



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI AGRONOMIA ANIMALI ALIMENTI RISORSE NATURALI E
AMBIENTE

Corso di Laurea magistrale in Scienze e Tecnologie Agrarie

EFFETTO DELLA MICROIRRIGAZIONE NELLA PRODUZIONE DEL CARCIOFO VIOLETTO DI SANT'ERASMO: PRIME VALUTAZIONI

Relatore:

Prof.ssa. Lucia Bortolini

Laureanda:

Olga Crosera

Matricola: 1241237

Anno Accademico 2021-2022

Indice

Abstract.....	7
Riassunto.....	5
Introduzione.....	9
Il carciofo.....	10
Biologia e esigenze ambientali.....	13
Metodi di propagazione.....	13
Tecnica colturale.....	14
Irrigazione.....	15
Avversità biotiche e abiotiche.....	17
Raccolta.....	18
Alimentazione e altri utilizzi.....	18
Il carciofo Violetto di Sant’Erasmus.....	19
Caratteristiche botaniche.....	20
Tecnica colturale: ciclo colturale, concimazione e raccolta.....	21
Prodotto vendibile e prezzi.....	22
Aspetti nutrizionali.....	24
La laguna e l’isola di Sant’Erasmus.....	24
Scopo.....	27
Materiali e metodi.....	29
Il sito di sperimentazione.....	29
Gestione dell’irrigazione e calcolo dei volumi irrigui.....	32

Allestimento delle parcelle	33
Dati analizzati	38
Analisi statistica.....	39
Risultati	41
Andamento climatico	41
Evapotraspirazione colturale e interventi irrigui	48
Numero castraure e botoli-sottobotoli.....	49
Numero getti e piante presenti dopo la ripresa vegetativa	51
Altezza dei getti e delle piante presenti dopo la ripresa vegetativa	53
Produzione dei cardi	54
Influenza della infiltrazione di acqua salmastra	56
Discussione.....	61
Conclusioni	69
Bibliografia	71

Riassunto

L'irrigazione, quando parte integrante della gestione agronomica nella produzione agricola e se gestita in modo attento, può contribuire a incrementare la produzione e a mitigare gli effetti negativi causati dai cambiamenti climatici, che negli ultimi anni si stanno verificando sempre più frequentemente. La presente tesi si prefigge di studiare due aspetti: l'effetto dell'irrigazione, in particolare la microirrigazione, sulla quantità di produzione di infiorescenze e cardi di carciofo Violetto, prodotto di tipico dell'isola di Sant'Erasmus, in laguna di Venezia; l'influenza sulla produzione di una diversa modalità di distribuzione di acqua irrigua alle piante confrontando singola ala gocciolante e doppia ala gocciolante a parità di quantità di acqua. In un'azienda dell'isola è stato individuato un appezzamento, già coltivato a carciofo, sul quale è stata svolta la prova suddivisa in due distinti periodi: un primo periodo, dal 20 aprile al 7 giugno 2021, per verificare l'influenza dell'irrigazione sulla produzione dei capolini (distinti in "castraure, prime infiorescenze, e "botoli-sottobotoli", infiorescenze successive) e un secondo periodo, dopo la ripresa vegetativa, dal 20 agosto al 15 dicembre 2021 in cui si è voluto analizzare l'influenza sulla produzione di cardi. I volumi irrigui sono stati stimati sulla base di un bilancio idrico semplificato che considera l'evaporazione colturale ETc (stimata utilizzando il metodo FAO) e le precipitazioni registrate dalla vicina stazione meteo regionale. I risultati del primo periodo hanno risentito di un andamento climatico caratterizzato da intense e frequenti piogge che non hanno consentito di giudicare l'effetto dell'irrigazione. Nel secondo periodo, che succedeva un'estate lunga e siccitosa, l'irrigazione ha evidenziato differenza tra le tesi a confronto e ha consentito di ottenere una maggiore produzione in termini di quantità di biomassa raccolta (totale e vendibile) rispetto al controllo non irrigato. Inoltre, il numero dei getti e l'altezza delle piante hanno dimostrato differenze statisticamente significative tra somministrazione con ala semplice e ala doppia, a vantaggio della seconda probabilmente legato a una somministrazione dell'acqua più vicina al rizoma. Infine, una prima analisi sembra dimostrare come l'irrigazione sia in grado di mitigare gli effetti negativi sulla resa legati alla salinità del suolo. Tuttavia si tratta di studi preliminari che necessitano di ulteriori approfondimenti per determinare l'efficacia o meno dell'irrigazione nella produzione delle infiorescenze di carciofo e cardi.

Abstract

Irrigation, if an integral part of agronomic management in agricultural production and if carefully managed, can help to increase production and mitigate the negative effects caused by climate change, which has been occurring more and more frequently in recent years.

The aim of this thesis is to study two aspects: the effect of irrigation, in particular micro-irrigation, on the quantity of production of inflorescences and thistles of Violetto artichoke, a typical product of the island of Sant'Erasmus, in the Venice lagoon; the obtainable results from the distribution of irrigation water to the plants by means of a single drip line and those obtained by means of a double drip line with the same quantity of water.

A plot cultivated with artichokes was identified in a farm on the island, where the test was carried out in two distinct periods: a first period, from April 20th to June 7th 2021, to verify the influence of irrigation on the production of flower heads (divided into "castraure", first inflorescences, and "botoli-sottobotoli", subsequent inflorescences) and a second period, after vegetative recovery, from August 20th to December 15th 2021, in which to analyse the influence on the production of thistles. Irrigation volumes were estimated based on a simplified water balance that considers crop evaporation ET_c (estimated using the FAO method) and rainfall recorded by the nearby regional weather station.

The results of the first period were affected by a climatic trend characterized by intense and frequent rains that did not allow to judge the effect of irrigation.

In the second period, which followed a long and droughty summer, irrigation showed a difference between the theses under comparison and resulted in higher production in terms of quantity of biomass harvested (total and saleable) than the non-irrigated control. In addition, the number of shoots and plant height showed statistically significant differences between single-wing and double-wing administration, with the advantage of the latter probably related to a closer to the rhizome water administration.

Finally, a first analysis seems to show that irrigation can mitigate the negative effects on yield related to soil salinity. However, these are preliminary studies that need further investigation to determine whether irrigation is effective in the production of artichoke and thistle inflorescences.

Introduzione

Venezia e la sua laguna è nota in tutto il mondo per la storia e i monumenti; la vocazione del posto attualmente è per lo più turistica, ma vi sono delle zone in cui il turismo viene meno, per dar spazio ad altre attività. Una di queste è l'agricoltura praticata come attività principale soprattutto nell'isola di Sant'Erasmus, residuo di un antico litorale presente nella laguna nord, attualmente protetto dal litorale di Cavallino-Treporti di più recente formazione.

Il prodotto orticolo caratteristico di quest'isola è il carciofo Violetto, prodotto marchiato slowfood, molto richiesto proprio per le sue caratteristiche organolettiche uniche, conferite anche dal terreno e dall'ambiente in cui cresce; inoltre, i capolini, soprattutto i primi, detti in dialetto "castraure" (Fig.1), spuntando un prezzo mediamente elevato sul mercato, possono contribuire a migliorare sensibilmente il reddito dell'agricoltore che si dedica a tale produzione.

In questi luoghi si svolge ancora in gran parte un'agricoltura tradizionale, con tecniche colturali tramandate di padre in figlio, non vagliate alla luce delle più recenti ricerche agronomiche. In tali tecniche tradizionali spesso è assente o poco presente l'irrigazione, pratica divenuta oggi fondamentale per contrastare l'ascesa di acqua salmastra e diminuire la salinità dei terreni, inconveniente tipico di questi suoli lagunari, soprattutto nelle annate siccitose che si stanno presentando con più frequenza negli ultimi decenni.

Sebbene il carciofo tolleri una certa salinità e non ami i ristagni d'acqua, è facilmente constatabile che la presenza di una salinità elevata nel terreno generi nelle piante uno stress, che causa uno sviluppo stentato e una diminuzione, anche elevata, della resa.

Per questo motivo è importante curare tutte le fasi della coltivazione con una scelta attenta delle pratiche colturali, integrando saggiamente l'innovazione con l'esperienza tradizionale, e valutando l'introduzione dell'irrigazione, a nostro avviso indispensabile ancora di più in questi ultimi anni, in cui gli effetti del cambiamento climatico sono sempre più evidenti e palpabili. Infatti, uno degli effetti che è stato maggiormente rilevato in questa zona è la variabilità, in quantità e periodicità, delle precipitazioni negli ultimi anni, con ripercussioni negative sulle produzioni.

Si rende quindi necessario prendere in considerazione l'installazione di impianti di irrigazione nelle carciofaie, per garantire una resa costante negli anni a venire o addirittura aumentarla, in modo da consentire ai produttori una stabilizzazione ed un eventuale incremento del guadagno.



Figura 1: Prime infiorescenze (dette "castraure") del carciofo Violetto di Sant'Erasmus.

Il carciofo

Il carciofo (*Cynara cardunculus* L. subsp. *scolymus* (L) Hayek) viene così classificato:

famiglia: *Asteraceae*;

sottofamiglia: *Tubiflore*;

genere: *Cynara*.

Attualmente si attribuisce al genere *Cynara* una sola specie, *Cynara cardunculus* L., che viene suddiviso in tre varietà botaniche:

- *Cynara cardunculus* L. **silvestris**, che è il carciofo selvatico
- *Cynara cardunculus* L. **scolymus**, che è il carciofo coltivato
- *Cynara cardunculus* L. **altilis DC**, che è il cardo

Il botanico De Candolle fa derivare il carciofo coltivato dal carciofo selvatico, diffuso nell'area mediterranea. È quindi una pianta di origine mediterranea, molto nota fin dall'antichità a causa delle caratteristiche organolettiche positive del capolino (infiorescenza).

La sua coltivazione è ancora oggi molto diffusa nell'areale del Mediterraneo, in particolare Italia, Francia, Spagna, Egitto e Turchia.

L'Italia è al primo posto a livello mondiale per la superficie coltivata, con circa 50300 ha nel 2007: la Puglia è la regione con maggiore superficie destinata alla produzione di carciofo, con 17085 ha, a seguire Sicilia (14270 ha) e Sardegna (12952 ha), in cui viene coltivato il carciofo Violetto.

Inoltre, il carciofo viene coltivato anche in Campania (2019 ha) e Lazio (1043 ha), dove, in quest'ultima, viene coltivato il carciofo Romanesco, il quale spunta un prezzo maggiore rispetto al Violetto.

La sua coltivazione però si estende anche al Nord Italia, con alcune varietà adatte ai climi settentrionali: infatti, la laguna di Venezia è un importante e caratteristico centro di produzione, in cui con gli anni si sono affermate delle varietà adatte al clima e al suolo del posto.

Il carciofo è una pianta erbacea perenne; la struttura perennante è formata da un grosso e carnoso fusto rizomatoso sotterraneo. Infatti, la pianta di carciofo presenta un fittone profondo, fino a 120 cm (Sims et al., 1977). Sul rizoma (Fig. 2) sono presenti delle gemme, dalle quali vengono emesse annualmente dei getti, detti carducci e ovoli (ramificazioni).



Figura 2: Rizoma di *Cynara cardunculus* L. (Brutti et. al., 2002).

Durante la fase vegetativa il fusto è eretto, molto raccorciato e robusto, mentre durante la fase riproduttiva, alla comparsa dei fiori, si allunga e ramifica.

Le foglie sono disposte sul fusto in modo alterno. Esse possono raggiungere dimensioni anche elevate, la chioma può crescere da 60 a 120 cm di altezza (Sims et al., 1977) e 50 cm di larghezza. Presentano una nervatura principale molto sviluppata. La pagina superiore delle stesse è di colore verde (più o meno intenso in base alla varietà) mentre quella inferiore presenta una colorazione più grigiastro, con presenza di peluria. La spinosità delle foglie è dipendente dalla varietà

di appartenenza. Le foglie inoltre sono caratterizzate da eterofilia (specialmente nelle varietà precoci): le foglie sottostanti al capolino sono lanceolate e intere.

Il portamento della pianta può essere espanso o assurgente, variabile in base all'attacco delle foglie sul fusto.

Il fusto principale e tutte le ramificazioni secondarie portano in posizione terminale le infiorescenze (Figura 3).

A maturazione l'infiorescenza è a capolino, detta calatide, composta da: parte basale (ricettacolo carnoso), sul quale sono inseriti i fiori ermafroditi, inframezzati ai fiori; sul talamo, sono presenti setole bianche e traslucide.

Nei primi stadi di sviluppo sul ricettacolo sono inserite le brattee o squame involucri, disposte l'una sull'altra: quelle più interne sono tenere e carnose, mentre le più esterne sono consistenti e fibrose.



Figura 3: Infiorescenza di *Cynara cardunculus* L. *scolymus* (Calabrese, N., 2009).

Il ricettacolo carnoso e le brattee più interne, tenere e carnose, costituiscono la parte edule del carciofo.

La produzione di capolini è scalare, il periodo di produzione dipende da: varietà, epoca del risveglio della carciofaia e dall'andamento climatico.

Nel carciofo, come in molte altre colture orticole, precocità di produzione è una caratteristica agronomica molto importante. Il raggiungimento di una resa precoce può aumentare il profitto perché la produzione locale può entrare nel mercato quando vengono raggiunti i prezzi migliori

(Martínez-Esplá et al., 2017; Riahi et al., 2017). Le varietà che producono un maggior numero di capolini per pianta sono quelle più precoci, con attitudine pollonifera.

Tralascio qui volutamente di approfondire gli aspetti della fioritura e del frutto, perché non pertinenti con gli obiettivi che si propone la presente tesi.

Biologia e esigenze ambientali

La pianta necessita di un clima mite e sufficientemente umido; il suo ciclo normale è autunno-primaverile nelle regioni settentrionali, mentre primaverile-estivo nelle zone più a nord.

Il carciofo resiste bene a temperature superiori ai 0°C (mostrando lievi danni al capolino); se le temperature scendono tra 0 e -4°C i danni al capolino diventano più gravi e intensi; se invece scendono fino a -7°C si verificano danni anche alle foglie; al verificarsi di temperature inferiori ai -10°C si possono avere danni alle gemme del fusto rizomatoso.

Non è ancora chiara l'influenza del fotoperiodo, che sembra condizionato da precocità varietale e temperatura.

In relazione al notevole sviluppo della vegetazione, il carciofo manifesta elevate esigenze idriche: in Italia meridionale la precocità di maturazione è favorita da interventi irrigui estivi; per le colture tardive (con produzione in primavera) la maturazione viene favorita dalla piovosità autunno-vernina. Il carciofo preferisce terreni profondi, freschi, di medio impasto e di buona struttura, con pH intorno alla neutralità; è comunque una pianta che si adatta a terreni dalle diverse caratteristiche.

Sull'accrescimento della pianta e la produzione dei capolini è molto influente l'uso di fertilizzanti e le disponibilità idriche del suolo.

Metodi di propagazione

La propagazione della pianta può essere svolta da carduccio o ovulo, oppure tramite achenio.

Tramite la prima si ottengono piante che presentano apparato radicale costituito da radici lunghe, grosse e carnose, con numero e sviluppo dipendente dall'età della pianta. L'apparato radicale può raggiungere una profondità di circa 40-60 cm, e circa 1 m lateralmente.

Invece le piante ottenute da seme presentano una radice principale fittonante e numerose radici secondarie.

Tecnica colturale

Le piante con ciclo perennante presentano un continuo rinnovo della vegetazione: dal fusto rizomatoso emette nuovi carducci. In alcuni casi particolari la pianta potrebbe mostrare una produzione continua, tutto l'anno; mentre se la temperatura è sfavorevole (troppo alta o troppo bassa) si verifica una stasi vegetativa a cui segue un "risveglio della carciofaia".

Il ciclo di crescita del carciofo può essere poliennale o annuale a seconda della varietà, la zona di coltivazione, la tecnica agronomica adottata e le esigenze del mercato (Calabrese, 2009).

I rizomi nel terreno possono essere mantenuti sullo stesso appezzamento per diversi anni, da 1 a 7-8, circa; con durata economicamente più conveniente di 3-4 anni (Ryder et al., 1983; Schradere Mayberry, 1997; Tesi et al., 2004).

La carciofaia viene impiantata prevalentemente tramite carducci (svolta in autunno-primavera): essi devono presentare una lunghezza di 20-40 cm, presentanti radici e 4-5 foglie.

Può essere svolto anche l'impianto di ovoli (in estate, durante il riposo vegetativo): devono presentare lunghezza di 10-12 cm e 2-3 cm di diametro.

L'uso del seme è sconsigliato.

Il sesto di impianto è variabile in relazione a durata, sviluppo e varietà (solitamente la densità è di circa 7-10 mila pp/ha).

Negli ultimi tempi si preferisce allargare la distanza tra le file, aumentando il numero di piante sulla fila, in modo da poter rendere sempre più meccanizzabili le lavorazioni del terreno, la raccolta e lo svolgimento di trattamenti fitosanitari. È però da considerare che una maggiore densità sulla fila comporta una minore produzione negli anni (minor numero di capolini/pianta).

L'impianto viene svolto manualmente o meccanizzato.

Prima dell'impianto dei carducci (talvolta è necessaria una lavorazione di 40-50 cm, seguita da lavorazioni per affinare il terreno, congiunte ad una concimazione organica di fondo).

Dopo la ripresa vegetativa (autunnale nell'Italia meridionale e primaverile nell'Italia settentrionale) devono essere svolte alcune lavorazioni del terreno per il controllo delle infestanti (tramite sarchiatrice) e per l'interramento dei fertilizzanti in copertura.

A seguito di ciò le piante emettono un certo numero di carducci (in relazione a fertilità del suolo e varietà), i quali vanno in parte eliminati, tramite "scarducciatura", lasciando 1-3 polloni per rizoma. Il controllo delle malerbe è abbastanza critico a causa della lunghezza del ciclo colturale e ne consegue l'infestazione delle piante: finché sarà possibile si potrà intervenire, sulla fila e tra le file,

tramite mezzi meccanici, ma, quando la taglia delle piante supererà una certa dimensione, sarà necessario intervenire con mezzi chimici.

I fabbisogni nutrizionali delle piante sono elevati per cui sarà necessario svolgere delle concimazioni in copertura, tramite concimi chimici.

È da tenere in considerazione che, in carciofo, come in altre piante coltivate, la quantità e il tipo di fertilizzanti influiscono sulla crescita, sulla resa e sulla qualità del prodotto. Inoltre, anche l'equilibrio tra N e K e la tempistica di applicazione influenzano queste caratteristiche agronomiche: N aumenta sia la crescita vegetativa che la resa, mentre K promuove precocemente maturità e migliora la qualità delle infiorescenze. (Said and Saleh, 2003)

Al termine della produzione, quando le piante seccano, viene svolto il taglio degli steli che hanno prodotto capolini, detta diciocatura, e si procederà alla successiva trinciatura delle piante.

Irrigazione

Secondo ricerche condotte in Italia e Spagna, il carciofo risulta essere una coltura ad alto fabbisogno idrico: ciò è dato in parte dalla grande superficie fogliare totale e in parte dal lungo ciclo produttivo (caratteristico di alcune varietà).

Diversi studi, Bucks et al., (1974); Sammi, (1980); Posas et al. , (1987); Bogle et al., (1989); Satpute et al., (1992) hanno riportato che il metodo convenzionale di irrigazione espone le piante a stress idrico e favorisce lo spreco di acqua, per evaporazione e percolazione.



Figura 4: Disposizione della microirrigazione sul terreno

Infatti, nel 2005, Mansur et al., in una ricerca condotta in Tunisia, hanno valutato diverse modalità di applicazione dell'irrigazione, confrontando l'irrigazione a solco e l'irrigazione localizzata a goccia; da questo confronto si è ottenuto che l'irrigazione a goccia comporta un aumento della resa del carciofo (come numero di infiorescenze per pianta) di circa il 40% e un aumento dell'efficienza dell'utilizzo dell'acqua (WUE).

Negli anni è stato studiato l'effetto dell'applicazione di un'irrigazione deficitaria sul carciofo: Foti et al. (2005) hanno riscontrato che l'irrigazione al 50% dell'ETc, rispetto a un'irrigazione al 100% di ETc, ha una significativa diminuzione delle rese, intese come riduzione del numero di infiorescenze per pianta. Questa risposta è stata più evidente durante i primi due mesi della raccolta.

In una prova condotta in Texas, comprendente due stagioni produttive (2005-2007), durante le quali sono state distribuite tre diverse quantità di acqua (50-75-100% di ETc), si è ottenuto che diminuendo la quantità di acqua irrigua diminuisce la resa fino al 35% (Togo et al., 2011).

La riduzione delle rese potrebbe essere legata a quanto rilevato da Cosentino e Mauromicale (1990) in Sicilia, che notarono come l'irrigazione deficitaria al 50% dell'ETc riducesse la traspirazione e la conduttanza stomatica.

Inoltre, in uno studio svolto in Spagna, si è compreso che non vi è una differenza significativa tra la resa, in infiorescenze, ottenuta tramite l'irrigazione a goccia al 100% e al 125% di ETc (Pomares et al, 2004).

Da Mauromicale e Restuccia, 1987 e Restuccia et al., 1995 è stato ripetutamente dimostrato che l'irrigazione a nebbia è una tecnica idonea a modificare le condizioni microclimatiche (temperatura e U.R.) sulla coltura, influenzando così positivamente il comportamento biologico e le componenti della resa di diverse specie orticole. In particolare nel 2008, Mauro et al., si è ottenuto che l'irrigazione a nebbia ha ridotto la temperatura massima dell'aria e aumentato l'umidità relativa all'interno della chioma. Tali modifiche hanno avuto effetti positivi sull'insediamento e sulla resa delle colture, riducendo al contempo la produzione infiorescenze con caratteristiche non idonee alla commercializzazione, ottenendo un aumento della produzione finale per unità di superficie.

Successivamente, uno studio (Deligios et al., 2018) ha dimostrato che l'installazione di un sistema di raffrescamento della copertura vegetale potrebbe essere una strategia vincente per mitigare i cambiamenti climatici e l'elevata temperatura associata al riscaldamento globale, che è causa di stress per le piante. Sono state condotte delle prove in Sardegna che hanno previsto la distribuzione dell'acqua tramite tecniche di irrigazione di precisione a goccia, accompagnata dall'applicazione di

acqua tramite spruzzatori adiacenti alla chioma quando la temperatura dell'aria superava i 25 °C, con lo scopo di abbassare la temperatura della vegetazione, al fine di migliorare lo stato fisiologico delle piante. Le prove condotte hanno evidenziato che tale trattamento determina un valore più basso della temperatura fogliare e valori di fotosintesi più alti rispetto al trattamento convenzionale con solo ali gocciolanti (-3 °C e +30%, rispettivamente). Il raffreddamento evaporativo ha portato ad una maggiore produzione, risultando le coltivazioni più redditizie sia in termini di resa totale (infiorescenze totali: +30%), sia in termini di infiorescenze di prim'ordine. Dal raffreddamento della chioma sono stati ottenuti anche altri vantaggi: una maggiore precocità di produzione (di 35 giorni) ed un uso più efficiente dell'acqua rispetto a quello convenzionale, con una più elevata produttività idrica (+36%) e un notevole risparmio idrico (-34%).

Inoltre, altri studi hanno evidenziato che il raffreddamento evaporativo ha ridotto significativamente il deficit di pressione di vapore, aumentando così la conduttanza stomatica e la fotosintesi netta, e favorire crescita e sviluppo delle colture (Liu e Kang, 2006; Zhang et al., 2017). Viene riportato inoltre che il trattamento di raffreddamento della chioma chiaramente aumentata la fotosintesi netta (Deligios et al., 2019).

Infine Sharp ha segnalato che la limitazione della crescita della pianta di carciofo sottoposta a sommersione (1996).

Avversità biotiche e abiotiche

I danni che si possono avere sulle piante e sui capolini possono essere biotici e abiotici:

Vi sono alcune malattie a cui le piante sono soggette:

Leveillula tauricaf. cynare o "malbianco": le piante colpite mostrano macchie bianche sulla pagina inferiore, che causano necrosi dei tessuti nel tempo;

marciumi del colletto, che, soprattutto in periodi molto caldi, sono favoriti dall'umidità del terreno;

Verticillum dahliae Kleb, porta a morte l'intera pianta.

Diversi *virus* possono attaccare il carciofo, con danni molto gravi.

Tra gli insetti, vi sono lepidotteri che attaccano il capolino, mentre le foglie possono essere infestate da afidi, altica (*Chaeticnema tibialis*) e lumache.

Il freddo infine causa danni al capolino, con sollevamento dell'epidermide e necrosi dei tessuti.

Raccolta

La raccolta viene svolta principalmente a mano: si può svolgere il taglio dei capolini con stelo lungo e alcune foglie, ciò comporta maggiori costi di manodopera e trasporto, oppure il taglio corto dello stelo fiorale.

La raccolta è scalare: la durata del ciclo di produzione è dipendente dalla varietà e dal clima (ciò comporta un numero variabile di raccolte da 2 a 20 circa).

Il numero di capolini per pianta è dipendente dal numero di ramificazioni laterali dello scapo fiorale (oscilleranno tra 4 e 15 capolini/pianta). Maggiore è il numero di capolini, minore sarà il peso degli stessi.

Alimentazione e altri utilizzi

Il principale scopo della produzione di carciofi è l'uso alimentare: le piante vengono coltivate principalmente per produrre i capolini, ma a uso alimentare vengono usati anche i carducci teneri, commercializzati come "cardi", che possono essere sottoposti alla tecnica dell'imbiancatura.

La maggior parte della produzione di infiorescenze di carciofo è destinata al consumo fresco, prevalentemente previa cottura. Mentre in minor parte viene impiegata per la produzione di conserve (cuori e fondi di carciofo in scatola, sott'olio o al naturale, interi, a pezzi o ridotti a paté) e surgelati.

La valutazione qualitativa dei capolini viene effettuata in base a: pezzatura, compattezza, freschezza e sanità. Inoltre per il mercato presenta valore diverso la prima infiorescenza o quelle secondarie. Essi, inoltre, vengono classificati in tre categorie (Extra, I e II) in base alla presenza o assenza di difetti o alterazioni; inoltre vengono poi classificati in classi in base al diametro.

Per una migliore conservazione si consiglia di mantenere i capolini a circa 3-4°C.

Inoltre, le foglie e i residui della lavorazione dei capolini possono avere una destinazione zootecnica. Infine, vengono sfruttate le proprietà medicinali del carciofo, note fin dall'antichità: in particolare la sua azione depurativa sul fegato (grazie alla presenza di composti ortodifenolici, acido clorogenico e cinara).

Secondo diversi studi il carciofo presenta elevate quantità di composti fenolici, che hanno benefici per la salute, effetti causati dalla loro capacità antiossidante (Alamanni e Cossu, 2003; Curadi et al., 2005; Miccadei et al., 2008; Wang et al., 2003); i due principali composti fenolici presenti in carciofo sono l'acido clorogenico (acido 3-caffeilchinico) e cinarina (acido 1,5-caffeilchinico) (Schutz et al., 2004).

Il contenuto fenolico nelle teste di carciofo varia in base a cultivar, stagione vegetativa e sviluppo, conservazione e lavorazione (Curadi et al., 2005; Di Venere et al., 2004; Wang et al., 2003). Inoltre, da sperimentazioni, è stato ottenuto che sottoporre le piante di carciofo a stress ambientali (come freddo, caldo, deficit idrico e/o inondazioni) esercitano una notevole influenza sui livelli di metaboliti secondari vegetali, come polifenoli e fenilpropanoidi (Dixon e Paiva, 1995; Kirakosyan et al., 2004; Oh e Rajashekar, 2009); di conseguenza a ciò, un metodo per migliorare la qualità delle infiorescenze, cioè aumentare la quantità di metaboliti secondari, potrebbe essere quello di fornire acqua irrigua in deficit rispetto alle esigenze. (English-Loeb et al., 1997).

Inoltre, il sapore amaro degli estratti (dato dalla cinaropicrina), ne fanno un prodotto molto utilizzato nell'industria liquoristica.

Il carciofo Violetto di Sant'Erasmus

L'areale più a nord del nostro Paese in cui si coltiva il carciofo è la Laguna di Venezia, in cui vengono coltivati il carciofo Violetto di sant'Erasmus e il carciofo Violetto di Chioggia.

La Laguna veneta presenta infatti un clima mitigato grazie alla presenza del mare e dello specchio d'acqua lagunare.

È noto come, sin dall'epoca della Serenissima, in queste terre lagunari venissero coltivati ortaggi e vite; tra le colture maggiormente presenti e redditizie spicca il "Carciofo Violetto di Sant'Erasmus".

I primi elementi documentali segnalano il carciofo a Venezia già nel 1500 e gli atti del catasto austriaco di inizio Ottocento ci danno conferma dell'esistenza di questa coltura rinomata e importante.

Agli inizi del 1900 veniva coltivato, nelle isole della laguna, il carciofo "violetto di Venezia". In seguito al freddo inverno dell'1928-1929, caratterizzato da temperature molto basse, che investì la laguna, la maggior parte delle piante di carciofo coltivate morirono; vennero quindi rimpiazzate con una varietà più resistente al freddo, il carciofo "Violetto di Toscana". (Vienna P. 1968-1969).

Per volontà di alcuni agricoltori, nell'aprile del 2004 è nato il "Consorzio di tutela del Carciofo Violetto di Sant'Erasmus", con lo scopo di valorizzarne la produzione, recuperare il patrimonio storico e culturale dell'agricoltura in Laguna, e sostenere l'importanza di rimanere in questi territori, per evitare il degrado degli stessi.

Il consorzio (Figura 5) oggi comprende agricoltori, per la maggior parte anziani, che producono nelle isole di Sant'Erasmus, Vignole e produttori di Lio Piccolo, sul litorale di Cavallino Treporti.



Figura 5: logo del Consorzio del carciofo Violetto di Sant'Erasmus

Caratteristiche botaniche

Come già riportato il carciofo è una pianta erbacea, poliennale, col nome botanico *Cynara scolymus* e il carciofo ora coltivato nel bacino della laguna veneziana è il carciofo Violetto di Toscana; esso è una varietà molto adatta a vegetare nei terreni con sottosuolo salmastro.

La pianta è molto robusta, di taglia medio-grande (un'altezza media di circa un metro), il portamento è assurgente, presenta inoltre un'elevata attività pollonifera.

Le foglie sono di medie dimensioni, frastagliate, di colore verde-grigio, caratterizzate da eterofillia. L'infiorescenza è a capolino (a tronco di cono, allungato) con forma ellittica, di media grossezza, compatto (Fig. 6). Le brattee dello stesso sono di colore violetto, tenere, carnose, con l'apice arrotondato/smussato, e terminano spesso con una piccola spina.

Le piante presentano una produzione elevata, all'incirca 18-20 capolini/pianta.

L'epoca di produzione è medio-tardiva, con inizio di produzione che coincide all'incirca con la prima decade di aprile; la durata del ciclo di produzione dei capolini è medio-lunga, di circa 70-80 gg.



Figura 6:Prime infiorescenze (dette "castraure") del carciofo Violetto di Sant'Erasmus.

Tecnica colturale: ciclo colturale, concimazione e raccolta

La carciofaia presenta una durata di circa 6-8 anni, usando il carduccio come materiale di propagazione.

L'impianto dei carducci viene svolta in primavera; esso deve essere anticipato da una lavorazione profonda (50cm), lavorazioni più superficiali e lavorazioni di affinamento del terreno.

L'investimento è molto variabile da 4000 a 10000 pp/ha.

Verso agosto le piante, ormai secche, e le infestanti, vengono trinciate; con le prime giornate fresche autunnali dai rizomi emergono i carducci, che crescono con il proseguire della stagione. Essi costituiscono un altro prodotto vendibile della pianta, i cardi.

Dopo la scardatura viene svolta una concimazione organica, principalmente con pollina (dosaggio: 1kg / pianta).

Per difendere la coltura dai geli e dai venti freddi invernali, verso dicembre, vengono innalzati, solamente da un lato della pianta a nord-est (lato da cui soffia il vento di bora), degli arginelli di terra, chiamate "mote".

In primavera le piante vengono scoperte e il terreno viene pareggiato, pratica che prende il nome dialettale di “smotar”. In contemporanea a questa pratica viene svolta, a mano, la scarducciatura, operazione che consiste nell’eliminazione dei carducci superflui.

Quando il terreno è pronto viene svolta una concimazione minerale di copertura con concimi azotati (nitrato di calcio o nitrato ammonico), oppure concimi ternari (es. concime ternario a lento rilascio, *Rasentec*, 14-7-17). Il controllo delle malerbe è solamente meccanizzato, tramite erpice (visibile in Fig. 7), e viene eseguito più volte durante tutto il ciclo.

La raccolta è completamente manuale e viene eseguita da aprile a giugno a seconda dell’andamento climatico.

Una volta che le piante hanno concluso la produzione dei capolini vengono lasciate seccare sul terreno.



Figura 7: Sarchiatrice “El furbo”, della Oliver, usata per svolgere il controllo meccanico delle malerbe.

Prodotto vendibile e prezzi

A livello di mercato i capolini prodotti da una singola pianta vengono classificati come segue:

- il primo capolino (Fig. 8) prodotto dalla pianta assume il nome dialettale di “castraura” e spunta un prezzo maggiore; essi presentano in generale peso e dimensione maggiore.
- i capolini raccolti successivamente, portati dalle ramificazioni, prendono il nome dialettale di “botoli” e “sottobotoli”; presentano un prezzo inferiore; in generale, presentano grandezza e peso minore.

I capolini prodotti verso la fine del periodo di produzione iniziano a essere più coriacei e meno esteticamente commerciabili. Per questo motivo viene deciso di lasciar crescere di dimensione le infiorescenze e di raccoglierci successivamente. Questi ultimi, appena raccolti, vengono lavorati a mano per la produzione dei “fondi”, destinati al consumo fresco.

Un'altra fonte di guadagno data dalle piante, sono i carducci, che vengono raccolti e destinati al consumo fresco; essi vengono commercializzati con il nome di “cardi”.

Il capolino può arrivare a un prezzo molto elevato sul mercato, può essere un'elevata fonte di guadagno, soprattutto nelle annate più favorevoli.

Durante la primavera del 2021 il prezzo medio raggiunto dalle castraure è stato di 1 euro/pezzo; il prezzo dei botoli è stato di 0,35 euro/pezzo; mentre i fondi hanno raggiunto i 30 cent/pezzo non lavorati (mentre se lavorati e in acqua e limone 50 cent/pezzo). Si deve però considerare che quest'anno il prezzo è aumentato di circa 5 centesimi per tutti i prodotti rispetto agli anni precedenti¹.



Figura 8: Infiorescenza di carciofo Violetto di Sant'Erasmus.

¹ Dati forniti dall'Azienda Agricola “I sapori” di Sant'Erasmus- VE.

Aspetti nutrizionali

In uno studio, condotto dal dipartimento DAFNAE dell'Università di Padova (Nicoletto et. al, 2012) sono state eseguite delle analisi qualitative sulle due varietà di carciofo coltivate nel nord Italia: il Violetto di Sant'Erasmus e il Violetto di Chioggia.

Da quanto emerso, il carciofo Violetto di Chioggia presenta una maggiore qualità globale rispetto al Violetto di Sant'Erasmus: in particolare lo studio ha dimostrato la presenza di una maggior quantità di acido ascorbico e di una maggior capacità antiossidativa (ciò comporta una maggiore idoneità all'industria di trasformazione per il carciofo Violetto di Chioggia, rispetto a quello di Sant'Erasmus). Il carciofo Violetto di Sant'Erasmus mostra valori più contenuti di fruttosio e saccarosio rispetto a quello di Chioggia; i valori di glucosio invece sono comparabili.

In generale, entrambe le varietà coltivate nell'area della Laguna veneta presentano importanti proprietà nutrizionali e organolettiche.

La laguna e l'isola di Sant'Erasmus



Figura 9: Mappa della Laguna di Venezia (Zanetti et al., 2017)

La Laguna di Venezia (rappresentata in Figura 9) è la più vasta zona umida del Mediterraneo, si estende per un totale di 550 km²; è divisa dal mar Adriatico da una sottile striscia sabbiosa, cordone litoraneo, che va dalla foce del fiume Piave a quello dell'Adige e comunica con il mare tramite tre

varchi, ossia le bocche di porto di Chioggia, Malamocco e Lido (Ghirelli, et al., 2007). La laguna è esposta alle maree che due volte al giorno entrano ed escono attraverso le bocche di porto. La marea presenta un livello variabile in base a fattori astronomici, ma è maggiormente esposta a variazioni di livello, quando si verificano particolari condizioni di carattere atmosferico (venti sostenuti da SE o da NE, precipitazioni copiose interessanti i vari bacini idrografici, mare mosso con moto ondoso ostacolante il regolare deflusso di marea). Quando la marea cresce fino a provocare l'allagamento dei centri abitati si ha il fenomeno dell'acqua alta, che nell'ultimo secolo è diventato sempre più frequente; alcune maree registrate negli ultimi 60 anni, a causa dell'elevata altezza raggiunta, sono risultate pericolose per la stessa sopravvivenza dei centri storici lagunari (Zanetti M., et al., 2017). Questo ambiente inoltre è caratterizzato da una notevole variazione stagionale e annuale in salinità e in profondità, in relazione agli apporti idrici (acque marine o continentali), alla piovosità e alla temperatura che condizionano l'evaporazione.



Figura 10: Isola di Sant'Erasmus, Venezia (Google maps)

Sant'Erasmus (Fig. 10) è la più grande isola della Laguna di Venezia con una superficie di 325 ettari, di forma allungata (4 km) e relativamente stretta.

La sua origine geologica e conformazione geografica si discostano da quelle delle altre isole lagunari; originariamente infatti S. Erasmo faceva parte del cordone litoraneo che per millenni ha difeso la laguna dall'azione del mare. Le profonde modificazioni determinate in parte dalla Serenissima (deviazioni del corso dei fiumi che sfociavano in laguna) e l'accumulo di sedimenti sul lato nord della diga di Punta Sabbioni (fine Ottocento) hanno determinato la trasformazione del

litorale di Sant'Erasmus in un'isola interna alla laguna. L'isola presenta un terreno prevalentemente sabbioso caratterizzato dalla presenza di una falda di acqua dolce a circa 80 metri di profondità. La fascia ex litoranea è molto diversificata poiché soggetta a maggiori accumuli sabbiosi. I sistemi di dune, un tempo oggetto di attenta conservazione per il loro importante ruolo protettivo, dopo l'arretramento dell'isola furono spianate e dedicate alla coltivazione. Oggi l'isola è a prevalente vocazione agricola ed è considerata "l'orto di Venezia".

Scopo

Uno dei problemi che negli ultimi anni sta colpendo il comparto agricolo è il cambiamento climatico che sta mettendo a repentaglio l'economia delle aziende agricole.

Per far fronte a questo problema è necessario riconsiderare tutte le pratiche colturali, in particolare l'irrigazione, tecnica utile non solo per sopperire alle deficienze delle precipitazioni, ma anche per mitigare l'ascesa di acqua salmastra, fenomeno tipico di alcune zone costiere, soprattutto in annate siccitose.

In questo lavoro si è presa in considerazione la produzione del Carciofo Violetto, nell'isola di Sant'Erasmus a Venezia, ortaggio di prestigio della laguna veneta, che assicura un elevato guadagno ai produttori, dato principalmente dalle infiorescenze. L'irrigazione del carciofo è pratica molto diffusa ma non lo è ancora presso l'Isola di Sant'Erasmus.

Scopo della tesi, quindi, è quello di valutare se l'impiego dell'irrigazione, in particolare della microirrigazione a goccia, possa essere utile per aumentare la produzione delle infiorescenze di carciofo (aprile-giugno) ed anticipare e aumentare la produzione dei cardi (agosto-dicembre). In particolare, si è deciso di confrontare due modalità di somministrazione dell'acqua irrigua: una con un'ala gocciolante posta sopra o poco a fianco delle file di piante e una con doppia ala gocciolante posta lateralmente a destra e sinistra delle stesse.

I dati sono stati confrontati con un controllo non irrigato.

Si sono valutate dapprima le rese in infiorescenze prodotte dalle piante. Successivamente, durante il periodo di produzione dei cardi (agosto-dicembre), si sono svolti dei rilievi sul numero delle piante emerse e l'altezza delle stesse, per ogni singolo trattamento.

Inoltre, al momento della scardatura (verificata a dicembre), si è confrontata la resa in biomassa dei cardi, analizzando sia il peso della biomassa totale prodotta, sia il peso della biomassa con caratteristiche qualitative adatte alla commercializzazione.

Infine, tramite i dati di infiorescenze prodotte, biomassa raccolta, altezze delle piante e la loro collocazione, si è valutata una eventuale influenza nella mitigazione dell'effetto negativo della risalita di acqua salmastra, che causa un aumento della salinità del suolo.

Materiali e metodi

Il sito di sperimentazione

La sperimentazione è stata avviata presso un appezzamento dell'Azienda Agricola "I sapori di Sant'Erasmus" (Fig.11), di Carlo e Claudio Finottello, presente nell'isola di Sant'Erasmus, nel mezzo della laguna di Venezia.

Si tratta di un'azienda agricola di piccole-medie dimensioni fondata nel 1996 da Carlo Finottello.

L'azienda è ad indirizzo orticolo e conduzione familiare, specializzata nella produzione e vendita diretta di verdura, frutta (in minima parte) e vino, partner di "Campagna amica"².

I proprietari lavorano prevalentemente con i membri della famiglia e, solo nei periodi di attività più intensi (principalmente in estate), si avvalgono di manodopera esterna.



Figura 11: Sede dell'Azienda Agricola "I Sapori di Sant'Erasmus" di C. e C. Finottello, Sant'Erasmus, Ve.

² La Fondazione Campagna Amica (partner di Coldiretti) è stata fondata nel 2008, con lo scopo di favorire l'incontro tra i consumatori e i produttori, promuovendo le eccellenze agricole italiane.

L'Azienda insiste su una superficie totale di circa 12 ettari, di proprietà e in affitto, distribuiti su tutta l'isola, in cui vengono coltivate orticole in pieno campo e in serra, il carciofo Violetto in pieno campo e la vite.

Oltre alla vendita diretta al pubblico, due volte a settimana i titolari conferiscono i prodotti raccolti anche in città (in alcuni punti precisi raggiungibili con la barca) dove, previa prenotazione via web/app o telefonicamente, i clienti possono ritirare la spesa ordinata.

Da qualche anno sono stati introdotti una vasta gamma di prodotti conservati, pronti al consumo; non si tratta di prodotti lavorati direttamente in loco, bensì il prodotto fresco viene fatto recapitare a due diverse aziende di terraferma ("Fattoria i canarini" di Fossalta di Piave, e "Laboratorio B73" di Antonio Bauce, Carbonera-TV), dove viene trasformato e inscatolato per essere venduto.

La filiera è molto corta e lo scopo dell'azienda è quello di fornire ai consumatori un prodotto fresco, sano e genuino. Con questo intento hanno dato un nuovo impulso e sviluppo all'attività agricola tradizionale, svolgendo la lotta integrata con il principale scopo di diminuire e/o eliminare l'uso di prodotti fitosanitari.

Uno dei limiti dell'azienda, anche se è generalizzata in tutta l'isola, è la mancanza di fonti di acqua usabili per l'irrigazione. L'azienda presenta un unico pozzo, posto a fianco dell'abitazione, e usato per l'irrigazione dei prodotti posti sotto serra-tunnel.

Al di sotto dell'isola, a circa 80-100 metri di profondità, è presente una falda di acqua usabile per scopi agricoli, ma non sono presenti pompe per sollevarla, a causa anche dei costi elevati di acquisto e installazione. L'assenza di pompe e la presenza di un allaccio già predisposto ha permesso però di utilizzare l'acqua derivata direttamente dall'acquedotto. Le analisi dell'acqua, disponibili sul sito della Veritas (società che fornisce servizi idrici e ambientali), evidenzia valori dei parametri entro i limiti e un pH pari a 7,41.



Figura 12: appezzamento preso in esame per lo svolgimento della prova (fonte: Google Earth)

Il terreno è circondato su tre lati da un canale di acqua salmastra, derivante direttamente dalla laguna, fattore che può essere considerato sicuramente negativo: infatti, nelle annate maggiormente siccitose, la salinità del terreno si fa sempre più accentuata, comportando anche dei danni alle piante stesse, pur essendo molto resistenti alla salinità.

Il sesto di impianto è di 140 piante tra le file e 50 sulla fila, per un totale di circa 1800-2000 piante/ha. Le analisi del suolo, svolte da Agec Lab s.n.c. (riportate in Tabella 1), sono state fatte per analizzare tessitura e gli elementi minerali al fine di effettuare la concimazione più adatta alla coltura e evidenziare possibili fattori limitanti alla produzione.

Si tratta di un terreno franco-sabbioso (58% sabbia; 34,6% limo; 7,4% argilla) con peso specifico apparente di 1,295 Kg/l e scheletro pari al 7,8%.

Le analisi chimiche riportate in tabella 1 mettono in luce alcuni possibili fattori limitanti alla massima resa, come un pH in acqua leggermente alcalino (7,58), la conducibilità elettrica elevata (4,73 mS/cm) e una quantità di sodio scambiabile elevata (189 mg/Kg), possibile causa di tossicità.

Tabella 1: Analisi chimiche del suolo dell'appezzamento utilizzato per la prova (Agec Lab s.n.c.).

analisi chimica			
Parametro	U.M.	Valore	Giudizio agronomico generale
pH in acqua		7,58	Reazione leggermente alcalina
Conducibilità elettrica a 25°C estratto acquoso pasta satura	mS/cm	4,73	Tollerabile solo da colture resistenti
Acidità di scambio di H+	meq/100g	0,0	Normale
Capacità di scambio cationica	meq/100g	24,2	Elevata
Calcare totale	g/Kg	230	Mediamente calcareo
Calcare attivo	g/Kg	61	Elevata probabilità di insolubilizzazione di ferro e fosforo
Azoto totale	g/Kg	1,76	Sufficiente
Azoto mineralizzato sull'azoto totale	%	5,7	Sufficiente
Carbonio organico	g/Kg	9,8	
Sostanza organica C org x 1,724	g/Kg	16,8	Medio
Potassio (K) scambiabile	mg/Kg	408	Elevato
Sodio (Na) scambiabile	mg/Kg	189	Probabile tossicità
Calcio (Ca) scambiabile	mg/Kg	3888	Elevato
Magnesio (Mg) scambiabile	mg/Kg	353	Elevato
Fosforo (P) assimilabile	mg/Kg	139	Elevato
Ferro (Fe) assimilabile	mg/Kg	11,8	Medio elevato

Gestione dell'irrigazione e calcolo dei volumi irrigui

I volumi irrigui da distribuire sono stati calcolati partendo dalla stima dell'evapotraspirazione.

L'evaporazione potenziale di riferimento, ET_0 (mm) è stata calcolata con la formula di Hargreaves:

$$ET_0 = 0,0023 * Ra * (T + 17,8) * \Delta T^{0,5}$$

dove:

Ra = altezza di evaporazione equivalente alla radiazione astronomica per il sito e il giorno di interesse (mm/d)

T = temperatura media dell'aria (°C) nel giorno considerato

ΔT = escursione termica giornaliera (°C) nel giorno considerato

Per il calcolo dell'evapotraspirazione della coltura ET_c (mm) è stata utilizzata la formula:

$$ET_c = ET_0 * K_c$$

dove:

ET_0 (mm) = evapotraspirazione potenziale di riferimento (mm/d)

K_c = coefficiente colturale

Il coefficiente colturale K_c è stato assegnato di volta in volta in base allo stadio fenologico della coltura, secondo le indicazioni FAO (Allen et al., 1998).

A fine estate, in presenza di suolo nudo, per favorire la ripresa vegetativa si è provveduto a irrigare seguendo i valori di K_c indicato dal metodo FAO e riportati in Tabella 2; solo nel mese di novembre, quando il numero di piante emerse è stato adeguato, nel calcolo dell'Etc, il K_c applicato è stato assegnato sulla base della fenologia delle piante.

Tabella 2: Coefficiente colturale, K_c , applicato ai calcoli dell'evapotraspirazione teorica, in presenza di suolo nudo (Fonte: FAO).

wetting interval	evaporating power of the atmosphere (ET_0)			
	low 1-3 mm/day	moderate 3-5 mm/day	high 5-7 mm/day	very high > 7 mm/day
less than weekly	1.2-0.8	1.1-0.6	1.0-0.4	0.9-0.3
weekly	0.8	0.6	0.4	0.3
longer than once per week	0.7 - 0.4	0.4 - 0.2*	0.3 - 0.2*	0.2* - 0.1*

Allestimento delle parcelle

Per lo svolgimento della prova sono state individuate due parcelle, composte a loro volta da tre file di piante ciascuna, con lunghezza pari a 40m ciascuna.

In esse poi sono state individuate le piante oggetto dei trattamenti e quelle facenti parte del controllo.

Le file sono state numerate dalla 1 alla 6 partendo da quella adiacente il canale, come riportato in Figura 13.

Le prime tre file, facenti parte la lotto più vicino al canale, sono state considerate come trattamento A (il cui perimetro, in Fig. 13, viene rappresentato con il colore giallo), cioè sottoposte a irrigazione tramite doppia ala gocciolante. Tra di loro, le ali gocciolanti sono state poste sul terreno a 50 cm di distanza l'una dall'altra, quindi a circa 25 cm dalle piante (vedi Figura 14) o dai rizomi.

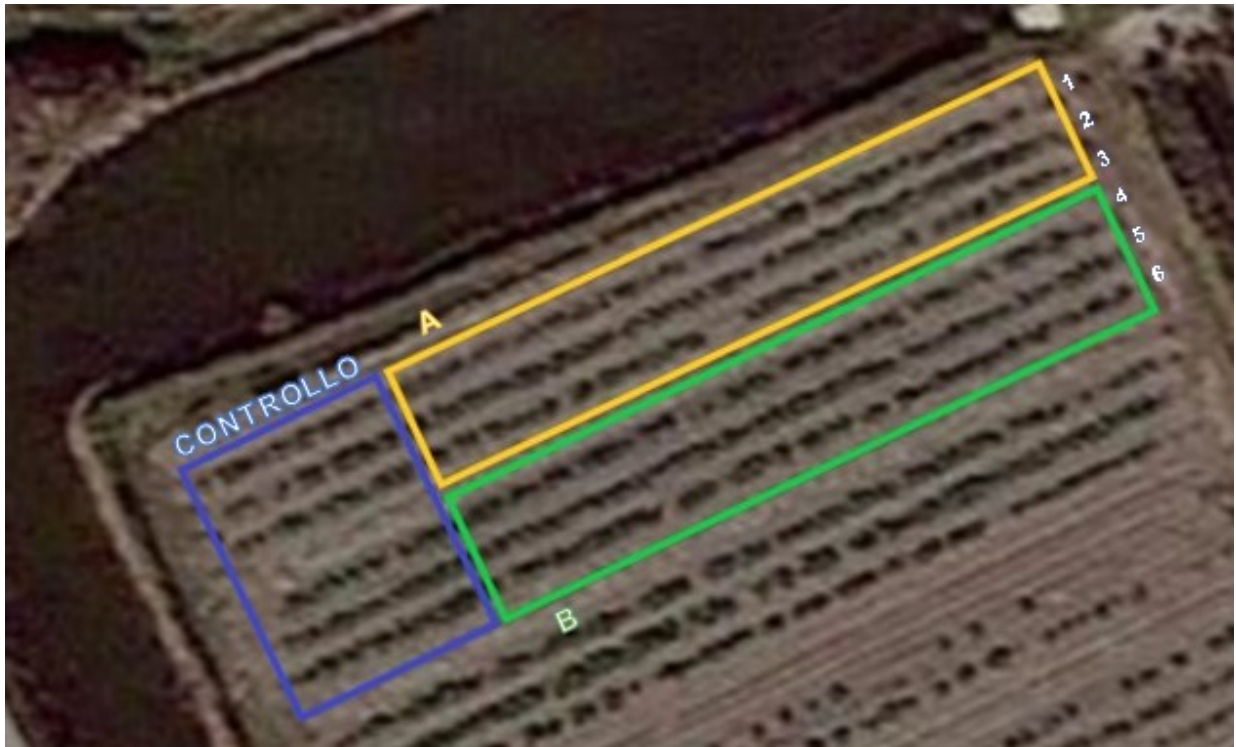


Figura 13: Mappa rappresentativa dell'allestimento della prova: in giallo viene rappresentato il trattamento A; in verde il trattamento B e in blu il controllo; a sinistra viene riportata la numerazione delle file.



Figura 14: Misurazione della distanza tra le ali gocciolanti al momento della posa dell'impianto nel trattamento A (prima prova)

Il trattamento B (rappresentato in Figura 13 con il colore verde), cioè il secondo lotto di terreno, comprende le piante che hanno ricevuto acqua irrigua tramite una singola ala gocciolante, posta a qualche cm dalle piante (durante la prima prova) o al di sopra del rizoma (durante la seconda prova). Gli ultimi 5 m di ogni fila non sono stati interessati da irrigazione e fanno quindi parte del controllo. La scelta è ricaduta su questi due appezzamenti limitrofi perché aventi le stesse caratteristiche: in entrambi le piante presentano 4 anni e in condizioni normali presentano stessa produzione in termini di quantità e qualità, sia in infiorescenze che in cardi, pur essendo presente il canale lateralmente al trattamento A.

Il trattamento A (doppia ala gocciolante) e il trattamento B (singola ala gocciolante) si estendono su pari superficie, di 157,5 m² e hanno lunghezza di 35 m ciascuno (si consideri che ogni fila copre un'area di 52,5 m); mentre il controllo presenta una superficie di 45 m² (ogni fila è lunga 5 m).

Per fornire alla coltura l'acqua irrigua è stata utilizzata un'ala gocciolante (Irritec, modello P1) con gocciolatori da 0,6 l/h e passo di 0,2 m (Figura 15). Questa scelta è stata dettata principalmente dal tipo di terreno piuttosto sciolto (franco- sabbioso).

Adiacente ai lotti considerati nella prova, era già presente l'uscita di una conduttura, distributrice acqua potabile. Al punto di uscita è stata misurata una pressione di 2,65 bar e una portata di 30 l/min.

All'inizio di ogni prova sono stati installati al rubinetto due timer (Figura 16), i quali periodicamente venivano impostati in base alla quantità di acqua da distribuire; dagli stessi ripartivano le tubazioni a cui erano collegate con le ali gocciolanti.

La distribuzione dell'acqua nelle due prove avveniva in due momenti diversi, in modo alternato, durante le prime ore del mattino.

Alla fine del mese di marzo è stato eliminato il cumulo di terra presente lateralmente alle piante (predisposto, precedentemente, prima dei primi freddi invernali, per proteggere la vegetazione da gelate) e le stesse sono state scardate, cioè è stata eliminata la vegetazione eccedente, mantenendo solo quella utile alla produzione delle infiorescenze. Contemporaneamente è stato distribuito, tra le file, un concime minerale ternario, a lento rilascio (Rasentec 14-7-17).



Figura 15: Ala gocciolante impiegata nella tesi e superficie bagnata dalla stessa.



Figura 16: Tmer posti all'uscita della condotta.

La prima prova è iniziata il 20 aprile, con l'installazione della condotta di testata e la posa delle ali gocciolanti. Al momento dell'inizio della prova le piante presentavano già una altezza di circa 50 cm (Fig. 17).



Figura 17: Apprezamento sottoposto a prova al momento della posa delle ali gocciolanti per lo svolgimento della prima prova.

La distribuzione dell'acqua irrigua è cessata il 18 giugno, con il termine della raccolta; a seguito di ciò le piante sono state lasciate seccare fino all'inizio della seconda prova.

Nei primi giorni di agosto le ali gocciolanti sono state asportate, ed è stata svolta trinciatura e fresatura del suolo, in modo da eliminare tutta la vegetazione presente. (Figura 18).



Figura 18: Parcella sottoposta a prova dopo aver svolto la fresatura (destra).

Il 20 agosto è iniziata la seconda parte della prova: sono state nuovamente poste sul suolo nudo le ali gocciolanti, indicativamente adiacenti alle piante, anche se non erano ancora visibili (Figura 19). Il 15 dicembre si è conclusa la prova con la raccolta, la scardatura e la nuova rinalzatura (Fig. 20 - 21).



Figura 19:Apprezzamento sottoposto a prova al momento della posa delle ali gocciolanti per lo svolgimento della seconda prova.



Figura 20: Prodotto vendibile ottenuto alla raccolta (15 dicembre).



Figura 21: Appezamento sottoposto a prova al momento della rincalzatura.

Dati analizzati

In ognuna delle parcelle sono stati effettuati periodicamente dei rilievi al fine di valutare l'effetto della pratica irrigua.

Per valutare la resa in entrambi i periodi sono state svolte delle analisi quantitative e morfoponderali, differenti in base al periodo e produzione considerata.

I dati raccolti e analizzati sono stati differenziati distinguendo due diversi periodi:

primo periodo: dal 19 aprile 2021 al 18 giugno 2021

secondo periodo: 20 agosto 2021 al 15 dicembre 2021

Durante il primo periodo si è valutato l'effetto dell'irrigazione sulla produzione delle castraure e dei botoli mentre nel secondo periodo quello sulle piante presenti alla ripresa vegetativa e sulla produzione dei cardi.

I dati raccolti e analizzati sono stati:

Numero di castraure e botoli vendibili

Sono stati contati il numero di castraure e di botoli prodotti e vendibili; essi sono stati raccolti in giorni diversi in base alla maturazione degli stessi e alle esigenze di mercato.

Numero getti e piante presenti alla ripresa vegetativa e altezza delle piante

È stato contato il numero delle piante emerse e sono state misurate le altezze delle stesse in due momenti (25 settembre e 6 novembre)

Peso dei cardi

Alla fine della prova, ovvero alla scardatura (eliminazione dei cardi eccedenti, in modo da lasciare una sola pianta per rizoma), è stata raccolta e pesata tutta la biomassa prodotta, individuando i cardi vendibili che a loro volta sono stati pesati, in modo da avere una stima della produzione vendibile e dei ricavi ottenibili dalla vendita.

Analisi statistica

I dati quantitativi ottenuti sono stati elaborati statisticamente mediante l'analisi della varianza ANOVA a una via e le medie sono state separate secondo il test LSD di Tukey, con $p \leq 0,05$ (con questo metodo esiste un rischio del 5% di dichiarare una o più coppie significativamente differenti, quando la differenza reale è 0).

Per l'elaborazione statistica è stato utilizzato il software Statgraphics 19 Centurion (Statgraphics Tecnologies, Inc.).

Risultati

I dati riportati fanno riferimento a un solo ciclo colturale della durata di circa 9 mesi a partire da aprile 2021. La brevità del periodo di sperimentazione ha restituito risultati che risentono molto dell'andamento meteo. Questo è stato poco favorevole all'irrigazione nel primo periodo (fino a giugno), caratterizzato da piogge frequenti, mentre gli eventi piovosi sono stati molto scarsi dopo l'estate, influenzando molto sui risultati ottenuti nelle tesi a confronto.

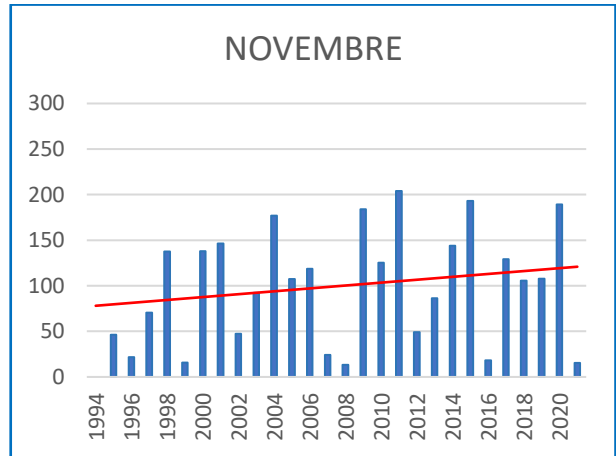
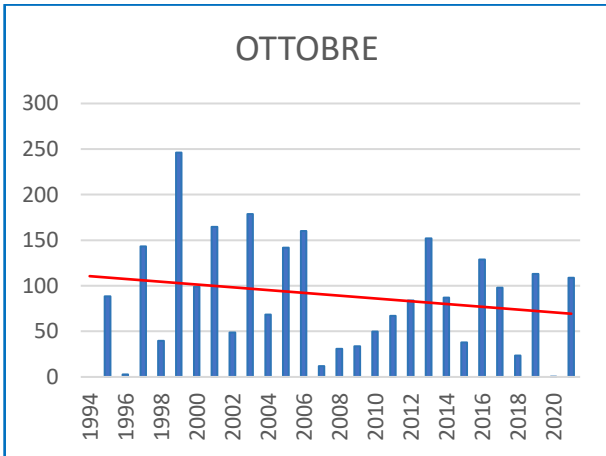
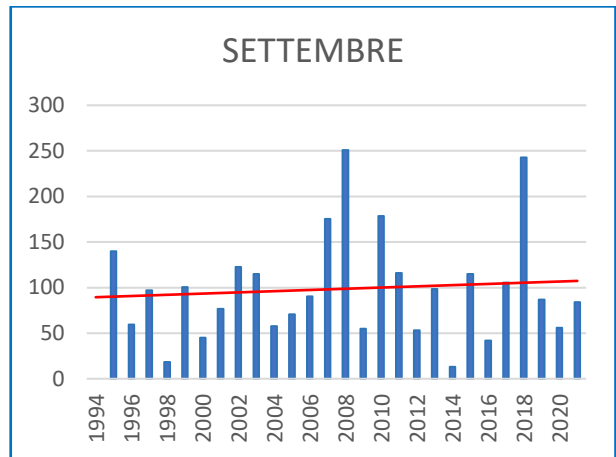
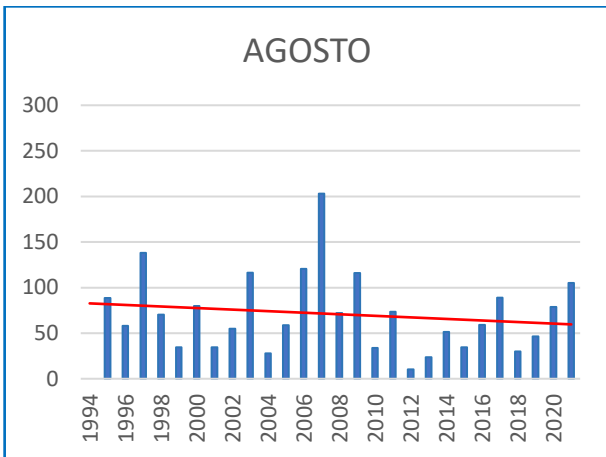
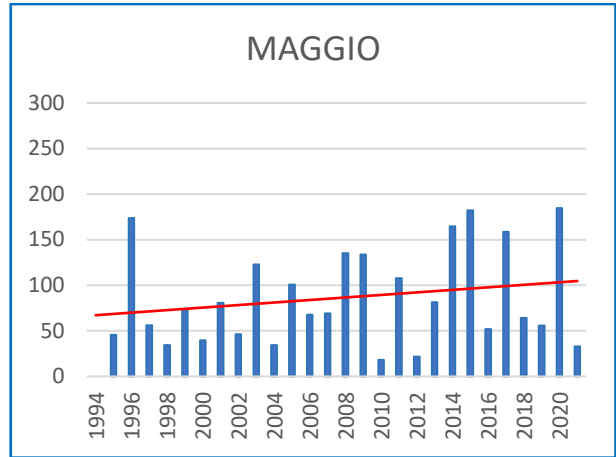
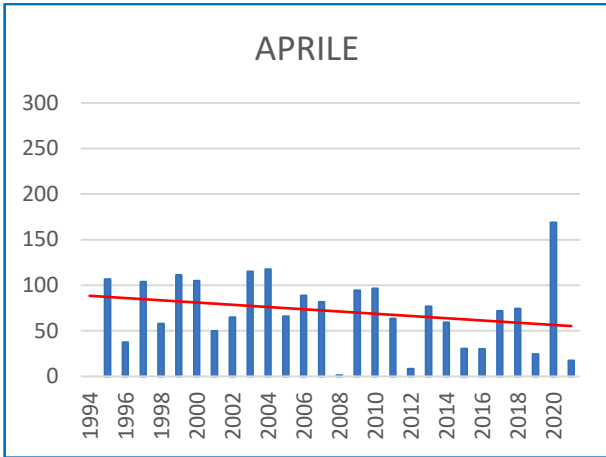
Andamento climatico

L'analisi dei dati meteorologici (precipitazione e temperatura) evidenzia chiaramente un andamento influenzato dal cambiamento climatico in atto negli ultimi anni. Come è noto, l'effetto principale del "climate change" è l'aumento della temperatura media del pianeta a cui si accompagna una maggiore variabilità delle precipitazioni sotto il profilo di intensità e della frequenza.

Nell'areale del sito della prova, dall'analisi dei dati meteorologici, dal 1994 al 2021, e riferiti alla stazione meteo di Cavallino-Treporti (VE) dell'ARPAV, si evince che durante i mesi interessati dalla prova (aprile - maggio e agosto - dicembre):

le precipitazioni mensili (mm) mostrano una tendenza variabile con diminuzione in alcuni mesi (aprile, agosto, ottobre e dicembre) e aumento nei mesi di maggio, settembre e novembre (Fig. 22)

le temperature minime, medie e massime hanno la tendenza ad aumentare, soprattutto le minime (Fig. 23).



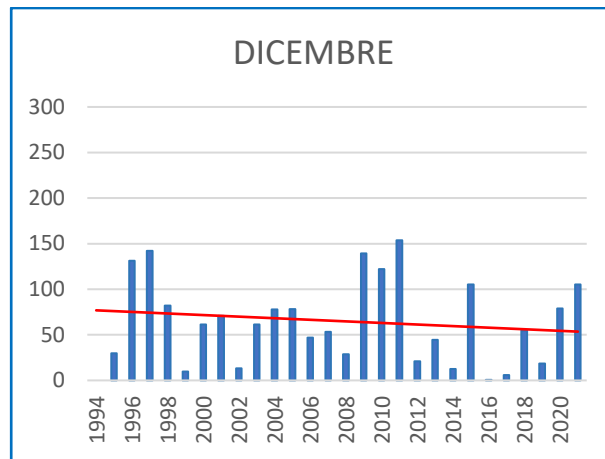
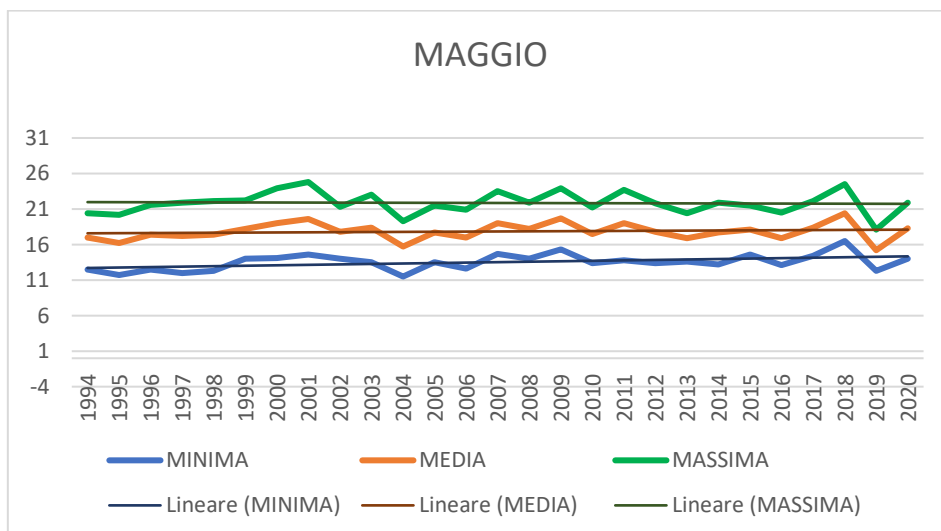
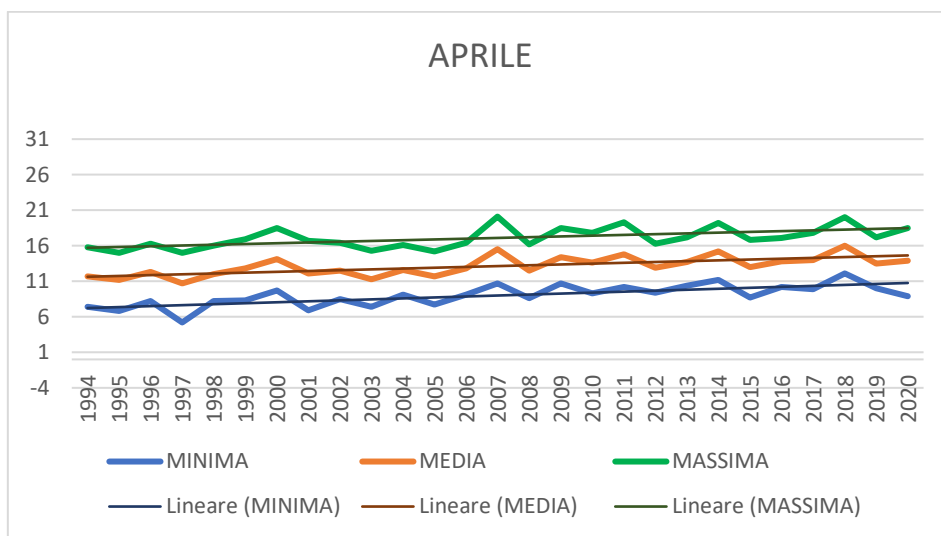
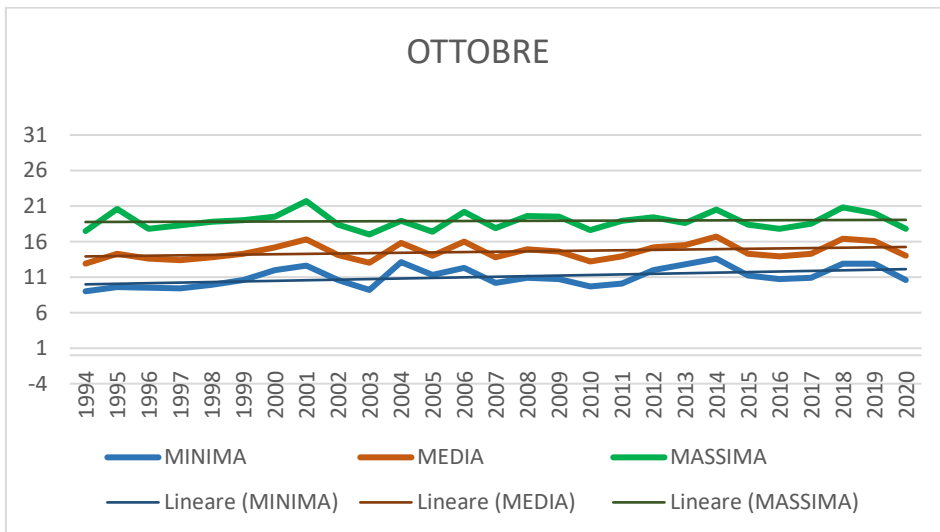
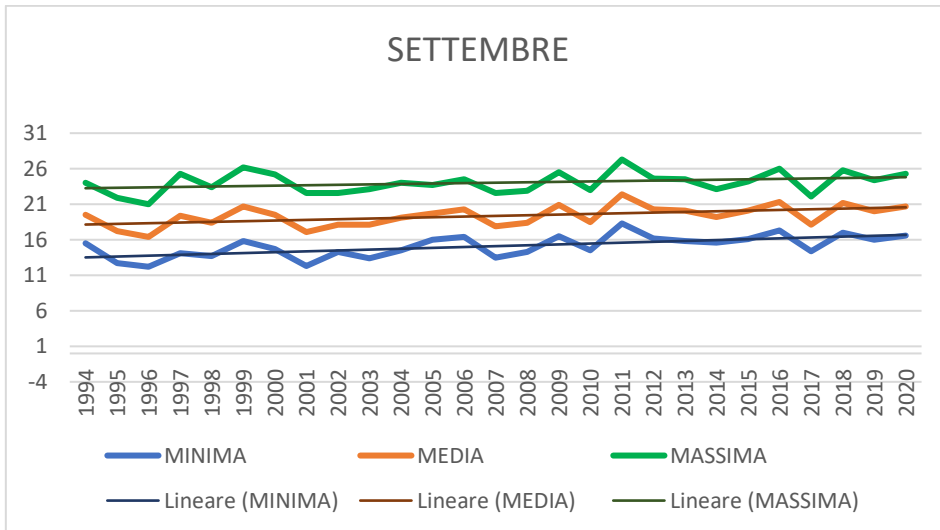
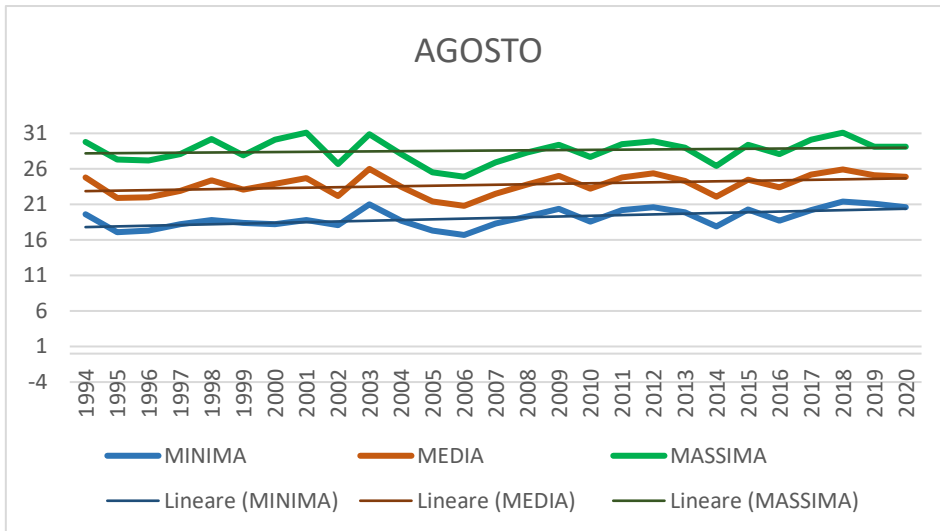


Figura 22: Pluviometria dell'areale sottoposto a prova, nei mesi interessati alla prova (dati ARPAV)





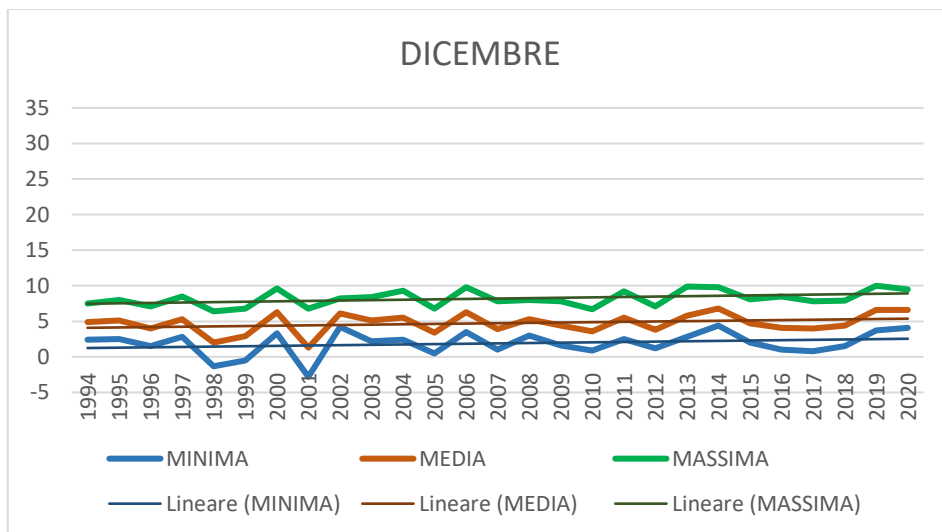
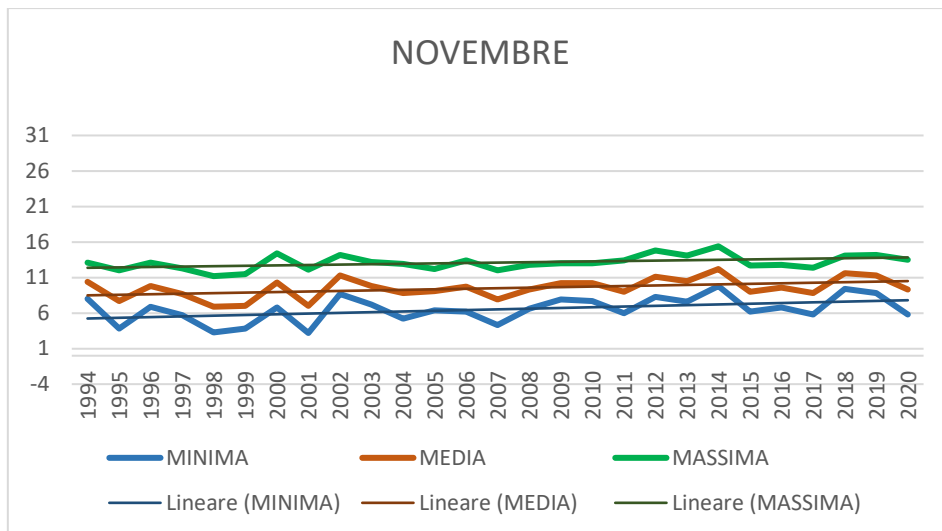


Figura 23: Temperature (minima, media, massima) e linea di tendenza delle stesse, dell'areale sottoposto a prova, nei mesi interessati alla prova (dati ARPAV)

Per quanto riguarda l'andamento delle precipitazioni mensili nel periodo della prova, il confronto con le medie del periodo 1994-2020 (Fig. 24) evidenzia apporti superiori alla media nel periodo primaverile, mentre:

- in agosto negli ultimi 27 anni la media di precipitazioni cumulate è stata di 70,7 mm, mentre nell'anno 2021 si sono registrati solamente 30,8 mm di pioggia;
- nel mese di settembre 2021 si sono registrati 24,4 mm a fronte dei 95,6 mm verificati mediamente nello stesso mese, negli ultimi 27 anni;
- a ottobre 2021 le precipitazioni hanno sfiorato i 20 mm a fronte di una media storica di 90,7 mm;
- nella fase finale della prova (novembre-dicembre) le precipitazioni si attestano su valori in linea con la media.

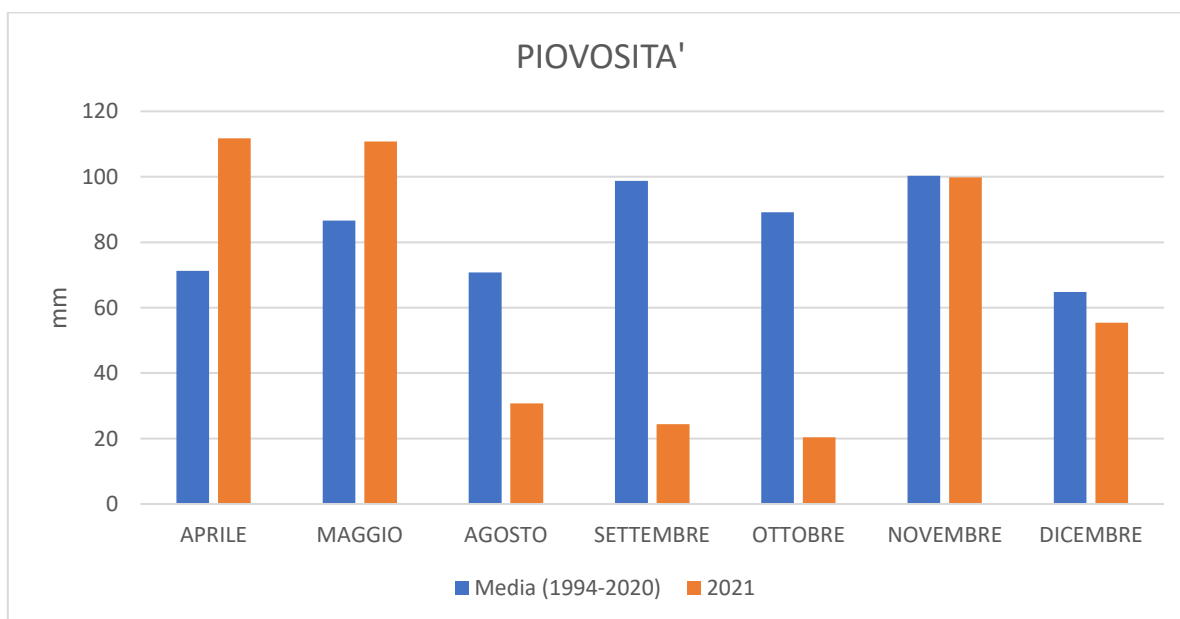


Figura 24: Pluviometria media degli ultimi 27 anni e del 2021, dell'areale sottoposto a prova, nei mesi interessati alla prova (dati ARPAV)

Per quanto riguarda le temperature (Fig. 25), invece, i dati raccolti nel 2021 non si scostano di molto rispetto alla media degli ultimi 27 anni, anche se con valori leggermente più elevati nei mesi di agosto e settembre.

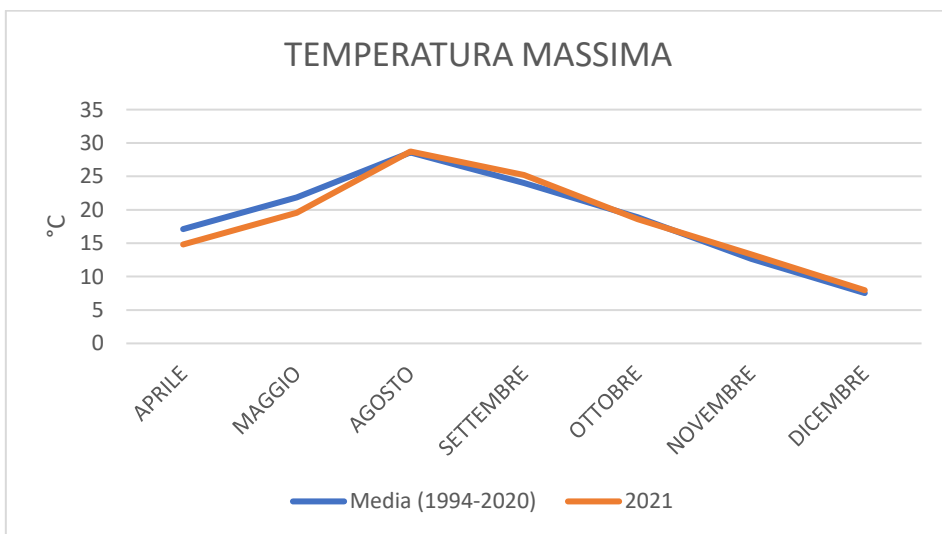
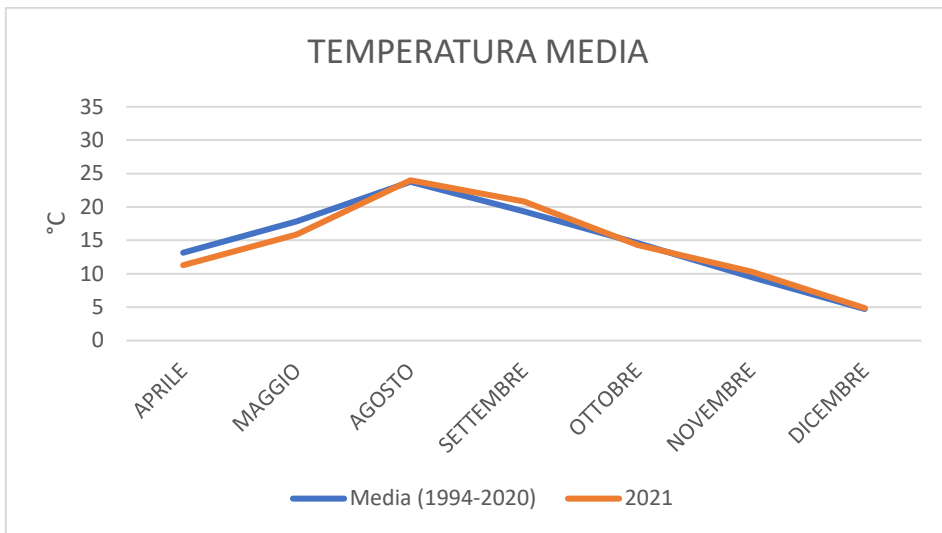
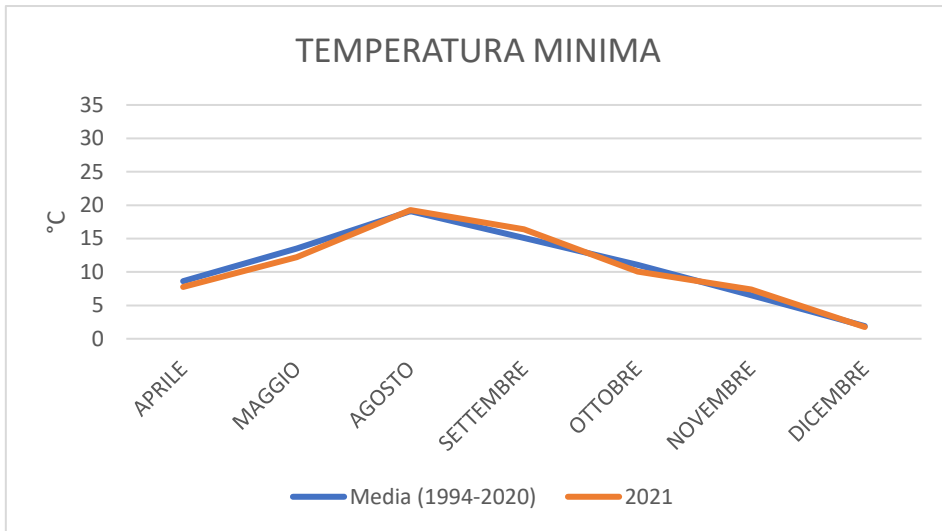


Figura 25: Temperatura (minima, media massima) media degli ultimi 27 anni e del 2021, dell'areale sottoposto a prova nei mesi interessati alla prova (dati ARPAV)

Evapotraspirazione colturale e interventi irrigui

L'andamento del coefficiente colturale K_c (Fig. 26) è riportato nella figura 26. Si può notare il valore che sale da 0,75 a 0,95 nel primo periodo, mentre dopo la ripresa vegetativa di settembre i valori di K_c sono molto oscillanti, mantenendosi però quasi costantemente a 1 in tutto il mese di ottobre.

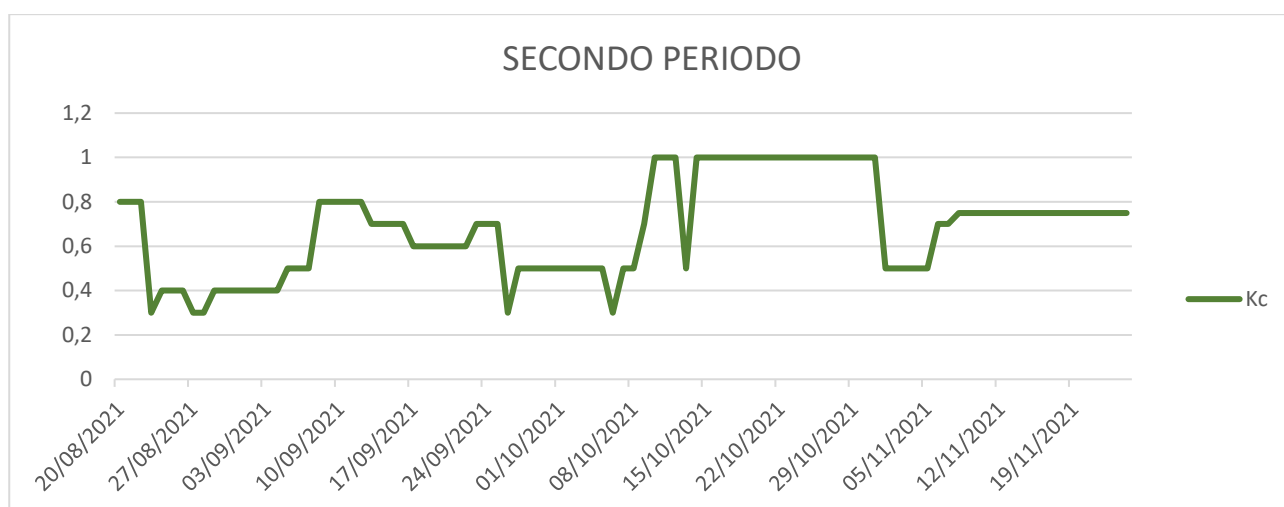
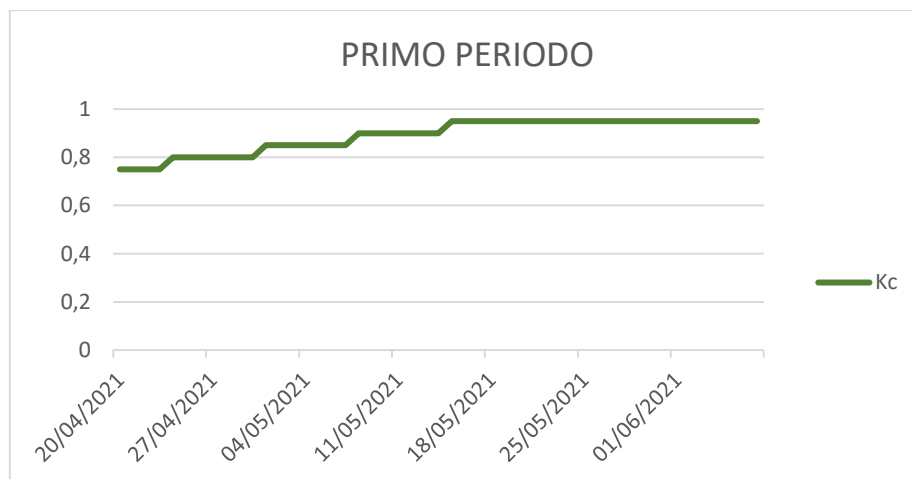


Figura 26: Andamento del K_c nel corso dei due periodi di prova, nei calcoli dell'ETc.

Settimanalmente, tenendo conto degli apporti idrici dati dalle precipitazioni e dalle irrigazioni effettuate, è stata stimata la quantità di acqua da somministrare giornalmente tramite irrigazione sulla base dell'ETc media giornaliera della settimana precedente.

Nelle Figure 27 e 28 viene rappresentato l'andamento dell'ETc, le precipitazioni, i fabbisogni irrigui e i volumi d'acqua irrigua effettivamente forniti durante i due periodi della prova. Si può notare come, durante il primo periodo, a causa delle frequenti piogge, a fine aprile è stato deciso di fermare l'irrigazione. Nel secondo periodo, invece, fino a inizio novembre gli eventi piovosi sono stati scarsi e l'irrigazione è proseguita fin quasi a dicembre.

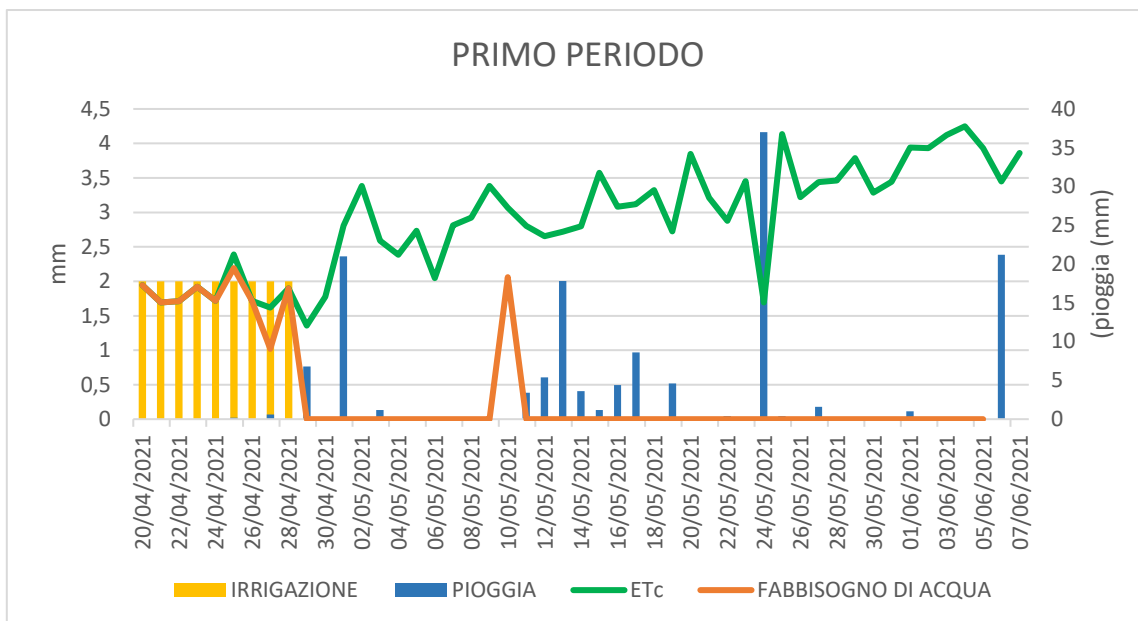


Figura 27: Rappresentazione degli apporti irrigui-pluviometrici, dell'evapotraspirazione e dei fabbisogni idrici della coltura di carciofo sottoposto a prova, durante il primo periodo (20/04 - 07/06)

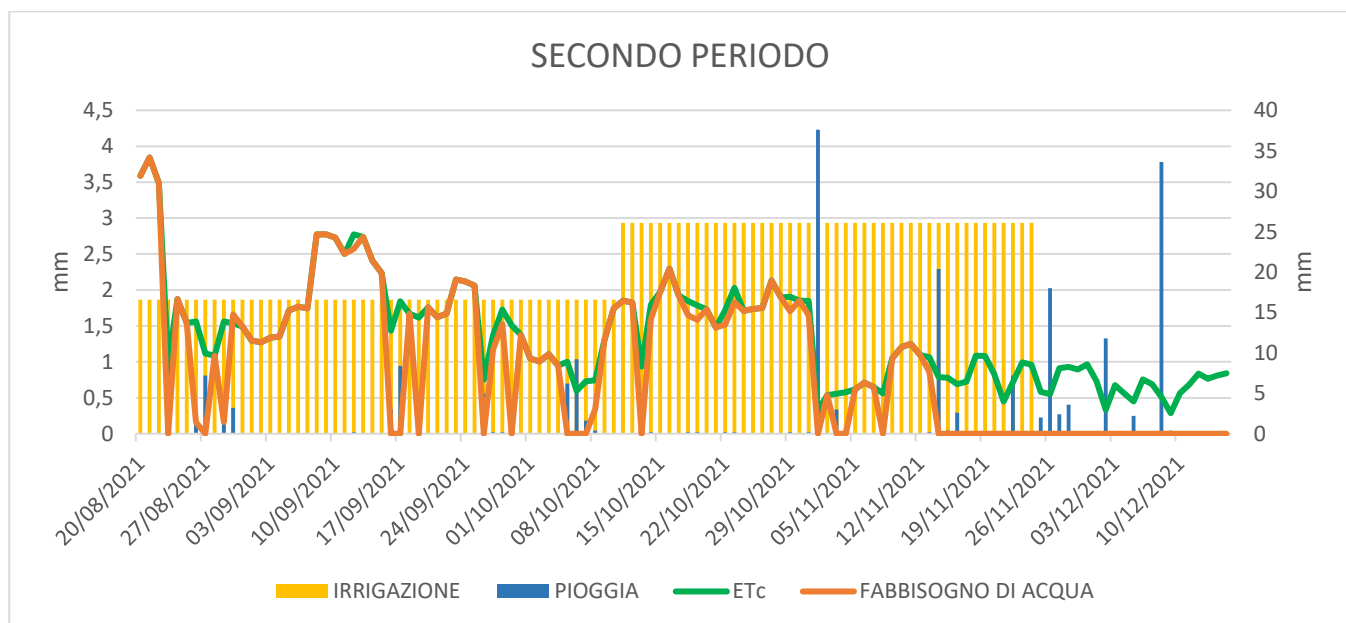


Figura 28: Rappresentazione degli apporti irrigui-pluviometrici, dell'evapotraspirazione e dei fabbisogni idrici della coltura di carciofo sottoposto a prova, durante il secondo periodo (20/08 - 15/12)

Numero castrature e botoli-sottobotoli

Durante il primo periodo della sperimentazione, tra maggio e giugno sono state raccolte le infiorescenze di carciofo. I risultati si riferiscono a due diverse tipologie, suddivise in primo fiore o “castrature” e fiori successivi, chiamati “botoli” e “sottobotoli”. Tra le infiorescenze mancano quelle raccolte per la lavorazione e produzione dei fondi; infatti, in questo appezzamento, durante la

stagione considerata, le infiorescenze non sono state raccolte a causa di problemi organizzativi e di natura meteorologica (frequenze precipitazioni).

La raccolta si è svolta una o due volte a settimana, in base alla richiesta da parte del mercato.

Dalle piante del trattamento A, cioè irrigate con doppia ala gocciolante, si sono ottenute 63 castraure e 1143 botoli e sottobotoli, su un totale di 149 piante.

Le piante della porzione sottoposta al trattamento B, cioè irrigate con una singola ala gocciolante, ha prodotto 66 castraure e 1228 botoli e sottobotoli, su un totale di piante 138.

Nel controllo, cioè piante non irrigate, sono state raccolte 63 castraure e 658 botoli/sottobotoli, su un totale di 65 piante.

I dati ottenuti sono quindi stati normalizzati al numero di piante presenti nei tre diversi campioni. Tramite questo passaggio si è ottenuto che la quantità di castraure prodotte dal controllo è statisticamente maggiore rispetto a quelle prodotte dai trattamenti A e B; mentre, la quantità di botoli e sottobotoli raccolti nel trattamento A (7,67), quelli raccolti nel trattamento B (8,89) e quelli raccolti nel controllo (10,12) non presentano alcuna differenza significativa (Fig. 29).

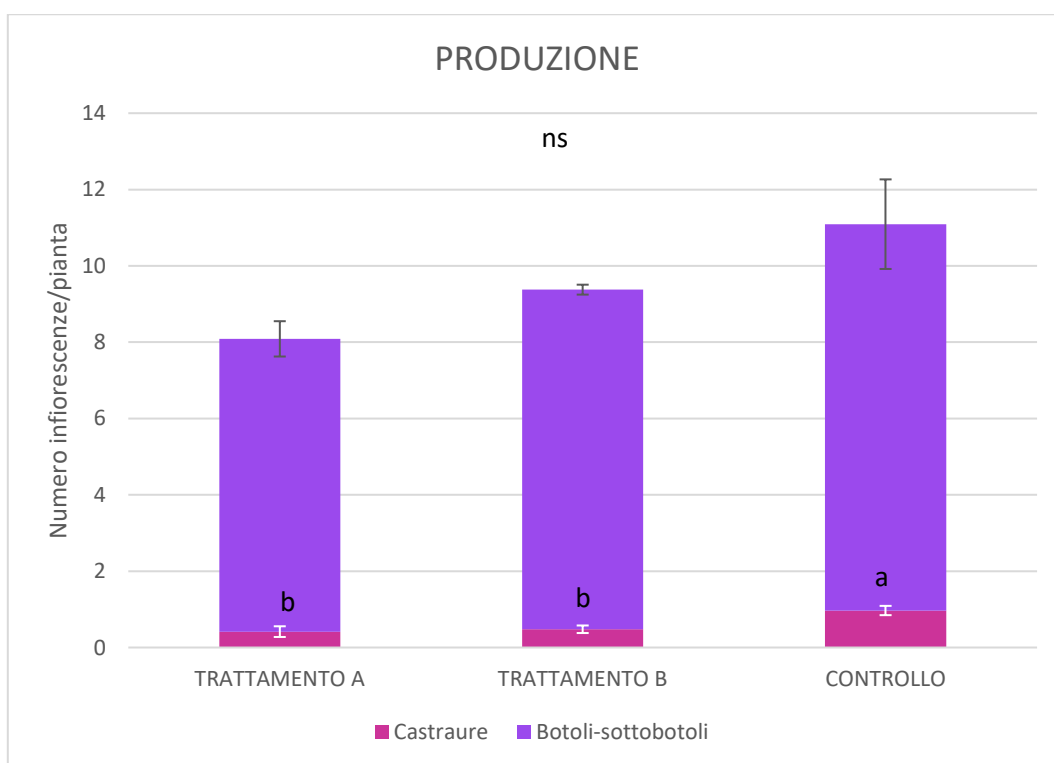


Figura 29: Produzione dei capolini, divisi per classe commerciale di “castraure” e “botoli – sottobotoli”, espressa in percentuale sul numero di piante presenti, in base al trattamento irriguo subito. Le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0,05$), ns indica differenza statisticamente non significativa, per ciascun grafico è riportata la barra dell'errore standard calcolato sulla base dei dati raccolti.

Numero getti e piante presenti dopo la ripresa vegetativa

In tre momenti diversi del secondo periodo (agosto – dicembre 2021), a distanza di circa 40 giorni l'uno dall'altro, è stato contato il numero delle piante presenti. In particolare, il 24 settembre quando affioravano i primi getti, e poi il 6 novembre e il 15 dicembre alla raccolta finale dei cardi (Fig, 30).

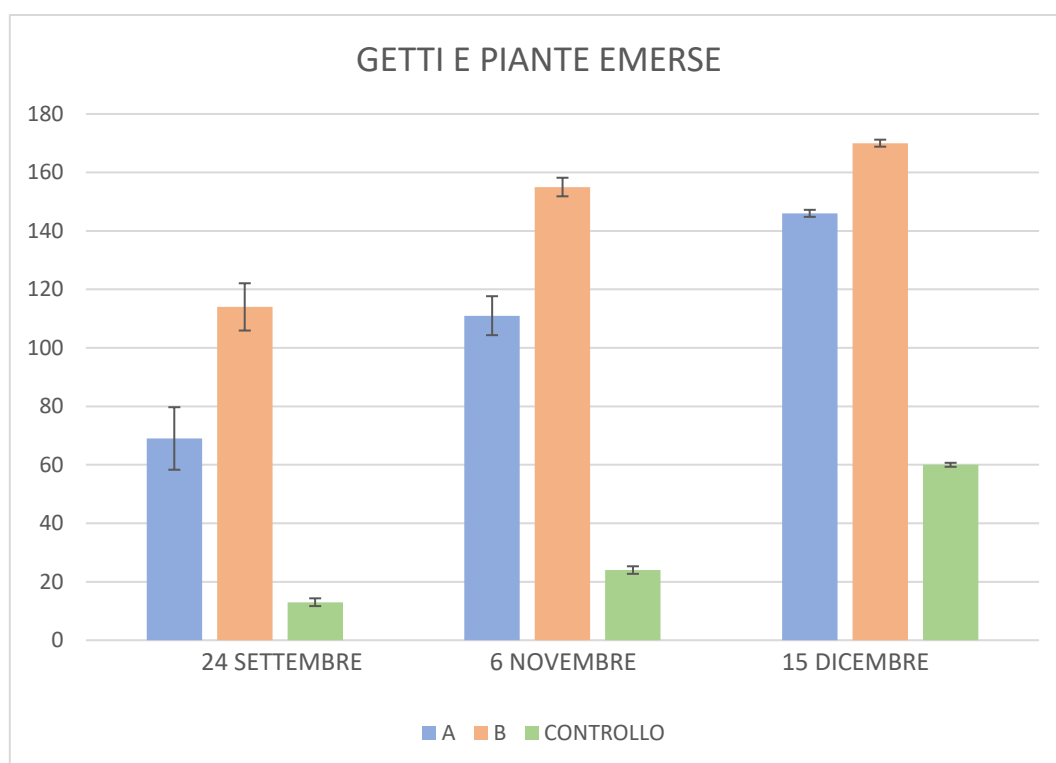


Figura 30: Numero di getti e piante presenti nelle diverse tesi dopo la ripresa vegetativa.

Il numero di getti emessi a partire dalla ripresa vegetativa e relativi al secondo periodo della prova (agosto -dicembre) sono stati rapportati al numero di piante presenti al termine del primo periodo (7 giugno) e che risultavano essere:

- Trattamento A: 149
- Trattamento B: 138
- Controllo: 65

L'analisi statistica condotta su tali rapporti, espressi in termini percentuali, ha evidenziato una differenza significativa in tutti e tre i rilievi tra il trattamento B e gli altri due trattamenti, come riportato in Figura 31. Si può notare anche una ripresa significativa della vegetazione all'ultimo rilievo nella tesi del controllo, con un evidente aumento del numero di piante. Questo è molto probabilmente dovuto a una serie di eventi piovosi che hanno permesso alla maggior parte delle piante di emergere.

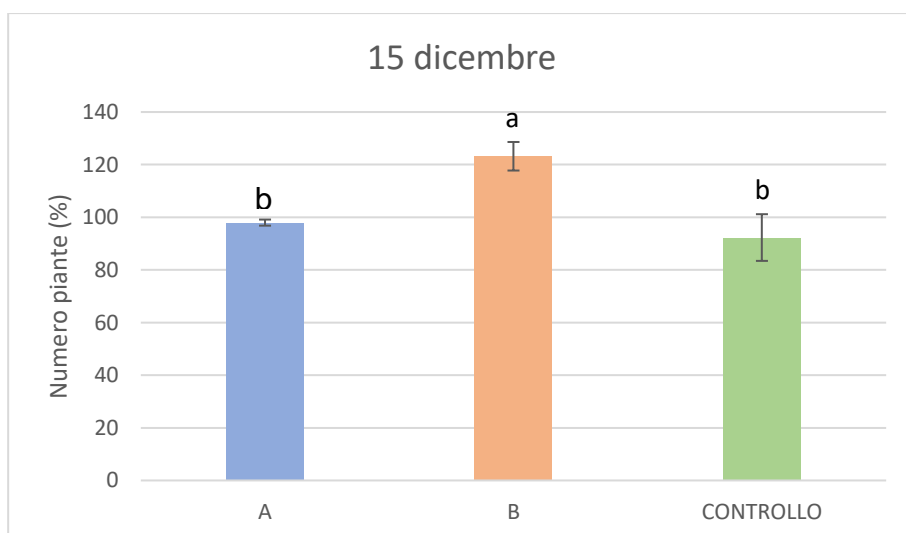
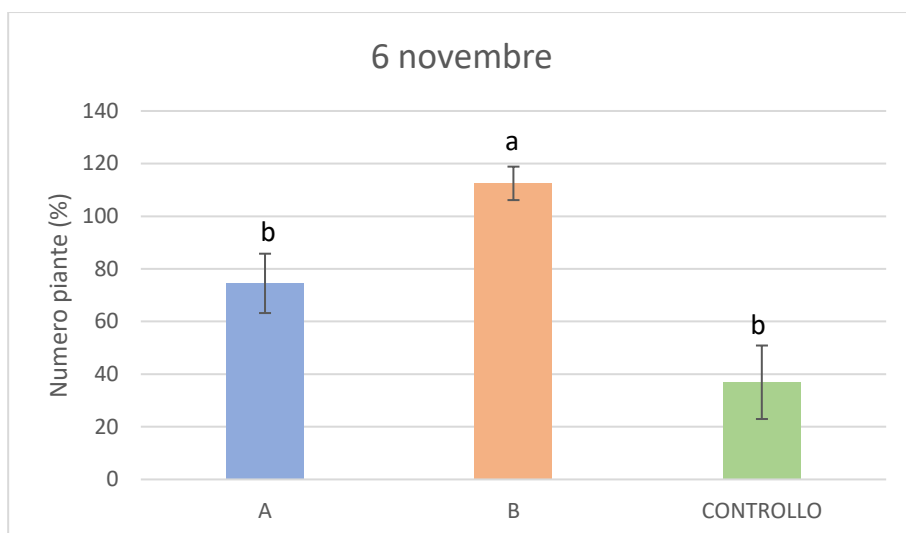
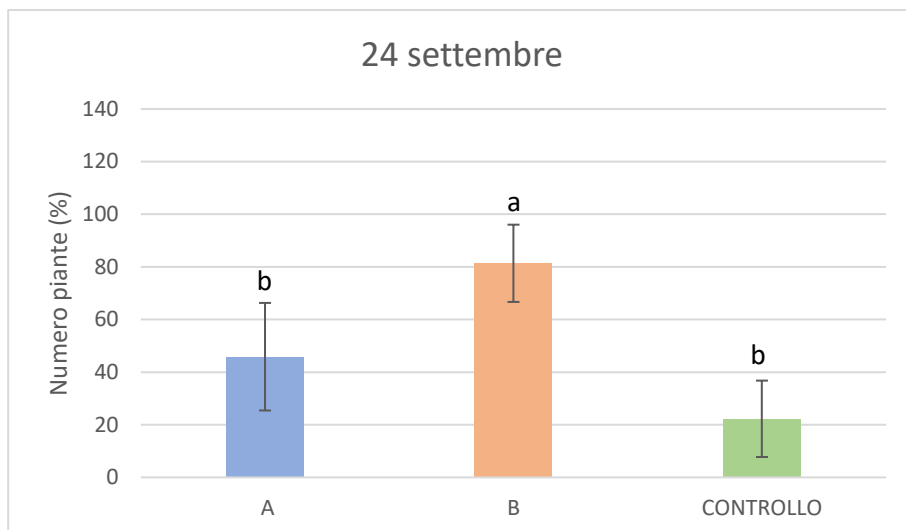


Figura 31: Numero di getti e piante presenti alla ripresa vegetativa rapportato al numero di piante presenti il 24 settembre, 6 novembre e alla fine del primo periodo, espresso in percentuale. Le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0,05$), ns indica differenza statisticamente non significativa; per ciascun grafico è riportata la barra dell'errore standard calcolata sui dati.

Altezza dei getti e delle piante presenti dopo la ripresa vegetativa

Una prima indicazione della biomassa prodotta dal rizoma è stata messa in evidenza con la misura in altezza le piante presenti (Fig.32).

Questi rilievi hanno anche permesso di supplire parzialmente alla scarsa presenza di vera biomassa legata alla quasi nulla produzione di cardi.

L'analisi statistica ha evidenziato che sia il 24 settembre sia il 6 novembre è presente una differenza significativa ($p < 0,05$) tra il trattamento B (goccia con ala semplice) e gli altri due trattamenti (goccia con ala doppia e controllo non irrigato).

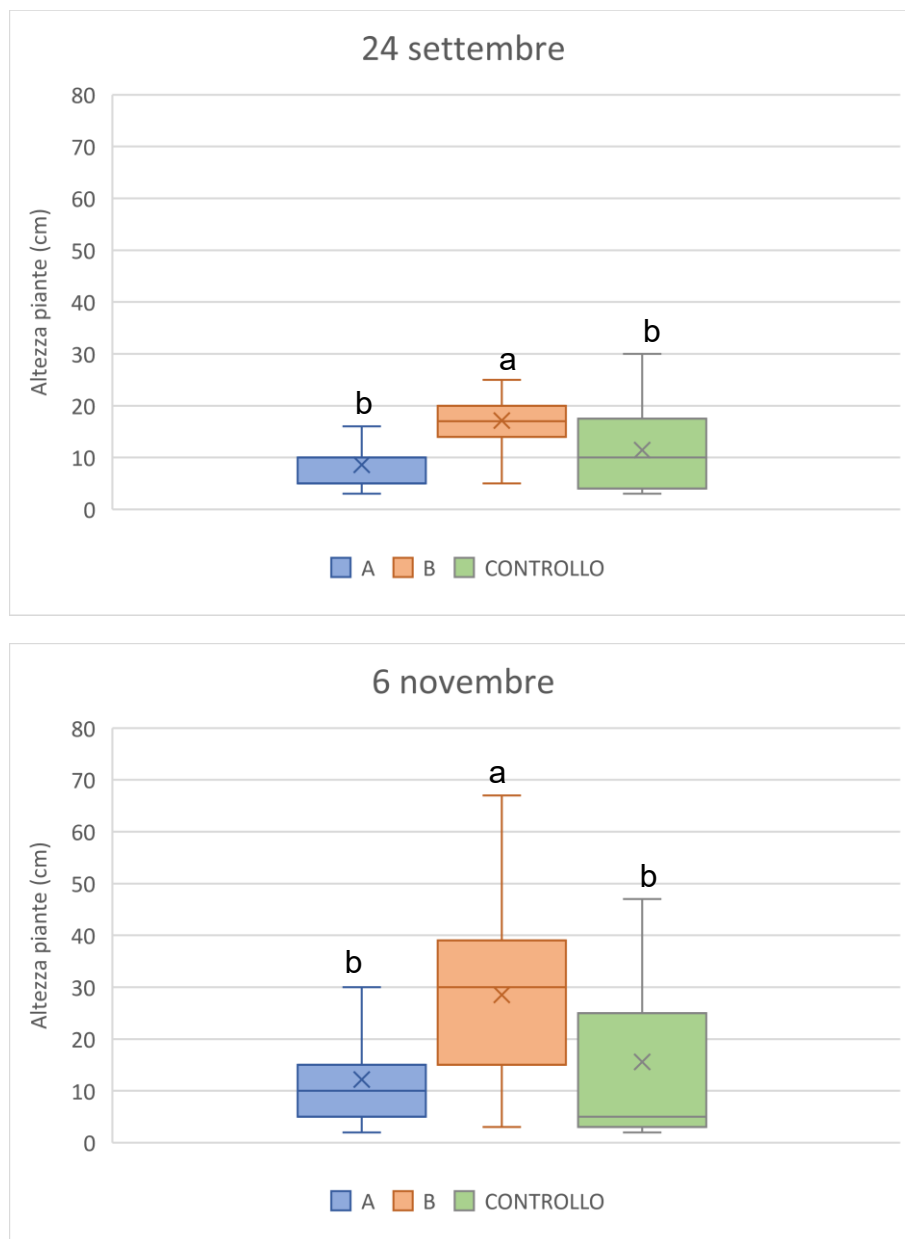


Figura 32: Altezza delle piante presenti, in base al trattamento irriguo subito, in data 26 settembre e 6 novembre. Le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0,05$), ns indica differenza statisticamente non significativa.

Produzione dei cardi

Il giorno 15 dicembre sono stati scardate le piante e sono state eseguite le mote, per proteggere le piante dalle gelate invernali, causa di possibile danno al raccolto dei capolini della stagione successiva.

In quest'occasione, i cardi eliminati sono stati pesati, per ottenere un indice della biomassa totale prodotta; inoltre, pur non ritenendo opportuno destinare alla vendita la limitata produzione raccolta, di questi cardi sono stati pesati anche quelli presentanti caratteristiche qualitative adeguate al mercato, come indice della biomassa prodotta vendibile.

Le piante facenti parte il controllo non hanno subito scardatura, cioè non è stata eliminata biomassa, e anche se erano emerse delle piante la dimensione raggiunta è stata modesta.

I dati sono stati riassunti in Tabella 3.

Tabella 3: Biomassa totale e biomassa raccolta nei diversi lotti, espressa in Kg.

BIOMASSA RACCOLTA TOTALE (Kg)			BIOMASSA RACCOLTA VENDIBILE (Kg)		
A (ala doppia)	B (ala singola)	CONTROLLO (non irrigato)	A (ala doppia)	B (ala singola)	CONTROLLO (non irrigato)
10,34	14,93	0	2,20	11,56	0

In seguito i dati sono stati rapportati alla superficie di ogni tesi ed espressi in biomassa/ha; come già riportato, il trattamento A e il trattamento B presentano pari dimensione, di 157,5 m², quindi ogni fila occupa 52,5 m²; il controllo invece presenta dimensione minore pari a 45m².

I dati ottenuti sono stati analizzati statisticamente tramite il software StatgraphicsCenturion19.

Si è ottenuto che la biomassa totale raccolta, espressa in kg/ha, nei due trattamenti (raffigurata in Figura 33), non risulta essere statisticamente diversa, non vi è quindi significatività tra i due campioni.

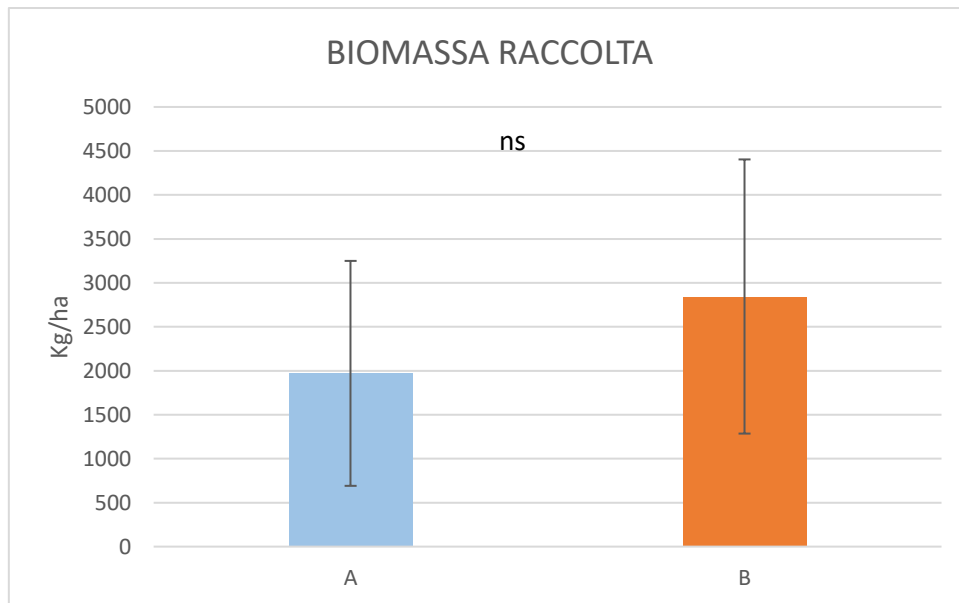


Figura 33: Biomassa raccolta (Kg/ha). Le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0,05$), ns indica differenza statisticamente non significativa; per ciascun grafico è riportata la barra dell'errore standard calcolata sui dati.

La biomassa raccolta nei due trattamenti, con caratteristiche qualitative idonee al mercato (kg/ha), pur presentando delle differenze visibili, non presenta differenza statisticamente significativa (Fig. 34) se sottoposta a diversa modalità di distribuzione di acqua.

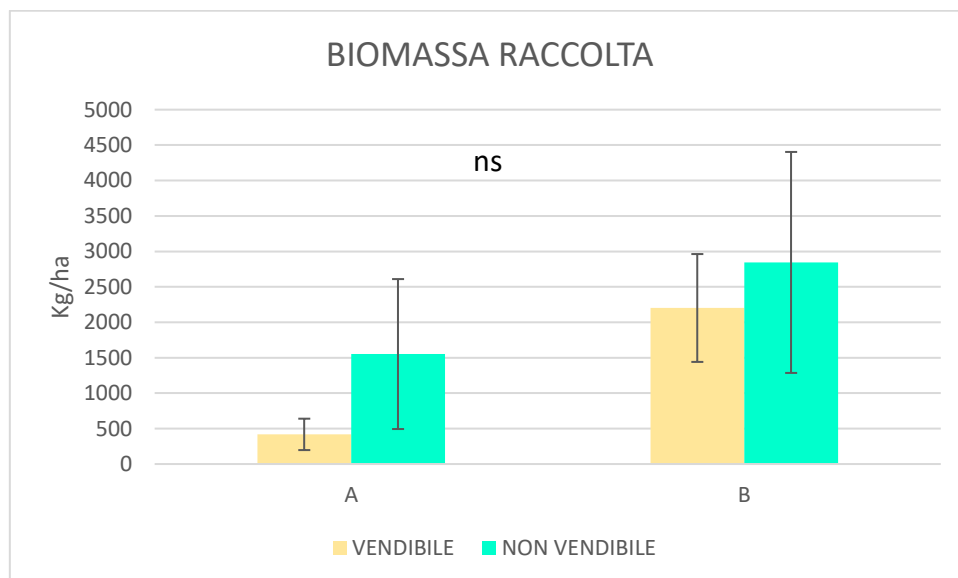


Figura 34: Biomassa raccolta (Kg/ha), vendibile e non vendibile, dalle piante di cardo sottoposte a irrigazione. Le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0,05$), ns indica differenza statisticamente non significativa; per ciascun grafico è riportata la barra dell'errore standard calcolata sui dati.

Influenza della infiltrazione di acqua salmastra

Per poter comprendere se la presenza del canale di acqua salmastra, posto lateralmente all'appezzamento, abbia influito sulla produzione, si sono confrontati i dati tra le diverse file costituenti il trattamento A (doppia ala gocciolante), adiacente al canale, e tra le righe costituenti il controllo (non sottoposto a irrigazione). In particolare, si sono analizzati i dati di: quantità di infiorescenze (castraure e botoli-sottobotoli), numero di piante emerse e la variazione dell'altezza delle piante.

I dati ottenuti dalla raccolta delle castraure (riportate in Tabella 4) mostrano che, sia nel trattamento A che nel controllo, la fila 1, più vicina al canale con acqua salmastra, ha prodotto un numero minore di prime infiorescenze, rispetto alla fila 2 e alla fila 3.

Mentre, per quanto riguarda la raccolta delle infiorescenze successive, solo nel trattamento A, pur se aveva beneficiato di qualche intervento irriguo, la quantità di botoli e sottobotoli raccolti risulta essere minore nella fila 1 rispetto alle seguenti; nel campione, non irrigato, infatti, la quantità di infiorescenze è maggiore rispetto alla fila 2.

Tabella 4 numero infiorescenze (castraure e botoli/sottobotoli) raccolte nelle diverse prove, divise per fila.

infiorescenze/pianta	CASTRAURE			BOTOLI – SOTTOBOTOLI		
	A (ala doppia)	B (ala singola)	CONTROLLO (non irrigato)	A (ala doppia)	B (ala singola)	CONTROLLO (non irrigato)
Fila 1	0,26		0,67	6,88		9,08
Fila 2	0,31		1,46	8,48		8,08
Fila 3	0,70		1,00	7,62		9,70
Fila 4		0,29	0,80		8,80	14,80
Fila 5		0,63	1,10		8,75	12,89
Fila 6		0,52	0,72		9,17	7,55

Dai test statistici svolti sui dati dell'altezza delle piante (rappresentati graficamente in Figura 35) si è ottenuto che all'interno del trattamento A, a settembre non vi è differenza significativa tra le file; mentre a novembre è presente una differenza statisticamente significativa ($p < 0,05$) tra la fila 1 e la fila 2. Nel trattamento B, invece, il 24 settembre vi è differenza statisticamente significativa solamente tra la fila 4 e la fila 5, mentre il 6 novembre vi è differenza significativa tra tutte e tre le file (4; 5; 6).

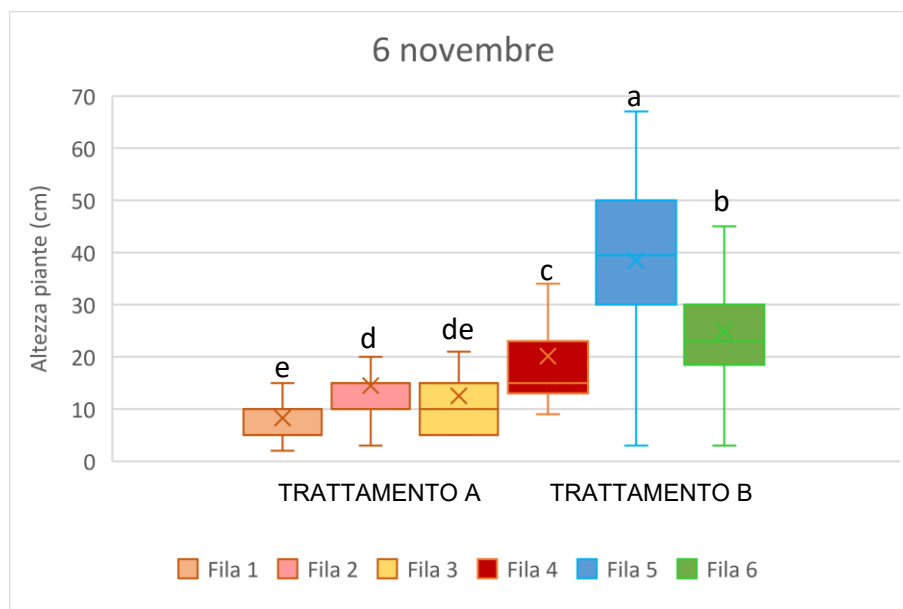
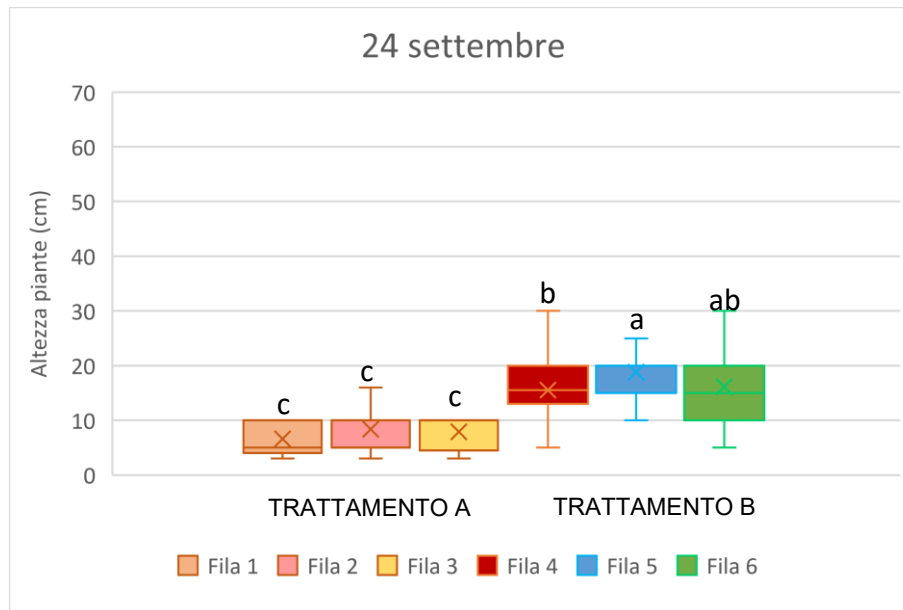


Figura 35: Altezza delle piante emerse (cm) nelle diverse file, in data 24 settembre e 6 novembre. Le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0,05$), ns indica differenza statisticamente non significativa.

L'analisi statistica delle altezze delle piante appartenenti al controllo hanno rivelato che, a settembre, tra le file non vi è differenza statisticamente significativa; mentre a novembre vi sono delle differenze statisticamente significative presenti: tra la fila 1 e la fila 5; tra la fila 2 e la fila 5; tra la fila 3 e la fila 5 (riportate in Figura 36).

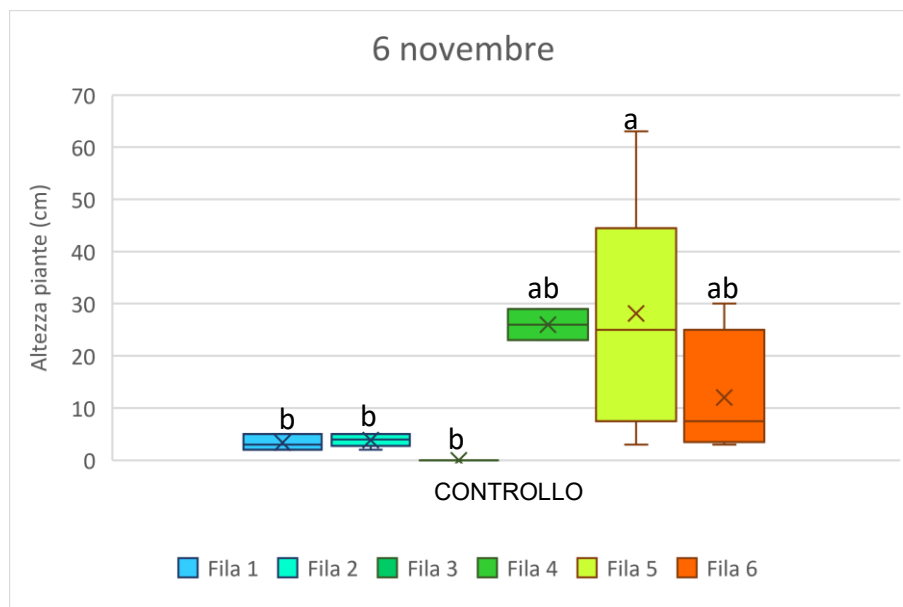
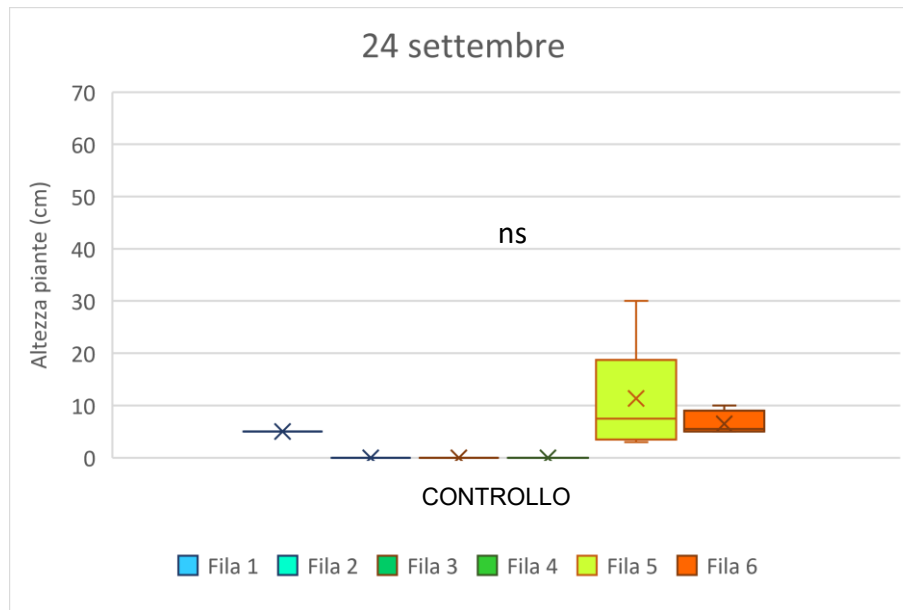


Figura 36: Altezza delle piante emerse, in base alla riga costituente il CAMPIONE, in data 26 settembre e 6 novembre. Le lettere diverse indicano differenze statisticamente significative secondo il test di Tukey ($p < 0,05$), ns indica differenza statisticamente non significativa.

Infine, se si considera la biomassa totale e vendibile (Kg/ha), l'analisi dei dati ottenuti (Tabella 5) evidenzia che, nel lotto più limitrofo al canale (trattamento A con una singola ala gocciolante), la produzione ottenuta nella fila 1 presenta una produzione minore rispetto alla fila 2. Però è da notare anche come nella fila 3, più distante dal canale, la biomassa prodotta è minore anche rispetto alla fila più vicina al canale.

Tabella 5: Biomassa totale e vendibile (Kg/ha) raccolta nelle diverse tesi, divise per fila.

	BIOMASSA RACCOLTA TOTALE(Kg/ha)			BIOMASSA RACCOLTA VENDIBILE (Kg/ha)		
	A (ala doppia)	B (ala singola)	CONTROLLO (non irrigato)	A (ala doppia)	B (ala singola)	CONTROLLO (non irrigato)
Fila 1	1083,81		0	291,42		0
Fila 2	4491,42		0	849,52		0
Fila 3	335,23		0	114,28		0
Fila 4		2537,14	0		2316,19	0
Fila 5		9074,29	0		3459,05	0
Fila 6		3527,62	0		830,48	0

Discussione

risultati ottenuti da questa esperienza hanno consentito di ricavare informazioni relative alle performance di crescita e produzione delle piante di carciofo, sottoposte a diversa modalità di applicazione della microirrigazione, seppur limitati ad un unico ciclo colturale.

I dati raccolti, purtroppo, sono stati fortemente condizionati dalle condizioni climatiche dell'annata oggetto di sperimentazione. Infatti, il periodo di produzione delle infiorescenze (che per comodità abbiamo chiamato primo periodo) è stato caratterizzato in un primo momento da quantità di pioggia esigua e in un secondo momento, dal 28 di aprile, da pioggia abbondante rispetto alle esigenze della pianta che hanno reso necessaria un'interruzione dell'erogazione di acqua irrigua.

Inoltre, a causa di problemi organizzativi, le prove sono iniziate il 20 aprile, quando le piante presentavano un'altezza quasi consona alla produzione delle infiorescenze.

L'andamento climatico ha quindi inficiato la prima parte della prova, con dati delle tesi a confronto statisticamente non significativi per la produzione di botoli, mentre addirittura per le castraure, prime infiorescenze, la produzione è risultata maggiore nel controllo non irrigato, dato in contrasto con l'ipotesi di partenza. A questo proposito, quindi, sarebbe necessario, proseguire con la prova nei prossimi anni con lo scopo di confermare o meno questo primo risultato, con l'accortezza di porre sul terreno l'ala gocciolante al momento dello "smottamento" delle piante, e iniziando a fornire prima acqua alle piante, sempre sulla base all'andamento climatico e delle effettive necessità.

Alla ripresa vegetativa (agosto -ottobre), durante il periodo B, invece, a causa di una stagione estiva-autunnale molto siccitosa, le piante hanno affrontato un periodo prolungato di stress idrico, che ha compromesso la produzione di cardi della stagione 2021.

Il perdurare di periodi siccitosi anche nei prossimi anni potrebbe portare a un cambiamento del ciclo colturale del carciofo in questo areale, con allungamento o accorciamento del ciclo produttivo, a cui si accompagnerà sicuramente un bisogno sempre più impellente di irrigazione, intesa non più come pratica di emergenza, bensì come pratica normale.

In generale, gli effetti del cambiamento climatico (elevata temperatura e siccità prolungata) sono tra gli stress abiotici che influiscono negativamente sulla crescita e sulla resa delle piante; la risposta della pianta a questo stress varia in base ad alcuni fattori, come: la lunghezza del periodo in cui si

verificano, l'entità degli stessi, dallo stadio di sviluppo in cui si verificano, ma anche dalla genetica della pianta coltivata considerata (specie e varietà) (Awasthi et al., 2015).

Gli eventi meteorologici estremi, che si verificano con sempre più frequenza, hanno reso necessario in questi ultimi anni la messa in atto di nuove strategie di mitigazione di questi fenomeni (Dono et al., 2013a, 2013b; IPCC, 2014). In queste ricadono diverse tecniche di micro-irrigazione che comprendono anche il raffreddamento della chioma tramite aspersione d'acqua (Houston et al., 2013; Iglesias e Garrote, 2015), che possono rappresentare una soluzione vincente per affrontare i cambiamenti climatici anche per la coltivazione del carciofo (Deligios et al., 2019).

In tale periodo, la scelta di irrigare con volumi stimati sulla base dell'evapotraspirazione colturale (ETc), calcolata in base ai dati della stazione meteo ARPAV e dell'andamento del Kc FAO, sarebbe stato probabilmente necessario fornire una maggiore quantità di acqua alla ripresa vegetativa, in modo tale che il terreno potesse sempre presentare acqua alla capacità di campo massima e che la pianta avesse sempre massima disponibilità di risorse idriche.

Tutti i dati ottenuti in questo secondo periodo hanno mostrato come la presenza dell'irrigazione sia stata fondamentale per l'emergenza e la crescita delle piante.

Dai dati ottenuti, il metodo che ha fornito dati statistici significativamente maggiori, sia per il numero di piante che per l'altezza delle stesse, è stato l'utilizzo della singola ala gocciolante posta sul terreno, piuttosto che la doppia ala gocciolante. Questi risultati potrebbero essere spiegati dal fatto che, con questa modalità di erogazione, si è riusciti a umettare il terreno con la quantità di acqua adeguata proprio in prossimità del rizoma, quindi fornendo acqua in modo mirato alla pianta e stimolando così una emissione di gemme più precoce.

La doppia ala gocciolante invece ha fornito dati statisticamente simili al controllo: in questo caso la distribuzione dell'acqua avveniva a circa 25 cm di distanza dal rizoma, non raggiungendo in modo adeguato la base della pianta. Inoltre, con questo secondo metodo di distribuzione dell'acqua irrigua, la superficie umettata è sicuramente maggiore, per cui la quantità di acqua da distribuire avrebbe anche dovuto essere maggiore.

Nelle future prove irrigue si potrebbe pensare di erogare una maggiore quantità di acqua nella tesi con doppia ala gocciolante, per riuscire ad umettare in maniera più efficiente il suolo adiacente ai rizomi. Questo però comporterà inevitabilmente un aumento dei volumi d'acqua erogata e quindi una minore efficienza d'uso dell'acqua irrigua.

A questo proposito, vanno ricordate però le difficoltà riscontrate nella gestione legate alla installazione e smaltimento delle ali gocciolanti e quelle dovute alla movimentazione delle macchine in campo.

Ulteriori studi dovrebbero anche considerare metodi irrigui che prevedono la distribuzione di acqua irrigua con spruzzatori, che abbinerebbero una più omogenea distribuzione dell'acqua sul terreno a un controllo climatico durante i periodi più caldi (Mauromicale e Restuccia, 1987 e Restuccia et al., 1995).

Inoltre, dall'andamento dell'emergenza delle piante, si vede come l'aumento della frequenza e dell'intensità delle precipitazioni, avvenuto agli inizi di novembre, abbia influenzato notevolmente l'emergenza delle piante, rendendo meno evidente l'effetto dell'irrigazione.

Nell'analisi dei dati della biomassa totale raccolta bisogna considerare che, come già affrontato in precedenza, durante la prova le piante hanno subito stress idrici importanti durante la ripresa vegetativa, la quale ha portato una notevole diminuzione della produzione rispetto alle annate precedenti. I dati sulla biomassa raccolta (espressi in Kg di biomassa per ha) hanno evidenziato che nei due lotti sottoposti a irrigazione la biomassa raccolta è maggiore rispetto al controllo non irrigato e ciò va a conferma che l'irrigazione ha avuto un ruolo fondamentale, nella stagione 2021, nell'ottenimento di produzione di cardi, anche se parzialmente inficiata dagli attacchi parassitari; tra i due lotti soggetti a irrigazione (trattamento A e trattamento B), pur essendoci una differenza visibile in termini di biomassa prodotta dalle piante, non vi è differenza statisticamente significativa tra la quantità di biomassa raccolta.

Di questa biomassa totale raccolta dai due campioni, la quantità di biomassa vendibile raccolta nel trattamento A è di circa 73% in meno rispetto a quella non vendibile, per cui la differenza tra biomassa raccolta vendibile e non vendibile è elevata. Invece, nel trattamento B la quantità di biomassa vendibile è minore, rispetto alla biomassa non vendibile, del 22%, ciò a prova del fatto che, con questa tipologia di distribuzione dell'acqua, la biomassa prodotta aveva maggiori dimensioni e, di conseguenza, ha prodotto maggior quantità di biomassa con caratteristiche idonee al mercato.

Inoltre, dopo la ripresa vegetativa (agosto-ottobre), in conseguenza alle temperature rilevate con valori al di sopra della media stagionale, sono stati riscontrati degli attacchi importanti e anomali di altica (*Sphaeroderma testaceum* Fabr.) e afide nero (*Brachycaudus cardui*), soprattutto nel trattamento B, dove le piante presentavano maggiore dimensione, il che ha reso non commerciabile la maggior parte della produzione, diminuendo, di conseguenza, la biomassa raccolta vendibile.

Per far fronte all'attacco da parte di questi due insetti, è stato effettuato un trattamento antiparassitario, con insetticida piretroide "Forza", a base di *Lambda-cialotrina*, il 30 settembre (500g/ha); ciò ha abbassato la pressione da parte dell'altica, ma il danno alla produzione apportato dall'insetto è stato comunque considerevole. Successivamente, pur essendo presenti ancora individui dannosi, si è deciso di non intervenire con ulteriori trattamenti, a causa del numero esiguo di interventi/anno disponibili sulla coltura, per poter così averli a disposizione per la stagione di produzione delle infiorescenze, la più redditizia.



Figura 37: Insetti e danni apportati da *Sphaeroderma testaceum* Fabr. (Altica) su coltura di carciofo sottoposta a prova (30 settembre 2021)



Figura 38: Infestazione di *Brachycaudus cardui* (afide nero) su coltura di carciofo sottoposta a prova (30 settembre 2021).

Uno dei maggiori problemi dell'agricoltura odierna è l'accumulo di salinità nei terreni coltivati: si stima che circa un terzo delle terre irrigue nel mondo siano affette da eccessivi carichi salini, e che ogni anno 10 milioni di ettari irrigati siano mediamente abbandonati a causa di questo problema (Flowers et al., 1986).

In generale, l'aumento di salinità di un terreno agricolo può essere causato da due fenomeni: l'intrinseca costituzione del terreno e le caratteristiche ambientali, oppure l'applicazione intensiva di alcune tecniche colturali, come l'irrigazione con acque saline (Szabolcs, 1994).

Nel terreno considerato nella prova si verifica proprio il primo fenomeno a causa della presenza di acque salmastre intorno all'appezzamento, per cui la rapida evaporazione di acqua nel suolo, spesso associata a scarsi apporti idrici, causa un accumulo di sali negli strati più superficiali del terreno. L'aumento della salinità del suolo a sua volta causa stress nelle specie coltivate, che di conseguenza genera sia sintomi morfo-fisiologici sia a una riduzione della produzione (Maas e Hoffman, 1977).

Nel terreno gli effetti negativi della salinizzazione sono in prevalenza due: la deflocculazione, che favorisce il compattamento e la perdita di struttura e l'innalzamento del pH del suolo, che porta a una insolubilizzazione di diversi macro-micro elementi, rendendoli disponibili per le piante solo in bassa quantità (Kovda, 1977).

Invece, nelle piante, i principali sintomi morfologici di elevata salinità sono alterazioni più o meno evidenti della colorazione delle foglie e un visibile ispessimento della lamina fogliare (Longstreth, Nobel, 1979; Nolan et al., 1982); inoltre si possono manifestare, sempre sulla foglia, bruciature marginali e necrosi (Bernstein, 1975; Nolan et al., 1982). A questi sintomi sono collegate delle alterazioni del metabolismo, come: aumento della resistenza stomatica, minor quantità di CO₂ assimilata, minor quantità di fitoregolatori nei tessuti fogliari e (Zeroni, 1988). Questi fenomeni morfo-fisiologici sono paragonabili a uno stress idrico. Alcuni autori riportano che, nella maggior parte delle piante coltivate, questi stress, causati dall'utilizzo di acqua con elevata salinità, causa una riduzione della crescita e della produttività (Flowers and Yeo, 1989; Shannon, 1984; Sonneveld, 1988; Yadav and Paliwal, 1990).

Lo stress sul carciofo legato alla salinità è stato oggetto di alcuni esperimenti per comprendere la reazione della pianta a seguito di irrigazione con acqua con elevata conducibilità elettrica EC. Durante degli studi condotti in California Francois et al. (1991) osservarono che, in piante di carciofo riprodotte tramite seme, l'irrigazione effettuata con acqua con elevata salinità riduce la resa in termini di infiorescenze vendibili. Lo stesso studio riportava che il numero di infiorescenze vendibili viene ridotta del 20% in presenza di acqua irrigua con salinità maggiore a 2,0 dS/m.

È da considerare anche che un'elevata salinità induce una carenza di calcio all'interno delle infiorescenze di carciofo, come in altre piante coltivate (Bangerth, 1979).

Un'altra sperimentazione, condotta da Graifembreg et al. (1993), ha evidenziato che in presenza di acqua di irrigazione con EC maggiore a 3,63 dS/m, le foglie più vecchie, situate alla base della pianta, presentano necrosi lungo il margine fogliare e estese macchie marroni nel tessuto internervale; secondo questi autori, però, non erano visibili danni alle infiorescenze. Durante la sperimentazione riportata in questa tesi alcune piante presentavano necrosi lungo il margine delle foglie poste alla base della pianta.

L'accumulo di salinità nel terreno è un fenomeno presente nelle zone umide lagunari, sito analizzato, e i terreni che presentano una certa salinità conferiscono ai prodotti coltivati delle caratteristiche organolettiche particolari, vanto per i produttori del posto. Questo fenomeno si

accentua eccessivamente durante le annate siccitose, come quella in cui si è svolta la prova (2021), anche a discapito della produttività.

Dall'analisi dei dati sulla quantità di infiorescenze raccolte nel trattamento A (irrigazione con doppia ala gocciolante) si è potuto notare che la presenza del canale di acqua salmastra ha probabilmente influito sulla produzione; infatti, nella fila 1 la produzione di castraure è stata del 16,2% in meno rispetto alla fila 2; mentre quella delle infiorescenze successive, registrata nella fila 1 è stata minore del 18,9% rispetto a quelle registrate nella fila 2. Le file costituenti il trattamento B mostrano una produzione di castraure variabile, mentre la produzione di botoli e sottobotoli nel trattamento B risulta maggiore rispetto al trattamento A, in modo inversamente proporzionale alla distanza dal canale di acqua salmastra.

Nel controllo, invece, questa variazione negativa di produzione nella fila 1 rispetto alla fila 2 si è osservata solamente nel raccolto delle prime infiorescenze (castraure): la fila 1, più vicina al canale di acqua salmastra, mostra una diminuzione di boccioli prodotti del 54,1% rispetto alla fila 2, ma le file successive mostrano un andamento della produzione di castraure non proporzionale alla distanza dal canale. La differenza presente tra la fila 1 e la fila 2, però, non si è notata alla raccolta delle infiorescenze successive (botoli-sottobotoli). Questo può essere spiegato dal fatto che le abbondanti piogge presenti verso la fine del periodo di produzione potrebbero aver annullato gli effetti negativi della salinità di una eventuale infiltrazione di acqua salmastra.

L'analisi statistica dei dati relativi all'altezza delle piante ha evidenziato che la presenza del canale di acqua salmastra ha influito anche sulla crescita in altezza delle stesse, con una riduzione statisticamente significativa della produzione nelle tre file ad esso più vicine, sia nel controllo che nel trattamento A.

All'interno del campione A (solo nei rilievi svolti a novembre), la fila più vicina al canale (fila 1) presenta piante di altezza statisticamente minore rispetto a quella lateralmente. Invece, l'altezza delle piante presenti nelle prime tre file facenti parte del controllo non presenta differenze statisticamente significative tra loro. La differenza potrebbe essere spiegata dal fatto che l'acqua salmastra presente nel canale, e la sua risalita, ha un'influenza sia sul controllo che sul trattamento A, ma l'irrigazione, posta sul trattamento A, ha svolto una mitigazione di questo fenomeno, diminuendo così la perdita di resa in quel trattamento.

I dati ottenuti dalle tre file appartenenti al trattamento B, più distanti dal canale, mostrano che le piante presentano un'altezza maggiore rispetto al trattamento A, probabilmente anche causata dalla modalità di distribuzione dell'acqua, con una altezza statisticamente maggiore visibile tra la

fila 4 e la fila 5. I dati ottenuti a settembre vengono confermati nei rilievi svolti il 6 novembre: dall'analisi statistica si evince come vi sia una differenza statisticamente significativa tra le file costituenti il trattamento A e il trattamento B, e all'interno del trattamento B la fila 5 mostra la maggiore produzione rispetto alle altre file appartenenti allo stesso campione.

Infine, analizzando la quantità di biomassa raccolta (totale e vendibile) nelle due tesi irrigate, si nota come la fila 1, più vicina al canale, abbia prodotto minore quantità di biomassa rispetto alla fila 2 (-75,9% di biomassa); mentre, della biomassa raccolta nella fila 1, quella con caratteristiche idonee alla vendita, è minore del 65,7% rispetto alla stessa che è stata raccolta nella fila 2. Questi dati potrebbero confermare l'effetto negativo apportato dalla presenza del canale lateralmente al lotto preso in esame, già registrato con la raccolta dei dati relativi alle infiorescenze prodotte e all'altezza raggiunta dalle piante.

Conclusioni

Nei prossimi anni assisteremo inevitabilmente a un aumento delle temperature e dei periodi siccitosi che comporterà la valutazione di una possibile modifica dei cicli colturali delle piante coltivate e l'introduzione di alcune pratiche colturali finora non necessarie, atte a garantire agli agricoltori la produzione.

A questo proposito, questa prova è un primo tentativo di valutare l'influenza dell'utilizzo dell'irrigazione, come pratica normale nella coltivazione di uno degli ortaggi più noti, ricercati e redditizi della Laguna di Venezia, il Carciofo Violetto di Sant'Erasmo, che attualmente non viene irrigato.

Lo scopo della tesi è stato quello di testare l'effetto dell'irrigazione nella produzione, in quantità e in precocità, di infiorescenze (castraure e botoli-sottobotoli) e di cardi, in quanto questi sono un'elevata fonte di guadagno per i produttori della zona; una possibile anticipazione dell'entrata nel mercato, o addirittura un aumento della produzione è sicuramente una risorsa economica importante per gli stessi.

Dalla prova condotta nel periodo primaverile e autunnale del 2021 si è ottenuto che, l'irrigazione nel periodo primaverile non ha determinato alcun aumento di produzione delle infiorescenze; anzi, la quantità di castraure prodotte nel campione non irrigato è stata maggiore rispetto alle prove irrigate. Si tratta però di un dato che necessita di ulteriori approfondimenti in quanto nella primavera 2021 si sono verificate consistenti e frequenti piogge che hanno imposto l'interruzione della distribuzione dell'acqua irrigua.

Per quanto riguarda la produzione autunnale di cardi, si è potuto constatare come la distribuzione di acqua irrigua sia stata fondamentale per far emergere le nuove foglie e ottenere della biomassa vendibile, seppur in quantità molto limitata rispetto alle annate precedenti a causa dell'andamento climatico sfavorevole. Infatti, nella parcella del controllo non irrigato, al momento della scardatura non è stata raccolta biomassa.

I due diversi trattamenti irrigui non hanno fornito dati di biomassa raccolta totale e vendibile (espressa in Kg/ha) statisticamente significativi, però le piante facenti parte il trattamento B, irrigate tramite singola ala gocciolante, hanno mostrato maggiore vigoria, uno sviluppo maggiore delle gemme e hanno fornito, in proporzione, una maggiore quantità di biomassa vendibile su quella raccolta totale, rispetto al trattamento A. Ciò potrebbe essere spiegato dal fatto che l'erogazione di

acqua irrigua tramite singola ala gocciolante direttamente posizionata sopra la fila delle piante è in grado di inumidire maggiormente il suolo nella porzione interessata dal rizoma, mentre con la doppia ala gocciolante l'acqua si disperde in un volume di terreno maggiore. In questo caso, quindi, solo un aumento dei volumi irrigui, con potenziali sprechi d'acqua, potrebbe agire favorevolmente sulla emergenza e crescita delle foglie di cardo.

A riprova della maggior bontà dell'ala singola vi è il fatto che, l'irrigazione ha avuto un effetto più che positivo sull'accrescimento delle piante, dato che il numero di piante emerse alla ripresa vegetativa e l'altezza delle piante durante il periodo autunnale prima della raccolta dei cardi è stato maggiore rispetto al trattamento A con ala doppia.

Infine, è stato approfondito il problema della salinità dei terreni e dalla risalita capillare di acqua salmastra sulla resa delle piante coltivate; infatti, adiacente al lotto di terreno preso in esame nella prova vi è un canale di acqua salmastra. Dall'analisi dell'altezza delle piante nei diversi trattamenti, si è ottenuto che la presenza dell'irrigazione sembra mitigare l'effetto negativo della salinità nel terreno sulla produzione.

In futuro, sarebbe interessante riproporre la prova per verificare se anche in primavera un andamento meteo siccitoso può compromettere la produzione di infiorescenze. Per questo sarà opportuno poter intervenire con l'irrigazione con tempestività, approfondendo anche le modalità di stima dell'ETc, in modo da meglio definire i volumi irrigui.

Per quanto riguarda il tipo di impianto, l'ala semplice gocciolante sembra essere una buona soluzione dal punto di vista della funzionalità, della efficienza irrigua e del costo. A questo proposito, vanno ricordate però le difficoltà riscontrate nella gestione legate alla installazione e smaltimento delle ali gocciolanti e quelle dovute alla movimentazione delle macchine in campo in aziende con appezzamenti di modeste dimensioni. Eventuali prove future dovrebbero anche mirare, quindi, a uno studio delle soluzioni impiantistiche e gestionali più idonee alla irrigazione del carciofo in questi contesti aziendali.

Bibliografia

Alamanni, M. C., Cossu, M., 2003. Antioxidant activity of the extracts of the edible part of artichoke (*Cynara scolymus* L. var. Spinoso Sardo). *Ital. J. Food Sci.* 15:187–195.

Awasthi, R., Bhandari, K., Nayya, H., 2015. Temperature stress and redox homeostasis in agricultural crops. *Front. Environ. Sci.* 3, 1–24.

Baldoni, R., Giardini, L., 2000. Coltivazioni erbacee. Cereali e proteaginose. Patron Editore.

Bianchimano, V., Bianco, V. V., Cantore, V., Boari, F., 2005. Response of artichoke to salinity. *Acta Hortic.* 681, 143–150.

Brutti, C. B., Rubio, E. J., Llorente, B. E., Apostolo, N. M., 2002. Artichoke leaf morphology and surface features in different micropropagation stages. *Biol. Plant.* 45:197–204.

Calabrese, N., 2009. Impianto. In: Calabrese, N. (Ed.), *Il carciofo e il cardo*. Bayer Crop Science Inc., Bologna, p. 167.

Cosentino, S., Mauromicale, G., 1990. Transpiration and plant water status of globe artichoke grown from seed and from vegetative organs with two water regimes. *Acta Hort.* 278:261-270.

Curadi, M., Picciarelli, P., Lorenzi, R., Graifenberg, A., Ceccarelli, N., 2005. Antioxidant activity and phenolic compounds in the edible parts of early and late Italian artichoke (*Cynara scolymus* L.) varieties. *Ital.J. Food Sci.* 17:33–44.

Dal Borgo, L., 2013. Turismo rurale nella laguna di Venezia: isola di Sant'Eramso. Università Ca'Foscari Venezia, corso laurea magistrale in Sviluppo Interculturale dei Sistemi turistici, Tesi di laurea.

Deligios, A., Chergia, P. A., Sanna, A. P., Solinas G., Todde, S., Narvarte, G., Ledda, L., 2019. Climate change adaptation and water saving by innovative irrigation management applied on open field globe artichoke, *Science of The Total Environment*, 649: 461-472.

Dixon, R. A., Paiva, N., 1995. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *Plant Cell* 7: 1085–1097.

Dono, G., Cortignani, R., Doro, L., Giraldo, L., Ledda, L., Pasqui, M., Roggero, P. P., 2013a. An integrated assessment of the impacts of changing climate variability on agricultural productivity and profitability in an irrigated Mediterranean catchment. *Water Resour. Manag.* 27, 3607–3622.

Dono, G., Cortignani, R., Doro, L., Giraldo, L., Ledda, L., Pasqui, M., Roggero, P. P., 2013b. Adapting to uncertainty associated with short-term climate variability changes in irrigated Mediterranean farming systems. *Agric. Syst.* 117, 1–12.

Elia, A., Conversa, G., 2007. Mineral nutrition aspects in artichoke growing. *Acta Hort.* 730:239–249.

English-Loeb, G., Stout, M. J., Duffey, S. S., 1997. Drought stress in tomatoes: Changes in plant chemistry and potential nonlinear consequences for insect herbivores. *Oikos* 79:456– 468.

Flowers, T. J., Hajibagheri, M. A., Clipson, T., 1986. Halophytes. *Q. Rev. Biol.* 61: 313.

Flowers, T. J., Yeo, A. R., 1989. Effects of salinity on plant growth and crop yields, p. 101–119. In: J.H. Cherry (ed.). *North Atlantic Treaty Organization Advanced Science Institutes Ser. vol. G19. Environmental stress in plants.* Springer-Verlag, Berlin.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1998. Crop evapotranspiration— Guidelines for computing crop water requirements— FAO Irrigation and Drainage Paper 56. 7 Mar. 2010.

Foti, S., Mauromicale, G., Ierna, A., 2005. Response of seed-grown globe artichoke to different levels of nitrogen fertilization and water supplies. *Acta Hort.* 681:237-242.

Francois, L. E., Donovan, T. J., Maas, E. V., 1991. Calcium deficiency of artichoke buds in relation to salinity. *HortScience* 26:549–553.

Frasson, C., anno accademico 2004-2005. Tesi di laurea: “Indagine entomofaunistica sul carciofo Violetto di Sant’Erasmus”.

Gatta, G., Libutti, A., Beneduce, L., Gagliardi, A., Disciglio, G., Lonigro, A., Tarantino, E., 2019. Reuse of treated municipal wastewater for globe artichoke irrigation: Assessment of effects on morpho-quantitative parameters and microbial safety of yield. *Sci. Hortic.* 213, 55–65. [CrossRef].

Ghirelli, L., Scarton, F., Mion, D., Cavalli, I., Cazzin, M., 2007. Cartografia della Vegetazione emersa (barene e canneti) della Lagna di Venezia, 32, 7-14.

Graifenberg, A., Temperini, O., Giustiniani, L., Barsanti, L., Lipucci di Paola, M., 1992. Compartimentazione del sodio e del potassio in piante di carciofo irrigate con acqua salina. *Proc. Giornate Scientifiche Società Orticola Italiana*, Ravello, Italy, 8–10 Apr. 1992. p. 54 55.

Houston, L., Capalbo, S., Seavert, C., Dalton, M., Bryla, D., Sagili, R., 2018. Specialty fruit production in the Pacific Northwest: adaptation strategies for a changing climate. *Clim. Chang.* 146, 159–171.

Ierna, A., Mauromicale, G., Licandro, P., 2006. Yield and harvest time of globe artichoke in relation to nitrogen and phosphorous fertilization. *Acta Hort.* 700:115–120.

Iglesias, A., Garrote, L., 2015. Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe. *Agric. Water Manag.* 155, 113–124.

Kirakosyan, A., Kaufman, P., Warber, S., Zick, S., Aaronson, K., Bolling, S., Chang, S. C., 2004. Applied environmental stresses to enhance the levels of polyphenolics in leaves of hawthorn plants. *Physiol. Plant.* 121:182–186.

Kovda, V. A., 1977. Arid land irrigation and soil fertility: problems of salinity, alkalinity, compaction. *Arid Land Irrigation in Developing Countries*. Pergamon Press, Oxford.

Leskovar, D. I., Xu, C., 2013. Irrigation strategies and water use efficiency of globe artichoke, *Acta Hort.*, 983: 261-267.

Liu, H. J., Kang, Y., 2006. Regulating field microclimate using sprinkler misting under hotdry windy conditions. *Biosyst. Eng.* 95, 349–358.

Longstreth, D. J., Nobel, P. S., 1979. Salinity effects on leaf anatomy, consequences for photosynthesis. *Plant Physiology* 63: 700-703.

Maas, E. V., Hoffmann, G. J., 1977. Crop salt tolerance - current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE* 22: 115 - 134.

Macua, J. I., Lahoz, I., Garnica, J., 2005. The influence of irrigation water quantities on the production and quality of the 'Blanca de Tudela' artichoke. *Acta Hort.* 681:257–262.

Mansour, M., Mougou, R., Mougou, A., 2005. Effect of several modes of irrigation and fertigation on artichoke crop. *Acta Hort.* 681:127– 134.

Nicoletto, C. Santagata, S., Tosini, F., Sambo, P., 2013. Qualitative and healthy traits of different Italian typical artichoke genotypes. *Journal of Food* 11:2, 108-113.

Nicoletto, C. Santagata, S., Tosini, F., Sambo, P., 2012, Caratterizzazione qualitativa dei genotipi di carciofo tipici del Veneto. *Colture protette*, 7/8, 64-74.

Nolan, S. L., Ashe, T. H., Martens D. C., 1982. Effect of sodium chloride levels on four foliage plants grown at two light levels. *Hort. Sci.* 17: 815-817.

Oh, M., Rajashekar, C. B., 2009. Antioxidant content of edible sprouts: Effects of environmental shocks. *J. Sci. Food Agr.* 89:2221–2227.

Pomares, F., Baixauli, C., Aguilar, J. M., Giner, A., Tarazona, F., Gómez, J., Albiach, R., 2004. Effects of water and nitrogen fertilization on seed-grown globe artichoke. *Acta Hort.* 660, 303–309.

Pomares, F., Tarazona, M., Estela, M., Bartual, R., Arciniaga, L., 1993. Response of globe artichoke to nitrogen, phosphorous and potassium fertilizer. *Agrochimica* 12:111–121.

Riahi, J., Nicoletto, C., Bouzein, G., Sambo, P., Khalfallah, K. K., 2017. Effect of vegetative propagation materials on globe artichoke production in semi-arid developing countries: agronomic, marketable and qualitative traits. *Agronomy*, 7, 65.

Ryder, E. J., De Vos, N. E., Bari, M. A., 1983. The globe artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Hort-Science* 18:646–653.

Romani, A., Pinelli, P., Cantini, C., Cimato, A., Heimler, D., 2006. Characterization of Violetto di Toscana, a typical Italian variety of artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Food Chem.* 95:221–225.

Sabols, I., 1994. Soils and salinization. *Handbook of Plant and Crop Stress*, Ed. M. Pessarakali, Marcel Dekker, New York, pp. 3-11.

Saleh, S., 2003. Physiological responses of artichoke plants to irrigation and fertilization under special recognition of salinity. PhD thesis, Technische Universitat Munchen.

Saleh, S. A., Al-Shal, Z. S., Fawzy, Z. F., Al-Bassiony, A. M., 2012. Effect of amounts on artichoke productivity irrigated with brackish water. *Aust. J. Basic Appl. Sci.* 6 (5), 54–61.

Schutz, K., Kammerer, D., Carle, R., Schieber, A., 2004. Identification and quantification of caffeoylquinic acids and flavonoids from artichoke (*Cynara scolymus* L.) heads, juice, and pomace by HPLC-DAD-ESI/MS. *J. Agr. Food Chem.* 52:4090–4096.

Shannon, M. C., 1984. Breeding selection and the genetics of salt tolerance, p. 231–255. In: R.C. Staples and G.H. Toenniessen (eds.). *Salinity tolerance in plants: Strategies for crop improvement*. Wiley, New York.

Sharp, E. R. 1996. Regulation of plant growth responses to low soil water potential. *HortScience* 31: 36-38

Sims, W. L., Rubatzky, V. E., Sciaroni, R. H., Lange, W. H., 1977. Growing globe artichokes in California. University of California Vegetable Research and Information Center.

Smith, R., Baameur, A., Bari, M., Cahn, M., Giraud, D., Natwick, E., Takele, E., 2008. Artichoke production in California. University of California, Publication 7221.

Sonneveld, C., 1988. The salt tolerance of greenhouse crops. Neth. J. Agr. Sci. 36:63–73. Yadav, B.R., Paliwal, K.V., 1990. Growing vegetables with saline water. Indian Hort. 3:11– 13.

Tezara, W., Mitchell, V. J., Driscoll, S. D., Lawlor, D. W., 1999. Water stress inhibits plant photosynthesis by decreasing coupling factor and ATP. Nature 401:914–917.

Togo, S., Shinsuke, A., Kil, S. T., Daniel, I. L., 2011. Irrigation and nitrogen management of artichoke: yield, head quality, and phenolic content. Hort science 46 (3), 377–386.

Vienna, P., Anno Accademico 1968-1969. Tesi di laurea: “Gli insetti dannosi al Carciofo nell’isola di Sant’Erasmus (laguna di Venezia), con particolare riferimento alla biologia della *Cassidia algirica* Lucas (Col.Chrysomelidae)”.

Wang, M., Simon, J. E., Aviles, I. F., He, K., Zheng, Q. Y., Tadmor, Y., 2003. Analysis of antioxidative phenolic compounds in artichoke (*Cynara scolymus* L.). J. Agr. Food Chem. 51:601–608

Zanetti, M., Turri, E., Caniato, G., 2017. La laguna di Venezia, ed. illustrata, Cierre edizioni.

Zhang, D., Du, Q., Zhang, Z., Jiao, X., Song, X., Li, J., 2017. Vapour pressure deficit control in relation to water transport and water productivity in greenhouse tomato production during summer. Sci. Rep. 7, 43461

Zanichelli, G. G. 1730 e 1735. Opuscula botanica e Istoria delle piante che nascono nei lidi intorno a Venezia, Venezia.

Zeroni, M., 1988. Plant tolerance of salinity in greenhouse. Physiological and practical considerations. Acta Horticulturae 229: 55-72.

Ringraziamenti

Con grande piacere vorrei dedicare questo spazio della mia tesi a porgere i miei più sentiti ringraziamenti a tutte le persone che hanno contribuito, con tutto il loro supporto, a rendere possibile il raggiungimento di questo mio traguardo, sostenendomi e aiutandomi.

Ringrazio la mia relatrice, la Professoressa Bortolini, per l'opportunità che mi ha dato nel lavorare in questa prova, per le conoscenze trasmesse durante questi anni, per la disponibilità e soprattutto per la grande pazienza che ha avuto nei miei confronti.

Un infinito ringraziamento va alla mia famiglia. Vi ringrazio per avermi reso ciò che sono, per avermi dato la possibilità di intraprendere questo percorso di studi e grazie per avermi sostenuto sempre, soprattutto nei momenti più difficili. Ringrazio in particolare mamma Grazia per aver dedicato, nel corso di questi 5 anni universitari, molto tempo nella correzione di tesi ed elaborati, ma non solo, grazie per essermi stata vicino anche quando vedevo tutto buio, senza di te non ce l'avrei mai fatta! Vorrei dedicare questa meta a nonno Giovanni, il mio angelo custode, che, pur non essendo più fisicamente presente nella mia vita, rimarrà per sempre nel mio cuore; Lui che mi ha dato tutti i mezzi possibili per arrivare fin qui e che mi accompagna sempre in ogni mia scelta. Spero di poterlo rendere sempre orgoglioso di me.

Vorrei ringraziare chi mi ha permesso di svolgere concretamente la prova oggetto di tesi, fornendomi tutto il materiale (dalla terra, alle piatte, fino all'impianto irriguo), consigli e soprattutto il tempo e la pazienza: ringrazio Carlo, per l'aiuto e il sostegno che mi dai in ogni occasione, e Claudio, per la positività e allegria che mi trametti sempre; vi ringrazio soprattutto per avermi spinto a prendere una scelta che andava contro i vostri interessi, ma che mi ha portato a crescere molto professionalmente. Ci tengo a ringraziare di cuore tutti i componenti della famiglia e dell'azienda agricola "I sapori di Sant'Erasmus": Cosetta, Stefania, Silvan e Mirella, Davide, Luca, Ruben, Simone e Cora; vi ringrazio perché da subito mi sono sentita parte della vostra grande famiglia come una figlia, nipote, sorella e amica. Vi devo molto!

Inoltre ringrazio di cuore tutti gli amici e compagni di studi che mi hanno accompagnato in questi anni. Un immenso grazie a Nei, la migliore sorella che mi potesse capitare, nemmeno la distanza fisica ci ha mai separate. Ringrazio il gruppo delle Shock (ine), Eleni, Kappa e Ceci, grazie per essermi state vicine (seppur da lontano) in questi ultimi due anni, avete reso tutto più facile da affrontare.

Grazie Elena, la mia “fiha”, per esserci in ogni momento, per la tua allegria e gioia che mi trasmetti sempre, studiare con te ha reso tutto più divertente.

Devo fare un ringraziamento speciale a Samuele, amico e compagno di molte avventure, grazie per aver trascorso al mio fianco questi ultimi anni non facili; grazie per sopportarmi e supportarmi sempre (scusa per la frase fatta, ma è tutto vero). Ti ringrazio molto per tutto quello che mi hai insegnato e per avermi fatto crescere. Spero di poter condividere con te altrettante avventure e traguardi. Ti voglio bene!

Infine, vorrei fare un piccolo ringraziamento a me stessa, alla mia forza di volontà e alla determinazione, che mi hanno portato, pur con molte difficoltà, al compimento di questo traguardo, che spero sarà il primo di molti scalini che dovrò affrontare durante tutta la vita.