DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

VALUTAZIONE DELLA PRODUTTIVITÀ DI CRITHMUM MARITIMUM L. SOTTOPOSTO A DIVERSI LIVELLI DI INTENSIFICAZIONE

CRITHMUM MARITIMUM L. PRODUCTIVITY RESPONSE TO DIFFERENT INTENSIFICATION LEVELS

TIPO TESI: sperimentale

Studente:
ALICE PACCAMICCIO

Relatore:
DOTT. ROBERTO ORSINI

Correlatore:
DOTT. STEFANO ZENOBI

ANNO ACCADEMICO 2019-2020

"Concedimi la serenità
di accettare le cose che non posso cambiare,
il coraggio per cambiare quelle che posso
e la saggezza per riconoscerne la differenza."

San Francesco

A Emma e a generazioni più coscienti

INDICE

INDICE 3

ELENCO DELLE TABELLE 5

ELENCO DELLE FIGURE 6

INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI 8

1.1 Ruolo dell'agricoltura nell'ottica dei cambiamenti demografici e climatici mondiali . 8

1.2 Salinizzazione e le alofite: prospettive di utilizzo per l'adattamento ai cambiamenti globali 13

1.2.1 Salinizzazione del suolo 13

1.2.2 Il valore delle alofite nell'attualità 15

1.3 *Crithmum maritimum* L 19

1.3.1 Tassonomia e descrizione morfologica del finocchio marino 19

1.3.2 Breve indagine entobotanica e potenziali utilizzi 20

1.3.3 Bioedilizia: un candidato per la realizzazione di "green roofs" 22

1.4 Interesse agronomico della specie 24

1.5 BioVegConserve e rispondenza agli obbiettivi del Psr 2014-2020 della regione Marche 27

1.6 Scopo della tesi 28

CAPITOLO 2 : MATERIALI E METODI 29

2.1 Sito sperimentale 29

2.2 Disegno sperimentale 31

2.3 Gestione della coltura 32

2.4 Recinzione 33

2.5 Impianto di irrigazione e fertirrigazione 34

2.6 Pacciamatura 37

2.7 Germoplasma 37

2.8 Semina e diradamento 38

2.9 Trapianto 39

2.10 Controllo infestanti 41

2.11 Fenologia 42
2.12 Raccolta 43
2.13 Variabili misurate 45
2.13.1 Densità osservata e recupero fallanze 45
2.13.2 Produzione unitaria osservata di biomassa fresca 46
2.13.3 Produzione unitaria di biomassa secca 46
2.13.4 Produzione totale 46
2.14 Analisi statistica 47
CAPITOLO 3 : RISULTATI E DISCUSSIONE 48
3.1 Andamento termopluviometrico 48
3.2 Fenologia 49
3.3 Variabili misurate 52
3.3.1 Densità reale e recupero fallanze 52
3.3.2 Produzione di biomassa unitaria e totale 53
CAPITOLO 4 : CONCLUSIONI 56
BIBLIOGRAFIA 58
RINGRAZIAMENTI 70

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1: Analisi del suolo nel sito della sperimentazione. 30
Tabella 2 : Quaderno di campo e operazione colturali. 33
Tabella 3: Calendario delle irrigazioni e fertirrigazioni nella stagione vegetativa 2020 .. 36
Tabella 4: Calendario in cui sono state svolte le operazioni di semina e diradamento presso l'Orto Botanico di Gallignano..... 39
Tabella 5: Risultati dei rilevamenti fenologici eseguiti durante lo sviluppo vegetativo (viene indicato il numero di foglie espanse ± dev. St.) 50
Tabella 6 : Densità specifica (Piante m^{-2}) e totale (Piante ha^{-1}) osservata e attesa 52
Tabella 7: Produzione di biomassa unitaria (g $Pianta^{-1}$) e totale (t ha^{-1}) 54

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1: Alcune importanti alofite commestibili del bacino Mediterraneo: (a) Beta vulgaris subsp. maritima, b) Capparis spinosa, c) Chenopodium album, d) Cichorium spinosum, e), Crithmum maritimum. f) Cynara cardunculus, g) Plantago coronopus, h) Portulaca oleracea, and i) Tribulus terrestris. 15

Figura 2: Pianta di finocchio marino, Crithmum maritimum L, che cresce nel suo habitat naturale..... 19

Figura 3: Esempio di "green roof" 22

Figura 4: Particolare di C.maritimum L. durante la fioritura 26

Figura 5: Azienda agraria "Paccasassi del Conero" (a sinistra) e vista aerea (a destra) con segnalazione in rosso del terreno dedicato alla prova sperimentale, situato all'interno dell'azienda e suddiviso in tre repliche..... 29

Figura 6: Planimetria prova sperimentale finalizzata alla valutazione delle performance produttive di Crithmum maritimum L. in relazione agli input somministrati: Verde scuro: fertirrigato (H_2O 20-30% dell'acqua disponibile + Borlanda fluida; Verde chiaro: irrigato (H_2O 20-30% dell'acqua disponibile); Bianco: controllo in asciutto non fertilizzato. 31

Figura 7: Rappresentazione della zona di bagnatura in un profilo di suolo argilloso. 34

Figura 8: Impianto di irrigazione e fertirrigazione a goccia. 35

Figura 9: Telo pacciamante in fibra naturale (juta di cocco) disposto al di sopra delle tubature del sistema di irrigazione. Fase preparatoria pre impianto..... 37

Figura 10: A sinistra: Particolare di una piantina diradata in un vasetto. A destra: Piantine da diradare posizionate sui plateau, in cui sono state riposte, una volta diradate, fino al trapianto in campo 38

Figura 11: Foto scattate il giorno del trapianto. A sinistra si osserva un particolare del sesto di impianto (0,45m x 0,45). Le file sono segnalate dalle corde messe in tensione lungo la parcella. Sulle corde e è stata segnala la distanza di 0,45 m per indicare la distanza intrafila. A destra gli operatori che provvedono al taglio del telo e al posizionamento della piantina in terra. 40

Figura 12: Particolare di una piantina trapiantata. 40

Figura 13: Foto scattata a trapianto ultimato, vista verso Nord. 41
Figura 14: Particolare delle graminacee che sono germinate in corrispondenza dei buchi effettuati sul telo di juta in cui sono state trapiantate le giovani piantine di Crithmum maritimum L. 41
Figura 15: grafico rappresentativo dei risulti ottenuti dal lavoro di Generalić Mekinić e degli altri autori. Si osserva una più alta concentrazione di fenoli nel mese di aprile, coincidente con il periodo in pre-fioritura. Anche la frazione flavonoica è più alta rispetto ai campioni raccolti negli altri stadi vegetativi. 43
Figura 16: Dettaglio di una foglia di finocchio marino. La foglia visibile nell'immagine rappresenta il calibro commerciale per il processo di trasformazione alimentare. 44
Figura 17: Andamento termico e delle precipitazioni nella stagione vegetativa 2020 a confronto con la serie storia 1998-2016. 49
Figura 18: 1° Rilevamento fenologico (16 Giugno 2020). FR = fertirrigato; IR = irrigato; CT = controllo. 50
Figura 19 : 2° Rilevamento fenologico (14 Luglio 2020). Particolare del trattamento "Irrigato". 51
Figura 20: 3° Rilevamento fenologico (28 Luglio 2020). FR = Fertirrigato; IR = irrigato; CT = controllo 51
Figura 21: Piantine da trapiantare per il recupero delle fallanze..... 52
Figura 22: Foto scattata durante il monitoraggio nel mese di maggio. 53
Figura 23: Particolare di una piantina affrancata. 53

INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI

1.1 Ruolo dell'agricoltura nell'ottica dei cambiamenti demografici e climatici mondiali

La terra e le sue risorse idriche costituiscono la base per il sostentamento umano e il suo benessere, garantendo il supplemento di cibo, acqua e svariati servizi ecosistemici. La biodiversità terrestre rappresenta un bene di inestimabile valore che apporta benefici, anche intangibili, alla vita dell'essere umano: ricchezza spirituale e cognitiva, senso di appartenenza, valore estetico e ricreativo...

Utilizzare le risorse terrestri in maniera sostenibile è fondamentale per garantire una vita salubre e dignitosa alle generazioni future e preservare questo prezioso patrimonio.

A livello globale si sta assistendo ad una crescente competizione per le risorse naturali: "Quasi metà delle foreste che un tempo ricoprivano la Terra sono ormai scomparse. Le falde acquifere si stanno esaurendo. La biodiversità è stata profondamente erosa", si legge nel rapporto della FAO "*Future of food and agricolture*" del 2017.

Di conseguenza, come avverte il Direttore Generale della FAO José Graziano da Silva nella sua introduzione al rapporto, "le capacità del pianeta potrebbero essere superate se continuano le tendenze attuali".

Allo stato attuale delle cose, la capacità futura dell'umanità di alimentarsi è in pericolo a causa dell'intensificata pressione sulle risorse naturali, della crescente disuguaglianza, e delle conseguenze del cambiamento climatico (FAO, 2017).

Nel 2050 la popolazione mondiale raggiungerà i 9,8 miliardi di persone (UN,2017). Nonostante il tasso di crescita diminuirà notevolmente in confronto ai trends dei 50 anni precedenti, l'aumento assoluto di popolazione sarà ancora significativo. Questo considerevole aumento demografico interesserà principalmente i paesi in via di sviluppo, nei quali il tasso di crescita, a differenza delle regioni del mondo ad alto reddito, diminuirà più lentamente. Infatti, mentre ci si aspetta che i paesi sviluppati raggiungano il picco massimo di popolazione nel 2040 (FAO,2017), i paesi a medio e basso reddito andranno incontro ad una lenta riduzione della crescita demografica in tempi più lunghi. L'unica regione del mondo in cui il picco massimo di popolazione non verrà raggiunto entro la fine del secolo è l'Africa (FAO, 2017);

mentre il suo tasso di crescita continuerà a diminuire, la popolazione continuerà ad aumentare oltre la fine del secolo, ipotizzando il raggiungimento di 2,2 miliardi di persone entro il 2050 e più di 4 miliardi entro il 2100.

Per decine di anni la popolazione mondiale è stata prevalentemente rurale: solo 35 anni fa, più del 60 % della popolazione viveva in aree rurali. Da allora, l'equilibrio urbano-rurale è cambiato marcatamente, ed oggigiorno più della metà della popolazione mondiale, circa il 54%, vive nelle aree urbane.

Questa discrepanza tenderà ad aumentare con l'aumento demografico, ipotizzando che nel 2050 più dei due terzi della popolazione mondiale potrebbe concentrarsi nei centri urbani (UN, 2017). Questa spinta all'urbanizzazione è stata incentivata sia da intensi cambiamenti nel settore agricolo, come un notevole progresso tecnico e l'utilizzo di tecnologie più efficienti che hanno abbassato la quantità di manodopera richiesta, sia per altri fattori, quali un maggiore tasso di mortalità e una più corta aspettativa di vita nelle zone rurali. (FAO, 2017).

L'urbanizzazione ha un forte impatto sullo stile di vita e sull'andamento dei consumi: un reddito più elevato può, infatti, accelerare la diversificazione della dieta nei paesi sviluppati. Tra le conseguenze dirette si stima un aumento del consumo di beni quali frutta, ortaggi, latticini, carne e pesce, nonché un aumento della domanda di cibo semi-processato o processato ("*ready-to-eat*"), che richiedono più input per essere prodotti. Questa tendenza contribuirà ad aumentare la pressione sulle risorse naturali causando più deforestazione, degrado del suolo ed emissioni di gas serra.

Parallelamente a questi cambiamenti, anche il contenuto nutritivo della dieta sta cambiando: si riscontra un maggior consumo di sale, grassi e zuccheri. Rispetto al 1961 il consumo globale calorico pro-capite è aumentato di un terzo, mentre quello di olio e carne è raddoppiato (Shukla et al., 2019).

Da tutto ciò ne deriva che tra i fattori socioeconomici che determinano un crescente aumento della domanda di cibo a livello mondiale, i più influenti sono: l'aumento della popolazione mondiale, l'urbanizzazione e l'aumento del reddito.

Anche se nel corso degli ultimi trent'anni sono stati fatti significativi progressi per contrastare la fame nel mondo, l'espansione della produzione alimentare e la crescita economica hanno spesso comportato un costo pesante per l'ambiente.

Così, mentre l'agricoltura sarà costretta a competere con un'incontrollata urbanizzazione per la terra e le risorse idriche, dovrà anche adoperarsi su altri fronti: contribuire alla mitigazione del cambiamento climatico, preservare gli habitat naturali e salvaguardare la biodiversità. Per

poter far fronte a queste sfide globali gli agricoltori avranno bisogno di nuove tecnologie per migliorare la produttività e l'efficienza nell'uso delle risorse.
Infatti, secondo il report delle Nazioni Unite (UN,2017), conseguentemente al crescere della popolazione crescerà la domanda calorica, che si imbatterà però in una ridotta disponibilità della terra agricola, dovuta sia all'urbanizzazione che a fenomeni di degradazione di diversa natura, quali: erosione, desertificazione, eutrofizzazione e salinizzazione.
Il cambio nell'uso del suolo, l'intensificazione di utilizzo e il cambiamento climatico sono alcuni fattori che hanno contribuito a questi fenomeni.
L'utilizzo del suolo contribuisce a un quarto delle emissioni globali di gas serra (Shukla et al., 2019), che si scompone principalmente in: emissioni di co_2 per deforestazione, emissioni di CH_4 dalla coltivazione del riso e dall'allevamento di bovini, emissioni di N_2O dall'uso di fertilizzanti. Esistono molte opzioni nell'utilizzo e gestione del suolo che possono sia ridurre la magnitudine delle emissioni prodotte sia aumentare il sequestro di carbonio. Alcune di queste opzioni sono: aumentare la produttività, migliorare la fertilità del suolo, salvaguardare la formazione di microclimi e la biodiversità e, quindi, sostenere il loro adattamento al cambiamento climatico.
Inoltre, molte opzioni di mitigazione basate su tecniche agronomiche possono generare un doppio beneficio, sia in termini di sicurezza alimentare che di adattamento al cambiamento climatico. Queste utili sinergie si basano sui principi dell'agricoltura conservativa, sull'evitare la deforestazione, promuovere la conservazione delle foreste e sulla gestione sostenibile del settore agroforestale favorendo sistemi agricoli promiscui. Altre possibilità attuabili sono il recupero di biogas e prodotti residuali e, in generale, tutta una serie di buone pratiche atte a promuovere la conservazione del suolo e delle risorse idriche migliorando qualità, disponibilità ed efficienza del loro uso. Favorendo l'attuazione di queste pratiche si potrebbero creare dei sistemi di produzione più resilienti di fronte alle sempre crescenti pressioni ambientali, promuovendo al contempo il sequestro di carbonio e riducendo le emissioni di gas serra imputabili all'utilizzo del suolo.
Tuttavia, alcune di queste potenziali azioni (come la riforestazione) richiedono grandi superfici per essere attuate, entrando in competizione con usi del suolo preesistenti. Questa competizione per l'uso del suolo potrebbe incrementare i prezzi del cibo e portare ad un ulteriore intensificazione (ad esempio con l'utilizzo di fertilizzanti e l'irrigazione), con gravi ripercussioni sull'inquinamento atmosferico e dei sistemi acquatici, portando ad un'ulteriore perdita di biodiversità.

Il riscaldamento globale dovuto alle attività umane ha già causato due evidenti cambiamenti nell'ambito della degradazione del suolo: una più elevata frequenza, intensità ed entità degli inondamenti e delle siccità, ed un innalzamento dello stress termico. In alcune aree l'innalzamento del livello del mare ha inasprito i fenomeni di erosione della costa (Shukla et al., 2019).

Il riscaldamento terrestre si è verificato ad un ritmo più rapido rispetto alla media globale. La temperatura media sulla superficie terrestre nel periodo 2006-2015 era di 1.53°C più alta rispetto al periodo 1850-1900, e 0.66°C maggiore della variazione di temperatura media globale equivalente (Shukla et al., 2019). Relativamente all'agricoltura, l'innalzamento delle temperature e il cambiamento degli andamenti pluviometrici, hanno modificato l'inizio e la fine delle stagioni di crescita delle colture, contribuendo alla riduzione della loro resa a livello regionale, alla riduzione delle risorse idriche, all'aumento della mortalità degli alberi e ha messo ulteriormente a rischio la salvaguardia della biodiversità.

Gli effetti del cambiamento climatico sulle produzioni agricole sono tuttavia distribuiti in maniera non uniforme. Nonostante le nazioni dell'emisfero Sud non siano i maggiori contribuenti al cambiamento climatico, potrebbero subire gli effetti più gravi riguardanti la diminuzione delle rese e una maggiore frequenza di calamità naturali, come siccità e alluvioni. È stato stimato che l'effetto negativo aggregato del cambiamento climatico nell'agricoltura africana nel periodo 2080-2100 potrà essere tra il 15 e il 30 % (FAO,2009). Al contrario, alle latitudini temperate, soprattutto nell'emisfero Nord, le temperature più alte potrebbero beneficiare l'agricoltura: le aree potenzialmente coltivabili si espanderanno, la stagione di crescita sarà più lunga e le rese potrebbero aumentare. Da alcuni modelli studiati è stato suggerito che nel breve termine l'effetto aggregato del cambiamento climatico sulla produzione mondiale potrebbe non essere molto rilevante per quanto riguarda le rese, in quanto la fertilizzazione atmosferica a base di CO_2 potrebbe inizialmente aumentare la produttività dei sistemi colturali attuali (FAO 2009; Shukla et al., 2019).

Ciò che è stato appena affermato non sarebbe invece applicabile nel lungo periodo: se il cambiamento climatico non verrà interrotto, o almeno mitigato, avrà un impatto decisamente negativo nella seconda metà del secolo, soprattutto per il crescente bisogno di risorse idriche per l'irrigazione.

La desertificazione è definita come la degradazione del suolo in aree aride, semi-aride e secco sub-umide conosciute come "*drylands*"; questa degradazione può essere causata da diversi fattori, tra cui numerose attività umane e cambiamenti climatici.

L'estensione e l'intensità di questo fenomeno è aumentato in alcune *drylands* nelle ultime decine di anni. Attualmente le *drylands* ricoprono circa il 48% della superficie del globo e sono popolate da circa 3 miliardi di persone. Gli hotspot di desertificazione, identificati come le zone in cui si è osservato un declino della produttività della vegetazione tra gli anni '80 e 2000, si sono estesi a circa il 9,2% delle *drylands*, provocando gravi ripercussioni nella vita di 500 milioni di persone nel 2015 (Shukla et al., 2019).

La desertificazione ha già ridotto la produttività e il reddito agricolo, e ha contribuito alla perdita della biodiversità in alcune regioni caratterizzate da *dryland*.

Si stima che le aree a rischio di salinizzazione dovrebbero aumentare nel futuro, come aumenterà anche il potenziale di erosione dovuto all'acqua in molte *drylands*, causando una grave perdita di carbonio organico nel suolo.

Livelli più alti di CO_2 favoriranno la rapida espansione di specie vegetali invasive, mentre la riduzione nella qualità e quantità di risorse disponibili per gli erbivori potrebbero avere effetti a catena per i predatori, determinando un impatto negativo nell'ecologia complessiva dell'ecosistema.

Oltre ai danni ambientali, tutti questi fenomeni contribuiranno alla diffusione della povertà, insicurezza alimentare e, conseguentemente, ad una più alta incidenza delle malattie, così come a potenziali conflitti e un incentivo nelle migrazioni.

La povertà limita sia le capacità per adattarsi al cambiamento climatico sia la disponibilità di risorse finanziarie per investire in metodi di gestione sostenibili del suolo.

Fonti e consumo sostenibili di cibo, basato su una dieta nutrizionale equilibrata e variata, potrebbero migliorare la sicurezza alimentare nell'ambito dei cambiamenti climatici e socioeconomici mondiali. Migliorare l'accesso, l'utilizzo, la qualità e sicurezza del cibo per il nutrimento e promuovere una dieta compatibile con minori emissioni dimostra un impatto positivo sull'uso del suolo e sulla sicurezza alimentare. Quest'ultima è anche influenzata negativamente dallo spreco alimentare (stimato essere del 25-30% del totale di cibo prodotto).

Le difficoltà per ottenere questi risultati sono barriere economiche (prezzi, disponibilità e stabilità degli approvvigionamenti) e socioculturali riguardanti le abitudini alimentari della popolazione.

"Sistemi di produzione agricola che richiedono un utilizzo intenso di input e di risorse, e che hanno causato deforestazione massiccia, scarsità d'acqua, impoverimento del suolo e alti livelli di emissioni di gas serra, non possono fornire un'alimentazione e una produzione agricola sostenibili", aggiunge il rapporto della FAO (FAO, 2017).

1.2 Salinizzazione e le alofite: prospettive di utilizzo per l'adattamento ai cambiamenti globali

1.2.1 *Salinizzazione del suolo*

La salinizzazione del suolo e la formazione di *salic soil* è un problema a livello mondiale che minaccia la crescita e la resa delle colture agricole, ostacolando lo sviluppo sostenibile dell'agricoltura moderna. Più di un terzo delle terre irrigate nel mondo sono affette da questo fenomeno (FAO, 2011), che è in continuo aumento.

Si stima che ogni anno vengano salinizzati 0,3-1.5 milioni di ettari di terreni agricoli. Inoltre, si calcola che causi una riduzione del 20% della produttività delle colture agricole, riduca la capacità produttiva di altri 20-46 milioni di ettari e la biodiversità della flora oltre che aumentare l'erosione del suolo (Porcel et al. 2012; FAO, 2015; Swallow and O'Sullivan 2019).

Tutte le principali colture di base che sono responsabili della maggior parte dell'apporto calorico da parte degli esseri umani (ad esempio riso, grano, mais) sono glicofite, le quali non sono in grado di completare il proprio ciclo vitale in ambienti in cui il NaCl raggiunge concentrazioni superiori a 200 mM (Chunzhao et al., 2020).

L'aumento della salinizzazione e la crescente scarsità di risorse idriche impone la necessità di trovare soluzioni creative per permettere una produzione agricola sostenibile. Inerentemente, la coltivazione di specie di piante che tollerino il sale è stata proposta come una dei metodi diretti attuabili (Ventura et Sagi, 2013)

La deposizione del sale nel suolo è un processo naturale, essendo il sale solubile una sua componente. Nonostante ciò, alcune condizioni ambientali accelerano questo processo (Sharma and Singh, 2017), in particolare alcune pratiche agricole scorrette quali la preferenza della coltivazione di piante annuali rispetto alle pluriennali, i sistemi di drenaggio scarsi e la gestione inefficiente dell'uso dell'acqua (Biswas and Biswas 2014; Hanay et al. 2014; FAO, 2015).

Le piante pluriennali hanno radici più profonde e utilizzano maggiormente l'acqua sotterranea, mantenendo a bada la salinità in profondità (Vinay Shankar and Heikham Evelin, 2019). Una deposizione eccessiva di sale impatta sulla struttura del suolo apportando cambiamenti alle sue proprietà chimiche e fisiche (Qadir et al., 2000).

Alti livelli di concentrazione Na+ nella soluzione circolante possono provocare flocculazione degli aggregati colloidali determinando una riduzione della stabilità della struttura. Come risultato i suoli sodici soffrono di stentata areazione, conseguente diminuzione della

conducibilità idraulica e aumentata condensazione (Hanay et al.2014; Amini et al. 2015). Queste condizioni sono ostili all'insediamento e crescita delle piante perché sono soggette ad elevato stress osmotico, squilibrio ionico e stress ossidativo (Evelin et al., 2009).

L'aumento dell'area geografica interessata da questo fenomeno correlata alla crescita esponenziale della popolazione, determinano una grande sfida per l'umanità per assicurare la sicurezza alimentare a livello globale.

Si manifesta quindi il bisogno di recuperare queste aree, migliorare la capacità delle piante di tollerare suoli salini, o implementare l'utilizzo di specie tolleranti ad alte concentrazioni saline.

I suoli salini possono essere recuperati diminuendo le concentrazioni di sali, diminuendo il valore del pH e migliorando la struttura del suolo.

Molti metodi sono stati sviluppati per desalinizzare i suoli, come il leaching, la fitodepurazione tramite la crescita di piante alofite, il drenaggio sub superficiale, etc. (Vinay Shankar e Heikham Evelin, 2019)

La fitodesalinizzazione è una tecnica che prevede la rimozione degli eccessi di sale collocati in vicinanza dell'apparato radicale grazie alla coltivazione di specie alofite, nella zona interessata da eccessiva salinità. (Vinay Shankar e Heikham Evelin, 2019).

Tecniche convenzionali come il *leaching*, oltre che essere costose e dipendenti dalla disponibilità idrica, già ridotta nelle are dove tipicamente si verifica questo fenomeno, riducono ulteriormente la fertilità del suolo (Laudicina et al., 2009). Al contrario, la fitodesalinizzazione è un'alternativa promettente e sostenibile, anche se agisce in tempi molto più lunghi (Vinay Shankar e Heikham Evelin, 2019).

Le specie alofite risultano essere particolarmente interessanti perché si riscontrano negli ambienti salati e hanno un ampio campo di utilizzo. Possono essere utilizzate come fonte per l'alimentazione umana e animale, per la produzione di olio e sono piante importanti dal punto vita farmaceutico per le loro proprietà. (Vinay Shankar e Heikham Evelin, 2019).

1.2.2 *Il valore delle alofite nell'attualità*

Le piante alofite che crescono lungo le coste sono state raccolte fin da tempi antichi e utilizzate a scopo alimentare per le loro note qualità medicinali e l'alto contenuto di sale. (Davy et al., 2001; Lieth, 2000). Le descrizioni dei loro usi sono spesso riportate in articoli etnobotanici e in letteratura. (Davy et al., 2001; Guarrera et al., 2006; Simopoulos, 2004; Tardio et al., 2006)

Le piante spontanee (*Fig.1*) sono un'importante risorsa nel contesto alimentare mondiale, sia nei paesi sviluppati che in quelli in via di sviluppo, in quanto più di 120 specie sono utilizzate regolarmente come parte della dieta (Bharucha e Pretty, 2010; Petropoulos, 2018).

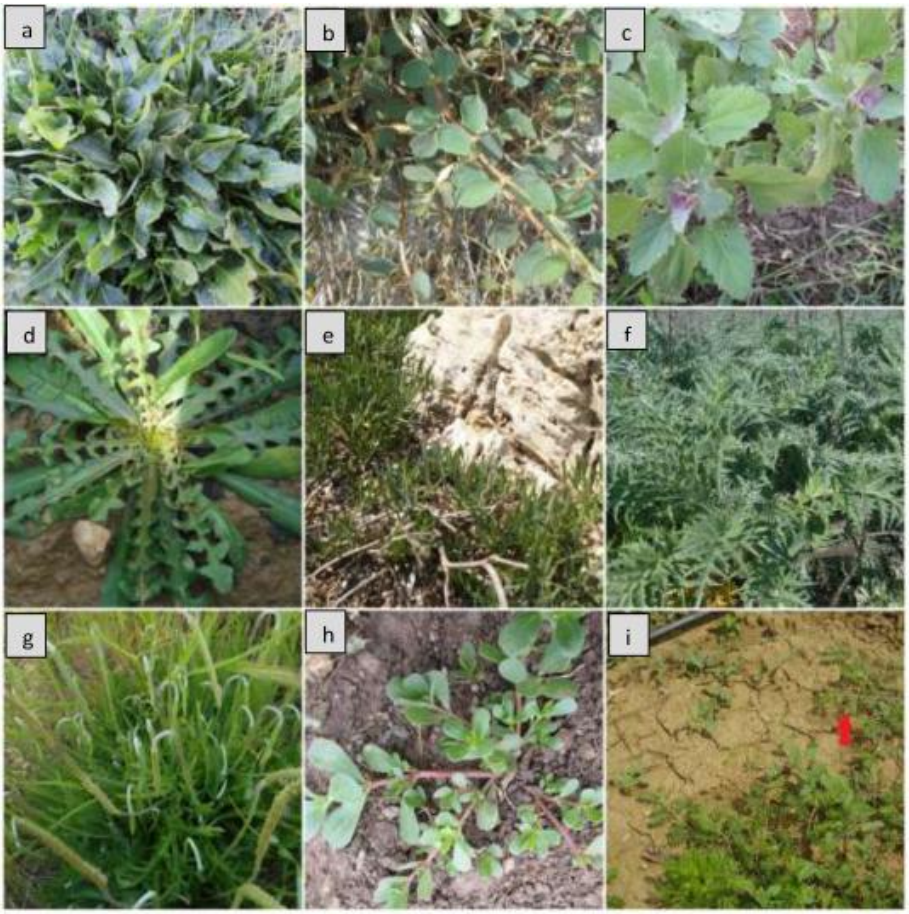

Figura 1: Alcune importanti alofite commestibili del bacino Mediterraneo: (a) *Beta vulgaris* subsp. *maritima*, b) *Capparis spinosa*, *c) Chenopodium album*, d) *Cichorium spinosum,* e), *Crithmum maritimum*. *f) Cynara cardunculus, g) Plantago coronopus, h) Portulaca oleracea, and i) Tribulus terrestris*.

Molte di queste piante spontanee vengono considerate come erbe infestanti nell'agricoltura convenzionale e la loro crescita viene ostacolata tramite metodi meccanici o chimici, pratiche che potrebbero portare nel tempo a dei severi cambiamenti in termini di biodiversità del sistema agro-ecologico. (Panta et al 2014; Petropoulos,2018).

Le alofite rappresentano circa l'1% delle piante presenti sulla superficie terrestre e sono capaci di sopravvivere e riprodursi in condizioni estreme di salinità in ambienti marini, come nelle paludi salmastre o deserti, esposte ad elevate pressioni ambientali (Rozema and Flowers, 2008).

L'attuale crisi che interessa la scarsità delle risorse idriche e la crescente salinizzazione dei terreni agricoli, ha risvegliato un particolare interesse verso queste specie, soprattutto verso quelle piante che possono raggiungere un'alta, ed economicamente conveniente, resa (Ventura e Sagi, 2013).

Infatti, nonostante alcuni promettenti tentativi iniziali di coltivare piante glicofite in regimi salini usando dei programmi convenzionali di breeding, i risultati finali furono deludenti (Flowers et al., 2010). Altri tentativi (Epstein et al. 1980) riguardarono delle strategie di adattamento delle piante appartenenti a colture agricole convenzionali, allo scopo di migliorarne la tolleranza al sale attraverso procedimenti genetici di screening, selection e back cross breeding (con germoplasma tollerante al sale). Anche queste ricerche, però, ebbero scarsi risultati (Flowers e Yeo 1995).

Da alcuni studi è emerso che, in ogni pianta, l'adeguamento a più elevati livelli di salinità è regolato dall'attivazione di una cascata di geni responsabili per la costruzione della rete molecolare coinvolta nella rilevazione dello stress osmotico, nella trasduzione e, infine, nell'espressione del gene specifico e dei metaboliti (Turkan e Demiral, 2009).

La mancanza di un unico gene chiave per la resistenza allo stress salino complica enormemente il lavoro dei *breeders* per creare piante atte alla produzione agricola che abbiano tale capacità, basandosi esclusivamente sull'alterazione di un unico fattore genetico (Flowers, 2004).

Simile al processo a cui sono stati sottoposti molte colture tradizionali, quali il riso, il grano e il mais, le potenziali alofite dovrebbero essere aggiunte ai programmi di breeding convenzionali con l'obbiettivo di renderle colture agricole ad alta resa (Rozema e Flowers, 2008). Malgrado la comprensione da parte della comunità scientifica sull'importanza di selezionare e coltivare alofite valide ai fini agricoli, la maggior parte delle ricerche e sperimentazioni effettuate sul germoplasma di piante alofitiche selvatiche sono state tipicamente incentrate sulla mera rilevazione della risposta allo stress salino o ai tipi di

meccanismi di resistenza, non concentrandosi sulla valutazione delle rese in termini di biomassa e il potenziale commerciale della coltura. (Ventura et al., 2011a)

Le alofite possono rendere quanto le colture tradizionali, anche quando irrigate con acqua di mare (Glenn et al., 1999; Ventura et al., 2011a). La resa potenziale varia a seconda della specie e della concentrazione salina a cui la pianta è sottoposta (Lieth, 2000). Dalle prove effettuate, le concentrazioni ottimali per la crescita variano dai 50 ai 250 mM NaCl (Flowers e Colmer, 2008); concentrazioni simili a quelle delle acque salmastre, ad esempio, permetterebbero la coltivazione di una più vasta varietà di piante alofite, rispetto all'acqua del mare, offrendo un'opzione più valida per l'agricoltura commerciale (Rozema e Flowers, 2008). Sfortunatamente, questi risultati emergono da prove sperimentali di breve durata (14-60 giorni) ed effettuate su piccola scala (Flowers e Colmer, 2008), o da prove in laboratorio e le rese si riferiscono alla biomassa fresca o secca per vaso o per singola pianta, senza tenere in considerazione la densità d'impianto reale (Koyro et al., 2011; Zerai et al., 2010).

Prove in campo simulando condizioni di crescita agronomiche sono raramente riportate in letteratura scientifica (Glenn et al., 1999).

La bassa qualità e l'alta variabilità dei dati esistenti sulla resa agricola nella coltivazione delle alofite ne riducono il valore del confronto tra diverse cultivar, soprattutto quando il dato è derivato da piccole prove sperimentali in serra. (Ventura e Sagi, 2013)

La necessità sviluppatasi nelle ultime decadi di trovare piante coltivabili in situazioni estreme, unitamente ad un crescente interesse da parte del consumatore verso i cosiddetti "*functional foods*" (cibi con valori nutritivi eccezionali) (Del Giudice e Pascucci, 2010), nei quali rientrano le alofite, ha portato alla riscoperta di diverse potenziali e promettenti piante alofite utilizzabili come verdure a foglia verde, che erano già parte della cultura gastronomica tradizionale. Queste piante venivano infatti raccolte come erbe spontanee e poi vendute nei mercati contadini, mentre venivano coltivate limitatamente nei giardini privati (Wilson et al., 2000). Il materiale vegetale non coltivato presenta una bassa uniformità e la sua qualità è imprevedibile (Schippmann et al., 2016; Ventura e Sagi, 2013). Inoltre, il suo rifornimento è notoriamente inconsistente, confinato all'interno della stagione di crescita naturale e limitato dall'abbondante presenza di altre specie della stessa pianta (Schippmann et al., 2006).

Queste caratteristiche non si sposano bene con ciò che è richiesto dal mercato, specialmente nel caso di verdure gourmet, ovvero che il prodotto sia considerato della più alta qualità, attraente alla vista in termini di freschezza, colore e confezionamento (Ventura e Sagi, 2013). Il prodotto dovrebbe giungere al mercato allo stesso livello di maturazione, avere un gusto specifico e riconoscibile dal consumatore, e soddisfare i valori nutrizionali per garantire il suo

status “gourmet” (Van Der Voort et al., 2007). In particolare, i livelli di metaboliti preziosi del prodotto, quali acidi grassi omega-3, composti fenolici, antiossidanti e minerali, sono usati per decidere se soddisfa gli standard di “*functional food*”, per gli appassionati della salute (Del Giudice e Pascucci, 2010; Ventura e Sagi, 2013).

Quindi, un prerequisito per la sua coltivazione a scopi commerciali come verdura gourmet è la selezione dei genotipi migliori e la definizione delle condizioni di crescita ripetibili per la pianta, che sono necessarie per assicurare una fornitura costante, in termini quantitativi e qualitativi, al mercato e garantire il successo della nuova coltura tra i consumatori (Ventura e Sagi, 2013).

In tutte le piante, indipendentemente dal fatto che siano glicofite o alofite, la resistenza alla salinità si basa primariamente nell’assorbimento controllato degli ioni da parte dell’apparato radicale, la compartimentazione degli ioni tossici nel vacuolo, e la sintesi di soluti organici compatibili (Flowers e Colmer, 2008; Shabala e Mackay, 2011; Zhu, 2001). In aggiunta, le piante hanno sviluppato un sistema efficiente per bilanciare il danno ossidativo causato dagli *reactive oxygen species* (ROS). L’up-regolazione degli enzimi antiossidanti *scavenger* dei ROS e la sintesi di piccole molecole non enzimatiche con proprietà antiossidanti - come ascorbato, glutatione, alfa tocopherol, flavonoidi, antocianine, carotenoidi e composti polifenolici- costituiscono la principale strategia disintossicante (Turkan e Demiral, 2009; Zhu, 2001).

Nonostante il principale motivo per il cambiamento nella composizione biochimica delle foglie delle alofite sia per combattere lo stress salino, quei cambiamenti sono, in definitiva, responsabili della qualità della verdura prodotta (Maggio et al., 2011).

Le alofite possono essere piante interessanti dal punto di vista economico ed ambientale. Possono essere utilizzate per restaurare la biodiversità e la produttività in aree marginali o affette da salinità (Daoud et al., 2016; N. Z. Shamsutdinova1 et al., 2017); possono essere utilizzate a scopo alimentare umano, entrando a far parte del mercato delle verdure gourmet (Barreira et al., 2017; Petropoulos et al., 2018) o utilizzate come cereale (Glenn et al., 2013).; possono essere un’interessante coltura oleaginosa (Glenn et al., 2013); hanno un potenziale utilizzo come foraggio (Masters et al., 2007; Glenn et al., 2013); e possono essere utilizzate come sistema di bioestrazione in acquacoltura per il recupero e il riciclo dei nutrienti contenuti negli effluenti (Buhmann et al., 2013).

1.3 *Crithmum maritimum* L

1.3.1 *Tassonomia e descrizione morfologica del finocchio marino*

Figura 2: Pianta di finocchio marino, Crithmum maritimum L, che cresce nel suo habitat naturale.

Regno: *Plantea*

Sottoregno: *Tracheophyta*

Supervisione: *Spermatophyta*

Divisione: *Magnoliophyta*

Classe: *Magnoliopsida*

Sottoclasse: *Rosidea*

Ordine: *Apiales*

Famiglia: *Apiaceae*

Genere: *Crithmum*

Specie: *Crithmum maritimum*

Crithmum maritimum L. (Fig. 2) è una specie erbacea perenne fortemente ramificata, che si sviluppa fino ai 30-60 cm di altezza (Cornara et al., 2009). Le radici sono robuste, spesse e nodose. Le foglie carnose e succulente si estendono radialmente attorno a un forte, robusto e nodoso stelo formando una rosetta. Le foglie sono dotate di una guaina dalla quale si estende

un corto picciolo, che termina in una lamina fogliare composta pennata, la quale è solitamente divisa in tre piccole foglie, ognuna di esse pennata a sua volta. Le foglioline sono lunghe 2-5 cm, larghe 0.6 cm, hanno forma lanceolata e terminano con una punta affusolata, alle volte spinosa (Franke, 1982). Da fine luglio a metà agosto, a partire dal bocciolo terminale, si sviluppa uno stelo alto fino a 30 cm recante 2 o 3 foglie più piccole, che termina in un'ombrella composta da 10-20 raggi, provvista di un involucro e un involucretto, ognuno a sua volta composto da più foglioline. (Franke, 1982)

La specie fiorisce tra giugno e settembre e i frutti iniziano a maturare a novembre-dicembre. I fiori, di colore bianco-giallastro o bianco-verdastro, producono frutti ovali provvisti di due mericarpi, ognuno di essi suddiviso in 5 costole (Atia et al., 2011). A seconda delle condizioni ecologiche, i boccioli ascellari possono sviluppare steli di fiori aggiuntivi (Franke, 1982). I frutti sono lunghi 5-6 mm e larghi da 1.5 a 2.5 mm; hanno forme ovali oblunghe, non schiacciati, sugherosi e di colore variabile dal verde oliva al viola (Atia et al., 2011).

In *C. maritimum* L. il frutto indeiscente è ricoperto esternamente da un rivestimento spugnoso. Questa struttura potrebbe avere un ruolo importante a maturazione nella dispersione del seme, stoccaggio del sale e germinazione (Atia et al 2011). Il frutto è uno schizocarpo diviso in due mericarpi scanalati (Fig. 4a).

1.3.2 *Breve indagine entobotanica e potenziali utilizzi*

In un contesto di crescente interesse nei riguardi delle erbe spontanee, dei loro usi tradizionali e della loro importanza nutrizionale e gastronomica (Renna et al., 2012), il *Crithmum maritimum L.* si rivela come una pianta potenzialmente interessante a livello agronomico. Alcuni autori sottolineano i benefici ottenibili dal consumo di alimenti derivati da un'ampia disponibilità di risorse genetiche, quali le piante spontanee commestibili (Hadjichambis et al. 2008; Pereira et al. 2011; Renna et al. 2015; Pignone e Hammer 2016; Renna et al., 2017). Pertanto, il finocchio di mare ed altre piante sottoutilizzate, con un adeguata gestione del post raccolta, potrebbe garantire la soddisfazione del consumatore e un reddito all'interno di un sistema di produzione più diversificato e sostenibile (Ebert 2014; Renna 2017)

Crithmum maritimum L. è un'alofita facoltativa perenne appartenente alla famiglia delle Apiaceae. Tradizionalmente conosciuto come cresta marina, finocchio marino o "rock samphire" (Renna, 2012), è una pianta che cresce spontanea su pareti rocciose vicine al mare, moli e spiagge sabbiose lungo le coste del Mar Nero e del Mar Mediterraneo, così come lungo le coste atlantiche del Portogallo e nella parte Sud-Sud Ovest dell'Inghilterra, nelle zone del

Galles e nel sud dell'Irlanda (Renna 2012). Questa specie è anche presente lungo le coste di altri paesi (es. Canada) come specie naturalizzata (Cornara et al., 2009).
Per la sua capacità di tollerare ambienti salini potrebbe essere una coltura promettente nel contesto dell'agricoltura biosalina (Atia et al. 2011; Renna, 2017).
Secondo Ben Amor, Ben Hamed, Debez, Grignon, e Abdelly (2005), la tolleranza al sale della specie può essere dovuta ad un'alta attività antiossidante, svolta da enzimi quali superossido dismutasi (SOD), catalasi (CAT), e perossidasi (POD), prevenendo l'accumulo delle specie reattive dell'ossigeno (ROS).
Nella tradizione gastronomica di molti paesi è stato utilizzato come ingrediente fresco per le sue interessanti caratteristiche organolettiche, dovute alla ricca presenza di oli essenziali (O¨ zcan et al. 2001). Queste consistono in una certa sapidità e dal suo profilo aromatico, caratterizzato da note di sedano, seguito da note di finocchio comune e buccia di agrumi verdi con un retrogusto tendente al piccante (Renna 2012).
Nei tempi antichi veniva utilizzato per i suoi effetti stimolanti, carminativi, diuretici (Cornara, 2009) e vermifughi (Renna, 2017), oltre che come prevenzione contro lo scorbuto grazie alla presenza di vitamina C (Franke, 1982). Navigatori (Cunsolo et al 1993) e pescatori, infatti, durante i loro viaggi o le loro battute di pesca (Renna, 2017) ne consumavano le foglie fresche o in conserve di aceto.
Il finocchio di mare veniva inoltre utilizzato nella medicina popolare contro cistiti, prostatiti e contro le coliche, mentre l'infuso veniva usato in caso di patologie del tratto digestivo (Atia el al 2011; Renna, 2017).
Alcuni autori riportano che l'estratto *C. maritimum L.* abbia un alto contenuto fenolico (Pereira et al. 2017a) e sia ricco di composti volatili (Atia, 2010). Questi denotano inoltre la sua attività antiossidante, dovuta alla presenza di enzimi *scavenger che agiscono* contro i radicali liberi e attività antibatterica contro un largo spettro di batteri patogeni per l'uomo (Rossi et al.,2007; Meot-Duros et al.,2008, 2010; Meot-Duros e Magné,2009). Inoltre, è riportata in letteratura anche un'azione inibente nei confronti degli enzimi acetilcolinesterasi (Generalic´Mekinic´et al.2016). L'enzima acetilcolinesterasi (AChE) è un complesso importante nella prima fase della malattia di Alzheimer (AD), e l'utilizzo di inibitori dell'AChE rappresenta l'approccio più promettente per il trattamento della malattia in questione (Generalic´Mekinic´et al.2016).
L'olio estratto dalle foglie contiene un'alta concentrazione di acidi grassi omega-3 e omega-6. Questi acidi grassi sono noti avere un ruolo importante nella modulazione del metabolismo umano e dimostrano effetti benefici contro le cardiopatie coronariche (Guil-Guerrero and

Rodriguez-Garcia, 1999). Tutte queste qualità appena citate rendono *Crithmum maritimum L.* un potenziale candidato sia nel settore farmaceutico che come cibo funzionale.

1.3.3 *Bioedilizia: un candidato per la realizzazione di "green roofs"*

In uno scenario di spinta urbanizzazione caratterizzato da una diminuzione delle aree verdi all'interno dei centri abitati, dall' aumento dell'inquinamento ambientale e, in generale, dal peggioramento della qualità di vita, può essere utile intervenire proponendo alternative di progettazione più sostenibili, che permettano di ridurre l'impatto ambientale apportato dalle aree urbane. Le misure volte ad aumentare la resilienza ecologica e climatica, come le infrastrutture verdi, possono apportare numerosi benefici socioeconomici, oltre che ambientali, in quanto possono offrire una vasta gamma di servizi (Azeñas, 2019).
La progettazione dei tetti verdi *(Fig.3)* potrebbe apportare svariati vantaggi, tra cui: migliorare la gestione dell'acqua meteorica (Carter et al., 2007; Jarret et al., 2008), aumentare il risparmio energetico (Santamouris et al., 2007; Sailor et al.,2008), mitigare gli effetti del fenomeno urban heat island (Takebayashi et al.,2007), aumentare la longevità delle membrane dei tetti (Kosareo et al., 2007), migliorare un ritorno degli investimenti rispetto i tetti tradizionali (Clark et al., 2007), ridurre l'inquinamento sonoro e atmosferico (Van renterghem et al,2008; Yang et al., 2008), aumentare la biodiversità urbana (Baumann et al., 2006; , Brenneisen et al., 2006) e creare un'ambiente più piacevole a livello estetico (Getter et al., 2006; Oberndorfer et al., 2007; Kristin et al., 2009).

Figura 3: Esempio di "green roof"

A questo fine *Crithmum maritimum*, è stato studiato come possibile candidato per l'implementazione di tetti verdi estensivi, caratterizzati da spessori limitati di substrato di coltivazione e limitato mantenimento (Oberndorfer et al., 2007; Kristin et al., 2009), in condizioni idriche limitate, come nelle aree del bacino Mediterraneo (Azeñas et al,2019). In

aree aride, semi aride e nelle regioni a clima mediterraneo, il fattore limitante per la sostenibilità dei tetti verdi è rappresentato dalla disponibilità di acqua. Se da un lato i tetti verdi estensivi sono più vantaggiosi rispetto agli intensivi a causa del ridotto mantenimento, dall'altro un substrato poco spesso e minerale definisce delle condizioni di crescita più difficili per le piante (Azeñas et al. 2019).

Crithmum maritimum L. è una specie succulenta in grado di crescere e svilupparsi anche in condizioni di stress idrico (Azeñas et al., 2019).

Nel loro lavoro Azeñas e gli altri autori hanno valutato l'idoneità di *Crithmum maritimum L.,* insieme ad altre 5 specie perenni native dell'area Mediterranea, ad essere impiegate nella progettazione di tetti verdi valutando i seguenti fattori sotto 3 diversi regimi idrici (WW - *well watered* - 100%, MD - *mild drought*- 75% e SD - *severe drought* - 50%): accumulo di biomassa; partizionamento della biomassa e scambi gassosi; consumo idrico ed efficienza dell'uso dell'acqua; valore estetico.

Dai risultati si evince che la pianta non presenta difficoltà di crescita e sviluppo se sottoposta ai diversi regimi idrici.

Nel caso di *Crithmum maritimum L.*, si è osservato che ad una diminuzione della disponibilità di acqua corrispondeva la più bassa riduzione di biomassa, mentre condizioni *well watered* (WW) coincidevano con la più bassa produzione di biomassa (Azeñas et al., 2019).

Tutte le piante testate hanno dimostrato una riduzione nel consumo dell'acqua sotto condizioni di forte siccità. Il consumo di acqua è specie specifico e nel caso di *Crithmum maritimum L.* è pari a 2,0 mm g^{-1} in regimi WW. L'efficienza d'uso dell'acqua a livello della pianta non è variata quando è stata sottoposta ai diversi regimi idrici, ma, per *Crithmum maritimum L.*, è risultata essere la più bassa rispetto le altre specie (Azeñas et al., 2019). Al contrario, l'aumento dell'efficienza d'uso dell'acqua intrinseca delle foglie in condizioni di carenza idrica è stata significativa solo per *C. maritimum L.* e *L.virgatum.*

Questa efficienza può essere ricondotta alla succulenza della specie. Nelle piante succulente è stata infatti riscontrata una lenta crescita a livello di biomassa a favore di una più alta resistenza agli stress elevati (Azeñas et al., 2019; Gulías et al., 2012; Wright et al., 2004).

Altri autori (Nektarios et al., 2016) hanno valutato la crescita e gli indici fisiologici di *C. maritimum* su due tipi di substrati, a due profondità del substrato e due regimi di irrigazione. Dai risultati emerge che *C.maritimum L.* può essere un buon candidato per la creazione di tetti verdi estensivi anche con substrati poco spessi e con limitata irrigazione (Nektarios et al., 2016).

Crithmum maritimum L. è considerata una specie potenzialmente adatta alle condizioni dei tetti verdi estensivi poiché già di natura propria cresce in habitat caratterizzati da terreni poco profondi, con basso contenuto in sostanza organica, elevata radiazione solare e temperature alte (Azeñas et al., 2019). Le foglie carnose e succulente rendono la specie capace di resistere anche a condizioni di stress idrico prolungato, nonostante il suo metabolismo C3 (Ben Hamed et al., 2007).

I tetti verdi potrebbero anche sequestrare carbonio atmosferico stoccandolo nelle piante e nel suolo. La fotosintesi rimuove CO_2 dall'atmosfera e lo accumula nella biomassa della pianta, processo noto come sequestro del carbonio nel terreno. Il carbonio viene poi trasferito al substrato attraverso la lettiera e gli essudati (Kristin et al., 2009).

Specie come il finocchio marino, con produzione di biomassa limitata, hanno mostrato una bassa capacità di sequestro del carbonio nei tetti verdi estensivi, a causa delle condizioni ambientali severe che ostacolo la crescita e lo sviluppo delle specie (Getter et al., 2009; MacIvor e Lundholm, 2011; Wolf e Lundholm, 2008). Tuttavia, il contributo (se pur modesto) di queste installazioni su scala regionale non deve essere trascurato, in quanto giocano comunque un ruolo importantissimo a livello ambientale, migliorandone le caratteristiche rispetto alle aree non verdi, in cui il sequestro del carbonio manca completamente (Azeñas et al., 2018).

Un importante aspetto da considerare nella scelta della specie per i tetti verdi è che questa faccia parte della biodiversità degli ecosistemi nelle vicinanze del luogo in cui si pianifica di collocare il tetto verde e che sia in grado di crescere nel contesto urbano (Benvenuti et al., 2010).

1.4 Interesse agronomico della specie

Da quanto emerge dagli studi e dalle sperimentazioni effettuate in ambito scientifico fino al momento attuale circa le proprietà e le potenzialità di utilizzo del finocchio marino (*Crithmum maritimum*), la prospettiva di individuare le condizioni di crescita idonee alla sua coltivazione per un potenziale inserimento tra le colture di interesse agricolo e per la produzione di biomassa, utilizzabile in svariati contesti innovativi, risulta destare grande interesse in ambito agronomico, soprattutto nell'ottica dei grandi cambiamenti globali.

Infatti, come è stato precedentemente illustrato, il finocchio marino possiede notevoli proprietà nutrizionali, quali l'elevato contenuto in vitamina C (Franke, 1982), in sali minerali e composti bioattivi (Pereira et al, 2017), oltre che comprovate proprietà funzionali come quelle vasodilatatorie, antiossidanti, colinesterasi-inibitorie e antimicrobiche (Generalic´Mekinic´et

al. 2016; Meot-Duros L. et al., 2008; Meot-Duros L., et al., 2010; Pereira et al., 2017). Queste proprietà ne giustificano gli usi tradizionali diffusi in molti paesi e riportati negli articoli etnobotanici, e rendono particolarmente interessante il suo ingresso nel mercato come cibo funzionale o il suo utilizzo nel mondo farmaceutico.

Attualmente il finocchio marino è marginalmente sfruttato a livello industriale. Il suo scarso utilizzo, è dovuto, come affermano diversi autori (Renna, 2018; Montesano, 2018), principalmente ad una carenza di informazioni attendibili in letteratura scientifica in riferimento alla sua coltivazione in pieno campo. I risultati disponibili delle sperimentazioni condotte fino ad oggi riguardano principalmente la determinazione delle condizioni ideali di germinabilità dei semi (Okusanya et al., 1977; Marchioni-ortu e Bocchieri, 1984; Atia et al., 2009; Meto-Duros et Magné, 2008), o la risposta allo stress salino (Hamed et al., 2004). Altri risultati ottenuti da alcuni autori in termini di biomassa prodotta (Montesano et al., 2018; Ben Amor et al., 2005) non sono rappresentativi della reale resa produttiva in quanto condotti su piante coltivate in vaso e in ambienti controllati.

Nelle Marche, come nel resto del territorio italiano e nel panorama internazionale, non esiste un protocollo di coltivazione in linea con i principi dell'agricoltura biologica in grado di valorizzare l'importanza che questa pianta potrebbe avere nel contesto globale attuale.

La maggior parte dei prodotti alimentari e industriali derivanti dalla trasformazione di *Crithmum maritimum L.,* disponibili sui mercati nazionali e internazionali, sono per lo più conserve sott'olio prodotte da imprese a conduzione familiare o artigianale, utilizzando piante spontanee raccolte manualmente da zone costiere.

Facendo parte del gruppo delle alofite, piante tolleranti agli ambienti salini, il finocchio marino è stato candidato come una potenziale coltura nell'ambito dell'agricoltura biosalina (Atia et al., 2011; Ventura et Sagi, 2013; Renna et al., 2018), proponendone l'utilizzo nell'implemento di agro sistemi più sostenibili e che richiedano meno input, fornendo al contempo servizi multipli che possano far fronte alle problematiche legate ai cambiamenti climatici. In questa ottica *C. maritimum L.* potrebbe essere utilizzato in aree marginali o degradate allo scopo di favorire la desalinizzazione dei suoli, permettere una produzione agricola e per riciclare nutrienti dagli effluenti di acquacoltura (Buhmann e Papenbrock, 2013), oltre che agire come fitorimedio nelle zone inquinate da metalli pesanti. Quest'ultima strategia è possibile grazie alla capacità del gruppo delle alofite di accumulare le sostanze inquinanti nella loro biomassa tramite il processo di fitoestrazione (Lutts et al., 2004; Manousaki e Kalogerakis, 2011).

In seguito all'affermazione nelle ultime decadi di un'agricoltura incentrata sulla produzione, si riscontra un forte bisogno di integrare alla produzione l'attenzione per la salvaguardia

dell'agro-biodiversità (Renna et al., 2019), ricercando possibilità di utilizzo e rivalorizzazione del germoplasma di varietà locali, anche spontanee, ben adattate alle condizioni ambientali per garantire resilienza e adattabilità degli agro ecosistemi alle nuove sfide mondiali (FAO,2019). Relativamente a quanto appena affermato, il finocchio marino cresce in maniera spontanea in alcune aree del litorale adriatico, ivi inclusi due siti Natura 2000, la costa tra Ancona e Portonovo (codice sito:IT5320005) e il Parco Regionale del Monte Conero (codice sito: IT5320007). All'interno del Parco Regionale del Conero la raccolta, asportazione, danneggiamento o detenzione di parti della pianta è vietata, in base a quanto stabilito nel Regolamento del Parco, pubblicato sul supplemento n. 6 al BUR n.49 del 18/06/2015. Inoltre, la stessa essenza forma, insieme alle specie del genere *Limonium*, una comunità di specie vegetali caratterizzanti l'habitat 1240 (di interesse comunitario in Italia) "Scogliere con vegetazione delle coste mediterranee con *Limonium* spp. endemici", come espressamente indicato dalla Direttiva Habitat (92/43/CEE).

Figura 4: Particolare di C.maritimum L. durante la fioritura

Per questo e per gli altri motivi precedentemente menzionati, sarebbe interessante approfondire la conoscenza riguardo una sua potenziale resa produttiva e l'implementazione di un sistema di coltivazione biologica.

I soggetti potenzialmente interessati da questa innovazione, sia direttamente che indirettamente, includerebbero sia aziende biologiche e diversificate del settore agricolo, sia aziende del settore agroalimentare.

A livello nazionale e regionale potrebbe essere valutato un suo inserimento come scelta nelle rotazioni a fianco delle colture tradizionali, l'uso come specie vegetale nella copertura del

terreno nelle zone soggette a fenomeni erosivi o nei terreni tendenzialmente salini e marginali, l'impiego nella tutela della biodiversità e come specie entomofila *(Fig 4)*.

1.5 BioVegConserve e rispondenza agli obbiettivi del Psr 2014-2020 della regione Marche

Date le molteplici e potenziali opportunità derivate da un possibile utilizzo di *C.maritimum L.* in ambito agricolo, la regione Marche, all'interno della Misura 16.1 PSR 2014-2020, ha finanziato un progetto finalizzato a implementare pratiche agricole idonee alla coltivazione di varietà autoctone di *Crithmum maritimum L.* in regime biologico. Il fine del progetto è tutelare la biodiversità del patrimonio floristico e provvedere all'applicazione di tecnologie di trasformazione più rispettose del valore biologico e nutrizionale delle materie prime per la produzione di nuove conserve, salse e spezie biologiche e funzionali a base di finocchio marino e oliva della varietà Ascolana tenera.

Come precedentemente menzionato, non sono presenti sul mercato nazionale e internazionale prodotti alimentari biologici a base di *C. maritimum L.*, perciò la produzione di nuove conserve con ottime caratteristiche nutrizionali, sensoriali e salutistiche potrebbe soddisfare la crescente domanda dei consumatori verso alimenti funzionali, con elevate qualità organolettiche e nutrizionali.

Le soluzioni innovative promosse dal Progetto rientrano pienamente nell'ambito degli obiettivi delle tematiche individuate dal PSR "Tutela della biodiversità", "Tecniche a basso impatto ambientale e biologiche" e "Qualità e sicurezza dei prodotti alimentari e dei cibi funzionali ad una dieta sana ed equilibrata".

Il progetto prevede una durata di 36 mesi (1/10/2018 - 30/09/2021) ed è articolato in cinque azioni:

AZIONE 1 – Coltivazione biologica di varietà autoctone di finocchio marino;

AZIONE 2 – Produzione di nuove conserve fermentate biologiche e funzionali;

AZIONE 3 – Produzione di nuove salse biologiche e funzionali;

AZIONE 4 – Produzione di nuove miscele di spezie disidratate biologiche;

AZIONE 5 – Divulgazione e trasferimento tecnologico.

La coltivazione su larga scala di varietà autoctone di finocchio marino proposta nell'azione 1 costituisce, quindi, a tutti gli effetti un valido strumento per la tutela della biodiversità floristica regionale. Inoltre, l'implementazione di un sistema di coltivazione biologica di tale coltura, basato sull'uso di fertilizzanti organici e azioni di diserbo eco-compatibili, sposa pienamente la tematica delle produzioni a basso impatto ambientale che rientra nei principi dell'Accordo

Agroambientale d'Area per la Tutela delle Acque del Parco del Conero. L'accordo ha il fine di coinvolgere soggetti pubblici e privati ad intervenire per la tutela dei corpi idrici superficiali e profondi dell'area del Conero, finanziando l'agricoltura biologica, la produzione integrata, la formazione e informazione degli agricoltori.
La scelta di utilizzare germoplasma di varietà locali ben adattate al clima adriatico è in linea con quanto suggerito dal Final Report del FOCUS GROUP PEI-AGRI "*Organic farming*" dal titolo "*Optimising arable yields",* nell'ottica di massimizzare la resa produttiva dei sistemi biologici attraverso la coltivazione delle varietà maggiormente adattate alle condizioni ambientali locali.

1.6 Scopo della tesi

Gli obbiettivi della presente tesi di laurea sono i seguenti:

- Valutare le caratteristiche produttive, in termini di resa totale (t ha^{-1}) e di sostanza secca (%), di *Crithmum maritimum* L., coltivato a partire da germoplasma di varietà locali ben adattate ai climi adriatici, quando sottoposto a diversi livelli di intensificazione (Fertirrigato vs Irrigato vs In asciutto non irrigato);

- Definire un protocollo ripetibile di coltivazione in campo per *Crithmum maritimum* L. in ambiente collinare e secondo i principi dell'agricoltura biologica.

Capitolo 2 : MATERIALI E METODI

2.1 Sito sperimentale

La prova sperimentale (*Fig* 5) ha avuto inizio nel 2019 e si trova all'interno dell'azienda agraria "Paccasassi del Conero" (*Fig 5*), i cui terreni sono situati all'interno del Parco Regionale del Conero nel comune di Camerano in provincia di Ancona (43°32'N, 13°33'E) ad un'altitudine di 100 m s.l.m.

Figura 5: Azienda agraria "Paccasassi del Conero" (a sinistra) e vista aerea (a destra) con segnalazione in rosso del terreno dedicato alla prova sperimentale, situato all'interno dell'azienda e suddiviso in tre repliche.

L'area dedicata alla prova sperimentale è di 400m^2, esposto a Nord su medio versante con pendenza media del 10%.

Il substrato presenta una tessitura argillosa *(Tabella 1),* poco strutturato per il ridotto contenuto in sostanza organica e tendente allo stato plastico in condizioni di elevato approvvigionamento idrico, ed al coeso in condizioni di ridotta umidità.

Presenta valori di calcare attivo molto elevato (145g Kg^{-1}), con PH leggermente alcalino (8,14), bassi valori di fosforo assimilabile (6,2 mg Kg^{-1}), alti valori di potassio scambiabile (216 mg Kg^{-1}). È scarsamente dotato di azoto (0,80 g Kg^{-1}) *(Tabella 1)*.

Il clima è meso mediterraneo sub-temperato.

Tabella 1: Analisi del suolo nel sito della sperimentazione.

Analisi	U.M.	Risultato	Giudizio
pH (H_2O)	Unità pH	8,14	Leggermente alcalino
Classe di tessitura			Argilloso
Sabbia	g Kg^{-1}	129	
Limo	g Kg^{-1}	449	
Argilla	g Kg^{-1}	422	
Calcare attivo	g Kg^{-1}	145	Molto elevato
Calcare totale	g Kg^{-1}	282	Calcareo
Fosforo assimilabile	mg Kg^{-1}	6,2	Basso
Potassio scambiabile	mg Kg^{-1}	216	Elevato
C/N		8	Basso
Sostanza organica	g Kg^{-1}	11,0	Basso
Azoto totale	g Kg^{-1}	0,80	Scarsamente dotato

U.M = Unità di misura.

L'azienda "Paccasassi del Conero" è nata nel 2018 in conseguenza alla sempre crescente richiesta di produzione di *Crithmum maritimum* L. per la trasformazione in conserve stabilizzate da parte dell'azienda Rinci srl che seleziona accuratamente tale specie come materia prima per utilizzi alimentari.

Nel 2017 l'azienda ha fatto richiesta per convertire 0,3 ha di terreno in agricoltura biologica, ottenendone la definitiva certificazione a partire dal 2020. La restante parte è ancora in fase di conversione.

La coltivazione avviene dunque secondo i principi di un'agricoltura sostenibile in cui le pratiche agronomiche mirano alla salvaguardia dell'assetto idrogeologico e della biodiversità e a preservare l'ambiente dall'impatto violento di tecniche intensive e convenzionali.

2.2 Disegno sperimentale

La prova è suddivisa in blocchi randomizzati con 3 repliche (*Fig* 6), mettendo a confronto 3 tipologie di trattamento:

- fertirrigato**:** Borlanda fluida + H_2O (20÷30% AW)
- irrigato: H_2O (20÷30% AW)
- controllo**:** in asciutto e non fertilizzato

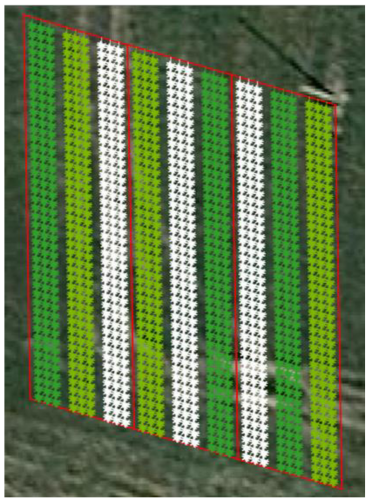

Figura 6: Planimetria prova sperimentale finalizzata alla valutazione delle performance produttive di Crithmum maritimum L. in relazione agli input somministrati: Verde scuro: fertirrigato (H_2O 20-30% dell'acqua disponibile + Borlanda fluida; Verde chiaro: irrigato (H_2O 20-30% dell'acqua disponibile); Bianco: controllo in asciutto non fertilizzato.

Ogni replica ha dimensione di 120m^2, in cui ogni parcella consiste di 40 m^2.
Ogni parcella presenta 4 file di piante, delle quali le due file centrali sono quelle interessate dai campionamenti.
All'interno delle due file centrali sono state individuate tre aree di saggio (monte, centro, valle). È stata lasciata una distanza di circa 3 metri dal bordo della parcella verso monte e verso quello a valle riducendo la superficie utile al campionamento, onde evitare di campionare piante sul perimetro della prova, in quanto le piante che si trovano lungo il bordo esterno risentono di condizioni diverse dalle altre piante situate al centro della parcella (effetto bordo),
Essendo una pianta eliofila, amante del sole, necessita di un sesto di impianto tale da assicurare una distanza idonea sulla fila e tra le file, per massimizzare la superficie fogliare esposta al

sole e, data la sua tendenza a ramificare e l'apparato radicale espanso sia lateralmente che in profondità, permettere alla pianta di avere spazio a sufficienza per svilupparsi.
Il sesto di impianto ritenuto idoneo per tali necessità è di 0,45 m x 0,45 m, con una fittezza attesa di 9,8 piante m^{-2}, ovvero 98000 piante ha^{-1}.

2.3 Gestione della coltura

Il terreno è stato preparato nel mese di ottobre 2019 (*Tabella* 2) con una ripuntatura e successivi affinamenti con erpice a dischi, vangatrice e fresa. È stato inoltre effettuato lo squadro, nell'ottica di concludere l'impianto ed effettuare il trapianto in condizioni favorevoli sia dal punto di vista meteorologico e sia dal punto di vista fenologico
L'impianto è stato eseguito nel mese di febbraio 2020, appena l'andamento pluviometrico post-lavorazioni ha mostrato accumuli al suolo di alcune decine di mm. Si è dunque provveduto all'istallazione dell'impianto di irrigazione e fertirrigazione a goccia, al posizionamento della recinzione, alla stesura dei teli pacciamanti e al trapianto delle piantine.
Nei mesi successivi sono stati effettuati dei monitoraggi per confrontare la percentuale di attecchimento nei diversi trattamenti.
Un'operazione importante nelle prime fasi di crescita delle giovani piante è stato il controllo manuale delle erbe infestanti che avrebbero potuto interferire con la crescita delle piantine, entrando con esse in competizione, nonostante la presenza del telo pacciamante.
Durante la stagione vegetativa le uniche operazioni colturali svolte sono state quelle manuali effettuate per la rimozione delle erbe infestanti su tutta la superficie dedicata alla sperimentazione.
Di seguito viene riportato il quaderno di campo dove sono elencate tutte le pratiche colturali (Tabella 2).

Tabella 2 : Quaderno di campo e operazione colturali.

Fase	Data	Operazione colturale
Preparazione del terreno	13/10/2019	Ripuntatore
		Erpice a dischi
	23/10/2019	Vangatrice
	25/10/2019	Fresa
Impianto	28/10/2019	Squadro
	03/02/2020	Istallazione impianto di irrigazione
		Posizionamento recinzione
	15/02/2020	Stesura teli pacciamanti
	17/02/2020	Trapianto
	19/02/2020	Integrazione piantine mancanti
	13/03/2020	Percentuale di attecchimento
		Controllo manuale infestanti
Operazioni post impianto	17/04/2020	Controllo manuale infestanti
	26/05/2020	Controllo manuale infestanti
	16/06/2020	Rilievo fenologico
	30/06/2020	Controllo manuale infestanti
	14/07/2020	Rilievo fenologico
	28/07/2020	Rilievo fenologico
	29/07/2020	Raccolta
	30/07/2020	Raccolta
	31/07/2020	Raccolta

2.4 Recinzione

È stato necessario inserire nella progettazione dell'impianto una recinzione in legno e rete zincata per la protezione della coltura, specialmente nelle prime fasi di sviluppo, da possibili attacchi da parte di alcuni componenti della fauna selvatica, come lepri e coniglio nano, che risultano gradire in particolar modo il profilo aromatico delle giovani foglioline.

2.5 Impianto di irrigazione e fertirrigazione

Al fine di confrontare la resa produttiva di *Crithmum maritimum* L. a diversi livelli di intensificazione, è stato istallato un sistema di irrigazione che fosse compatibile con la fertirrigazione e applicabile in aree collinari, limitando il rischio di erosione lungo il versante e la conseguente perdita di suolo superficiale, dovuta ad un'infiltrazione più difficoltosa dell'acqua rispetto ad una situazione pianeggiante. Considerando anche la tipologia di substrato presente, rappresentato da un suolo argilloso tendente al plastico, irrigazioni eccessive incrementerebbero il rischio precedentemente esposto e potrebbero provocare dei livelli di umidità del terreno elevati e indesiderati.

La coltura da valutare risulta in grado di crescere e svilupparsi anche in condizioni di stress idrico (Azeñas et al., 2019), mentre non sopporta molto bene condizioni di elevata umidità, che sembrerebbero causarne una ridotta crescita della biomassa.

Si è tenuto conto della necessità di limitare la quantità di acqua necessaria per le irrigazioni e al contempo aumentarne l'efficienza e tempestività di utilizzo, migliorando nel complesso la sostenibilità dell'impianto in linea con la volontà di ridurre l'impatto ambientale dell'agricoltura sull'ecosistema, salvaguardando l'assetto idrogeologico, i corpi idrici e la biodiversità.

Per questa serie di motivi si è deciso di optare per un impianto di irrigazione a goccia con le tubazioni posizionate a terra, al di sotto del telo pacciamante, così che l'acqua venga diffusa tramite erogatori a basse pressioni direttamente vicino alla pianta e ad al suo apparato radicale in maniera da poter essere assorbita, evitando irrigazioni con grandi volumi di acqua e mantenendo basse pressioni di utilizzo.

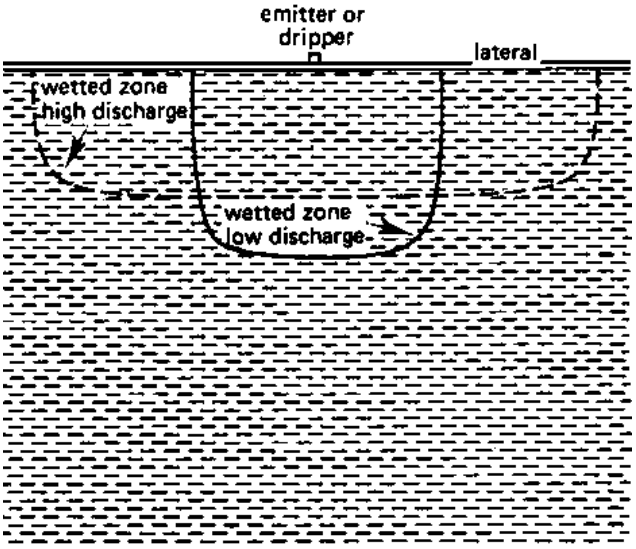

Figura 7: Rappresentazione della zona di bagnatura in un profilo di suolo argilloso.

L'irrigazione a goccia è un buon metodo di irrigazione nel caso di terreni argillosi (*Fig 7*), perché permette all'acqua, erogata con portate minori, di infiltrarsi senza creare ristagni e creare un profilo di bagnatura espanso orizzontalmente rispetto al terreno, che possa interessare l'area esplorata dalle radici.

L'impianto (*Fig 8*) è collegato ad una centralina di programmazione, da cui possono essere automatizzate le operazioni di annaffiatura. Consente di programmare orari di irrigazione indipendenti per aree diverse, basati sulle esigenze di irrigazione specifiche di ciascuna area. I programmi possono essere impostati per irrigare in giorni a scelta della settimana, in giorni pari o dispari secondo il calendario o a intervalli personalizzati, consentendo così una maggiore flessibilità e controllo degli orari di irrigazione. La centralina è collegata a sua volta ad una sonda posta in campo che rileva l'umidità ad una data profondità.

La linea primaria di tubazioni raggiunge il punto di raccordo, dal quale, attraverso il gruppo valvole, si dipartono le linee secondarie di adduzione. È presente a monte dell'impianto una valvola generale a chiusura manuale utile in caso di rotture, per la chiusura tempestiva dell'impianto.

L'impianto consta di due linee di tubazioni, ognuna delle quali ha una lunghezza totale di 250 m, distribuita nei 3 blocchi:

-linea 1 Irrigazione

-linea 2 fertirrigazione

Figura 8: Impianto di irrigazione e fertirrigazione a goccia.

Le tubazioni all'interno della singola parcella passano nell'inter-fila, trascurando il bordo della parcella, per cui le due file centrali di piantine, quelle su cui viene effettuato il campionamento,

ricevono acqua da entrambi i lati, mentre le due file laterali ricevono acqua solo dal lato più interno. Le irrigazioni sono state effettuate con cadenza settimanale, e comunque tenendo conto del regime pluviometrico e del livello di umidità del terreno monitorato in continuo dalla sonda (Tabella 3). Lungo queste tubazioni sono presenti 5 ugelli/m, con una portata di $2lh^{-1}$, per un totale di 1250 ugelli e una portata totale di 2500 lh^{-1}.

La durata delle annaffiature è stata di 90 minuti. Dai dati sopradescritti otteniamo un volume di acqua pari a 3750 l, distribuito sui tre quarti della parcella, considerando che le file più esterne ricevo meno acqua. Dividendo il volume totale di acqua per l'area soggetta all'irrigazione, considerando che ogni linea di tubazioni interessa le parcelle con lo stesso tipo di trattamento nelle tre repliche (pari a $40m^2$ x 3 x 0,75 = 90 m^2), otteniamo il volume somministrato sull'unità di superficie, pari a 41,6 l m^{-2}. Considerando una fittezza attesa di 9,8 piante m^{-2}, la quantità somministrata per pianta è stata pari a 4,22 litri $pianta^{-1}$, equivalente a circa 4 mm.

La fertirrigazione è stata effettuata con concime universale "Solabiol", consentito in sistemi di agricoltura biologica, con una dose di 0,5 l diluita su 20 l di acqua ad ogni fertirrigazione.

Composizione concime universale "Solabiol":

N = 1,5%

C = 10%

pH = 6,4%

S.O. pmol<50 kDa = 30%

La concimazione, anch'essa distribuita su tre quarti della parcella, è stata pari a 25 Kg_N $ha^{-1.}$

Tabella 3: Calendario delle irrigazioni e fertirrigazioni nella stagione vegetativa 2020

Data	Tipologia
07/04/2020	Irrigazione
09/04/2020	Irrigazione
10/04/2020	Irrigazione
	Fertirrigazione
17/04/2020	Irrigazione
	Fertirrigazione
05/05/2020	Irrigazione
18/05/2020	Irrigazione
	Fertirrigazione
26/05/2020	Irrigazione
	Fertirrigazione

2.6 Pacciamatura

Come metodo diretto per il controllo della crescita delle erbe indesiderate nell'impianto è stato disposto uno spesso telo pacciamante in juta di cocco (Fig 9) di densità pari a 0,8 kg/m2. Questo permette anche di proteggere e limitare l'evaporazione dagli strati superficiali di suolo. La scelta del telo in fibre naturali è derivata dall'intenzione di creare un sistema di coltivazione che non solo sia in linea con i principi biologici e che tuteli la biodiversità, ma che possa anche essere ben integrato a livello estetico con l'ambiente circostante.
I teli sono stati stesi, una volta installato l'impianto di irrigazione, facendoli srotolare sopra i blocchi da monte verso valle e sono poi stati fissati con dei bocchi di cemento per evitarne lo spostamento in caso di vento forte.

Figura 9: Telo pacciamante in fibra naturale (juta di cocco) disposto al di sopra delle tubature del sistema di irrigazione. Fase preparatoria pre impianto.

2.7 Germoplasma

I semi delle piantine di finocchio marino sono stati prelevati da piante selezionate cresciute nel loro habitat naturale, lungo la costa tra il comune di Porto Recanati (MC) e la località di Portonovo (AN), nell'areale del Parco Regionale del Conero
I semi sono poi stati caratterizzati e conservati nella Banca del Seme dell'Orto Botanico di Gallignano (Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali dell'Università Politecnica delle Marche). Si tratta dunque di germoplasma di varietà locali di *Crithmum maritimum L.*, ben adattate alle condizioni pedo-climatiche degli ambienti collinari litoranei lungo il versante adriatico anconetano.

2.8 Semina e diradamento

La semina è stata effettuata nell'Orto Botanico di Gallignano (Tabella 4) in vasetti su substrato di coltivazione composto da ammendanti consentiti in agricoltura biologica, costituito da torba e fibra di legno con le caratteristiche riportate di seguito:

- Componenti: torba + fibra di legno
- pH (in H_2O) = 6,0
- C.E. = 0,55 dSm^{-1}
- Densità apparente secca = 140 kg m^{-3}
- Porosità totale = 85% VV^{-1}

Per ogni vasetto sono stati posti 3-4 semi equidistanti tra loro, per un totale di 600 vasetti. I vasetti sono stati posti sotto un telo ombreggiante su diversi plateau.

Dopo la loro germinazione sono stati diradati (Fig 10, a sinistra) (Tabella 4) in nuovi vasetti con substrato di coltivazione umidificato, posizionando una plantula su ogni vasetto, ottenendo un totale di circa 2400 piantine. I vasetti sono poi rimasti all'interno dei plateau (Fig10, a destra) fino al momento del trapianto in campo. Nel periodo della crescita in vasetto sono stati periodicamente annaffiati mantenendo adeguata l'umidità del substrato e garantendo un corretto sviluppo dell'apparato radicale.

Figura 10: A sinistra: Particolare di una piantina diradata in un vasetto. A destra: Piantine da diradare posizionate sui plateau, in cui sono state riposte, una volta diradate, fino al trapianto in campo

Tabella 4: Calendario in cui sono state svolte le operazioni di semina e diradamento presso l'Orto Botanico di Gallignano

Operazione	Data
Semina	10/05/2019
	16/05/2019
	17/05/2019
	23/05/2019
	24/05/2019
Diradamento	5/09/2019
	12/09/2019
	13/09/2019
	17/09/2019
	18/09/2019

2.9 Trapianto

Le piantine sono state trapiantate una volta raggiunto lo stadio 3°-4° foglia vera.

Le piante sono state trasportate dall'Orto botanico di Gallignano presso l'azienda "Paccasassi del Conero" il giorno stesso del trapianto.

Il trapianto è stato effettuato posizionando in campo le singole piantine con il substrato di crescita, privandole del vasetto.

Mentre alcuni operatori provvedevano ad effettuare dei tagli a croce sul telo pacciamante con dei cutters, a distanze fisse stabilite secondo il sesto d'impianto *(Fig 11, a sinistra)* e segnalate opportunatamente con delle corde tirate, altri si incaricavano di posizionarvi le piantine, precedentemente innaffiate *(Fig 11, a destra).*

Figura 11: Foto scattate il giorno del trapianto. A sinistra si osserva un particolare del sesto di impianto (0,45m x 0,45). Le file sono segnalate dalle corde messe in tensione lungo la parcella. Sulle corde e è stata segnala la distanza di 0,45 m per indicare la distanza intrafila. A destra gli operatori che provvedono al taglio del telo e al posizionamento della piantina in terra.

Essendo il telo di juta di cocco abbastanza spesso, gli operatori dovevano strappare a mano in coincidenza dei tagli a croce, sollevare i lembi delle croci, fare un piccolo solco nel terreno, posizionarvi la piantina, posizionare parte del terriccio residuo al di sopra di essa, compattare leggermente in superficie per far aderire bene le radici al terreno e richiudere i lembi intorno alla base della piantina, privando le possibili ed eventuali erbe infestanti della luce e limitandone la germinazione *(Fig 12; Fig 13).*

Figura 12: Particolare di una piantina trapiantata.

Figura 13: Foto scattata a trapianto ultimato, vista verso Nord.

2.10 Controllo infestanti

Il controllo delle erbe infestanti è stato effettuato principalmente con l'utilizzo dello spesso telo pacciamante, in secondo luogo con l'intervento di rimozione manuale delle erbe infestanti. Questa operazione è stata di primaria importanza soprattutto nella fase iniziale di crescita delle piantine di *C. maritimum L.*, in quanto queste ultime appena trapiantate difficilmente potevano competere con la vigoria della flora infestante (principalmente da graminacee) che, nonostante la presenza del telo, era riuscite a germinare nei mesi di Marzo, Aprile e Maggio (Fig 14).

Figura 14: Particolare delle graminacee che sono germinate in corrispondenza dei buchi effettuati sul telo di juta in cui sono state trapiantate le giovani piantine di Crithmum maritimum L.

La scerbatura è stata effettuata con un coltello, eliminando le piante indesiderate con un taglio al di sotto del colletto, così da asportare anche l'apparato radicale. Questa operazione deve cercare di essere meno invasiva possibile per la pianta coltivata, evitando il compattamento delle zone circostanti., soprattutto per via della natura del substrato, tendenzialmente plastico e soggetto al compattamento.

Inoltre, le condizioni climatiche influenzano il numero di interventi: in stagioni estive particolarmente piovose, come nei mesi di giugno e luglio 2020, è necessaria una gestione continua.

La flora infestante riscontrata comprende le seguenti specie:

• *Cirsium arvenses*: ha un'alta capacità di generare gemme avventizie da pezzi di radice;

• *Coniza canadensis*: insieme a *Cirsium arvenses* e alle graminacee produce una grande quantità di seme che può essere trasportato dal vento;

• *Convolvolus ardensis*: ricaccia di continuo e tende a nascondersi sotto il telo pacciamante;

• *Rumex spp*.: pianta fittonante e tenace, difficile da controllare;

• *Daucus carota*;

• *Epilobium* spp;

• *Cicoria intibus*;

• *Plantago major*;

• *Equisetum arvenses*;

• *Soncus asper*;

• *Avena sativa*;

• *Cynodon dactylon*;

2.11 Fenologia

Data la mancanza in letteratura scientifica di una scala fenologica per *Crithmum maritimum* L., lo sviluppo della pianta è stata studiata seguendo l'approccio della BBCH *scale* (Hack et al., 1992) in base al crescente numero di foglie completamente espanse presenti sulla pianta al momento dei rilievi fenologici, avvenuti tra giugno a fine luglio.

Sono state selezionate in maniera random cinque piante campione in tre aree di saggio (denominate "Monte", "Centro" e "Valle") per ogni trattamento nelle tre repliche.

2.12 Raccolta

La raccolta delle foglie e dei germogli coltivati dall'azienda "Paccasassi del Conero" avviene da fine maggio a fine luglio, quando vengono raggiunti il periodo balsamico e i parametri di idoneità alla raccolta. Data la scarsità di dati in letteratura scientifica riguardo il periodo più adatto alla raccolta per la trasformazione alimentare, questa fase in campo deriva dal *know-how* dell'azienda "Paccasassi del Conero" e anche grazie alle prove effettuate in laboratorio da parte dell'azienda "Rinci srl".

In particolare, si fa riferimento a caratteristiche fenotipiche come:

- colore della cuticola e il contenuto in cere;
- consistenza al tatto;
- profilo aromatico specifico per il tipo di destinazione alimentare (prodotto intero sott'olio, trasformato in salse, pesti, ecc).

Il raggiungimento di questi parametri coincide con il periodo subito antecedente alla fioritura. Secondo uno studio condotto in Croazia, al fine di fornire informazioni utili per l'utilizzo di *C. maritimum L.* a fini farmaceutici, risulta che il contenuto di fenoli biologicamente attivi e la frazione flavonoica siano più alti nei campioni raccolti subito prima della fioritura (Fig. 15)(Generalić Mekinić et al., 2018).

Altri autori confermano risultati simili (Maleš et al., 2003), oltre ad affermare l'importanza dei fattori ambientali che caratterizzano l'habitat e della fase di sviluppo vegetativo (Meot Duros and Magné, 2009).

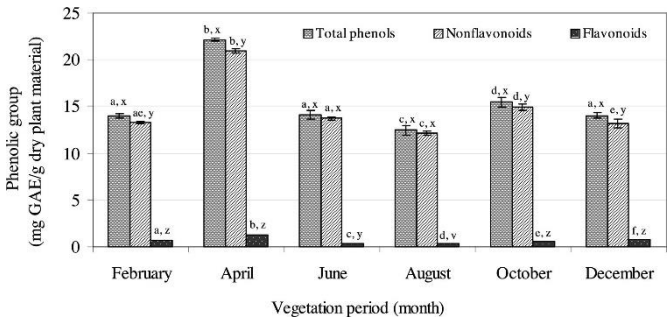

Figura 15: grafico rappresentativo dei risulti ottenuti dal lavoro di Generalić Mekinić e degli altri autori. Si osserva una più alta concentrazione di fenoli nel mese di aprile, coincidente con il periodo in pre-fioritura. Anche la frazione flavonoica è più alta rispetto ai campioni raccolti negli altri stadi vegetativi.

Non avendo a disposizione ulteriori informazioni in letteratura scientifica riguardo la fase fenologica idonea alla raccolta, ci siamo attenuti a questi indici, effettuando la raccolta in pre-fioritura.

La raccolta deve essere effettuata dalle prime ore del mattino (intorno alle 5.30) per poter approfittare della freschezza mattutina, ed evitare le ore troppo calde, in cui la traspirazione da parte della pianta sarebbe troppo elevata, andando a incidere sulla % di umidità del raccolto. Inoltre, la pianta presenta una certa turgidità nelle ore mattutine che è osservabile al distacco netto della foglia dalla pianta, caratteristica che poi scompare nelle ore più calde per via della traspirazione.

All'interno di ogni parcella, ed in particolare nelle due file centrali, in 3 aree di saggio (denominate "Monte", "Centro", "Valle"), in ognuna delle quali sono stati individuati cinque campioni rappresentativi selezionati in maniera random.

Una volta individuati i campioni è stata effettuata la raccolta delle foglie, distaccando manualmente le foglie dal fusto.

Non è stata effettuata una selezione per quanto riguarda il calibro commerciale (Fig 16), cosa che avviene invece nel caso di raccolta per la trasformazione alimentare, per agevolare le successive operazioni in laboratorio e rendere nel complesso più efficiente e funzionale il processo di trasformazione.

Figura 16: Dettaglio di una foglia di finocchio marino. La foglia visibile nell'immagine rappresenta il calibro commerciale per il processo di trasformazione alimentare.

Sono state raccolte tutte le foglie completamente espanse presenti sui campioni selezionati, ad esclusione delle foglie danneggiate, malate o senescenti.

Le foglie raccolte su ogni campione sono state poste all'interno di sacchetti di carta etichettati. Tutti i campioni della stessa parcella sono stati posti a loro volta all'interno di buste di plastica onde evitare gli scambi gassosi e il conseguente appassimento, e stoccati in campo in una zona ombreggiata. Una volta terminata la raccolta sono stati trasportati all'azienda Agraria Didattico-Sperimentale "Pasquale Rosati" per il loro stoccaggio nei freezer.

2.13 Variabili misurate

2.13.1 *Densità osservata e recupero fallanze*

Successivamente alla fase di attecchimento, nel mese di marzo, è stato eseguito un controllo della densità reale dell'impianto, per valutare un'eventuale differenza in termini di percentuale di attecchimento nei tre trattamenti e ottimizzare la stima dei risultati produttivi espressi in t ha^{-1}, recuperando eventuali fallanze. A tale scopo sono state contate le piante presenti ai lati di una fettuccia lunga 10 metri posizionata casualmente nel centro dell'inter-fila nell'ambito di ogni trattamento nei tre diversi blocchi. La densità osservata per ogni trattamento è stata quindi ottenuta con la seguente formula.

$$Densità\ osservata = \frac{piante\ dx + piante\ sx}{4{,}5\ m^2}$$

Dove:

- piante dx e piante sx sono rispettivamente le piante che si trovano a destra e a sinistra della fettuccia;
- 4,5 m^2 è l'area su cui vengono contate le piante, data dalla lunghezza della fettuccia e dalla distanza inter-fila del sesto di impianto.

I risultati ottenuti nell'ambito di ogni trattamento sono stati mediati onde valutare le differenze nell'insediamento delle piantine sottoposte a diverse gestioni del terreno, quindi confrontando principalmente l'effetto dell'irrigazione nella fase post trapianto con il trattamento in asciutto.

Le fallanze osservate sono state recuperate trapiantando ulteriori piantine, per riportare il valore della densità osservata a equiparare quello della densità attesa, al fine di avere dei valori in termine di rese produttive (t ha^{-1}) confrontabili nei diversi trattamenti. La prova è stata monitorata nei mesi succisivi per verificare eventuali nuove fallanze.

2.13.2 *Produzione unitaria osservata di biomassa fresca*

È stata valutata la produzione della singola pianta (g pianta^{-1}) pesando il campione fresco all'interno del sacchetto di carta con una bilancia di precisione, ottenendo il peso lordo. Sono stati pesati anche cinque sacchetti di carta vuoti e i risultati ottenuti sono stati mediati, ottenendo il valore della tara.

Il peso netto fresco è stato quindi ottenuto effettuando la differenza tra peso lordo e tara.

All'interno di ogni parcella è stata individuata la media delle produzioni dei singoli campioni. Questa è stata mediata a sua volta con le medie ottenute dalle altre parcelle nell'ambito dello stesso trattamento e ne è stata individuata la deviazione standard. Il risultato è stato confrontato con gli altri trattamenti.

2.13.3 *Produzione unitaria di biomassa secca*

I campioni sono stati sottoposti ad essiccazione in stufa a 105°C per 48 h per ottenere la % di sostanza secca. Una volta terminato il processo di essiccazione i campioni sono stati prelevati dalla stufa uno alla volta e pesati con una bilancia di precisione, richiudendo la stufa subito dopo aver prelevato il campione, in modo tale da evitare che potessero riassorbire umidità.

Unitamente ai campioni sono stati messi in stufa cinque sacchetti di carta, i quali, come i campioni, sono stati pesati uno alla volta. I valori ottenuti sono stati mediati per ottenere il peso della tara.

Il peso netto dei campioni secchi è stato ottenuto facendo la differenza tra il peso lordo dei campioni essiccati e la tara.

2.13.4 *Produzione totale*

La produzione ad ettaro per ogni trattamento è stata ottenuta a partire dalla produzione fresca unitaria media, considerando la densità reale dell'impianto, prima e dopo il recupero delle fallanze.

La resa ad ettaro è stata quindi ottenuta con la seguente formula

$$Produzione\ totale = \frac{produzione\ unitaria\ \times densità\ reale}{10^6}$$

Dove

- Produzione totale viene espressa in t ha^{-1};

- Produzione unitaria è la produzione media per pianto per ogni tipo trattamento ed è espressa in g pianta $^{-1}$;
- Densità reale è il numero di piante ad ettaro n. piante ha^{-1};
- 10^6 è il fattore di conversione da grammi a tonnellate.

È stata eseguita poi la media e deviazione standard delle produzioni totali delle parcelle nell'ambito dello stesso trattamento e confrontate con i risultati degli altri trattamenti.

2.14 Analisi statistica

Tutte le analisi statistiche sono state eseguite con il software statistico R (R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing* 2019, Vienna, Austria.). Generalmente ogni analisi si basa su un modello biologicamente rilevante e su ipotesi realistiche (Onofri, A.; Seddaiu, G.; Piepho, HP. Long-Term Experiments with cropping systems: Case studies on data analysis. *Eur J Agron*. 2016, *77*, 223-235.). L'analisi delle variabili produttive e fenologiche ha seguito la procedura GLM (modello lineare generalizzato) che consente di eseguire l'ANOVA (analisi della varianza): con l'Analisi della Varianza abbiamo verificato che il modello fattoriale completo soddisfacesse le tre ipotesi dell'ANOVA. La distribuzione della normalità del modello residuo è stata verificata sia graficamente (QQ-plot) che eseguendo il test di normalità di Shapiro-Wilk. Inoltre, l'omoscedasticità è stata verificata utilizzando il test di Levene. L'ultima ipotesi ANOVA è stata soddisfatta dal disegno sperimentale e dal campionamento casuale.

Capitolo 3: RISULTATI E DISCUSSIONE

3.1 Andamento termopluviometrico

I dati meteo riportati nella figura 17 sono stati forniti dall'ASSAM (Agenzia Servizi al Settore Agroalimentare delle Marche) e riguardano i rilevamenti effettuati dalla stazione agrometeorologica di Agugliano, AN (43°32'N, 13°22'E, altitudine: 140 m s.l.m **)**, a 13 Km di distanza in linea d'aria dal sito di sperimentazione. E' stato così possibile effettuare un confronto dell'andamento termo-pluviometrico della stagione vegetativa 2020 di C.maritimum L. con la serie storica di dati che si riferisce agli anni 1998-2016.

In riferimento alle precipitazioni, osserviamo che il totale delle precipitazioni (mm) nella stagione vegetativa 2020 presa in esame in questa tesi di laurea (da marzo a settembre), e che coincide con il periodo di sviluppo vegetativo e fioritura di *Crithmum maritimum L.*, risulta minore rispetto al totale delle precipitazioni riferito allo stesso periodo nella serie storica, rispettivamente pari a 337,4 mm e 463,3 mm, circa il 27% in meno. In particolare, si osservano dal grafico (Figura 17) precipitazioni particolarmente ridotte rispetto la media storica nei mesi di Maggio (37,26 mm nel 2020 contro i 60 mm nel 1998-2016) e Luglio 2020, con 25 mm in meno rispetto alla media delle precipitazioni registrate tra il 1998 e il 2016. L'unico mese in cui non si sono riscontrate grandi differenze in termini pluviometrici è stato il mese di Giugno 2020.

La riduzione delle precipitazioni coincide con un tendente aumento della temperatura media mensile nel 2020, a partire dal mese di maggio fino al mese di settembre, in riferimento ai dati relativi alle temperature dal 1998 al 2016. Nel mese di luglio si è registrata una temperatura media superiore di 2,2°C (rispetto a 22°C nel 1998.2016) in corrispondenza di una ridotta piovosità mensile, così come nel mese di Agosto (3°C in più e 20 mm in meno di precipitazioni rispetto al 1998-2016).

Si sono registrate temperature massime generalmente più alte nei mesi di Aprile (19,7°C nel 2020; 18,1 °C nel 1998-2016), Maggio (23,6°C nel 2020; 22,8 °C nel 1998-2016), Giugno (26,3 °C nel 2020; 25 °C nel 1998-2016).

Le temperature minime, come riscontrabile nella tabella 5, sono state più alte nei mesi di Maggio, Giugno, Luglio e Agosto.

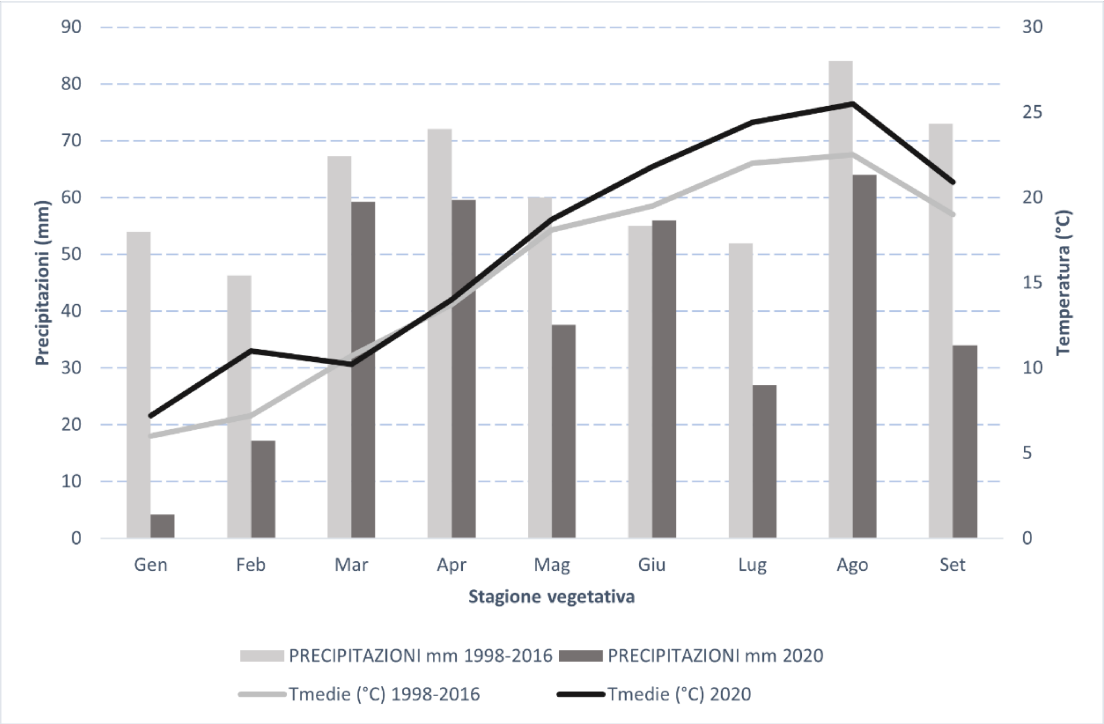

Figura 17: Andamento termico e delle precipitazioni nella stagione vegetativa 2020 a confronto con la serie storia 1998-2016.

3.2 Fenologia

Dai rilevamenti fenologici effettuati tra Giugno e Luglio 2020 (Tabella 5) è emerso che nel periodo tra il primo rilevamento (effettuato nel 16 Giugno 2020) e il secondo (14 Luglio 2020) lo sviluppo vegetativo, in termini di numero di foglie totale presenti sulla pianta, è stato ridotto rispetto a quanto riscontrato nell'intervallo di tempo tra il secondo e il terzo rilevamento (29 Luglio 2020), eseguito in preraccolta nel momento in cui le piante avevano raggiunto il massimo sviluppo fogliare prefioritura.

Questa rallentata crescita nel periodo tra giugno e luglio può essere dovuta ad una fase di ambientamento delle piante alle nuove condizioni di crescita nella fase post trapianto.

Di fatto, le piantine avevano sviluppato il loro apparato radicale all'interno del substrato di coltivazione in vaso nei mesi che hanno preceduto il loro trapianto. La presenza di un terreno argilloso e poco ospitale, se confrontato con il substrato di coltivazione in vaso, e le temperature nei primi mesi post trapianto possono aver condizionato l'esplorazione da parte

delle radici delle porzioni di suolo prossime al panetto con cui le piante sono state trapiantate, rallentandone consecutivamente anche la crescita dell'apparato fogliare.

Tabella 5: Risultati dei rilevamenti fenologici eseguiti durante lo sviluppo vegetativo (viene indicato il numero di foglie espanse ± dev. St.)

	1° RF	**2° RF**	**3° RF**
Data	**16/06/2020**	**14/07/2020**	**28/07/2020**
Trattamento			
CT [(1)]	12 (±1) a	16 (±3) b	29 (±4) b
IR [(2)]	12 (±2) a	22 (±4) a	35(±2) a
FR [(3)]	14 (±2) a	20 (±2) a	39 (±2) a

[Nell'ambito della stessa variabile le medie seguite da lettera diversa sono risultate significativamente differenti con P≤0,05 %.] RF = rilevamento fenologico.

[1] *Trattamento di controllo (in asciutto non fertilizzato)*

[2] *Trattamento irrigato (41,6 l Pt^{-1})*

[3] *Trattamento fertirrigato (25 Kg_N ha^{-1})*

In riferimento al primo rilevamento non si sono quindi riscontrate differenze significative tra i tre diversi trattamenti (Fertirrigato, Irrigato, in asciutto non fertilizzato), in quanto tutte le piantine erano probabilmente nella fase iniziale di sviluppo fogliare (Fig. 18).

Figura 18: 1° Rilevamento fenologico (16 Giugno 2020). FR = fertirrigato; IR = irrigato; CT = controllo.

Nell'ambito del secondo rilevamento (Fig. 19) si è osservata una crescita fogliare leggermente più accentuata nell'irrigato e nel fertirrigato rispetto al controllo, differenza che si è manifestata anche nell'ultimo rilevamento (35 e 39 foglie rispettivamente nell'irrigato e fertirrigato, 29 foglie nel controllo) (Fig. 20).

Figura 19 : 2° Rilevamento fenologico (14 Luglio 2020). Particolare del trattamento "Irrigato".

Nel terzo rilevamento fenologico *(Fig. 20)* si è osservata anche una certa differenza morfologica delle piante rispetto al precedente rilevamento *(Fig. 19),* in quanto le piante iniziavano ad assumere una forma più espansa ed allungata, *(Fig. 20),* dovuta all'avvicinarsi della fase della fioritura e quindi all'allungamento del tralcio fiorale. In alcuni casi si è osservata una riduzione della grandezza e del numero delle foglie lungo gli steli che avevano iniziato ad allungarsi.

Da questi parametri è stato definito il raggiungimento del periodo ideale di raccolta, ovvero il periodo in cui la pianta ha raggiunto il massimo sviluppo fogliare in relazione alla fase di fioritura.

Figura 20: 3° Rilevamento fenologico (28 Luglio 2020). FR = Fertirrigato; IR = irrigato; CT = controllo

3.3 Variabili misurate

3.3.1 *Densità reale e recupero fallanze*

Dalla verifica effettuata in campo a marzo non sono state rilevate perdite significative. Le fallanze individuate sono state tempestivamente recuperate con il trapianto di ulteriori piantine (Fig.21) seminate preventivamente, per riportare il dato della densità totale osservata (Tabella 6) pari a quello della densità attesa, 98000 pt ha^{-1}.

Tabella 6 : Densità specifica (Pt m^{-2}) e totale (Pt ha^{-1}) osservata e attesa

Densità specifica osservata (Pt m^{-2})	**Densità totale osservata** (Pt ha^{-1})	**Densità specifica attesa** (Pt m^{-2})	**Densita totale attesa** (Pt ha^{-1})	**Fallanze** (Pt)
9,6 (± 0,2)	96000 (±1732)	9,8	98000	2000

Pt = piante

Figura 21: Piantine da trapiantare per il recupero delle fallanze.

Le repliche sono state monitorate nei mesi successivi, fino al completo affrancamento e ambientamento delle piante alle nuove condizioni di crescita.

Non sono state riscontrate ulteriori perdite, dato che ci conferma la buona capacità di queste specie di adattarsi alle condizioni pedo climatiche dell'ambiente in cui è stato effettuato l'impianto, nonostante la tipologia di suolo, argilloso destrutturato, non rappresenti il substrato

di crescita ideale per questa specie, che predilige condizioni xeriche rispetto a condizioni di elevata umidità del suolo. Infatti, in condizioni naturali, cresce su terreni con tessitura sabbiosa e con macroporosità elevata, caratterizzati da buone condizioni drenanti, come spiagge e pareti rocciose.

Figura 22: Foto scattata durante il monitoraggio nel mese di maggio.

Figura 23: Particolare di una piantina affrancata.

3.3.2 *Produzione di biomassa unitaria e totale*

Dal campionamento a cui sono state sottoposte le piante è emerso che i trattamenti "Fertirrigato" e "Irrigato" non hanno manifestato grandi differenze in termini di produzione unitaria di biomassa fresca (g Pt^{-1}), che si aggira tra i 112,1 g Pt^{-1} e i 120 (g Pt^{-1}) di media, con deviazioni standard abbastanza elevate (± 18,6 nel caso di "Irrigato" e ± 17,5 per il

"Fertirrigato"), come riscontrabile nella tabella 7. La produzione unitaria di biomassa fresca del controllo è stata più ridotta, circa 83 (g Pt^{-1}), con scostamenti dei risultati ottenuti dalla media ancor più elevati rispetto ai due trattamenti precedenti. La produzione ad ettaro di biomassa fresca riscontrata è stata di 8 t ha^{-1} per il controllo, 11,1 t ha^{-1} per il trattamento "Irrigato" e 11,8 t ha^{-1} per il trattamento "Fertirrigato", dimostrando una differenza significativa in termini di produzione tra il primo e gli ultimi due.

Tabella 7: Produzione di biomassa unitaria (g Pt^{-1}) e totale (t ha^{-1})

T	BFU (g Pt^{-1})	BFT (t ha^{-1})	BSU (g Pt^{-1})	BST (t ha^{-1})	UMIDITÀ (%)
CT[1]	82, 9 (± 26,5) b	8,0 (± 2,6) b	12,7 (± 1,6) b	1,2 (± 0,1) b	84,7 a
IR[2]	112,1 (± 18,6) a	11,1 (± 1,8) a	18,2 (± 2,9) a	1,8 (± 0,3) a	83,8 a
FR[3]	120,0 (± 17,5) a	11,8 (± 1,7) a	20,1 (± 3,1) a	2,0 (± 0,3) a	83,2 a
Media	105 (±19,5)	10,3 (± 2)	17 (± 3,8)	1,7 (±0,4)	83,9

[Nell'ambito della stessa variabile le medie seguite da lettera diversa sono risultate significativamente differenti con P≤0,05 %.] BFU = biomassa fresca unitaria, BFT = biomassa fresca totale, BSU = biomassa secca unitaria, BST = biomassa secca totale, Pt = pianta

[1] *Trattamento di controllo (in asciutto non irrigato)*

[2] *Trattamento irrigato (41,6 l Pt^{-1})*

[3] *Trattamento fertirrigato (25 Kg_N ha^{-1})*

La stessa affermazione è valida quando si osserva la quantità di biomassa secca prodotta, infatti la biomassa secca ad ettaro è maggiore nell'"Irrigato" e nel "Fertirrigato" (rispettivamente 1,8 (± 0,3) t ha^{-1} e 2,0 (± 0,3) t ha^{-1}) in confronto al controllo 1,2 (± 0,1) t ha^{-1}.

La differenza non significativa individuata tra Irrigato e Fertirrigato è dovuta probabilmente al fatto che la concimazione azotata apportata fosse di entità ridotta, non incrementando particolarmente lo sviluppo vegetativo (25 Kg ha^{-1}), oltre che a causa della difficoltà riscontrata per eseguire la fertirrigazione, dovuta alla coincidenza con l'emergenza sanitaria COVID. Un altro fattore che ha inciso sulla ridotta differenza in termini di fenologia, e quindi sui risultati delle variabili produttive misurate, tra i tre trattamenti può essere identificato nella giovinezza dell'impianto. Infatti, i dati sono stati raccolti nel primo anno del ciclo di vita della pianta, che è una specie perenne, nella fase immediatamente successiva al suo ambientamento in campo. Questo ha fatto sì che le piante non abbiano avuto tempo sufficiente per manifestare a pieno l'influenza dei diversi livelli di intensificazione adottati, avendo impiegato le proprie risorse per lo sviluppo dell'apparato radicale nella prima fase post trapianto. Nonostante ci sia una

differenza significativa in termini di produzione tra il controllo e gli altri due trattamenti a confronto, questa potrebbe essere più evidente nel campionamento al termine della seconda stagione vegetativa. Essendosi già adattata alle condizioni ambientali di crescita nel corso del primo anno, la pianta potrebbe impiegare tempestivamente le proprie risorse energetiche per lo sviluppo della parte aerea, allungando complessivamente l'intervallo di tempo che va dalla ripresa vegetativa alla fase di pieno sviluppo. Sarebbe necessario ripetere le analisi parallelamente all'avanzare dell'età anagrafica delle piante, per poter osservare la tendenza reale di crescita delle piante quando sottoposte alle tre tipologie di trattamenti.

Capitolo 4: CONCLUSIONI

In conclusione a quanto precedentemente argomentato riguardo la necessità di trovare delle soluzioni tempestive in grado di mitigare le conseguenze dei grandi cambiamenti mondiali, quali quello climatico e demografico, possiamo affermare che *Crithmum maritimum L.* risulta un buon candidato per poter contribuire ad implementare delle strategie di adattamento ai citati cambiamenti in diversi settori: agronomico, gastronomico, farmaceutico, socioculturale, bioedilizia,..

Crithmum maritimum L., facendo parte del gruppo delle alofite, è una pianta capace di svolgere il suo intero ciclo vegetativo anche se sottoposto a elevate pressioni ambientali e a condizioni che impedirebbero la vita alle altre specie vegetali, come condizioni di elevata salinità o elevati deficit idrici nel suolo. Questa sua capacità, unità alle caratteristiche organolettiche e alle sue già discusse proprietà benefiche per l'alimentazione umana, ne fanno una potenziale fonte di alimentazione anche nelle aree marginali, su suoli poco fertili o degradati, in vista della crescente scarsità di risorse che interesserà il pianeta negli anni futuri.

A livello agronomico rappresenta una pianta ideale per la creazione di sistemi colturali a basso impatto ambientale, che richiedano meno input e che svolgano contemporaneamente più funzioni, come ad esempio l'incremento e la tutela della biodiversità floristica e faunistica, una produzione agricola biologica e sostenibile, e la valorizzazione di suoli marginali altrimenti non utilizzabili a fini agricoli, solo per citarne alcuni.

Riferendosi all'area del bacino mediterraneo, *Crithmum maritimum L.* rappresenta anche un forte legame con le tradizioni culturali e gastronomiche dei nostri antenati. La conferma scientifica delle sue numerose proprietà alimentari e il crescente interesse da parte del consumatore nei confronti dei prodotti funzionali e ad alto livello nutritivo, ha permesso la sua riscoperta e diffusione tra gli abitanti dei luoghi in cui il finocchio marino cresce spontaneo, ma in cui la tradizione gastronomica era stata dimenticata. Questi fenomeni hanno quindi evitato la perdita di un bagaglio socioculturale di inestimabile valore.

Più in dettaglio, in ambito regionale e nazionale, si potrebbe valutare un suo inserimento nelle rotazioni colturali, permettendo una scelta più ampia per gli agricoltori e creando paesaggi rurali diversificati, comportando anche una maggiore resilienza degli agroecosistemi nei

confronti delle criticità affrontate dall'agricoltura moderna, quali resistenza ai patogeni, andamenti termo-pluviometrici di sempre più difficile previsione, scarsità delle risorse idriche, aumento del costo del gasolio e riduzione della manodopera disponibile.

Con la presente tesi di laurea si è voluto proporre un protocollo di coltivazione *di Crithmum maritimum L.* a partire da germoplasma locale e secondo i principi dell'agricoltura biologica, adatto agli ambienti collinari. Sono necessari ulteriori campagne di campionamenti per poter definire con precisione le rese agricole ottenibili dalla coltura sottoposta ai tre condizionamenti testati, e poter verificare l'effettiva validità di tale pianta come coltura agricola di reddito alternativa per gli agricoltori.

BIBLIOGRAFIA

Amini S, Ghadiri H, Chen C, Marschner P (2015). Salt-affected soils, reclamation, carbon dynamics, and biochar: a review. J Soils Sediments 16:939.

Atia A, Debez A, Zouhaier B, Pacini E, Abdelly C, Smaoui A (2010b). The mericarp of the halophyte *Crithmum maritimum* (Apiaceae): structural features, germination, and salt distribution. Biologia 65: 489-495.

Atia A, Barhoumi Z, Mokded R, Abdelly C, Smaoui A (2011). Enviromental eco-physiology and economical potential of the halophyte *Crithmum maritimum* L. (Apiaceae). J. of Med. Pl. Res. Vol. 5(16) pp. 3564-3571.

Atia A, Debez A, Barhoumi Z, Smaoui A, Abdelly C (2009). ABA, GA3, and nitrate may control seed germination of *Crithmum maritimum* (Apiaceae) under saline conditions. C. R. Biol., 2009 .332: 704–710.

Azeñas V, Janner I, Medrano H, Gulías J (2019). Evaluating the establishment performance of six native perennial Mediterranean species for use in extensive green roofs under water-limiting conditions. Urban Forestry & Urban Greening, 41: 158-169.

Azeñas V, Medrano H, Janner I, Gulías J (2018). Performance evaluation of five Mediterranean species to optimize ecosystem services of green roofs under water-limited conditions. Journal of Environmental Management, 212: 236-247.

Barreira L, Resek E, Rodrigues MJ, Rocha MI, Pereira H, Bandarra N, da Silva MM, Varela J, Custódio L (2017). Halophytes: Gourmet food with nutritional health benefits? Journal of Food Composition and Analysis, 59: 35-42.

Baumann N (2006). Ground-Nesting Birds on Green Roofs in Switzerland: Preliminary Observations. Urban Habitats, 4: 37– 50.

Ben Amor N, Ben Hamed K, Debez A, Grignon C, Abdelly C (2005). Physiological and antioxidant responses of the perennial halophyte *Crithmum maritimum* to salinity. Plant Science, 168: 889–899.

Ben Hamed K, Castagna A, Salem E, Ranieri A, Abdelly C (2007). Sea fennel *(Crithmum maritimum* L.) under salinity conditions: a comparison of leaf and root antioxidant responses. Plant Growth Regul., 53: 185– 194.

Benvenuti S, Bacci D (2010). Initial agronomic performances of Mediterranean xerophytes in simulated dry green roofs. Urban Ecosystems, 13: 349-363.

Bharucha Z, Pretty JN (2010). The role and values of wild foods in agricultural systems. Phil Trans Biol Sci, 365 (1554): 2913-26.

Biswas A, Biswas A (2014). Comprehensive approaches in rehabilitating salt affected soils: a review on Indian perspective. Open Trans Geosci 1(1): 13–24.

Brenneisen S (2006). Space for Urban Wildlife: Designing Green Roofs as Habitats in Switzerland. Urban Habitats, 4: 27– 36.

Buhmann A, Papenbrock J (2013). Biofiltering of aquaculture effluents by halophytic plants: Basic principles, current uses and future perspectives. Environmental and Experimental Botany, 92: 122– 133.

BUR n.49 del 18/06/2015

Carter T, Jackson CR (2007). Vegetated roofs for stormwater management at multiple spatial scales. Landscape and Urban Planning, 80: 84– 94.

Clark C, Adriaens P, Talbot FB (2008). Green Roof Valuation: A Probabilistic Economic Analysis of Environmental Benefits Environ. Sci. Technol., 42: 2155– 2161.

Cornara L, D'Arrigo C, Pioli F, Borghesi B, Bottino C, Patrone E, Mariotti MG (2009). Micromorphological investigation on the leale of the rocksamphire (*Crithmum maritimum L.*): occurrence of hesperidinand diosmin crystals. Plant Biosystems, 143: 283–292.

Cunsolo F, Ruberto G, Amico V, Piattelli M (1993). Bioactive metabolites from Sicilian marine fennel *Crithmum maritimum*. J. Nat. Prod., 56(9): 1598–1600.

Daoud S, Elbrik K, Tachbibi N, Bouqbis L, Brakez M, Harrouni MC (2016). The Potential Use of Halophytes for the Development of Marginal Dry Areas in Morocco. Halophytes for Food Security in Dry Lands. Academic Press, pp 141-156.

Davy AJ, Bishop GF, Costa CSB (2001). Biological flora of the British Isles: Salicornia L. (Salicornia pusilla J. Woods, S. ramosissima J. Woods, S. europaea L., S. obscura P.W. Ball & Tutin, S. nitens P.W. Ball & Tutin, S. fragilis P.W. Ball & Tutin and S. dolichostachya Moss). Journal of Ecology, 89: 681–707.

Del Giudice T, Pascucci S (2010). The Role of Consumer Acceptance in the Food Innovation Process: Young Consumer Perception of Functional Food in Italy. International Journal on Food System Dynamics, 2: 111-122.

Direttiva Habitat (92/43/CEE).

Ebert AW (2014). Potential of underutilized traditional vegetables and legume crops to contribute to food and nutritional security, income and more sustainable production systems. Sustainability 6(1):319–335.

EIP-AGRI (2013). Focus Group on Organic farming, Final report “Optimising yields” .

Epstein E, Norlyn JD, Rush DW, Kingsbury RW, Kelley DB, Cunningham GA, Wrona AF (1980). Saline culture of crops – a genetic approach. Science, 210:399–404.

Evelin H, Kapoor R, Giri B (2009). Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. Ann Bot 104: 1263–1280.

FAO (2009). Executive summary of the High-Level Expert Forum on “How to Feed the World in 2050”, 12-13 October 2009 FAO Headquarters, Rome Abdallah A, Debez A,

FAO (2017). The future of food and agriculture – Trends and challenges. Rome.

FAO (2019). The State of the World’s Biodiversity for Food and Agriculture, Bélanger J, Pilling D. FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Rome. 572 pp.

FAO (2011). The State of the World’s Land and Water. Resources for Food and Agriculture (SOLAW)— Managing Systems at Risk (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London).

FAO and ITPS (2015). Status of the World’s Soil Resources (SWSR) – Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy.

Flowers TJ (2004). Improving crop salt tolerance. Journal of Experimental Botany, 55: 307–319

Flowers TJ, Colmer TD (2008). Salinity tolerance in halophytes. New Phytologist, 179: 945–963.

Flowers TJ, Galal HK, Bromham L (2010). Evolution of halophytes: multiple origins of salt tolerance in land plant. Functional Plant Biology, 37: 604–612.

Flowers TJ, Hajibagheri MA, Clipson NJW (1986). Halophytes. Quarterly Review of Biology, 61: 313–337.

Flowers TJ, Yeo AR (1995). Breeding for salinity resistance in crop plants: where next? Australian Journal of Plant Physiology, 22: 875–884.

Franke W (1982). Vitamin C in Sea Fennel (*Crithmum maritimum*), an Edible Wild Plant. New York Botanical Garden. Bronx, NY. Economic Botany, 36(2), pp. 163-165.

Generalić Mekinić I, Blažević I, Mudnić I, Burčul F, Grga M, Skroza D, Jerčić I, Ljubenkov I, Boban M, Miloš M, Katalinić V (2016). Sea fennel (*Crithmum maritimum*

L.): phytochemical profile, antioxidative, cholinesterase inhibitory and vasodilatory activity. J. Food. Sci. Technol., 53(7): 3104-3112.

Generalić Mekinić I, Šimat V, Ljubenkov I, Burčul F, Grga M, Mihajlovski M, Lončar R, Katalinić V,Skroza D (2018). Influence of the vegetation period on sea fennel*, Crithmum maritimum L.* (Apiaceae), phenolic composition, antioxidant and anticholinesterase activities; Industrial Crops and Products, 124: 947 – 953.7

Getter KL, Rowe DB (2006). The role of extensive green roofs in sustainable development. HortScience, 41 (5): 1276– 1285.

Getter KL, Rowe DB, Robertson GP, Cregg BM, Andresen JA, (2009). Carbon sequestration potential of extensive green roofs. Environ. Sci. Technol. 43: 7564-7570.

Giri B, Varma A (2019). Microorganisms in Saline Environments: Strategies and Functions. Soil Biology, 56.

Glenn E, Anday T, Chaturvedi R, Martinez GR, Pearlstein S, Soliz D, Nelson S, Felger R (2013). Three halophytes for saline-water agriculture: An oilseed, a forage and a grain crop. Environmental and Experimental Botany, 92: 110–121.

Glenn E, Brown J, Blumwald E (1999). Salt Tolerance and Crop Potential of Halophytes. Critical Reviews in Plant Sciences, 18. 227-255.

Guarrera PM, Salerno G, Caneva G (2006). Food, flavouring and feed plant traditions in the Tyrrhenian sector of Basilicata, Italy. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine 2(1): 37.

Guil-Guerrero JL, Rodríguez-García I (1999). Lipids classes, fatty acids and carotenes of the leaves of six edible wild plants. European Food Research and Technology, 209, pp. 313-316.

Gulías J, Seddaiu G, Cifre J, Salis M, Ledda L, (2012). Leaf and plant water use efficiency in cocksfoot and tall fescue accessions under differing soil water avail- ability. Crop Sci. 52: 2321–2331.

Hack, H., H. Bleiholder, L. Buhr., U. Meier, U. Schnock-Fricke, E. Weber and A. Witzenberger, (1992). Einheitliche Codierung der phanologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pfl anzen - Erweiterte BBCH-Skala, Allgemein. Nachrichtenbl. Deut. Pfl anzenschutzd. 44: 265-270.

Hadjichambis ACH, Paraskeva-Hadjichambi D, Della A, Giusti ME, De Pasquale C, Lenzarini C et al (2008) Wild and semidomesticated food plant consumption in seven circum-Mediterranean areas. Int J Food Sci Nutr, 59: 383–414.

Hamed KB, Debez A, Chibani F, Abdelly C (2004). Salt response of *Crithmum maritimum*, an oleagineous halophyte. Trop. Ecol., 45: 151–159.

Hanay A, Büyüksönmez F, Kiziloglu FM, Canbolat MY (2014). Reclamation of saline-sodic soils with gypsum and MSW compost. Compost Sci Util 12(2): 175–179.

Jarrett AR, Berghage RD (2008). Annual and individual green roof stormwater response models. Proceedings of the 6th North American Green Roof Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities, Baltimore, MD; The Cardinal Group: Toronto.

Kosareo L, Ries R (2007). Comparative environmental life cycle assessment of green roofs Build. Environ, 42: 2606– 2613.

Koyro HW, Khan MA, Lieth H (2011). Halophytic crops: A resource for the future to reduce the water crisis? Emirates Journal of Food and Agriculture, 23(1):1-16.

Kristin L, Getter D, Rowe B, Robertson GP, Cregg BM, Jeffrey A (2009). Andresen Carbon Sequestration Potential of Extensive Green Roofs . Environmental Science & Technology, 43 (19), 7564-7570.

Laudicina V, Hurtado M, Badalucco L, Delgado A, Palazzolo E, Panno M (2009). Soil chemical and biochemical properties of a salt-marsh alluvial Spanish area after long-term reclamation. Biol Fertil Soils 45:691–700.

Lieth H (2000). Cashcrop halophytes for future halophyte growers. EU concerted action project IC 18CT96-0055, final meeting at the beginning of the EXPO 2000. Institute of Environmental Systems Research, University of Osnabrück, Germany. ISSN 09336-3114, No. 20.

Lutts S, Lefe‘vre I, Delpe′re′e C, Kivits S, Dechamps C, Robledo A, Correal E, (2004). Heavy metal accumulation by the halophyte species Mediterranean saltbush. Journal of Environmental Quality, 33: 1271–1279.

MacIvor JS, Lundholm J (2011). Performance evaluation of native plants suited to extensive green roof conditions in a maritime climate. Ecol. Eng. 37: 407–417.

Maggio A, De Pascale S, Fagnano M, Barbieri G (2011). Saline agriculture in Mediterranean environments. Italian Journal of Agronomy, 6: 36–43.

Manousaki E, Kalogerakis N, (2011). Halophytes present new opportunities in phytoremediation of heavy metals and saline soils. Industrial and Engineering Chemistry Research, 50: 656–660.

Marchioni-Ortu A, Bocchieri E (1984). A study of the germination responses of a Sardinian population of sea fennel (*Crithmum maritimum*). Can. J. Bot., 62: 1832–1835.

Masters D, Benes S, Norman H, (2007). Biosaline agriculture for forage and livestock production. Agriculture Ecosystem Environments, 119: 234–248.

Meot-Duros L, Le FG, Magné C (2008). Radical scavenging, antioxidant and antimicrobial activities of halophytic species. J. Ethnopharmacol., 116: 258-262.

Meot-Duros L, Magné C (2009). Antioxidant activity and phenol content of *Crithmum maritimum* L. leaves. Plant Physiol. Biochem., 47: 37-41.

Meot-Duros L, Magné C (2008). Effect of salinity and chemical factors on seed germination in the halophyte Crithmum maritimum L. Plant Soil,313: 83–87.

Meot-Duros L Cérantola S, Talarmin H, Le MC, Le FG, Magné C (2010). New antibacterial and cytotoxic activities of falcarindiol isolated in *Crithmum maritimum* L. leaf extract. Food Chem. Toxicol., 48: 553–557.

Montesano FF, Gattullo CE, Parente A, Terzano R, Renna M (2018). Cultivation of potted sea fennel, an emerging mediterranean halophyte, using a renewable seaweed-based material as a peat substitute. Agriculture, 8, 96.

Nektarios P, Nydrioti E, Kapsali T, Ntoulas N (2016). Crithmum maritimum growth in extensive green roof systems with different substrate type, depth and irrigation regime. Acta Horticulturae, 1108: 303-308.

Oberndorfer E, Lundholm J, Bass B, Coffman RR, Doshi H, Dunnett N, Gaffin S, Köhler M, Liu KKY, Rowe DB (2007). Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services. BioScience , 57(10): 823– 833.

Okusanya OT (1977). The effect of sea water and temperature on the germination behaviour of *Crithmum maritimum*. Physiol. Plant., 41: 265–267.

Ozcan M, Akgul A, Bascr KH, Ozck T, Tabanca N et al (2001). Essential oil of sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) from Turkey. Nahburg, 45(5): 353–356

Panta S, Flowers T, Lane P, Doyle R, Haros G, Shabala S (2014). Halophyte agricolture: Success stories. Environmental and Experimental Botany, 107: 71-83.

Pereira C, Barros L, Carvalho AM, Ferreira CFRI (2011). Nutritional composition and bioactive properties of commonly consumed wild greens: potential sources for new trends in modern diets. Food Res Int, 44: 2634–2640.

Pereira Guerreiro C, Barreira L, da Rosa Neng N, Nogueira JMF, Marques C, Santos TF, Varela J, Custodio L (2017). Searching for new sources of innovative products for the food industry within halophyte aromatic plants: In vitro antioxidant activity and phenolic andmineral contents of infusions and decoctions of *Crithmum maritimum* L. Food and Chemical Toxicology, 107: 581-589.

Petropoulos SA, Karkanis A, Martins N, Ferreira ICFR (2018). Edible halophytes of Mediterranean basin: Potential candidates for novel food products. Trends in Food Science & Technology, 74: 69-84.

Pignone D, Hammer K (2016). Parasitic angiosperms as cultivated plants? Genet Resour Crop Evol, 63: 1273–1284.

Porcel R, Aroca R, Ruiz-Lozano JM (2012). Salinity stress alleviation using arbuscular mycorrhizal fungi. A review. Agron Sustain Dev, 32: 181–200.

Qadir M, Ghafoor A, Murtaza G (2000) Amelioration strategies for saline soils: a review. Land Degrad Devel 11: 501–521.

Renna M (2018). Reviewing the Prospects of Sea Fennel (*Crithmum maritimum L.*) as Emerging Vegetable Crop. Plants, 7(4): 92.

Renna M, Cocozza C, Gonnella M, Abdelrahman H, Santamaria P (2015). Elemental characterization of wild edible plants from countryside and urban areas. Food Chem, 177: 29–36.

Renna M, Gonnella M (2012). The use of the sea fennel as a new spice-colorant in culinary preparations International Journal of Gastronomy and Food Science, 1: 111–115.

Renna M, Gonnella M, Caretto S, Mita G, Serio F (2017). Sea fennel (*Crithmum maritimum L.*): from underutilized crop to new dried product for food use. Genet Resour Crop Evol, 64: 205–216.

Rozema J, Flowers T (2009). Ecology: Crops for a salinized world. Science, 322(5907):1478-80.

Sailor DJ (2008). A green roof model for building energy simulation programs. Energy and Buildings, 40: 1466– 1478.

Santamouris M, Pavlou C, Doukas P, Mihalakakou G, Synnefa A, Hatzibiros A, Patargias P (2007). Investigating and analysing the energy and environmental performance of an experimental green roof system installed in a nursery school building in Athens, Greece. Energy, 32: 1781– 1788.

Schippmann U, Leaman DJ, Cunningham ABA (2006). Comparison of cultivation and wild collection of medicinal and aromatic plants under sustainability aspects. Medicinal and

Aromatic Plants: Agricultural, Commercial, Ecological, Legal, Pharmacological and Social Aspects, 17: 75-95.

Simopoulos AP (2004). Omega-3 fatty acids and antioxidants in edible wild plants . Biol Res, 37(2): 263-77.

Shabala L, Mackay A, Tian Y, Jacobsen SE, Zhou DW, Shabala S (2012). Oxidative stress protection and stomatal patterning as components of salinity tolerance mechanism in quinoa (*Chenopodium quinoa*). Physiologia Plantarum, 146: 26–38.

Shamsutdinov NZ, Shamsutdinova EZ, Orlovsky NS, Shamsutdinov ZSh (2017). Halophytes: Ecological Features, Global Resources,and Outlook for Multipurpose Use. Herald of the Russian Academy of Sciences, 87(1): 1–11.

Sharma DK, Singh A (2017). Reclamation and management strategies under salty soils. In: 5th National seminar on climate resilient saline agriculture: sustaining livelihood security.

Shukla P.R., J. Skea, R. Slade, R. van Diemen, E. Haughey, J. Malley, M. Pathak, J. Portugal Pereira (eds.) Technical Summary, 2019. In: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems

Swallow MJB, O'Sullivan G (2019). Biomimicry of vascular plants as a means of saline soil remediation. Sci Total Environ, 655:84–91.

Takebayashi H, Moriyama M (2007). Surface heat budget on green roof and high reflection roof for mitigation of urban heat island Build. Environ, 42: 2971– 2979.

Tardío J, De Santayana MP, Morales R (2006). Ethnobotanical review of wild edible plants in Spain. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 152(1): 27-71.

Turkan I, Demiral T (2009). Recent developments in understanding salinity tolerance. Environmental and Experimental Botany, 67(1): 2-9.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2017). World Population Prospects: The 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables. Working Paper No. ESA/P/WP/248.

Van der Voort M, Baricicova V, Dandar M, Grzegorzewska M, Schoorlemmer H, Szabo C, Zmarlick K (2007). Quality requirements for vegetables and fruit products in the European Union. Applied Plant Research, Research Unit Arable Farming and Vegetable Production. EU Access Report 06.

Van Renterghem T, Botteldooren D (2008). Numerical evaluation of sound propagating over green roofs J. Sound and Vibration, 317: 781– 799.

Ventura Y, Sagi M (2013). Halophyte crop cultivation: The case for Salicornia and Sarcocornia. Environmental and Experimental Botany, 92: 144– 153.

Ventura Y, Wuddineha WA, Shpigelb M, Samochac TM, Klimc BC, Cohend S, Shemerd Z, Santos R, Sagia M (2011). Effects of day length on flowering and yield production of Salicornia and Sarcocornia species. Scientia Horticulturae, 130(3): 510-516.

Vinay Shankar and Heikham Evelin (2019). Strategies for reclamation of saline soils. Microorganisms in Saline Environments: Strategies and Functions, pp.439-449.

Wilson C, Lesch SM, Grieve CM (2000). Growth Stage Modulates Salinity Tolerance of New Zealand Spinach (Tetragonia tetragonioides, Pall.) and Red Orach (Atriplex hortensis L.). Annals of Botany, 85: 501- 509.

Wolf D, Lundholm JT, (2008). Water uptake in green roof microcosms: effects of plant species and water availability. Ecological Engineering, 3: 179-186.
Wright IJ, Reich PB, Westboy M et al., (2004). The worldwide leaf economics spectrum. Nature, 428: 821-827.

Yang J, Yu Q, Gong P (2008). Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. Atmos. Environ, 42: 7266– 7273.

Maleš Ž, I. Žuntar, B. Nigović, M. Plazibat, V. Bilušić Vundač (2003) Quantitative analysis of the polyphenols of the aerial parts of rock samphire – *Crithmum maritimum L.* Acta Pharm., 53: pp. 139-144.

Zerai B, Glenn E, Chatervedi R, Lu Z, Mamood AN, Nelson SG, Ray DT (2010). Potential for the improvement of Salicornia bigelovii through selective breeding. Ecological Engineering, 36(5): 730-739.

Zhao C, Zhang H, Song C, Zhu JK, Shabala S (2020). Mechanisms of Plant Responses and Adaptation to Soil Salinity. The Innovation, 1(1).

Zhu JK (2001). Plant salt tolerance. Trends in Plant Science 6(2): 66-71.

Zouhaier B, Abdelly C. (2010a). Localization and composition of seed oils of *Crithmum maritimum L.* (Apiaceae). African Journal of Biotechnology, 9(39), 6482–6485.

RINGRAZIAMENTI

Arrivata alla conclusione di questo percorso universitario e al termine di questa esperienza nell'ambito del Progetto BioVegConserve, vorrei ringraziare una vera e propria marea di persone in cui mi sono casualmente o volutamente imbattuta lungo questa breve, ma lunga e tortuosa strada. In realtà tra le persone che vorrei ringraziare rientrano anche quelle incontrate molto tempo prima rispetto al momento in cui ho concretizzato il desiderio di iscrivermi a questo corso di laurea, e che molto probabilmente sono quelle che più hanno contribuito a questa mia scelta, anche se in modo indiretto.

Vorrei ringraziare in primis il Professor Orsini, per avermi coinvolto nel progetto di ricerca che riguarda un ambito molto interessante dal punto di vista dell'innovazione agronomica e che ha numerose possibili applicazioni in altri campi, ai quali sono personalmente interessata e di cui condivido i principi. Lo ringrazio anche per aver avuto fiducia in me, per essersi adoperato in prima persona ogni qual volta era necessario nelle fasi di realizzazione del progetto e per essere stato comprensivo riguardo le difficoltà riscontrate in questo 2020. Un grande grazie va a Stefano Zenobi, il correlatore della presente tesi, per l'assistenza e la disponibilità in tutte le fasi del progetto, dalla semina alla stesura di questa tesi. Soprattutto durante lo stato di emergenza sanitario per aver contribuito in maniera determinante al proseguimento e realizzazione del progetto, data la mia assenza in quanto bloccata in quarantena in Spagna fino a metà giugno. Ringrazio anche Marco Fiorentini per aver aiutato Stefano durante la mia assenza e per essersi proposto come aiutante volontario durante il trapianto delle piantine in campo.

Ringrazio tutta la squadra che ha provveduto insieme a noi ad eseguire il trapianto, tra cui Laura Torricini e Cristina Mengucci, che sono state essenziali con la loro rapidità, precisione e simpatia a far volare con gioia le ore di lavoro!!

Ringrazio Ettore Drenaggi per essere stato sempre disponibile ad un confronto, o alla richiesta di alcuni chiarimenti, impressioni, suggerimenti sul da farsi durante questo periodo di sperimentazione, condividendo la sua esperienza in merito.

Un grazie speciale va a Luka, che non solo si è offerto di aiutarci durante la fase di trapianto, durante i campionamenti, i monitoraggi e il controllo delle erbe infestanti, ma soprattutto per

essere stato presente in questo ultimo anno, per aver passato insieme momenti meravigliosi seppur in situazioni quasi tragiche, come durante il periodo passato in Spagna. Per non aver perso la speranza quando ad ogni passo che facevamo si presentava di fronte a noi una sfida (e sfiga) ancora più grande. Con amore, gioia e pazienza siamo andati avanti, senza pretese o aspettative, senza piangerci addosso… e tutto è andato come doveva andare, per il meglio. Senza soldi, senza cellulari, senza casa, in una città completamente sconosciuta, ma con il nostro sorriso in faccia e nel cuore quello di tutte le persone che si sono ispirate vedendoci felici ad esibire la nostra creazione, la rappresentazione di una vita imprevedibile, nonostante ci trovassimo in una situazione di grande difficoltà. Non avevamo più niente da perdere, e tutto da guadagnare. Infatti, abbiamo imparato tantissimo l'uno dall'altro, della vita insieme e di quanti spettacolari imprevisti di scena possono capitare se solo si è pronti ad accettare con curiosità le sfide che la vita ti propone e accogliere ciò che è sconosciuto. La vita ci ha regalato momenti indimenticabili e incontri inaspettati con persone che portiamo nel cuore. Ringrazio Laura e Lino, Lolo, Carmen, Anton e Anna che ci hanno accolto a braccia aperte e che hanno arricchito con le loro essenze il nostro viaggio/pellegrinaggio/viaggio della speranza inaspettato. Senza la paura non esiste il coraggio, e la fortuna segue il coraggio.

Ringrazio la mia famiglia per avermi supportato e sopportato in questi anni e per avermi aiutato come potevano. Grazie per esserci sempre nonostante tutti i miei difetti.

Ringrazio Ilaria per tutto quello che abbiamo vissuto insieme negli ultimi anni, in questa parentesi universitaria, tra cui le gioie e i dolori della vita da studente vs quella da artista, un inaspettato Erasmus insieme a Granada con la prospettiva di essere contaminate dal mondo dell'arte e di approfondire la nostra esperienza circense, passato ahimè a studiare molto più duramente di quello che avevamo previsto (fortuna le birrette nella caffetteria dalla UGR), la convivenza a Osimo station, le lunghe chiaccherate accompagnate da una buona lacrima, gli allenamenti e tutto quello che abbiamo condiviso.. Grazie in particolare per aver dedicato il tuo tempo ad aiutarmi in questo ultimo passo della mia carriera universitaria.

Ringrazio anche i miei amici Meg e Luca, che hanno vissuto in maniera indiretta questa esperienza, per essersi presi cura di me anche nei giorni più neri di studio intenso.

Ringrazio Musta, Yle e Gabri, testimoni diretti di tutte le peripezie universitarie e non, per essere stati degli ottimi compagni di queste avventure. Sono felice di avervi conosciuto e grata per tutti i momenti che abbiamo condiviso. Sicuramente ce ne saranno molti altri! Sembrava lontano questo momento… eppure ci sono quasi! Grazie per aver avuto pazienza con me, Musta, visto che è sempre colpa mia!! Grazie Yle per la tua energia dirompente e contaminante, la tua allegria e la tua premurosità. Grazie Gabri per la tua gioia di vivere,

intraprendenza e solarità! Siete stati fondamentali, anche se ero quasi sempre impegnata e un po' stressata da tutte le cose da fare, mi siete mancati in questo ultimo anno.
Last but not least, grazie a tutte le persone che mi hanno ispirato in questa vita, tra cui il caro professor Bugari che mi ha illuminato con i suoi racconti e la sua passione verso l'insegnamento, e la professoressa e cara amica Annamaria, con cui sono entrata in contatto in un periodo pieno di incertezza nella mia gioventù e mi ha contagiato con la sua gioiosa attitudine nei confronti della vita, e che continua, anche se siamo spesso distanti geograficamente parlando, ad essere sempre tra i miei pensieri e vicina nell'anima. Questo "Viaggio nella jungla dell'anima" continua..