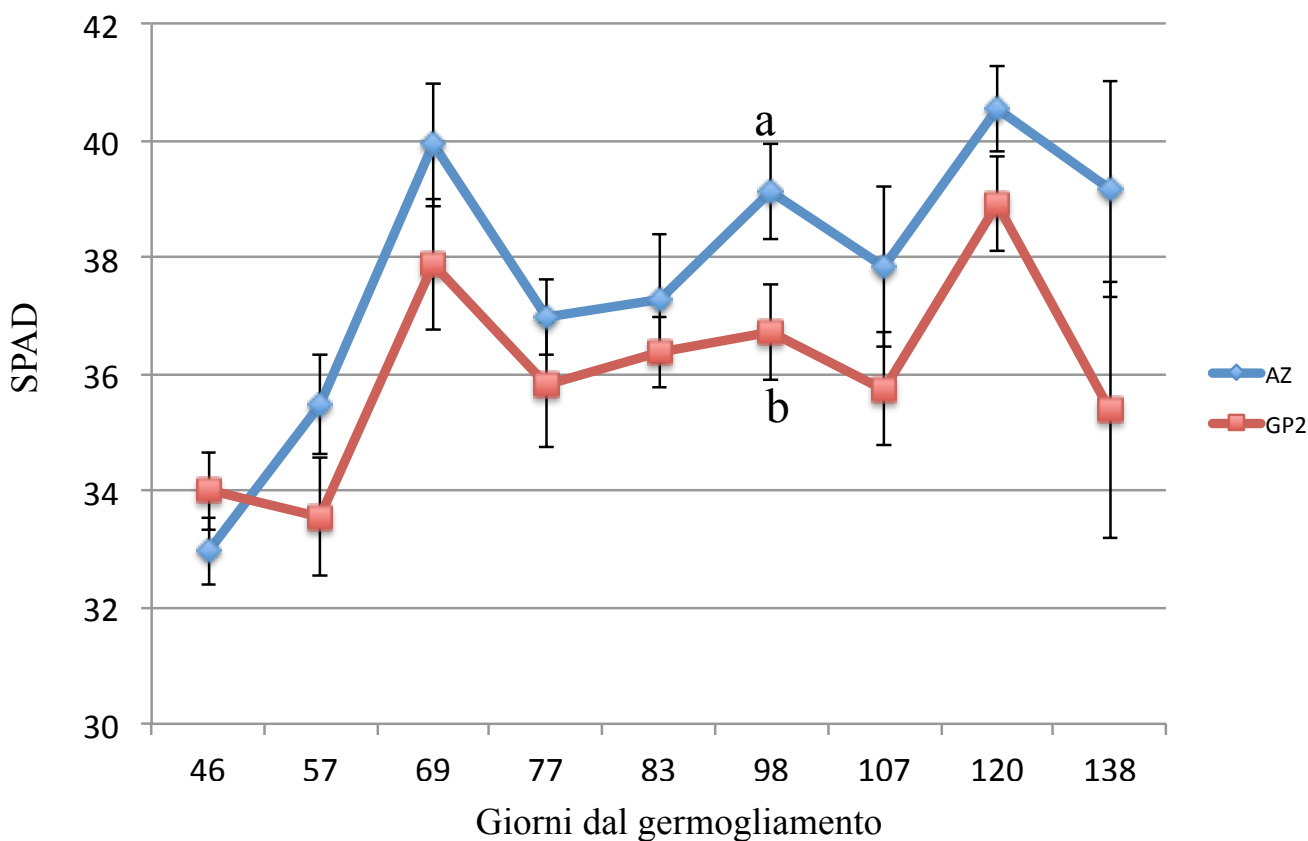
Fig.3 - Stem Water Potential



In particolare i valori registrati indicano che in entrambe le tesi, e durante il periodo di osservazione, non si sono mai verificate condizioni di stress idrico nelle piante, essendo i valori compresi tra -3,3 e -5,2 bar [14].

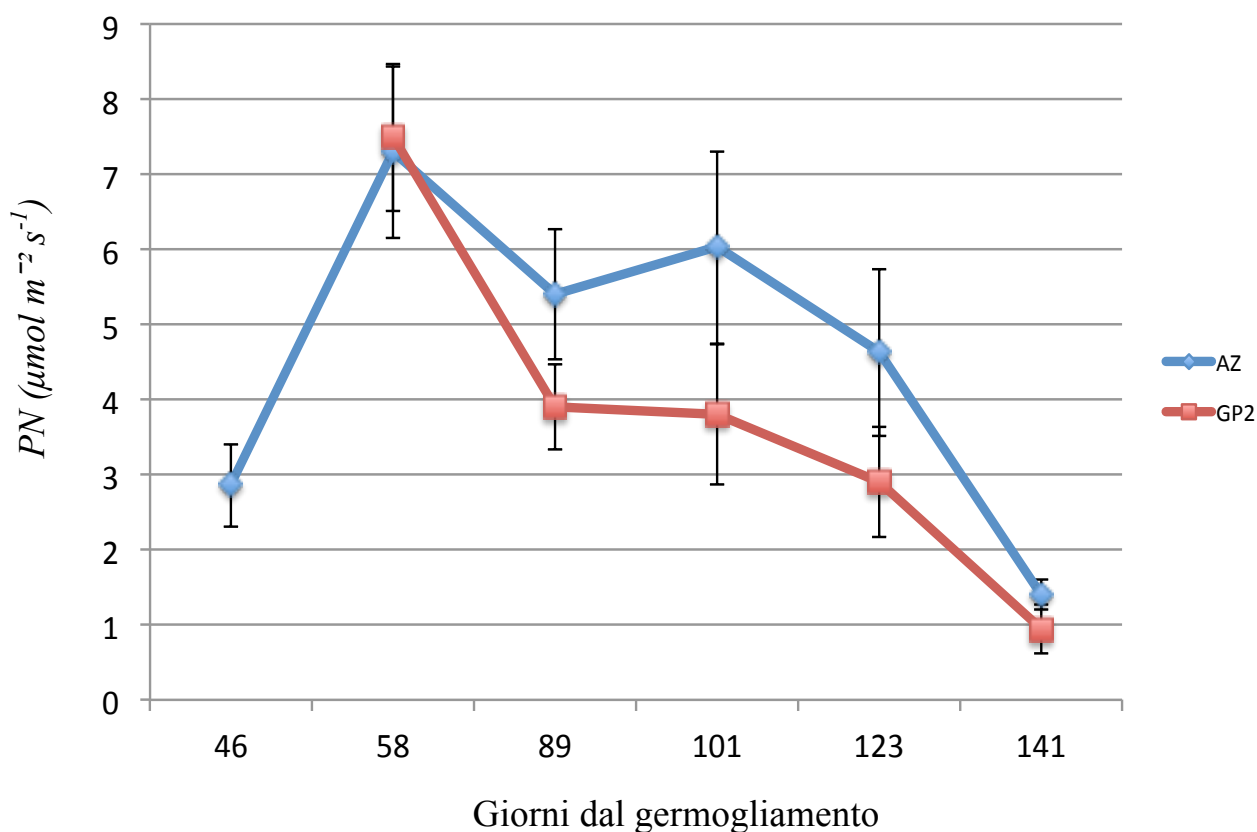
Le differenze di elementi nutritivi somministrati (soprattutto in termini di azoto) (tab. 1.b), hanno fatto registrare nella tesi aziendale, per il valore d'indice SPAD, differenze significative a 98 giorni dal germogliamento. I valori raggiunti dalla tesi aziendale così come quelli della tesi GP2, come riportato da numerose ricerche, indicano un buon contenuto in azoto del lembo fogliare. Sono stati registrati, infatti, valori di SPAD compresi tra 33 e 41 (in relazione allo stadio fenologico) in linea con quanto trovato da altri [15]. La tesi GP2 ha mostrato valori inferiori rispetto all'aziendale, mediamente a 138 giorni dal germogliamento (fig. 4).

Fig.4 - Spad



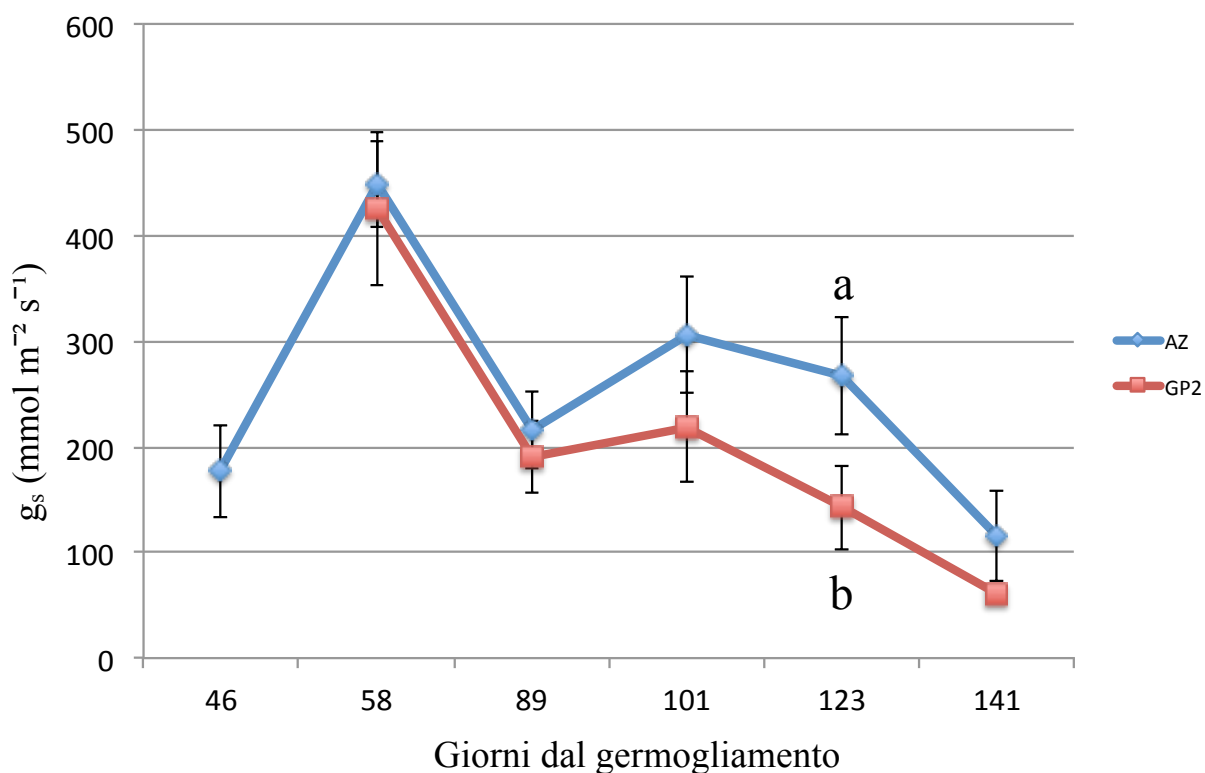
Contrariamente a tale indice, non sono emerse differenze significative tra le tesi in termini di fotosintesi netta anche se tendenzialmente la tesi aziendale ha presentato valori superiori alla tesi GP2. I valori più alti di fotosintesi ($7,3 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) si sono avuti nelle prime fasi del ciclo (58° giorno dal germogliamento) per poi diminuire ($1,4 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) al 141° giorno dal germogliamento (fig. 5).

Fig.5 - Fotosintesi netta



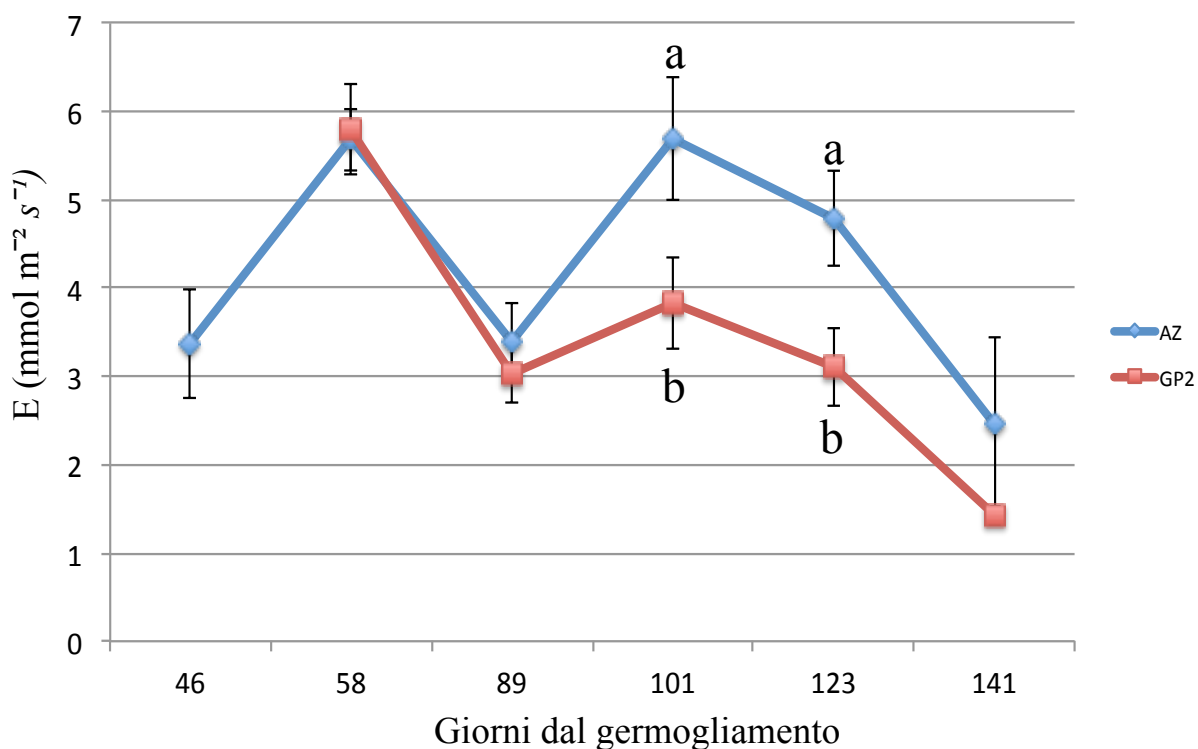
La conduttanza stomatica ha mostrato differenze significative tra le tesi soltanto al 123° giorno dal germogliamento, dove è risultata essere maggiore nella tesi aziendale ($267,6$ e $142,8 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ rispettivamente per la tesi aziendale e GP2). In tutte le altre date, anche se con differenze non significative, i valori sono stati superiori sempre nella tesi Aziendale (fig.6).

Fig. 6 - Conduttanza stomatica



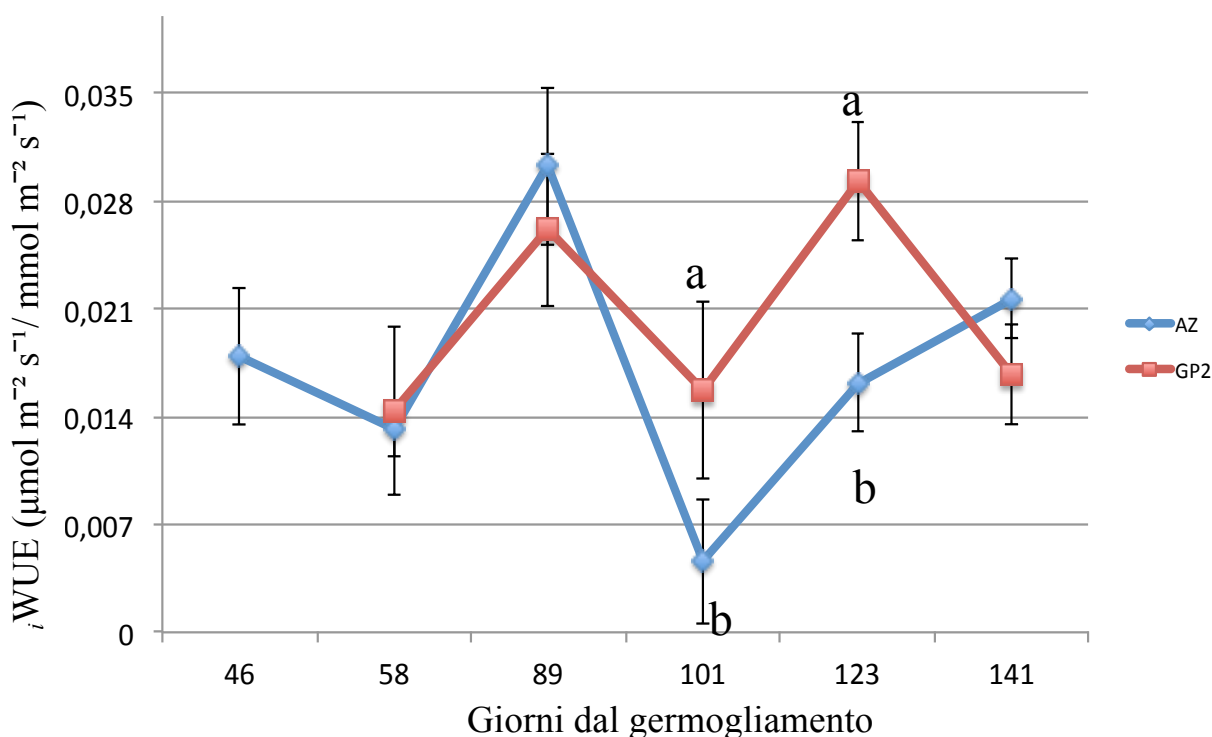
Anche la traspirazione ha seguito lo stesso andamento, con differenze significative al 101° e 123° giorno dal germogliamento e valori superiori nella tesi aziendale. I valori registrati al 101° giorno sono stati di 5,7 e 3,8 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ rispettivamente nella tesi aziendale e GP2 mentre al 123° sono stati di 4,8 e 3,1 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ rispettivamente nella tesi aziendale e GP2 (fig. 7).

Fig.7 - Traspirazione



La figura 8 (iWUE) mostra l'andamento stagionale dell'efficienza dell'uso dell'acqua nelle due tesi. Come si evince, dalla figura, sono state registrate differenze statisticamente significative al 101° e 123° giorno dal germogliamento. Nella tesi GP2 i valori sono stati costantemente maggiori rispetto alla tesi aziendale eccetto che al 101° e 123° giorno dal germogliamento. Probabilmente la maggiore efficienza dell'uso dell'acqua, registrata nella tesi GP2, è correlata con la chiusura degli stomi che impediscono una fuoriuscita di acqua per traspirazione, regolando il grado di turgore fogliare.

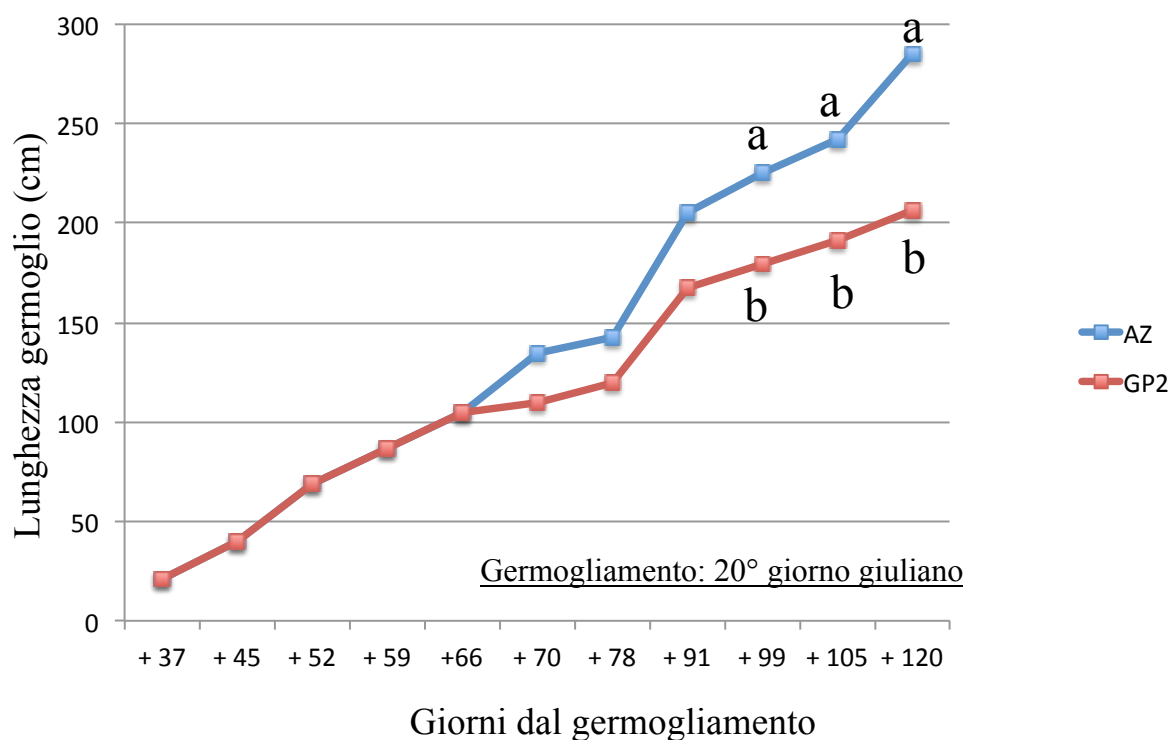
Fig.8 - iWUE (Intrinsic water use efficiency)



Anche i parametri vegetativi sono stati influenzati dalla diversa gestione idrica e minerale. L'accrescimento del germoglio nelle due tesi ha mostrato un andamento di piena attività vegetativa in tutte le osservazioni. I valori, infatti, sono stati sempre in crescita, non mostrando le piante fenomeni o sintomi di stress (come d'altronde buona pratica di conduzione nell'uva da tavola).

In particolare la lunghezza del germoglio nelle piante irrigate con strategia aziendale, è stata significativamente maggiore rispetto a quella dei germogli nelle piante irrigate con il GP2. Le differenze sono state più evidenti soprattutto nell'ultima fase di sviluppo, a 99 (225,8 e 181,4 cm rispettivamente per la tesi aziendale e GP2) e a 120 giorni dal germogliamento (294,4 e 211,7 cm rispettivamente per la tesi aziendale e GP2), dove interventi idrici e minerali più elevati modificano il ciclo vegetativo delle piante, prolungandone lo sviluppo (fig. 9).

Fig.9 - Accrescimento del germoglio (cm)



Per quanto riguarda la superficie fogliare per germoglio, non si evidenziano differenze significative tra le tesi, sia in fioritura che all'invaiaitura; le stesse considerazioni si possono fare per la superficie fogliare a pianta (1,1 m² in entrambi gli anni alla fioritura; 3,0 e 2,9 m² all'invaiaitura rispettivamente nella tesi aziendale e GP2).

Alla raccolta invece, la tesi aziendale ha mostrato valori maggiori di superficie fogliare sia per germoglio (1,2 m² contro 0,37 m²) che per pianta (5,7 m² contro 1,7 m²). Nonostante entrambe le tesi siano state sottoposte a un intervento in verde della stessa intensità, le piante della tesi GP2 hanno presentato una maggiore incidenza percentuale della superficie fogliare dell'asse; questo è da ricercare nella minore somministrazione di acqua alle piante di questa tesi che ha causato un sviluppo minore delle femminelle e in termini generali ad un vigore del germoglio inferiore (tab. 2).

Tab.2 - Superficie fogliare per pianta

Fase fenologica	Aziendale			GP2		
	Pianta	Germoglio	% Sup. F. asse	Pianta	Germoglio	% Sup. F. asse
Fioritura (m ²)	1,1	0,24	69	1,1	0,24	69
Invaiaitura (m ²)	3	0,65	57	2,9	0,63	55
Raccolta (m ²)	6,1	1,3	27	1,7	0,37	60

A sostegno di questa ipotesi, in potatura invernale anche il legno asportato è stato del 50% circa inferiore nella tesi GP2 rispetto al controllo (0,7 kg di legno contro 1,5 kg di legno) (tab.3).

Tab.3 - Legno di potatura per pianta nelle due tesi

Legno di potatura/pianta	kg
Aziendale	1,5
GP2	0,7

Per quanto riguarda i parametri produttivi (peso acino, peso grappolo, uva a pianta, DI, Dt), non sono state evidenziate differenze significative tra le tesi fino alla raccolta (tab. 4).

Tab.4 - Parametri produttivi

<i>Fase fenologica</i>	<i>Parametri</i>	<i>Aziendale</i>	<i>GP2</i>
<i>Fioritura</i>	P.m. infiorescenza (g)	4,3	4,3
	Lungh. Infiorescenza (cm)	20,3	20,3
<i>Invaiaatura</i>	P.M.G (g)	264,1	268,4
	Peso rachide (g)	9,1	8,8
	P.M.A (g)	3,8	3,4
	DI/Dt	1,3	1,2
<i>Raccolta</i>	P.M.G (g)	584,9 a	565,9 b
	P.M.A (g)	8,2	7,9
	Q.ta Uva/pianta (kg)	3,1	3,0
	DI/Dt	1,5	1,4
	Peso Rachide (g)	12,0 a	10,6 b
	Zuccheri (°brix)	12,2 a	10,6 b

All'invasatura e alla raccolta, gli acini sono stati suddivisi in classi di frequenza in base al peso.

All'invasatura, nella tesi aziendale, gli acini erano ripartiti con l'entità del 40% nelle classi <3,5 e >4 mentre solo il 21% si trovava nella classe intermedia (3,5-4). Nella tesi GP2, il 55% degli acini si trovava nella classe inferiore (<3,5 g); alla raccolta in entrambi le tesi, la maggiore percentuale degli acini era della classe > 7 g (74 e 56% rispettivamente per la tesi aziendale e GP2) (tab. 5).

Tab.5 - Classi di frequenza (%) in base al peso dell'acino

		Classi di frequenza (%)		
		< 3,5 g	3,5-4 g	>4 g
INVAIATURA	Aziendale	43	17	40
	GP2	55	21	24
		<6 g	6,5-7 g	>7 g
RACCOLTA	Aziendale	18	8	74
	GP2	28	8	56

Le uve della tesi aziendale non solo erano costituite da acini più grandi, ma anche da acini con un contenuto zuccherino significativamente più elevato rispetto alla tesi aziendale (12,2° contro 10,6°Brix). Tali valori possono essere spiegati da un più alto rapporto tra superficie fogliare per kg di uva (1,8 contro 0,5 rispettivamente per la tesi aziendale e GP2) (tab. 6).

Tab.6 - Indici di equilibrio e di efficienza nelle due tesi

Parametri		Aziendale	GP2
Ravaz Index		4,1	4,7 a
Sup. Fogliare/Produzione di uva (cm ² /kg)	Invasatura	2,1	2,1
	Raccolta	2,0 a	0,5

La diversa gestione dell'irrigazione ha influito sul comportamento delle piante nell'anno successivo; in particolare la riduzione del vigore nella tesi GP2, visto precedentemente, ha determinato un effetto negativo sulla percentuale di germogliamento (inferiore del 20%), sul numero di germogli e sulla fertilità e quindi sul numero complessivo di infiorescenze per pianta (inferiore del 53%) (tab. 7).

Tab.7 - Valori dei parametri di fertilità nel 2015, nelle due tesi

ANNO	Aziendale	GP2
Gemme “attive” (n°)	9	9
Gemme cieche (%)	33	53
Germogli (n°)	5,8 a	4,1
Infiorescenze (n°)	4,8 a	2,3
Fertilità	0,8	0,6

I parametri commerciali e tecnologici delle uve sono stati raggiunti prima nella tesi aziendale e precisamente il 2 luglio. In tale data le uve irrigate con gestione aziendale, presentavano un grado zuccherino di 12,2 °Brix, significativamente maggiore rispetto a quelle irrigate con il GP2.

4.5 CONCLUSIONI

L’irrigazione è, negli ambienti caldo-aridi, una tecnica colturale fondamentale per la viticoltura sia da vino che da tavola. I risultati della vasta attività di ricerca condotta nell’ultimo ventennio consentono di riconsiderare, senza alcun dubbio, il ruolo dell’irrigazione che da intervento agronomico effettuato per aumentare la quantità di uva prodotta per unità di superficie, è diventato strumento per migliorare il potenziale produttivo del vigneto e le caratteristiche qualitative dell’uva prodotta. L’irrigazione quindi, è oggi considerata un importante fattore di qualità e reddito nella viticoltura, ancor più alla luce delle conseguenze connesse al cambiamento climatico ed alla coltivazione in ambiente serra. La gestione dell’irrigazione nell’uva da tavola deve essere effettuata mantenendo le piante in condizione di no-stress per tutto il periodo vegeto-produttivo. E’ comunque ipotizzabile una strategia di deficit idrico controllato (D.I.C.), che basandosi sulle conoscenze della fisiologia della vite, tenda a mantenere nella pianta, nei diversi intervalli fenologici, livelli di stress idrico leggero prefissati. L’adozione del D.I.C. consente di gestire ed indirizzare i rapporti source-sink e l’attività vegetativa e produttiva in modo da ottimizzare la capacità produttiva e le caratteristiche qualitative dell’uva, in relazione agli obiettivi commerciali market oriented.

La gestione idrica dell'uva da tavola, al giorno d'oggi non prevede una razionale calendarizzazione degli apporti irrigui ma, si basa su tecniche e modi empirici dettati dall'esperienza del viticoltore e che portano al mantenimento della pianta in assenza di stress. Questa strategia porta alla somministrazione, in pieno campo, di circa 3000 m³ di acqua per ettaro e per anno. Con la coltivazione in fuori suolo invece, si somministrano circa 5290 m³ per ettaro e per ciclo produttivo. Dal confronto dei dati relativi alla quantità di acqua somministrata, sembrerebbe che il fuori suolo consumi più acqua rispetto al pieno campo. Questo è errato in quanto la densità di piante, nella coltivazione in fuori suolo, è molto maggiore rispetto a quella utilizzata in pieno campo (6993 e 1200 piante/ha rispettivamente). Le considerazioni cambiano nel momento in cui calcoliamo il fabbisogno idrico per unità di uva prodotta. La coltivazione in fuori suolo consente di produrre un chilo di uva utilizzando 119 litri di acqua a dispetto dei 125 litri utilizzati in pieno campo. In questo scenario, è indispensabile sottolineare come, con la gestione dell'irrigazione mediante sensoristica, si riesca a produrre un chilo di uva utilizzando 92 litri, contro i 119 litri utilizzati con la normale gestione idrica aziendale. E' possibile, in questo modo, somministrare quantitativi complessivi di acqua e di elementi nutritivi (attraverso fertirrigazione) per anno e per ettaro inferiori rispetto alle tecniche tradizionali, con evidenti benefici in termini di sostenibilità, di costi e di efficienza di uso dell'acqua. I risultati della prova in sintesi, mostrano come l'irrigazione delle piante in fuori suolo con l'ausilio della sola sensoristica, idonea a monitorare il contenuto idrico del substrato (metodo GP2), abbia permesso di ottimizzare i livelli produttivi, mantenere costante la qualità delle uve in relazione agli obiettivi commerciali e di ridurre i quantitativi di acqua e di elementi nutritivi somministrati.

Le brevi considerazioni fin qui sviluppate evidenziano come il notevole progresso e gli ampi benefici dell'adozione di sistemi automatizzati, in particolare nella nostra prova il GP2, potrebbero dare un ulteriore slancio alla viticoltura da tavola. Inoltre, mediante l'utilizzo di sensoristica in grado di monitorare, da remoto, lo stato idrico della pianta, accoppiando le tecnologie usate in questa prova, si potrebbe ipotizzare di ottenere un ulteriore risparmio per quanto concerne input esterni, superando i già conosciuti problemi relativi all'inquinamento delle falde e al risparmio di acqua ed elementi nutritivi.

4.6 BIBLIOGRAFIA

1. **Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2002** Crops and Drips - Making the Best Use of Water for Agriculture; FAO: Rome, Italy.
2. **Bartolini, F., Bazzani, G.M., Gallerani, V., Raggi, M., Viaggi, D., 2005.** Water policy and sustainability of irrigated farming systems in Italy. In *The Future of Rural Europe in the Global Agri-Food System*, Proceedings of the XI Congress of the European Association of Agricultural Economists, Copenhagen, Denmark, August.
3. **Thompson, R.B., Martínez-Gaitan, C., Gallardo, M., Giménez, C., Fernández, M.D., 2007.** Identification of irrigation and n management practices that contribute to nitrate leaching loss from n intensive vegetable production system by use of a comprehensive survey. *Agric. Water Manage.* 899, 261-274.
4. **Jones, H.G.** Irrigation scheduling: Advantages and pitfalls of plant-based methods. *J. Exp. Bot.* 2004, 55, 2427-2436.
5. **Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M.** Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy, 1999.
6. **D'Urso, G., Vuolo, F., de Michele, C., 2008.** Remote sensing techniques to improve on-farm irrigation efficiency. In *Proceedings of the Irrigation Australia Conference*, Melbourne, Australia, May; Available online: www.irrigation.org.au, accessed February 26, 2009.
7. **Pardossi A., Incrocci L., Incrocci G., Tognoni F., Marzioletti P., 2009.** What limits and how to improve water use efficiency in outdoor container cultivation of ornamental nursery stocks. *Acta Hort.* (ISHS)
8. **Whalley W.R., Clark L.J., Take W.A, Bird N.R.A., Leech P.K., Cope R.E., Watts C.W., 2007.** A porous-matrix sensor to measure the matric potential of soil water in the field. *Eur. J. Soil Sci.*;58:18–25.
9. **Bacci L., Checcacci E., 2004.** Il pilotaggio dell'irrigazione nelle colture florovivaistiche (In Italian) In: *Pardossi A., Incrocci L., Marzioletti P., editors. Uso Razionale delle Risorse nel Florovivaismo: L'Acqua. Vol. 5. ARSIA; Firenze, Italy: pp. 147–156.*

10. **Zotarelli L., Scholberg M.J., Dukes M.D., Muñoz-Carpena R., Icerman J. 2009.** Tomato yield, biomass accumulation, root distribution and irrigation water use efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling. *Agric. Water Manage*; 96:23–24.
11. **Thompson R.B., Gallardo M., Valdez L.C., Fernández M.D. 2007.** Using plant water status to define threshold values for irrigation management of vegetable crops using soil moisture sensors. *Agric. Water Manage.* 88:147–15.
12. **Incrocci L., Pardossi A., Voogt W., 2012.** Analizzare l'estratto acquoso per fertirrigare al meglio. *L'informatore agrario*, 16/2012, 40-43
13. **Lorenz D.H., Eichhorn K.W., Bleiholder H., Klose R., Meier U., Weber E., 1994:** Phänologische Entwicklungsstadien der Weinrebe (*Vitis vinifera* L. ssp.vinifera). *Vitic. Enol. Sci.* 49, 66-70.
14. **Gambino C., Di Lorenzo R., 2008:** Comportamento vegeto-produttivo ed ecofisiologico di viti allevate fuori suolo in coltura protetta. *Rivista di frutticoltura e di ortofloricoltura*, vol. 1, pp. 22-26 ISSN: 0392-954X.
15. **Porro D., Bertamini M., Dorigatti C., Stefanini M., Ceschini A. 2001 -** Lo Spad nella diagnosi dello stato nutrizionale della vite. *L'Informatore Agrario*, 26: 49-55.

5. STUDIO 3: STUDIO DEGLI EFFETTI DI PGRS (PLANT GROWTH REGULATORS) SU VARIETA' CON SEMI

5.1 STATO DELL'ARTE

I fitoregolatori sono impiegati nell'industria dell'uva da tavola ormai da decenni; tuttavia permane tra gli agricoltori italiani confusione e qualche dubbio sul loro corretto uso.

In Paesi come California, Cile o Sudafrica, con una lunga tradizione di coltivazione di varietà seedless, gli agricoltori hanno maggiore dimestichezza nell'impiego corretto di fitoregolatori. Le varietà seedless tradizionali (Thompson Seedless e Flame Seedless) hanno infatti bisogno di numerosi interventi con fitoregolatori per raggiungere caratteristiche commerciali adeguate. I fitoregolatori sono sostanze chimiche presenti in concentrazioni molto basse che regolano numerosi processi di crescita nella pianta. I fitoregolatori di sintesi simulano l'azione dei fitormoni naturali presenti nella pianta.

Sul mercato sono presenti diversi prodotti ormonali; tuttavia nell'uva da tavola i maggiormente impiegati sono:

- Gibberelline: per allungamento grappolo, diradamento infiorescenze e ingrossamento acino.
- Citochinine: per ingrossamento acino.
- Ethephon: promotore del fitormone etilene, per la promozione del colore in varietà a bacca colorata.

L'uva da tavola è un prodotto estetico, quindi l'aspetto delle bacche, il gusto e la consistenza devono soddisfare le esigenze dei consumatori. Per soddisfare gli elevati standard del mercato delle esportazioni, i produttori devono essere in grado di esercitare un certo controllo sulla crescita delle bacche al fine di ottenere il prezzo più alto. Poca ricerca è stata fatta per sviluppare pratiche manageriali che i produttori possano applicare per migliorare o assicurare la consistenza della bacca. Applicazioni di calcio ai grappoli e la fertilizzazione con calcio, così come l'uso di acido gibberellico (GA_3) e citochinine sintetiche (CPPU), vengono eseguite da produttori di uve da tavola per migliorare la consistenza della bacca. La certezza di queste pratiche non può essere stabilita prima che la loro efficacia, sulla consistenza della bacca, non venga validata per scopi di produzione commerciale.

L'acido gibberellico migliora la divisione e la moltiplicazione delle cellule del pericarpo ed è più efficace nel corso della prima fase di crescita della bacca. Uve trattate con GA_3 all'invasatura sono risultate avere un aumento della consistenza della bacca. La consistenza dei frutti è stata anche aumentata con l'applicazione del CPPU.

La maggiore consistenza, ottenuta su bacche trattate con CPPU, è causata probabilmente dal suo effetto ritardante sulla maturazione del frutto. Coombe & Hale attribuiscono la maggiore consistenza a modifiche dell'anatomia della bacca come l'aumento dello spessore della buccia [51].

La scoperta delle gibberelline avvenne casualmente, come per molte altre scoperte scientifiche, durante lo studio di una malattia del riso da parte di ricercatori giapponesi. Questa malattia faceva crescere eccessivamente in altezza le piante di riso, impedendone la produzione di semi. Successivamente si è scoperto che la patologia era dovuta alla secrezione di un fungo che infestava le piante alte, il *Gibberella fujikuroi* dal quale si isolò un composto chimico che venne chiamato gibberellina. Negli anni '30 i Giapponesi riuscirono ad ottenere dei cristalli impuri di una miscela di composti fungini, attivi sulla crescita degli organismi vegetali, e ad uno di questi venne dato il nome di gibberellina A. Negli anni '50 due gruppi di ricerca (Inglese ed Americani) riuscirono a purificare i filtrati di *Gibberella* ottenendo la struttura di un composto che chiamarono acido gibberellico. Nel frattempo in Giappone si isolarono 3 gibberelline a partire dalla gibberellina A originale che vennero chiamate, in ordine cronologico, gibberellina A1, gibberellina A2 e gibberellina A3 e dimostrarono che la struttura chimica di quest'ultima coincideva esattamente con l'acido gibberellico isolato dagli Americani. Il sistema di numerazione delle gibberelline segue tutt'oggi questa regola cronologica.

Per l'uva da tavola in Italia è registrato solamente l'impiego di gibberelline A. Tra le tante gibberelline esistenti (più di 110) la più utilizzata è la GA₃, comunemente chiamata acido gibberellico.

L'acido gibberellico viene impiegato in modi differenti, in quanto si hanno effetti diversi a seconda della fase fenologica in cui viene utilizzato, e per questo motivo è bene studiare e conoscere le dinamiche di accrescimento del frutto.

Lo sviluppo della bacca può svolgere un ruolo importante per la determinazione della sua consistenza. Le pratiche manageriali che possono aumentare la consistenza degli acini di uva da tavola devono essere applicate al momento giusto durante il suo sviluppo per ottenere l'effetto desiderato. Una conoscenza approfondita dello sviluppo della bacca fornisce informazioni necessarie per utilizzare e valutare queste pratiche in modo corretto.

L'acino è suddiviso in diversi tessuti. Il pericarpo è la parete dell'ovaio che circonda le cavità del seme. Esso è suddiviso in due sezioni - l'esocarpo o buccia (costituito da cuticola, epidermide e ipoderma) e mesocarpo o polpa. L'esocarpo è composto da 6 a 8 strati di cellule, mentre il mesocarpo ha tra i 25 e i 30 strati di cellule [1]. La parete esterna dell'epidermide è protetta da una cuticola fatta di strati di cera [2]. L'esocarpo è costituito da cellule

collenchimatiche compatte mentre il mesocarpo ha una consistenza spugnosa causata da un collegamento allentato tra le cellule [3].

La crescita della bacca segue una curva a doppia sigmoide che consiste di tre fasi di sviluppo [4]. Queste fasi di sviluppo sono caratterizzate da diversi livelli di divisione e sviluppo delle cellule nel pericarpo [5].

La divisione cellulare e lo sviluppo dei semi avviene nel primo periodo di crescita [6]. Secondo Harris et al. [7], la durata di questa fase è dalla fioritura fino a 60 giorni dopo. Secondo Dokoozlian [1] dura tra le due e le tre settimane per le varietà di uva passa nella valle di San Joaquin. Ojeda et al. [8] divide la fase 1 di sviluppo della bacca in tre periodi. Il primo periodo è dall'antesi fino a cinque giorni dopo. Essa è caratterizzata da un'intensa mitosi mentre nessuna delle cellule aumenta significativamente di dimensione. Così, durante questo periodo, l'ingrossamento della bacca si basa sulla divisione cellulare, non sull'ingrossamento delle cellule. Il secondo periodo è da cinque giorni fino a 35 giorni dopo l'antesi. Questo periodo mostra un tasso ridotto di divisione cellulare e l'induzione all'ingrossamento delle cellule. Il terzo periodo rappresenta l'ultima settimana della fase 1 dello sviluppo della bacca. Durante questa settimana la divisione cellulare si blocca completamente, mentre l'ingrossamento delle cellule continua; quest'ultimo è ora l'unico fattore che influenza la crescita della bacca.

Secondo Coombe [9] la maggior parte della divisione cellulare si svolge da cinque giorni prima fino a dieci giorni dopo la fioritura. Nessuna ulteriore divisione cellulare avviene nella bacca dopo questa fase [1]. Al termine di questa fase, è stato quindi fissato il numero totale di cellule nella bacca [7]. Così, la divisione cellulare durante questa fase determina il numero di cellule nella bacca per il resto del suo sviluppo [1]. Dopo la fine della divisione cellulare, le bacche aumentano di volume a causa dell'accumulo di soluti e di acqua [10]. Durante questa fase l'acqua entra nella bacca attraverso lo xilema [11]. La divisione delle cellule cessa in tutti i tessuti in questa fase di crescita, quindi il più grande contributo alla crescita della bacca è dato dall'ingrossamento delle cellule [5].

Durante questa fase l'ipoderma è costituito da un insieme di piccole cellule isodiametriche con pareti sottili [12] che si espandono tangenzialmente [13]. Esse sono simili in termini di dimensioni rispetto alle cellule sottostanti del mesocarpo [14], che sono anch'esse isodiametriche [15].

Ci sono meno strati di cellule nella sub-epidermide delle bacche senza semi che nelle bacche con semi. La formazione di strati di cellule nella sub-epidermide cessa contemporaneamente sia nelle bacche con semi e senza [16].

La fase 1 dello sviluppo della bacca è molto sensibile alla temperatura e alla luce. La temperatura ottimale per la divisione e l'ingrossamento delle cellule è compresa tra 20 e 25 °C, mentre temperature superiori ai 35 °C riducono il tasso di crescita e la dimensione della bacca al termine del suo sviluppo [1]. Temperature inferiori a quella ottimale non provocano la formazione di bacche piccole ma influenzano la lunghezza del periodo di crescita ritardando l'inizio di maturazione [17], che inizia con il passaggio alla fase 3 di sviluppo delle bacche.

Le bacche coltivate in condizioni fortemente ombreggiate sono notevolmente più piccole rispetto a quelle ben esposte; la divisione cellulare e/o l'ingrossamento delle cellule sono quindi stimolati dalla luce in questa fase evolutiva [1]. Le dimensioni delle cellule del mesocarpo sono influenzate negativamente dalla domanda limitata di assimilati, come lo zucchero, nelle prime fasi di sviluppo (fase I) della bacca [18]. Gli stessi autori hanno anche scoperto che le cellule del pericarpo delle bacche provenienti da piante sottoposte a defogliazione erano significativamente più piccole rispetto a quelle provenienti da piante non sottoposte a defogliazione.

Piante sottoposte a stress idrico durante la fase 1 di crescita producono bacche piccole; questo effetto non può essere modificato con un'irrigazione successiva, a causa di una diminuzione permanente della dimensione della cella [1]. Una fornitura di acqua limitata non influenza la divisione cellulare, ma diminuisce il volume delle cellule [8] [19].

Durante tutta la fase 1, la bacca ha una consistenza solida e un colore verde a causa della presenza di clorofilla. Il contenuto zuccherino nella bacca rimane basso, mentre gli acidi organici si accumulano [1]. La dimensione della bacca al termine di questa fase determina la dimensione potenziale che la bacca potrà raggiungere durante la maturazione [15].

Il secondo periodo di crescita, che fa seguito al primo, è chiamato periodo di crescita lenta [6] conosciuto anche come "fase di latenza". Questa fase dura circa due o tre settimane a seconda della varietà e stagione [1]. I ricercatori hanno opinioni diverse per quanto riguarda le fasi in cui lo sviluppo della bacca è diviso. Coombe & McCarthy [20] suggeriscono tre fasi: formazione della bacca (dal germogliamento all'invasatura); maturazione del frutto; raccolta. La fase di latenza, come descritto da Dokoozlian [1], è inclusa nella prima fase di Coombe & McCarthy [20]. Winkler et al. [24] dividono lo sviluppo in due fasi: fase verde (dall'allegagione all'inizio della maturazione) e fase di maturazione (dall'inizio della maturazione fino alla completa maturazione). La fase di latenza è inclusa nella fase di maturazione, considerata come punto di svolta dell'intero ciclo di sviluppo dell'acino.

Questa fase è caratterizzata da una drastica diminuzione del tasso di crescita delle bacche e una diminuita concentrazione di sostanze di crescita [22]. Le bacche restano consistenti,

mentre i loro acidi organici raggiungono livelli più elevati. Al termine di questa fase, la clorofilla comincia a diminuire [1].

La terza fase di sviluppo è caratterizzata da una seconda fase di rapida crescita delle bacche. Ciò è dovuto all'ingrossamento delle cellule [6]. Le bacche crescono in fretta all'inizio di maturazione e rallentano verso la maturità [11] [15].

Questa fase inizia con l'invaiaatura [23], che è descritta da Coombe come il momento in cui c'è un'accelerazione della crescita, un aumento della deformabilità conseguente al rammollimento della bacca, un accumulo di zuccheri (glucosio e fruttosio) nel pericarpo, una diminuzione della concentrazione di acidi organici, una perdita di clorofilla e un accumulo di antociani [24]. Inoltre, è anche caratterizzata da un aumento dell'attività enzimatica (invertasi, saccarosio fosfato sintetasi, saccarosio sintetasi ed esochinasi) [25].

All'inizio dell'invaiaatura, lo zucchero, sotto forma di saccarosio, viene trasportato nella bacca. Questo si verifica per tutto il periodo di maturazione dei frutti [23]. L'aumento della quantità di zucchero e il rammollimento della bacca iniziano contemporaneamente [4]. Mentre la concentrazione di zucchero nella bacca aumenta, la concentrazione di acidi organici diminuisce, con conseguente aumento del pH. Anche i composti aromatici cominciano ad accumularsi nella bacca [1].

L'aumento della deformabilità della bacca inizia nelle fasi iniziali del secondo periodo d'ingrossamento della bacca mentre l'elasticità del tessuto cutaneo diminuisce. La diminuzione del turgore delle pareti cellulari del mesocarpo permette l'accumulo di zucchero. La perdita di elasticità delle pareti cellulari avviene prima nel mesocarpo e poi nell'esocarpo; a questo segue l'ingrossamento della bacca a causa dell'aumento di dimensione delle cellule [26].

La parete cellulare e la lamella mediana contengono sostanze pectiche. La lamella mediana è costituita principalmente da tali sostanze pectiche. Quando le sostanze pectiche vengono rimosse dalla lamella mediana delle cellule, si sfaldano. Le singole cellule, tuttavia, mantengono la loro forma a causa di altre sostanze ancora presenti nella parete cellulare [27]. La parete cellulare si compone di microfibrille - composte da catene di polisaccaridi - incorporate in una matrice. Il contenuto di pectina dell'uva varia durante la maturazione, come risultato del metabolismo della parete cellulare.

La dimensione della bacca può raddoppiare dall'inizio dell'invaiaatura alla raccolta [23]. L'ingrossamento delle cellule è l'unico fattore che gioca un ruolo nell'aumento di dimensione della bacca durante questa fase [1]; questo avviene soprattutto a causa dell'accumulo di acqua e zucchero nella bacca. Anche le modifiche della parete cellulare contribuiscono a rendere possibile l'ingrossamento della bacca [28].

Il potenziale ingrossamento delle cellule è influenzato da: 1) comportamento della parete cellulare; questo include la plasticità della parete cellulare, l'accumulo del materiale della parete cellulare e il grado di sviluppo della parete cellulare secondaria; 2) turgore che risente dell'afflusso di acqua e del gradiente di pressione osmotica tra l'interno e l'esterno della cellula; 3) le limitazioni all'espansione della polpa quali l'elasticità della buccia e degli strati cellulari esterni [29].

Durante questa fase gli strati esterni delle cellule dell'ipoderma si allungano tangenzialmente mentre le cellule negli strati interni si espandono in una forma irregolare [30]. Le pareti cellulari delle cellule epidermiche sono sottili e sembrano simile alle cellule del mesocarpo [15].

Una settimana dopo l'invasatura, le pareti di alcune delle cellule della buccia diventano più spesse mentre il resto delle pareti cellulari rimane sottile [13]. Le cellule del mesocarpo aumentano considerevolmente in termini di dimensioni e questa espansione delle cellule può essere correlata con l'espansione del vacuolo centrale.

Le bacche senza semi hanno un modello di crescita meno distintivo di bacche con semi [6]. Le cellule del pericarpo di bacche con semi seguono un diverso percorso di sviluppo rispetto a quello delle bacche senza semi. Le bacche senza semi hanno un minor numero di strati di cellule rispetto a quelle con semi, mentre la dimensione delle cellule è molto più grande. Questo è attribuito alle applicazioni GA_3 sulle bacche senza semi [16].

Tutte le cellule della bacca si formano nella prima fase di sviluppo che risulta, quindi, il momento ottimale per applicare regolatori di crescita. Durante la terza fase di sviluppo, la bacca aumenta le dimensioni delle cellule. I regolatori di crescita che avranno un effetto positivo sull'allargamento cella dovranno pertanto essere applicato nella fase 1.

L'acido gibberellico sintetico (GA_3) è comunemente usato per aumentare le dimensioni dell'acino [31] e migliora la divisione e la moltiplicazione delle cellule parenchimatiche del pericarpo, che favoriscono un aumento delle dimensioni della bacca [30] [32]. Aumentando la dimensione delle cellule, il GA_3 provoca una diminuzione della densità cellulare [33].

Weaver & Pool hanno suggerito le applicazioni di GA_3 durante la fioritura, poiché influenzano la fase di divisione cellulare durante lo sviluppo della bacca, mentre le applicazioni durante l'allegagione favoriscono l'ingrossamento delle cellule [34]. Ben-Arie et al. hanno verificato che l'acido gibberellico è efficace solo per un breve periodo durante la prima fase dello sviluppo della bacca [33]. Iwahori et al. suggeriscono che l'applicazione di GA_3 ha l'effetto più grande sulla prima fase di rapida crescita (fase I) dello sviluppo della bacca senza semi [35]. Un aumento della concentrazione di GA_3 aumenta gradualmente il peso delle bacche trattate, ma alte concentrazioni possono causare la rottura del frutto [36].

Pertanto, è importante applicare la più bassa concentrazione di GA₃ per ottenere l'effetto migliore [37]. Questo ha anche un effetto maggiore sull'ingrossamento delle cellule parenchimatiche distali che sulle cellule parenchimatiche prossimali.

Le applicazioni con acido gibberellico non aumentano significativamente le dimensioni delle uve apirene, così come avviene in quelle con semi. Le bacche con meno semi hanno una migliore risposta al GA₃, ma solo in misura limitata perché GA₃ sembra compensare la mancanza di semi; quando la bacca ha un certo numero di semi l'applicazione GA₃ non ha alcun effetto [38] [39]. Considine & Coombe hanno classificato le uve in tre categorie in base alla loro risposta alle applicazioni di GA₃: 1) Bacche partenocarpiche che rispondono positivamente alle applicazioni somministrate ad antesi; 2) bacche stenospermocarpiche che rispondono meglio alle applicazioni una o due settimane dopo l'antesi; queste bacche non ingrandiscono tanto quanto le bacche partenocarpiche; 3) bacche con semi dove si ottiene una ridotta risposta, se ottenuta, all'applicazione di GA₃ [40].

L'applicazione di GA₃ aumenta il peso della bacca e aumenta la resa, ma riduce lo sviluppo dei semi [41]. Shiozaki et al. hanno trovato che GA₃ ha un effetto maggiore sull'ingrossamento delle cellule che sulla divisione cellulare in caso di bacche senza semi [16]. Dal momento che i semi sono una fonte endogena di GA₃, sembra che l'applicazione di acido gibberellico esogeno compensi la mancanza di semi [32]. Le cellule del pericarpo delle bacche senza semi seguono un diverso percorso di sviluppo rispetto a quello delle bacche con semi; questo può essere il risultato del d(- 46%) iverso equilibrio ormonale indotto dall'applicazione con GA₃ piuttosto che dai semi [16]. Le bacche in cui l'apirenia è stata indotta dalle applicazioni di GA₃ tendono ad avere fasi di sviluppo più brevi rispetto a bacche non trattate [42].

Poca ricerca è stata sinora condotta per stabilire l'effetto dell'acido gibberellico sulla consistenza delle bacche di uva da tavola. L'applicazione di una concentrazione ottimale di GA₃ consente di ottenere bacche più grandi che presentano un periodo di conservazione migliore [43]. Inoltre, Singh et al. e Ben-Arie et al. hanno dimostrato che la consistenza dei frutti può essere aumentata quando questi vengono trattati con GA₃. Nel caso di una sola applicazione, le bacche trattate all'invasatura, hanno presentato una maggiore consistenza [33] [44].

Le citochinine sono bioregolatori vegetali che stimolano la divisione cellulare e l'espansione delle cellule mentre ritardano la senescenza [45].

Ogata et al. (1989), tuttavia, hanno dichiarato che le citochinine promuovono soltanto la divisione cellulare, mentre le gibberelline promuovono la divisione cellulare e l'ingrossamento delle cellule [46]. L'effetto delle citochinine sulla divisione cellulare all'inizio

della stagione influenza la crescita della bacca più avanti nel ciclo [47]. I frutti trattati con citochinine hanno una minore concentrazione totale di solidi solubili e pH alla raccolta mentre cultivar rosse e nere hanno un colore più chiaro della buccia [45].

N-(2-cloro-4-piridil)-N-fenilurea o forchlorfenuron (CPPU) è una citochinina sintetica che viene utilizzata in commercio per promuovere la divisione cellulare, aumentando le dimensioni delle bacche [48]. Questo prodotto aumenta il peso del grappolo e la dimensione degli acini in alcune cultivar senza semi [45]. Anche se l'applicazione di CPPU su Flame Seedless si traduce in una maggiore dimensione della bacca, ne riduce il colore.

Ebisu & Dokoozlian hanno rilevato che, alla raccolta, il numero di grappoli è diminuito in modo lineare rispetto all'aumento di citochinina applicata. Le CPPU ritardano la maturazione dei frutti, ritardando l'accumulo di zuccheri e di colore [49] e in cultivar sensibili, come Redglobe e Flame Seedless ad alti dosaggi, ne altera anche il sapore e la consistenza [48] [50].

Ebisuda & Dokoozlian hanno scoperto che la consistenza delle bacche della cultivar Flame, apirena, aumenta linearmente con l'aumento delle concentrazioni di CPPU applicata [49]. Ben-Arie et al. (1997) hanno stabilito che la maggior consistenza delle bacche può essere l'effetto della maturazione ritardata indotta da CPPU, anche se potrebbe essere collegata ad una modifica nell'anatomia del frutto [51]. Le applicazioni con CPPU promuovono la divisione cellulare ed aumentano lo spessore della buccia della bacca. Ben-Arie et al. ritengono che questa sia la causa del miglioramento della consistenza del frutto [33].

Retamales et al. hanno trovato che il diametro della bacca aumenta quando la CPPU è stata usata da sola, ma i migliori risultati sono stati ottenuti quando somministrata in aggiunta con GA₃ [52].

Avenant & Avenant hanno anche scoperto che la CPPU, usata in combinazione con GA₃, induce un aumento del diametro dell'acino così come la consistenza [53]. Reynolds et al. tuttavia non hanno trovato alcun effetto sinergico quando la CPPU è stata usata in combinazione con GA₃ [45]. Ci sono molte domande nel comparto dell'uva da tavola per quanto riguarda l'uso di CPPU per migliorare la consistenza dei frutti. Effetti come la riduzione dello sviluppo del colore e della durata di conservazione rendono l'uso di quest'ormone rischioso.

Un'altra caratteristica importante da tenere in considerazione, oltre alla fase fenologica, è la distribuzione del prodotto sulla pianta, in quanto un'errata modalità di somministrazione potrebbe facilmente comprometterne i risultati. Come detto prima l'uniformità di bagnatura dei grappoli è decisiva per la riuscita dell'intervento con fitoregolatori. L'acido gibberellico,

come molti altri fitoregolatori sintetici, ha un'attività localizzata e quindi bisogna essere sicuri di coprire la maggior superficie possibile della bacca.

Gli interventi con GA₃ vanno effettuati a velocità ridotte (3,5-4,5 km/ora), concentrando il volume d'acqua sui grappoli. In sistemi di allevamento a tendone, volumi d'acqua intorno ai 1200 L/ha sono generalmente sufficienti a garantire una buona copertura.

In caso di varietà particolarmente sensibili a trattamenti con GA₃ (es. Red Globe) si può decidere di trattare manualmente attraverso l'ausilio di lance per bagnare esclusivamente i grappoli ed evitare la bagnatura dei tralci.

In altre nazioni sono diffuse macchine a basso volume che tramite carica elettrostatica somministrano 60-80 L/ha senza diminuire l'efficacia del trattamento e concentrando la maggior parte delle goccioline sui grappoli. Il loro costo è giustificato per aziende di grandi dimensioni.

Come in ogni trattamento si devono tenere in considerazione diverse variabili:

1. Il pH della soluzione contenente GA deve essere acido (pH 4-4,5). La molecola di GA a pH 4 è neutra ed ha una migliore capacità di penetrare nella cuticola dell'acino. Approfondite ricerche in California hanno dimostrato che l'acidificazione della soluzione comporta un miglioramento dell'assorbimento di GA a basse concentrazioni. Il miglioramento tende a diminuire fino ad annullarsi per concentrazioni di GA superiori a 15 ppm;
2. bagnanti e tensioattivi migliorano la distribuzione della soluzione sulla superficie dell'acino ma la loro aggiunta non è decisiva per la riuscita del trattamento;
3. l'aggiunta di altri prodotti (alghe, concimi fogliari) alla soluzione contenente GA non influenza in alcun modo la riuscita dell'intervento. Dati i volumi di acqua utilizzati e l'importanza del trattamento, è preferibile inserire nella soluzione esclusivamente GA e acidificante. In alcune situazioni è utile inserire anche il bagnante;
4. il 50% di GA viene assorbito dall'acino nella prima ora successiva al trattamento. La velocità di assorbimento diminuisce nelle ore successive fino ad un assorbimento complessivo dell'80% 24 ore dopo il trattamento. L'effetto residuale del GA permane per circa 4-5 giorni dal trattamento. Eventi piovosi nelle ore immediatamente successivi al trattamento ne diminuiscono l'efficacia mentre umidità atmosferiche elevate migliorano l'assorbimento di GA nell'acino;
5. la temperatura è una variabile importante nella riuscita di un trattamento con i fitoregolatori. E' consigliabile evitare di intervenire con temperature ambientali inferiori a 18°C e superiori a 33°C;
6. l'impianto deve avere un giusto equilibrio tra carico produttivo e massa fogliare. Le piante devono presentare un buon numero di germogli con crescita attiva. Generalmente impianti

molto vigorosi hanno bisogno di concentrazioni minori di GA esogeno mentre impianti meno vigorosi avrebbero bisogno di dosi più elevate. Alti carichi produttivi possono compromettere o diminuire l'efficacia del trattamento.

In commercio l'acido gibberellico si può trovare sotto diverse forme:

- compresse idrosolubili: vanno sciolte direttamente in acqua osmotica o distillata con cui si andrà a trattare poi il seme.
- GA₃ puro, in polvere o compresse, va invece sciolto con alcol isopropilico, facilmente reperibile in farmacia, o con metanolo al 99% (alcol metilico)

I prodotti a base di GA₃ in soluzione alcolica invece perdono la loro efficacia più rapidamente, anni comunque, e devono essere conservati in frigorifero.

Solitamente questi tipi di prodotti hanno il vantaggio di essere immediatamente pronti per essere somministrati e sono muniti di contagocce per regolarne le dosi.

Un altro prodotto utilizzato assieme al GA₃ è stato il **Kelpak**.

È un biostimolante naturale che contiene, oltre a carboidrati, proteine, amminoacidi, vitamine, preziosi fitoregolatori naturali con un rapporto ideale fra auxine e citochinine (360:1). L'alto contenuto di auxine stimola lo sviluppo dell'apparato radicale e rende quindi le piante più resistenti a stress idrici e di nutrizione. È favorita la crescita e la produttività delle piante e migliorata la qualità dei frutti.

È un prodotto unico nel suo genere e conosciuto in tutto il mondo da oltre 30 anni. La casa madre si avvale di un processo brevettato di estrazione a freddo da *Ecklonia Maxima*, grazie al quale questo biostimolante ha un contenuto e una qualità di fitormoni molto alto. Ciò consente alle piante trattate di stimolare i propri sistemi di difesa naturale contro i fattori biotici e abiotici che ne pregiudicherebbero lo sviluppo, e favorendo la crescita dei tessuti vegetali.

Da *Ecklonia Maxima*, con una estrazione a freddo, si estrae AUXIALGA che è un'alga liquida. La caratteristica di quest'alga consiste nella biostimolazione che dà alla coltivazione.

Il ricco e completo complesso di fitormoni naturali che contiene (auxine 11 mg/l, citochinine 0,031 mg/l) favorisce alla coltivazione il metabolismo delle piante nei periodi critici (trapianto, fioritura, allegazione, siccità).

5.2 OBIETTIVI

L'obiettivo principale dello studio svolto è stato quello di approfondire le conoscenze sulla risposta delle varietà con semi (Red Globe in pieno campo e Vittoria in fuori suolo) in

particolare verificando la risposta sulle caratteristiche carpometriche, valutate in funzione delle attuali esigenze di mercato.

Lo studio è stato effettuato mediante un confronto tra diverse dosi ed epoca di somministrazione di GA₃ e CPPU.

AUSTRALIA: VARIETÀ RED GLOBE

5.3 MATERIALI E METODI

La ricerca è stata condotta nel 2014 presso l'azienda Eustonia Farm Garreffa & Sons, 6th Street, Merbein, Victoria, Australia.

L'azienda si estende per circa 3 ettari. La varietà oggetto di studio è stata la cv con semi Red Globe, innestata su Ramsey (*Vitis Champinii x Riparia Glorie*).

L'investimento per unità di superficie nell'impianto in oggetto è pari a 1120 piante/ha, utilizzando sestri d'impianto di 3,66 m (12 feet) tra le file e 2,44 m (8 feet) sulla fila.

La gestione del suolo adottata è stata la non lavorazione con inerbimento spontaneo.

La forma di allevamento è a Y, la quale consente un'ottimizzazione della penetrazione e intercettazione della radiazione solare; le piante sono state impalcate ad un'altezza dal suolo di 150 cm. L'irrigazione del vigneto è avvenuta mediante aspersione sotto chioma con un'erogazione di 5L/ora per irrigatore ed un totale di 53 m³/ha per turno. Mediamente vengono somministrati 7000 m³ per ettaro.

La scelta delle piante è stata compiuta considerando la rappresentatività delle piante nel vigneto. Sono state selezionate e contrassegnate quarantacinque (45) piante, 15 per ripetizione, in buone condizioni fitosanitarie e con uno stadio di sviluppo e una produttività omogenea (20 grappoli per pianta, 5 per capo a frutto).

Per ogni pianta e per ognuno dei 4 capi a frutto, sono stati contrassegnati i 5 grappoli, con nastri di colore diverso, ognuno dei quali rappresentava una tesi diversa.

Per ogni rilievo, la scelta delle 3 piante dalle quali sono stati prelevati gli acini, è avvenuta attraverso randomizzazione casuale.

Le 5 tesi a confronto sono state:

- Controllo: grappoli non sottoposti ad alcun trattamento;
- Tesi 1 (colore blu): 14 ppm GA₃
- Tesi 2 (colore rosa): 14 ppm GA₃ + 5 ppm CPPU
- Tesi 3 (colore verde): 7 ppm GA₃ + 5 ppm CPPU + (7 ppm GA₃ dopo 7 giorni)
- Tesi 4 (colore arancio): 7 ppm GA₃ + (7 ppm GA₃ dopo 7 giorni)

Prima di effettuare il trattamento, i grappoli contrassegnati sono stati sottoposti a “trimming”, lasciando 8 racimoli.

I trattamenti ormonali sono stati effettuati da un operatore con l’ausilio di una pompa a spalla, evitando la contaminazione degli altri grappoli.

I trattamenti sono stati effettuati quando gli acini presentavano un diametro medio di 12 mm. Il primo rilievo è stato effettuato il 26/11/14 soltanto sulla tesi Controllo; nella stessa data è stato effettuato il trattamento delle altre tesi.

Per ogni rilievo, effettuato con cadenza settimanale, sono stati prelevati 30 acini per ognuna delle tesi e per le 3 ripetizioni, per un totale di 450 acini per rilievo, e misurati peso dell’acino, diametro longitudinale e trasversale, numero e peso semi. Dall’invasatura sono stati rilevati anche l’indice di schiacciamento, l’indice di resistenza alla penetrazione, il contenuto zuccherino (°Brix), l’acidità titolabile (g/l di acido tartarico) e il pH. È stata calcolata altresì la forma dell’acino, intesa come rapporto tra diametro longitudinale e trasversale (Dl/Dt).

I dati sono stati sottoposti ad elaborazione statistica; è stata effettuata un’analisi della varianza ad una via, considerando il trattamento come variabile indipendente. Sulle medie si è effettuato il test di TUKEY per $\alpha = 0,05$. Tutte le analisi statistiche sono state eseguite con il pacchetto SYSTAT 10®.

5.4 RISULTATI E DISCUSSIONE

Tutte le tesi trattate hanno significativamente aumentato il peso medio dell’acino rispetto al controllo. Il trattamento ormonale ha modificato il tasso di accrescimento dell’acino già a 7 giorni dopo l’applicazione; alla raccolta gli incrementi in peso sono stati di 807%, 831%, 792%, 861% e 696% rispettivamente per le tesi 1, 2, 3, 4 e il controllo (dati non riportati). In particolare alla raccolta, sono state le tesi 2 e 4 a far registrare i maggiori valori (12,05 e 12,51 g rispettivamente) seguiti dalla tesi 1 e 3 (11,8 e 11,6 g) ed infine il controllo (10,3 g) (tab.1).

Tab.1 - Andamento del peso dell'acino

PESO ACINO (g)										
	CTR		T1		T2		T3		T4	
26-nov	1,3		1,3		1,3		1,3		1,3	
01-dic	1,9		2,1		2,0		1,9		2,0	n.s.
08-dic	3,0		2,9		2,9		3,1		3,0	n.s.
15-dic	3,6	b	4,0	a	4,0	a	3,7	b	3,7	b
22-dic	3,5	c	4,2	b	4,7	a	4,0	b	4,2	b
05-gen	6,2	c	7,6	b	7,4	b	7,3	b	8,2	a
12-gen	7,5	b	7,7	b	7,8	b	7,7	b	8,2	a
19-gen	7,9	c	8,9	b	9,6	a	9,8	a	8,2	c
26-gen	8,7		9,7		10,0		10,5		9,7	n.s.
02-feb	9,8		9,7		10,8		10,8		10,3	n.s.
09-feb	11,2	b	12,2	a	12,4	a	12,8	a	12,1	a
16-feb	10,3	c	11,8	b	12,1	b	11,6	b	12,5	a

I trattamenti ormonali hanno anche modificato i processi di moltiplicazione e distensione cellulare dell'acino rispetto al controllo modificandone la forma.

Tendenzialmente l'acino che aveva subito il trattamento ormonale si è mostrato più allungato senza mostrare differenze significative tra le tesi. I valori di DI, infatti, sono stati maggiori nelle tesi trattate rispetto al controllo, con il seguente andamento decrescente nelle tesi a confronto: tesi 4 (29,1 cm); tesi 1 (28,8 cm); tesi 3 (28,7 cm); tesi 2 (28,5 cm). Infine è interessante evidenziare che già al primo rilievo successivo al trattamento, nelle tesi trattate si è registrato un incremento del DI mediamente del 79% contro il 66% del controllo (tab.2).

Tab.2 - Andamento del diametro longitudinale

DIAMETRO LONGITUDINALE (mm)										
	CTR		T1		T2		T3		T4	
26-nov	14,2		14,2		14,2		14,2		14,2	
01-dic	16,3	a	16,4	a	16,1	b	15,9	b	15,9	b
08-dic	18,6	a	18,3	ab	18,1	b	18,6	a	18,2	b
15-dic	19,7	b	20,6	a	20,4	a	19,8	b	19,7	b
22-dic	20,0	c	20,5	b	22,0	a	20,5	b	21,1	a
05-gen	23,0	c	23,9	b	23,4	b	23,2	b	24,3	a
12-gen	23,8		24,0		23,9		23,9		24,3	n.s.
19-gen	24,1	c	24,8	bc	25,4	b	25,8	a	23,9	c
26-gen	24,8	b	26,2	a	26,2	a	25,8	a	26,2	a
02-feb	26,0	b	26,1	ab	27,0	a	26,8	a	26,7	a
09-feb	27,4	b	28,7	a	28,3	a	28,7	a	28,8	a
16-feb	27,2	b	28,9	a	28,5	a	28,7	a	29,1	a

Considerazioni analoghe si possono fare per quanto riguarda il parametro Dt: tutte le tesi trattate presentano valori più alti del controllo; a differenza però del parametro precedente, la tesi che alla raccolta ha presentato valori più elevati è la 3 (29,2 cm), seguita dalle tesi 2 e 4 (27,7 e 27,6 cm) e dalla tesi 1 (26,5 cm) (tab.3)

Tab.4 - Andamento del diametro trasversale

DIAMETRO TRASVERSALE (mm)										
	<i>CTR</i>		<i>T1</i>		<i>T2</i>		<i>T3</i>		<i>T4</i>	
26-nov	11,9		11,9		11,9		11,9		11,9	
01-dic	13,5	ab	13,7	a	13,7	a	13,3	b	13,3	b
08-dic	15,9	a	15,5	b	15,4	b	16,1	a	15,8	ab
15-dic	17,0	b	17,4	a	17,6	a	17,1	b	17,2	b
22-dic	16,8	c	17,6	b	18,4	a	17,4	b	17,8	ab
05-gen	21,0	c	22,3	b	22,0	b	22,2	b	23,0	a
12-gen	22,5		22,7		22,5		22,5		22,8	n.s.
19-gen	22,5	c	23,5	b	24,3	a	24,4	a	22,4	c
26-gen	23,1	b	24,1	a	24,4	a	24,3	a	24,3	a
02-feb	24,2	b	24,3	ab	25,2	a	25,2	a	25,0	a
09-feb	25,2	b	26,3	a	26,8	a	27,1	a	26,6	a
16-feb	25,8	c	26,5	bc	27,7	b	29,2	a	27,7	b

Non sono emerse differenze significative tra le tesi per i parametri numero di semi e penetrometro. Anche il peso del seme non ha mostrato differenze significative tra le tesi anche se è inferiore in tutti i trattamenti rispetto al controllo (tabb.4 e 5).

Tab.4 - Numero di semi alla raccolta

SEMI (n°)					
	<i>CTR</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>
16-feb	3,23	2,96	3,14	2,99	3,10

Tab.5 - Andamento dell'indice di resistenza alla penetrazione

<i>INDICE DI SCHIACCIAMENTO (kg/cm²)</i>										
	<i>CTR</i>		<i>T1</i>		<i>T2</i>		<i>T3</i>		<i>T4</i>	
05-gen	1,0	b	1,0	b	1,0	b	1,1	a	1,0	b
12-gen	1,1		0,9		1,1		0,9		1,0	n.s.
19-gen	0,9		0,9		0,9		0,9		0,9	n.s.
26-gen	0,7	b	0,8	a	0,8	ab	0,8	a	0,8	ab
02-feb	0,7	b	0,7	b	0,9	a	0,7	b	0,7	b
09-feb	0,6	b	0,6	b	0,6	ab	0,7	a	0,6	ab
16-feb	0,6	b	0,6	b	0,7	b	0,7	b	0,9	a

Il parametro indice di schiacciamento segue lo stesso andamento del peso medio dell'acino; le tesi 4 e 2 presentano valori più elevati (3,60 e 3,59 kg/cm²) seguiti dalle tesi 1 e 3 (3,36 e 3,08 kg/cm²) ed infine il controllo (2,63 kg/cm²). I valori dall'invasatura alla raccolta rimangono stabili in tutti i trattamenti tranne che nella tesi 2 e 4 con incrementi rispettivamente del 13% e del 20. Gli acini di queste tesi presentano quindi una migliore shelf-life e risultano più idonei alle problematiche connesse alla lavorazione e al trasporto dell'uva (tab.6).

Tab.6 - Andamento dell'indice di schiacciamento

<i>INDICE DI SCHIACCIAMENTO (kg/cm²)</i>										
	<i>CTR</i>		<i>T1</i>		<i>T2</i>		<i>T3</i>		<i>T4</i>	
05-gen	2,9	b	3,0	b	3,2	ab	3,4	a	2,8	b
12-gen	2,8	ab	2,6	b	3,2	a	2,8	ab	2,7	ab
19-gen	2,3	b	2,5	ab	2,8	a	2,8	a	2,5	ab
26-gen	2,1	b	2,6	a	2,8	a	2,7	a	2,6	a
02-feb	2,4	b	2,7	a	2,2	b	2,8	a	2,6	ab
09-feb	2,4	b	3,1	a	3,4	a	3,3	a	3,4	a
16-feb	2,6	c	3,1	b	3,6	a	3,4	ab	3,6	a

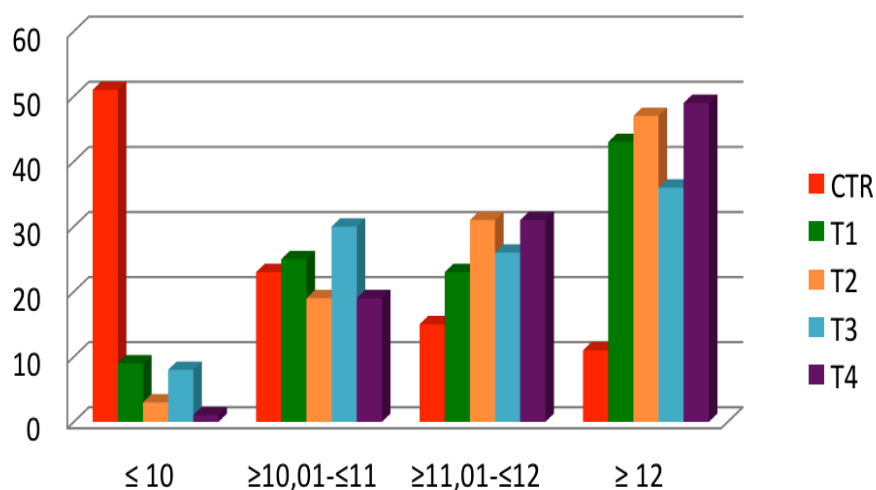
Differenze significative tra le tesi si sono registrate all'invasatura in termini di zuccheri. La tesi 4 è stata quella che ha mostrato i valori più alti (11,2 °brix) mentre allo stesso livello erano le tesi 2, 3 ed il controllo (10,2°, 10,1° e 10,4° brix rispettivamente); la tesi 1 ha mostrato invece il valore più basso (9,5°brix). Le tesi non hanno mostrato differenze significative tra i valori fino alla raccolta, quando il grado medio è stato di 17,9° brix (tab. 7)

Tab.7 - Andamento del grado zuccherino

GRADAZIONE ZUCCHERINA (°BRIX)										
	<i>CTR</i>		<i>T1</i>		<i>T2</i>		<i>T3</i>		<i>T4</i>	
05-gen	10,4	b	9,5	c	10,2	b	10,1	b	11,2	a
12-gen	8,7	b	10,3	a	8,9	b	9,9	a	10,1	a
19-gen	11,0		11,6		11,0		11,0		11,3	n.s.
26-gen	12,1		12,6		12,3		12,1		11,8	n.s.
02-feb	13,8		13,5		12,9		13,6		13,5	n.s.
09-feb	15,6		15,1		15,3		15,6		15,1	n.s.
16-feb	17,9		17,6		17,6		18,0		17,9	n.s.

Alla raccolta, gli acini sono stati raggruppati in classi di frequenza in base al peso: come mostra il diagramma, il controllo è quello che presenta la maggiore percentuale (50%) nella classe di dimensione inferiore (<10 g). In linea con i dati precedentemente messi in evidenza, le tesi che presentano una percentuale più elevata di acini nella classe di peso maggiore (>12 g) sono le tesi 2 e 4 (45 e 48 %), seguite dalla tesi 1 (41%). Nella tesi controllo emerge inoltre una minore uniformità, essendo presenti percentuali significative di acini in tutte le quattro classi di frequenza, mentre minore è la variabilità nelle tesi trattate con ormoni, in particolare nella tesi 4, per la quale la popolazione di acini analizzata si distribuisce in tre classi e nella tesi 2 dove la percentuale di acini presenti nella classe di peso inferiore (<10) (fig.1).

Fig.1 - Classi di frequenza in base al peso dell'acino (g)



SICILIA: VARIETÀ VITTORIA

5.5 MATERIALI E METODI

La ricerca è stata condotta nel 2015 presso l'azienda agricola F.lli Lo Giudice di Gela, in provincia di Caltanissetta, descritta nei precedenti studi nei paragrafi “materiali e metodi”.

La scelta delle piante è stata compiuta considerando la rappresentatività delle stesse nella serra. Sono state selezionate e contrassegnate, con nastri di colori diversi, cinquanta (50) piante con uno stadio di sviluppo e una produttività omogenea che portavano 5 grappoli. Per ogni pianta, sono stati segnati con nastri di colore diverso i 5 grappoli, ognuno dei quali è stato sottoposto ad un trattamento ormonale diverso.

I trattamenti ormonali sono stati effettuati da un operatore con l'ausilio di una pompa a spalla, evitando al massimo la contaminazione degli altri grappoli.

Su ogni pianta sono state rappresentate le 5 tesi (1 grappolo per tesi) e ciascuna tesi è stata rappresentata da 5 ripetizioni. Per ogni rilievo, la scelta delle 5 piante dalle quali sono stati prelevati gli acini delle diverse tesi, è avvenuta attraverso randomizzazione casuale.

Le 5 tesi a confronto sono state:

- Controllo: grappoli non sottoposti ad alcun trattamento;
- Tesi 1: 10 ppm GA₃
- Tesi 2: 10 ppm GA₃ + 2 ppm CPPU
- Tesi 3: 5 ppm GA₃ + 2 ppm CPPU + (5 ppm GA₃ dopo 7 giorni)
- Tesi 4: 5 ppm GA₃ + (5 ppm GA₃ dopo 7 giorni)

Per ogni rilievo, su 25 acini per tesi, per un totale di 125 acini, sono stati misurati il peso, il diametro longitudinale e trasversale e numero di semi.

Il primo rilievo è stato effettuato il 28/04/15 soltanto sulla tesi Controllo; nella stessa data è stato effettuato il trattamento delle altre tesi quando gli acini presentavano un diametro medio di 10 mm. Il successivo rilievo è stato effettuato all'invasatura (14/05/15) e nell'intervallo invasatura-raccolta sono stati eseguiti tre prelievi ogni 12 giorni

5.6 RISULTATI E DISCUSSIONE

Nelle tesi trattate il peso medio dell'acino è risultato maggiore, anche se con differenze non significative, rispetto al controllo. Il trattamento ormonale ha modificato il tasso di accrescimento dell'acino, mostrando i valori maggiori alla raccolta dove la percentuale di incremento in peso è stata di 625%, 690%, 614%, 654% e 605% rispettivamente per le tesi 1,

2, 3, 4 e il controllo. In particolare alla raccolta, sono state le tesi 2 e 4 a far registrare i maggiori valori (8,61 e 8,22 g rispettivamente) seguiti dalla tesi 1 e 3 (7,90 e 7,78 g) ed infine il controllo (7,69 g). Nella tesi controllo si sono avuti più alti valori del coefficiente di variazione (39%); il valore più basso si è avuto nella tesi 2 che, come visto, ha presentato il valore medio più alto. In questa tesi, inoltre, si è registrato il minor valore di numero medio di semi per acini (0,48) (tabb.1 e 2).

Tab.1 - Caratteristiche degli acini alla raccolta

SICILIA (cv. Vittoria)									
	P.M.A.		Dl		Dt		Dl/Dt	Semi	
	g	± cv (%)	mm	± cv (%)	mm	± cv (%)		N°	± cv (%)
CTR	7,69	39	27,28	16	21,19	11	1,29	0,71	120
T1	7,90	29	27,44	10	21,33	10	1,29	0,62	87
T2	8,61	10	29,06	6	22,43	4	1,30	0,48	43
T3	7,78	23	28,00	11	21,32	6	1,31	0,60	122
T4	8,22	23	27,90	10	21,81	6	1,28	0,58	93

Tab.2 - Andamento del peso medio dell'acino

	28/04/15	Invaiaura (14/05/15)	26/05/15	08/06/15	Raccolta (18/06/15)
CTR	1,10	3,10 c	4,95 b	6,43 d	7,69 d
T1		3,45 a	5,19 b	6,61 c	7,90 c
T2		2,95 d	5,04 b	7,56 a	8,61 a
T3		2,87 d	4,77 c	6,68 c	7,78 c
T4		3,29 b	5,45 a	6,81 b	8,22 b

Tendenzialmente l'acino trattato con ormoni non ha subito modifiche per quanto riguarda i valori di Dl e Dt, e quindi la sua forma. Infatti sia in termini di Dl che di Dt, le differenze maggiori tra le tesi sono rispettivamente del 6 e del 5,5%. Pur non essendoci differenze significative tra le tesi in termini di Dl, i valori maggiori riscontrati alla raccolta sono stati nella tesi 2 (29,06 mm) e nella tesi 3 (28,0 mm). Inoltre nelle tesi trattate si è avuto un

incremento del DI, dalla data di applicazione alla raccolta, mediamente del 70% contro il 65% del controllo (tabb.1 e 3).

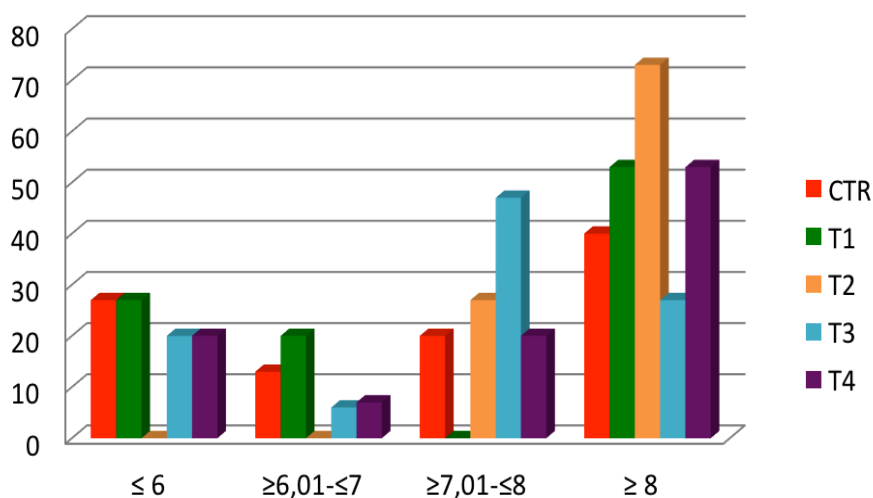
Tab.3 - Andamento della forma dell'acino

	28/04/15	Invaiaatura	Raccolta
CTR	1,54	1,20	1,29
T1		1,44	1,29
T2		1,42	1,30
T3		1,42	1,31
T4		1,45	1,28

Situazione analoga si verifica per quanto riguarda il parametro Dt: alla raccolta le tesi trattate presentano valori più alti del controllo; come per il parametro precedente, la tesi che presenta valori più elevati è la 2 (22,43 mm), seguita dalle tesi 4 e 1 (21,81 e 21,33 mm) e dalla tesi 3 (21,32 mm) (tabb.1 e 3).

Alla raccolta, gli acini sono stati differenziati in classi di frequenza in base al peso: come mostra il diagramma, controllo e tesi 1 sono le tesi che presentano la maggiore percentuale (25%) nella classe di dimensione inferiore (<6 g). In linea con i dati precedentemente messi in evidenza, le tesi che presentano una percentuale più elevata di acini nella classe di peso maggiore (>8 g) sono le tesi 2 e 4 (72 e 52 %). In termini di uniformità, la popolazione di acini della tesi 2 è risultata essere la più uniforme, essendo presente soltanto nelle due maggiori classi di frequenza. Così come per il confronto precedente, la minore uniformità si riscontra nel controllo (fig.1).

Fig.1 - Classi di frequenza in base al peso dell'acino



5.7 CONCLUSIONI

In entrambi gli studi (Australia e Sicilia), si è potuto constatare come sulle due varietà studiate e nei due diversi ambienti, i trattamenti ormonali effettuati abbiano modificato e tendenzialmente incrementato i processi di moltiplicazione e distensione cellulare dell'acino rispetto al controllo, determinando un maggior peso medio. Meno evidenti risultano gli effetti sulla forma dell'acino e quindi sull'accrescimento longitudinale e trasversale e sugli altri parametri rilevati.

Anche in termini di uniformità, gli acini sottoposti a trattamento ormonale sono risultati più uniformi come dimostrano i dati relativi alla distribuzione in classi di frequenza e i valori del coefficiente di variazione. Di potenziale interesse è il risultato ottenuto in entrambe le prove relativo al numero di semi per acino, che è risultato maggiore nella tesi non trattata. Questa considerazione, se confermata da ulteriori studi, oltre ad un'importanza applicativa (minor numero di vinaccioli), permetterebbe di formulare l'ipotesi che in acini trattati con ormoni, la relazione tra peso dell'acino e numero di semi debba essere rivisitata.

Nonostante le differenze tra le tesi trattate con ormoni non mostrino andamenti univoci nei due confronti né negli andamenti nei diversi rilievi, né per i differenti parametri valutati, sembrerebbe che l'effetto più rilevante venga determinato dalla maggiore dose di gibberellina, somministrata in un'unica epoca con citochinine, (tesi 2 in entrambe le prove) e in due epoche, senza CPPU (tesi 4 in Australia).

RINGRAZIAMENTI

A conclusione del mio percorso di Dottorato, desidero rivolgere un sentito ringraziamento a quanti mi hanno supportato nel corso dell'attività di ricerca:

- il mio Maestro e Tutor Prof. Di Lorenzo;
- i Dottori Antonino Pisciotta, Pietro Scafidi, Tanino Santangelo e Rino Porrello;
- il Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali dell'Università di Palermo;
- il Department of Environment and Primary Industry, Victoria, Australia, con il Tutor Dave Monks e Peta Faulkner;
- le aziende presso le quali ho effettuato l'attività di ricerca:
 - Azienda Agricola F.lli Lo Giudice, Gela
 - Eustonia Farm Garreffa & Sons, Merbein, Victoria (AUS)

5.8 BIBLIOGRAFIA

1. **Dokoozlian, N.K., 2002.** Table grape berry growth and development: A review. Grape notes. March-April, 2-4.
2. **Casado, C.G. & Heredia, A., 2001.** Ultrastructure of the cuticle during the growth of the grape berry (*Vitis vinifera* L.). *Physiologia Plantarum* 111, 220-225.
3. **Esau, K., 1960.** Plant anatomy. John Wiley & Sons, Inc. New York.
4. **Coombe, B.G., 1992.** Research on development and ripening of the grape berry. *Am. J. Enol. Vitic.* 43, 101-110.
5. **Nakagawa, S. & Nanjo, N., 1965.** A morphological study of Delaware grape berries. *J. Jap. Soc. Agric. Res.* 34, 9-19.
6. **Pratt, C., 1971.** Reproductive anatomy in cultivated grapes – a review. *Am. J. Enol. Vitic.* 22, 92- 109.
7. **Harris, J.M., Kriedemann, P.E. & Possingham, J.V., 1968.** Anatomical aspects of grape berry development. *Vitis* 7, 106-119.
8. **Ojeda, H., Deloire, A., Carbonneau, A., Ageorges, A. & Romieu, C., 1999.** Berry development of grapevines: relations between the growth of berries and their DNA content indicate cell multiplication and enlargement. *Vitis* 38, 145-150.
9. **Coombe, B.G., 1960.** Relationship of growth and development to changes in sugars, auxins and gibberellins in fruit of seeded and seedless varieties of *Vitis vinefera*. *Plant Physiol.* 35, 241- 250.
10. **Possner, D.R.E. & Kliewer, W.M., 1985.** The localization of acids, sugars, potassium and calcium in developing berries. *Vitis* 24, 229-240.
11. **Keller, M., undated.** Grape ripening and determination of grape maturity. 33rd Annual New York wine industry workshop. 119-123.
12. **Hardie, W.J., O'Brien, T.P. & Jaudzems, V.G., 1996.** Morphology, anatomy and development of the pericarp after anthesis in grape. *Aus. J. Grape Wine Res.* 2, 97-142.

13. **Nii, N. & Coombe, B.G., 1983.** Structure and development of the berry and pedicel of the grape *Vitis vinifera* L. Acta Hortic. 139, 129-140.
14. **Considine, J.A. & Knox, R.B., 1981.** Tissue origins, cell lineages and patterns of cell division in the developing dermal system of the fruit of *Vitis vinefera* L. Planta 151, 403-412.
15. **Ollat, N., Diakou-Verdin, P., Carde, J-P., Barrieu, F., Gaudillère, J-P. & Moing, A., 2002.** Grape berry development: A review. J. Int. Sci. Vigne Vin. 36, 109-131.
16. **Shiozaki, S., Miyagawa, T., Ogata, T., Horiuchi, S. & Kawase, K., 1997.** Differences in cell proliferation and enlargement between seeded and seedless grape berries induced parthenocarpically by gibberellin. J. Hortic. Sci. 72, 705-712.
17. **Hale, C.R. & Buttrose, M.S., 1974.** Effect of temperature on ontogeny of berries of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. J. Am. Soc. Hort. Sci. 99,390-394.
18. **Ollat, N. & Gaudillere, J-P., 1998.** The effect of limiting leaf area during stage I of berry growth on development and composition of berries of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. Am. J. Enol. Vitic. 49, 251-258.
19. **Ojeda, H., Deloire, A. & Carbonneau, A., 2001.** Influence of water deficit on grape berry growth. Vitis 40, 141-145.
20. **Coombe, B.G. & McCarthy, M.G., 2000.** Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. Aus. J. Grape Wine Res. 6, 131-135.
21. **Winkler, A.J., Cook, J.A., Kliewer, W.M. & Lider, L.A., 1974.** General viticulture. University of California Press, Berkeley.
22. **Nitsch, J.P., Pratt, C., Nitsch, C. & Shaulis, N.J., 1960.** Natural growth substances in Concord and Concord seedless grapes in relation to berry development. Am. J. Bot. 47, 566-576.
23. **Kennedy, J., 2002.** Understanding grape berry development. Winegrowing. July/August, 14-19.
24. **Coombe, B.G., 1973.** The regulation of set and development of the grape berry. Acta Hortic. 34, 261-273.

25. **Hawker, J.S., 1969.** Changes in the activities of enzymes concerned with sugar metabolism during the development of grape berries. *Phytochemistry* 8, 9-17.
26. **Huang, X.M. & Huang, H.B., 2001.** Early post-véraison growth in grapes, evidence for a two-step mode on berry development. *Aus. J. Grape Wine Res.* 7,132-136.
27. **Jensen, W.A., 1973 (2nd ed).** The plant cell. University of California, Berkeley.
28. **Nunan, K.J., Sims, I.M., Bacic, A., Robinson, S.P. & Fincher, G.B., 1998.** Changes in cell wall composition during ripening of grape berries. *Plant Physiol.* 119, 783-792.
29. **Cleland, R., 1971.** Cell wall extention. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 22, 197-222.
30. **Sachs, R.M. & Weaver, R.J., 1968.** Gibberellin and auxin-induced berry enlargement in *Vitis vinifera* L.. *J. Hort. Sci.* 43, 185-195.
31. **Morris, J.R., 1987.** Effects of gibberellic acid (GA₃) on yield and quality of grapes. *Proc. of the 108th Ann Mtg. Ark. State Hort. Soc.* pp76.
32. **Hashim, J., undated.** Gibberellic acid for table grape production. UCCE Viticulture Farm Advisor, Kern County.
33. **Ben-Arie, R., Sarig, P., Cohen-Ahdut, Y., Sonogo, L., Kapulonov, T. & Lisker, N., 1997.** CPPU and GA₃ effects on pre- and post-harvest quality of seedless and seeded grapes. *Acta Hort.* 463, 349-357.
34. **Weaver, R.J. & Pool, R.M., 1971.** Berry response of ‘Thompson Seedless’ and ‘Perlette’ grapes to application of gibberellic acid. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96, 162-166.
35. **Iwahori, S., Weaver, R.J. & Pool, R.M., 1968.** Gibberellin-like activity in berries of seeded and seedless Tokay grapes. *Plant Physiol.* 43, 333-337.
36. **Jawanda, J.S., Singh, R. & Pal, R.N., 1974.** Effect of growth regulators on floral bud drop, fruit characters and quality of Thompson Seedless grape (*Vitis vinifera* L.). *Vitis* 13, 215-221.
37. **Wolf, E.E.H., Van der Merwe, G.G. & Orth, C.H.F., 1991.** Optimal gibberellic acid concentrations for the production of high quality Sultanina in the Orange River area. *Decid. Fruit. Grow.* 41, 337-340.

38. **Weaver, R.J. & McCune, S.B., 1959.** Response of certain varieties of *Vitis vinifera* to gibberellin. *Hilgardia* 28, 297-321.
39. **Lavee, S., 1960.** Effect of Gibberellic Acid on seeded grapes. *Nature* 185, 395.
40. **Considine, J.A. & Coombe, B.G., 1972.** The interaction of gibberellic acid and 2-(chloroethyl)trimethyl ammonium chloride on fruit cluster development in *Vitis vinifera* L. *Vitis* 11, 108-123.
41. **Roller, J.N., 2003.** Gibberellic acid and basal leaf removal. Implications for fruit maturity, vestigial seed development and sensory attributes of Sovereign Coronation grapes. Thesis, Brock University, St. Catharines, Ontario.
42. **Inaba, A., Ishida, M. & Sobajima, Y., 1976.** Changes in endogenous hormone concentrations during berry development in relation to the ripening of Delaware grapes. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 45, 245-252.
43. **Pool, R.M., Weaver, R.J. & Kliewer, W.M., 1972.** The effect of growth regulators on changes in fruits of 'Thompson Seedless' grapes during cold storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97, 67-70.
44. **Singh, K., Weaver, R.J. & Johnson, J.O., 1978.** Effect of applications of gibberellic acid on berry size, shatter and texture of Thompson Seedless grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 29, 258-262.
45. **Reynolds, A.G., Wardle, D.A., Zurowski, C. & Looney, N.E., 1992.** Phenylureas, CPPU and Thidiazuron affect yield components, fruit composition and storage potential of four seedless grape selections. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 177, 85-89.
46. **Ogata, R., Saito, T. & Oshima, K., 1989.** Effect of N-phenyl-N'-(4-pyridyl) urea (4-PU) on fruit size: apple, Japanese pear, grapevine and kiwi fruit. *Acta Hort.* 239, 395-398.
47. **Thomas, T.H. & Blakesley, D., 1987.** Practical and potential uses of cytokinin agriculture and horticulture. In: Horgan, R. and Jeffcoat, B. (eds.) *Cytokinins: Plant hormones in search of a role.* British Pl. Gr. Reg. Group Monograph 14, 69-83.
48. **Dokoozlian, N.K., 2001.** CPPU: A potential new plant growth regulator for California Table Grapes. *Grape notes.* March, 1-4.

49. **Ebisuda, N.C. & Dokoozlian, N.K., 2003.** Forchlorfenuron and ethephon interact on the berry growth and color development of Flame Seedless Table Grapes. ASEV 54th Annual Meeting, Reno, Nevada. June 2003.
50. **Nickell, L.G., 1986.** The effects of N-(2-chloro-4-pyridyl)-N'-phenylurea and the 3-chloro-benzyl ester of dicamba on the growth and sugar content of grapes. *Acta Hort.* 179, 805-806.
51. **Coombe, B.G. & Hale, C.R., 1973.** The hormone content of ripening grape berries and the effect of growth substance treatments. *Plant Physiol.* 51, 629-634.
52. **Retamales, J., Bangerth, T., Cooper, T. & Callejas, R., 1995.** Effects of CPPU and GA3 on fruit quality of sultanina table grape. *Acta Hort.* 394, 149 – 157.
53. **Avenant, J.E. & Avenant, E., 2006.** Effect of gibberellic acid and CPPU on colour and berry size of 'Redglobe' grapes on two soil types. *Acta Hort.* 727, 371-380.