



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dip. AGRONOMIA ANIMALI ALIMENTI RISORSE NATURALI E

AMBIENTE

Corso di laurea in SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

**TECNICHE APPLICATE ALLE COLTURE PROTETTE
PER UNA PRODUZIONE PIÙ SOSTENIBILE**

RELATORE:

Dott. Francesco Marinello

LAUREANDA:

Laura Gambarin

Matricola n. 1192584

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

RIASSUNTO

Negli ultimi anni, a causa dei vari cambiamenti climatici e alla necessità di soddisfare un consumatore sempre più attento al processo produttivo del prodotto che sta per acquistare, stanno nascendo e in alcune realtà sono già in fase produttiva nuovi sistemi di coltivazione che permettano di controllare la maggior parte dei fattori che influiscono sulla crescita e produzione delle piante, in modo da ridurre gli stress tipici della produzione in pieno campo (insetti, funghi, carenze) e aumentare le rese sfruttando più efficientemente input come acqua, nutrienti, luce e area di coltivazione. Si tratta di sistemi fuori suolo, ne esistono varie tipologie, con caratteristiche molto diverse tra loro che ne influenza la categoria di piante che si sceglie di coltivare.

Da questa tesi emerge che le colture più sviluppate in fuori suolo sono in assoluto le solanacee, in cui rientrano il pomodoro, il peperone e la melanzana, seguito dai piccoli frutti (frutti di bosco e fragola) e lattughe destinate alla quarta gamma.

Nel caso delle solanacee, più precisamente delle colture citate in precedenza, che sono piante erbacee ad accrescimento verticale rampicante, il sistema che meglio si adatta è la coltivazione con substrato in sacco.

Questo sistema permette di soddisfare la necessità della pianta di rimanere ancorata ad un substrato, mentre dei supporti agganciati al fusto, ne consente l'accrescimento in verticale.

Per i piccoli frutti i sistemi più diffusi per la loro coltivazione è in vaso con irrigazione a manichetta per quanto riguarda i frutti di bosco, quindi lamponi e mirtilli, mentre per le fragole, avendo uno sviluppo in altezza nettamente inferiore, sorge la necessità di coltivarle rialzate dal suolo, sfruttando sempre la coltivazione in sacco, ma poggiati su dei carrelli rialzati per facilitare le varie fasi di potatura e raccolta e soprattutto per mantenerle distanti dal terreno, fonte di agenti critici per lo sviluppo del frutto. Infine, per la coltivazione di lattuga da taglio il sistema più utilizzato risulta il floating system, noto per la semplicità di realizzazione e gestione della soluzione nutritiva, mentre per la lattuga da taglio o baby leaf, stanno nascendo, specialmente al nord Italia, strutture tecnologicamente più avanzate rispetto ai sistemi prima citati, in cui tutti i fattori di crescita sono controllati e la produzione avviene sfruttando anche lo spazio verticale a disposizione. Si tratta del vertical farming.

ABSTRACT

In recent years, due to various climate changes and the need to satisfy a consumer increasingly attentive to the production process of the product he is about to buy, new cultivation systems are being born and in some realities are already in the production phase that allow to control most of the factors that affect the growth and production of plants, in order to reduce the typical stresses of production in the open field (insects, fungi, deficiencies) and increase yields by more efficiently exploiting inputs such as water, nutrients, light and cultivation area. These are soilless systems, there are various types, with very different characteristics that influence the category of plants you choose to grow. From this thesis it emerges that the most developed crops out of soil are the solanaceae, which includes tomato, pepper and aubergine, followed by small fruits (berries and strawberry) and lettuce destined for the fourth range.

In the case of solanaceae, more precisely of the crops mentioned above, which are herbaceous plants with vertical climbing growth, the system that best suits is cultivation with substrate in bag.

This system allows to satisfy the need of the plant to remain anchored to a substrate, while supports attached to the stem, allows vertical growth.

For small fruits the most common systems for their cultivation is in pots with hose irrigation as regards berries, therefore raspberries and blueberries, while for strawberries, having a much lower height development, the need arises to cultivate them raised above the ground, always taking advantage of the cultivation in bags, but resting on raised trolleys to facilitate the various phases of pruning and harvesting and especially to keep them away from the ground, source of critical agents for the development of the fruit. Finally, for the cultivation of lettuce the most used system is the floating system, known for the simplicity of realization and management of the nutrient solution, while for cutting lettuce or baby leaf, are being born, especially in northern Italy, Technologically more advanced structures compared to the previously mentioned systems, in which all growth factors are controlled and production takes place also by exploiting the vertical space available. It is the vertical farming.

SOMMARIO

RIASSUNTO	1
ABSTRACT	2
SOMMARIO	3
CAPITOLO 1	5
INTRODUZIONE	5
1.1 Introduzione	5
1.2 Il presente lavoro	7
CAPITOLO 2	9
TECNICHE DI GESTIONE ALTERNATIVA IN AMBIENTE PROTETTO	9
2.1 introduzione ai sistemi	9
2.2 Aspetti comuni	10
2.2.1 dispositivi di pompaggio	11
2.2.2 Dispositivo di filtraggio	11
2.2.3 Dispositivi di dosaggio del fertilizzante	11
2.2.4 Dispositivi di controllo dei turni irrigui	12
2.2.5 Condotte principali di adduzione	13
2.3 Parte variabile	13
2.3.1 Scelta del substrato	14
2.3.2 Introduzione e confronto ciclo aperto e ciclo chiuso	19
2.3.3 Dispositivo di erogazione	20
2.4 I principali sistemi fuori suolo	20
2.4.1 NFT	20
2.4.2 Floating system	22
2.4.3 Aeroponica	24
2.4.4 coltivazione su bancali di substrato	25
2.4.5 Plant Factory with Artificial Lighting (PFAL)	28
CAPITOLO 3	30
LO SCENAROI ATTUALE	30
3.1 Studio dei sistemi applicati alle principali colture diffuse nella coltivazione in fuori suolo	30
3.1.1 Piccoli frutti	30
3.1.2 Solanacee	35
3.1.3 Prodotti per la quarta gamma	39
3.2 Scenario italiano delle aziende in fuori suolo	45

CAPITOLO 4	48
CONCLUSIONI	48
BIBLIOGRAFIA.....	51
SITOGRAFIA.....	54

Capitolo 1

INTRODUZIONE

1.1 Introduzione

Lo scenario globale attuale prelude l'inizio di un periodo di notevoli cambiamenti climatici registrando variazioni nell'intensità e nella frequenza degli eventi climatici e meteorologici estremi, tra i quali la riduzione delle temperature estreme fredde, l'incremento delle temperature estreme calde, la crescita dei livelli massimi delle acque marine e l'incremento del numero di eventi caratterizzati da forti precipitazioni in diverse regioni

Le proiezioni sul clima indicano con un elevato livello di attendibilità che le precipitazioni estreme diverranno sempre più intense e frequenti in numerose regioni, ma si verificheranno con maggiore frequenza anche le ondate di calore, le quali saranno inoltre caratterizzate da durate più prolungate. Le prime causeranno una crescita del rischio di inondazioni in tutto il mondo, mentre le seconde potrebbero causare siccità più gravi (Rapporto Mondiale Delle Nazioni Unite Sullo Sviluppo Delle Risorse Idriche 2020 Fatti e Cifre ACQUA E CAMBIAMENTI CLIMATICI United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization World Water Assessment Programme United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization Sustainable Development Goals Water and Sanitation, n.d.)

Tutto ciò comporterà ad avere esigenze in competizione fra di loro, che limiteranno la possibilità di aumentare i quantitativi di acqua utilizzata per l'irrigazione, che al momento rappresentano il 69% dei prelievi di acqua dolce (AQUASTAT, n.d.). L'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (FAO) stima un incremento del 5,5% dei prelievi di acqua per scopi irrigui tra il 2008 e il 2050 (FAO, 2011a)(Rapporto Mondiale Delle Nazioni Unite Sullo Sviluppo Delle Risorse Idriche 2020 Fatti e Cifre ACQUA E CAMBIAMENTI CLIMATICI United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization World Water Assessment Programme United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization Sustainable Development Goals Water and Sanitation, n.d.)

Oltre ad uno stoccaggio idrico utilizzabile dall'agricoltura sempre più incerto e limitato, le produzioni agrarie devono far fronte ad un aumento della popolazione che è destinata a crescere da 7 miliardi registrati nel 2011 fino a 9,3 miliardi stimati nel 2050, con un

aumento principalmente della popolazione urbana che si stima incrementare da 3,6 miliardi a 6,3 miliardi, registrando quindi un aumento del 72%.

A causa delle limitate risorse naturali, il 90% della crescita della produzione agricola globale dovrà essere sostenuta da rendimenti più elevati e da una maggiore intensità di coltivazione, con il restante 10% che farà affidamento all'espansione dei terreni produttivi. Per nutrire il mondo, proteggere l'ambiente, migliorare la salute e raggiungere la crescita economica, è necessaria una nuova forma di coltivazione agricola. (Kozai & Niu, 2015) la disponibilità di nuove tecniche e tecnologie degli ultimi anni rende possibile l'applicazione di pratiche che si discostano dai tradizionali metodi in campo aperto. In particolare, si stanno sperimentando e in alcuni casi si è in fase produttiva commerciale di tecniche che consentono un ridotto impatto ecologico (area) e ambientale (acqua e carbonio).

Si parla di tecniche applicate in ambiente protetto facendo riferimento ai nuovi sistemi di coltivazione fuori suolo, sistemi colturali, che si distinguono per i numerosi vantaggi rispetto alla coltivazione in campo aperto e ai sistemi più elementari adottati nella pratica delle colture protette.

Tra i vantaggi troviamo:

il superamento dei vincoli legati all'impiego del terreno, l'Incremento della produzione, la Riduzione dei consumi, la possibile automatizzazione delle serre con conseguente riduzione della manodopera, la possibilità di soddisfare la crescente richiesta di qualità delle produzioni del mercato ed evitare la salinizzazione di terreni ed acque.

Trattandosi di sistemi tecnologicamente avanzati per raggiungere gli obiettivi prefigurati essi richiedono conoscenze specifiche necessarie per un'adeguata gestione delle strutture, scelta dei substrati più adatti, e della soluzione nutritiva, in quanto, parlando di ambienti controllati ad alto livello di automazione c'è il rischio di sottovalutare molti aspetti rispetto alle colture convenzionali in campo.

Dal punto di vista economico, è necessario un investimento iniziale molto alto, avendo così quote di ammortamento annuo degli impianti piuttosto elevate che vanno a gravare sul costo di produzione, una delle sfide importanti, infatti, è riuscire ad offrire un prodotto di migliore qualità, e più sostenibile ad un prezzo in linea a quello del mercato.

È importante, al fine di rendere tutti questi sistemi, oltre che più produttivi con meno input, anche più sostenibili.

Questo avviene tramite un corretto smaltimento dei substrati residui al termine della loro utilizzazione (pratica non sempre facile soprattutto in caso di utilizzo di substrati non

biodegradabili), e soprattutto, evitando la dispersione nelle falde idriche superficiali delle soluzioni nutritive drenate e non riciclate dei vari impianti che causano eutrofizzazione dei corsi superficiali

Si parla quindi di tecniche molto spesso ancora in via di sperimentazione, ma che hanno tutte in comune lo scopo di massimizzare la produzione, offrendo al consumatore un prodotto di migliore qualità dal punto di vista igienico-sanitario, organolettico, nutrizionale e con un impatto ambientale minore.

1.2 Il presente lavoro

Nel presente lavoro di tesi, in seguito ad una panoramica generale sui vantaggi e svantaggi di adottare il fuori suolo, sono state analizzate i principali sistemi che rientrano in tali modalità di coltivazione.

La prima distinzione suddivide il fuori suolo in coltivazione in mezzo liquido o su substrato. Da qui ogni categoria si ramifica in NFT, floating system e aeroponica per quanto riguarda la coltivazione in mezzo liquido, mentre nelle coltivazioni su substrato rientrano la coltivazione in sacco, in cassoni e in contenitore singolo.

Tutti questi sistemi sono accumulati dalla possibilità di effettuare fertirrigazione, punto di forza delle coltivazioni fuori suolo in quanto consente di distribuire il giusto dosaggio di elementi nutritivi e acqua che la pianta necessita, e, in base alle tecnologie applicate a tali sistemi (impianto di illuminazione, aerazione, riscaldamento) di farla crescere in un ambiente ottimale, ottenendo prodotti di migliore qualità.

Tra i principali vantaggi evidenziati mediante l'utilizzo di tali sistemi è che sono in grado di limitare l'impatto con l'ambiente.

Questo avviene solo se le risorse a disposizione vengono utilizzate nel modo corretto.

Essendo infatti strutture che richiedono molta plastica e, nel caso delle coltivazioni su substrato, l'utilizzo di mezzi di crescita delle piante non sempre biodegradabili, è necessario il giusto smaltimento dei materiali esausti e quindi non più utilizzabili per le produzioni successive.

Oltre ad un corretto smaltimento degli scarti, l'utilizzo del ciclo chiuso consente di abbattere il consumo di acqua ed elementi nutritivi utilizzati per la produzione in quanto la soluzione drenante in eccesso distribuita nei turni irrigui, viene recuperata, sanificata e riutilizzata nuovamente.

Il lato critico di questa scelta è la necessità di impianti per la correzione, sanificazione e filtraggio della soluzione nutritiva in eccesso, che fanno aumentare gli investimenti iniziali e necessitano di conoscenze specifiche.

Si nota però che in alcuni sistemi questa pratica è più semplice di altri, come nel caso del floating system, e nel caso di adozione del sistema di distribuzione della soluzione nutritiva flusso e reflusso.

Per il momento solo determinate categorie di piante si adattano ad alcuni sistemi di coltivazione in fuori suolo.

Le categorie di piante che più si sono adattati a questi sistemi sono le solanacee tra cui pomodoro, peperone e melanzane, i piccoli frutti come fragole e frutti di bosco e le insalate da taglio e da foglia per la quarta gamma.

In seguito ad una breve descrizione delle caratteristiche delle piante, sono state identificate e descritte alcune aziende che operano nella produzione di questi prodotti, evidenziando il sistema da loro utilizzato, riportando gli impianti necessari per la produzione e i vantaggi di adottare tali sistemi.

Capitolo 2

TECNICHE DI GESTIONE ALTERNATIVA IN AMBIENTE PROTETTO

2.1 introduzione ai sistemi

Nel settore delle produzioni vegetali è possibile realizzare sistemi che consentono di limitare l'influenza del fattore "ambiente"

Lavorando in ambiente controllato, c'è la possibilità infatti di monitorare e controllare i parametri principali che influiscono sulla produttività di una coltura, come umidità, temperatura, quantità di luce con corrispondente lunghezza d'onda e di gestire in modo più efficiente la fertirrigazione.

Negli ultimi anni, nel settore delle coltivazioni protette, sono nate delle tecniche di coltivazione più avanzate in cui è possibile produrre indipendentemente dal tipo di suolo dell'appezzamento in possesso.

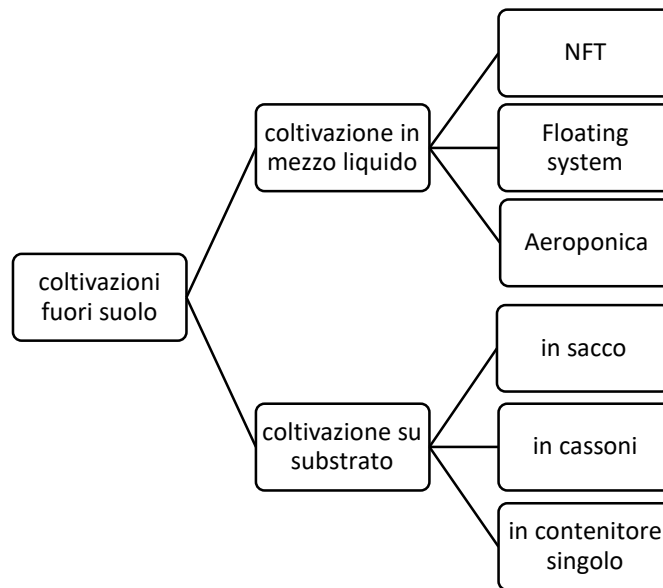
Tutto ciò fa riferimento alle coltivazioni fuori suolo.

Di seguito si descriveranno i principali aspetti comuni e non di ogni tipo di sistema fuori suolo, presentando infine una panoramica sui principali sistemi di coltivazioni evidenziandone le proprietà e le criticità.

Sostanzialmente le coltivazioni fuori suolo in ambiente protetto si possono suddividere in due gruppi principali: quelle che prevedono la coltivazione in mezzo liquido e quelle invece che prevedono l'utilizzo di un substrato che assolve alcune funzioni del terreno.

Entrando più nello specifico è possibile fare un'ulteriore classificazione all'interno di ciascun gruppo. Tra le coltivazioni fuori suolo in mezzo liquido si trovano i sistemi NFT (nutrient film technique), i pannelli flottanti conosciuti anche come floating system e il sistema dell'aeroponica.

Per quanto riguarda invece i sistemi fuori suolo su substrato, la classificazione è molto più vasta in quanto esiste una grande varietà e combinazione di substrati utilizzabili in modo molto diverso tra loro. Principalmente si distinguono coltivazioni su bancali con substrato inerte, su sacco o lastra, in vasca con flusso e reflusso e in contenitore singolo.



Schematizzando un sistema fuori suolo e confrontandolo con qualsiasi altro sistema in ambiente protetto, si nota che, ognuno di essi è caratterizzato da una parte comune e una variabile. Questo perché quando si parla di sistemi fuori suolo si distinguono esclusivamente in base alla parte variabile, ovvero come si distribuisce la soluzione e come faccio crescere le piante.

Gli aspetti comuni fanno riferimento invece a tutti gli impianti necessari per la fertirrigazione, ovvero quella tecnica che si basa sulla miscelazione e distribuzione contemporanea di acqua e fertilizzanti.

La fertirrigazione consente di apportare i nutrienti in base alle effettive necessità della pianta nelle varie fasi fenologiche, e permette, quindi di ottimizzare l'assimilazione da parte della specie coltivata.

2.2 Aspetti comuni

Gli aspetti comuni per i sistemi fuori suolo fanno riferimento a tutte le tecniche e tecnologie necessarie per gestire e creare la soluzione nutritiva.

I sistemi che sono utilizzati a tale scopo sono:

- Dispositivo di pompaggio
- Dispositivo di filtraggio
- dispositivi di dosaggio del fertilizzante
- Sistema di controllo dei turni irrigui
- Sistemi per il controllo del pH e CE della soluzione nutritiva
- Condotte principali di adduzione

2.2.1 dispositivi di pompaggio

vengono impiegate, rispettivamente elettropompe sommerse ad asse verticale o elettropompe centrifughe ad asse orizzontale o verticale.

Gli elementi tecnici da considerare nella scelta di una pompa sono:

- la portata ($L \cdot min^{-1}$ o $m^3 \cdot h^{-1}$)
- la prevalenza (dislivello fra punto di presa e punto di erogazione dell'acqua),
- la potenza assorbita.

L'impianto di fertirrigazione può essere suddiviso in settori indipendenti, controllati da elettrovalvole. Ciò consente di limitare le dimensioni dei dispositivi di pompaggio e delle condotte principali di adduzione. (Massimo Enzo, 2001)

2.2.2 Dispositivo di filtraggio

Posizionato subito dopo il sistema di pompaggio, garantisce l'eliminazione delle impurità presenti nell'acqua che possono compromettere la funzionalità degli erogatori. Risulta infatti fondamentale un corretto trattamento dell'acqua impiegata per la preparazione della soluzione nutritiva che può essere attuato con metodi fisici o chimici. I primi sono generalmente impiegati per l'eliminazione delle sostanze sospese, i secondi per l'eliminazione delle sostanze disciolte. In questa sede vanno presi in considerazione solo i metodi fisici (filtrazione).

I dispositivi di filtraggio variano in base all'uso di acque profonde, spesso contenenti sabbia o particelle terrose in sospensione, o di acque superficiali, caratterizzate principalmente da contenuti di materiali organici (alghe e microalghe). Nel caso delle acque profonde, vengono impiegati filtri separatori in grado di rimuovere le particelle in sospensione, per quelle superficiali, invece, sono da preferire filtri a graniglia in cui viene utilizzata la scabrosità di minerali quarziferi per trattenere le impurità presenti. (Massimo Enzo, 2001)

2.2.3 Dispositivi di dosaggio del fertilizzante

Possono essere suddivisi in "dispositivi a funzionamento idraulico" e "dispositivi a funzionamento elettrico o elettronico". Al primo gruppo appartengono sistemi relativamente semplici e di costo contenuto che non necessitano di fonti di alimentazione, in quanto basano il dosaggio del fertilizzante sui differenziali di pressione o sui volumi di acqua che li attraversano. Tra i principali si ricorda il miscelatore ad iniezione. Il miscelatore ad iniezione (tubo Venturi) è considerato il più semplice e consiste in un tubo

con una strozzatura centrale a forma di clessidra orizzontale in grado di provocare una depressione in linea tra il tratto precedente e quello successivo al punto di installazione del dispositivo. Ciò consente di aspirare la soluzione concentrata da un recipiente aperto realizzandone la diluizione in relazione al differenziale di pressione. La concentrazione della soluzione che si andrà a realizzare sarà pertanto soggetta ad oscillazioni che saranno tanto più elevate quanto maggiore sarà la variabilità di pressione dell'impianto. Al secondo gruppo appartengono dispositivi di costo più elevato, ma in grado di garantire un migliore controllo dei parametri EC e pH della soluzione nutritiva. Questi possono essere suddivisi in sistemi a "Vaso chiuso" e "Vaso aperto" a seconda che la soluzione concentrata venga diluita nell'acqua di irrigazione in linea o in apposito serbatoio. La scelta tra i due sistemi è legata non solo a motivi di ordine economico, ma anche tecnico.

- I sistemi a "Vaso chiuso" prevedono l'impiego di pompe dosatrici in grado di effettuare la diluizione del fertilizzante direttamente in linea. Il controllo del dosaggio può essere comandato o dal flusso di acqua, misurato da un contalitri inserito sulla condotta principale o dai valori di EC e pH rilevati a mezzo di sonde inserite sulla condotta a valle del punto di iniezione del fertilizzante. In entrambi i casi, l'iniezione in linea, comporta un andamento non costante dei valori di pH ed EC della soluzione nutritiva che presentano differenze spesso consistenti fra il punto di verifica e quello di erogazione a livello pianta
- I sistemi a "Vaso aperto" prevedono, invece, la premiscelazione dei componenti fertilizzanti in un apposito serbatoio aperto per cui si ottiene una maggiore uniformità della soluzione erogata che non presenta scostamenti di pH ed EC tra il punto di rilevamento e l'erogazione a livello pianta. Sono rappresentati prevalentemente da sistemi computerizzati, in grado di gestire diverse soluzioni concentrate e un numero più o meno elevato di settori.

Per tutti i sistemi di dosaggio citati, a valle degli stessi, è opportuno prevedere l'installazione di un filtro a schermo, allo scopo di trattenere eventuali precipitati che si possono formare in fase di diluizione del fertilizzante. (Massimo Enzo, 2001)

2.2.4 Dispositivi di controllo dei turni irrigui

I turni di erogazione possono essere controllati da semplici temporizzatori o, nei sistemi più attuali, da programmatori in grado di gestire l'irrigazione in funzione di parametri ambientali quali la luminosità, o colturali quali il livello di umidità del substrato e la percentuale di drenaggio.

In linea del tutto generale, per le coltivazioni fuori suolo attuate con sistemi senza substrato quali l'NFT e l'aeroponica sono sufficienti semplici programmatori a tempo in grado di garantire alternanza fra periodi di erogazione della soluzione e periodi di asciutta. La durata e frequenza degli interventi fertirrigui viene definita sulla base delle condizioni climatiche e della fase fenologica delle piante.

Operando in coltivazioni su substrato o su suolo, invece, la gestione degli interventi fertirrigui, data la loro minor durata, richiede maggior attenzione al fine di garantire alle piante i giusti approvvigionamenti idrici e nutrizionali evitando sia fenomeni di lisciviazione che di concentrazione di elementi nutritivi nel substrato e/o terreno. La frequenza e durata dei turni irrigui deve tener conto non solo delle esigenze specifiche della pianta, ma anche delle caratteristiche del substrato o terreno in cui si opera e della qualità dell'acqua di irrigazione

I vari sistemi utilizzati per variare la frequenza degli interventi fertirrigui in funzione di diversi parametri sia climatici che colturali sono:

programmatori a somma di luce in grado di variare il numero degli interventi irrigui in funzione dell'intensità della radiazione rilevata a mezzo di apposite sonde, misuratori di drenaggio in grado di rilevare la quota di soluzione che fuoriesce dai moduli di coltivazione ad ogni intervento, provvedendo a correggerne la durata e la frequenza dei successivi a seconda del valore rilevato.

Infine, tramite rilevazione del peso del modulo di coltivazione si può valutare il grado di umidità del substrato e agire sui turni irrigui al fine di mantenere tale valore entro livelli ottimali. (Massimo Enzo, 2001)

2.2.5 Condotte principali di adduzione

Sono rappresentate prevalentemente da tubazioni in materiale plastico (PVC o polietilene) che, oltre ad una totale resistenza alla corrosione derivata dai fertilizzanti addizionati all'acqua irrigua, presentano una elevata semplicità di installazione ed un costo contenuto.

2.3 Parte variabile

La parte variabile comprende quei sistemi per la somministrazione della soluzione nutritiva che variano in base alla modalità di distribuzione. Altri fattori che possono variare tra i vari sistemi fuori suolo sono la scelta del tipo di substrato da utilizzare (se organico o inorganico) e la modalità con cui esso viene impiegato per la crescita delle colture.

Un'ultima principale distinzione che verrà affrontata nella seguente tesi è in base alla gestione della soluzione nutritiva in eccesso. Da qui si distinguono sistemi a ciclo aperto o a ciclo chiuso.

2.3.1 Scelta del substrato

Uno dei punti chiave delle colture senza suolo è la scelta del substrato, cioè dell'ambiente in cui le radici delle piante si accrescono trovando ancoraggio, acqua, aria ed elementi nutritivi(Santamaria & Serio, n.d.)

Al momento attuale, i materiali che possono essere impiegati come substrati sono assai numerosi e con caratteristiche e costi molto diversi. Di fatto, non esiste un substrato o un miscuglio che possa considerarsi universale, cioè valido per tutte le specie e in tutte le situazioni di coltivazione. Si rende necessario, quindi, esaminare i singoli materiali in modo da consentire una scelta corretta a seconda delle diverse condizioni in cui si opera: ambiente, specie da coltivare e fase di coltivazione (semina, radicazione delle talee, allevamento delle piante), e sistema di coltivazione (contenitore, fuori-suolo)

I requisiti più importanti che un substrato deve possedere, al fine di consentire alla pianta di accrescersi nelle migliori condizioni, sono i seguenti:

- Costituzione→ atta a garantire l'ancoraggio dell'apparato radicale e a sostenere le piante.
- Struttura→ in senso generale fa riferimento all'aggregazione delle particelle terrose e alla loro reciproca disposizione spaziale(*Wikipedia*, n.d.).
requisito molto importante è che la struttura si mantenga stabile nel tempo, dovrebbe presentare un grado di restringimento non superiore al 30% del volume
- capacità di ritenzione idrica→Capacità di un substrato di trattenere liquidi nel tempo tale da assicurare livelli di umidità del substrato costanti e ottimali per le colture, senza dover ricorrere a irrigazioni troppo frequenti. La capacità di ritenzione idrica non deve essere comunque eccessiva per non determinare problemi di asfissia radicale.
- CSC (capacità di scambio cationico)→ definibile come la proprietà di uno scambiatore di scambiare i cationi adsorbiti sulle sue superfici (esterne ed interne) con altri cationi presenti in una soluzione al contatto.(*11 Sartori3B*, n.d.)
utilizzando principalmente la fertirrigazione, con trattamenti frequenti, il valore dei substrati deve essere basso/nullo per interferire il meno possibile con la soluzione nutritiva.

- pH→ i valori di pH del substrato influenzano la crescita di una pianta, va quindi adattato alle esigenze di essa.

I substrati con pH basso risultano più adatti alle colture in contenitore perché rispondono alle esigenze di un più largo numero di specie, sono inoltre più facilmente modificabili verso i livelli desiderati.

- contenuto in elementi nutritivi→In molti casi, viene preferito l'impiego di un substrato povero o chimicamente inerte al fine di poter aggiungere allo stesso o alla soluzione nutritiva gli elementi fertilizzanti, in relazione alle esigenze specifiche e alla fase fenologica della pianta.
- sanità→assicurata da assenza di agenti patogeni (nematodi, funghi, insetti) e di sostanze potenzialmente fitotossiche (fitofarmaci) e semi di erbe infestanti.
Importante considerare che alcuni materiali derivati da processi industriali (argilla espansa, perlite, lana di roccia, vermiculite e polistirolo), presentano garanzie di sanità in virtù dei trattamenti termici subiti durante il ciclo di lavorazione
- potere isolante
- facilità di reperimento e costo

I substrati utilizzati per l'allevamento di piante, dovrebbero possedere una scarsa dotazione di elementi nutritivi e proprietà costanti ed uniformi.

Possono essere suddivisi in base alla loro natura (organici o minerali) od in funzione della loro origine (naturali e sintetici).

I substrati naturali organici sono in gran parte costituiti da torbe di importazione dai Paesi del Nord e dell'Est Europa. Rientrano anche vari materiali vegetali di scarto come la fibra di cocco. Tra i substrati naturali inorganici, ci sono la sabbia, la pomice, e le argille.

I substrati organici sintetici, comprendenti il polistirolo derivato dalla polimerizzazione dello stirene e infine tra i substrati inorganici sintetici ci sono: la perlite e la lana di roccia.*(Fertilitas Agrorum Edizione a Cura Del CENTRO SCIENTIFICO ITALIANO DEI FERTILIZZANTI, 2009)*

Substrati organici

In questa categoria vengono compresi tutti i substrati organici naturali (torbe), oltre ai residui, scarti e sottoprodotti di natura organica provenienti da attività agricole o industriali.

Questi materiali possono venire sottoposti o meno a processi particolari di estrazione, maturazione e lavorazione.

Per molti substrati di origine naturale (es. cortecce, terricci di foglie), invece, la possibile presenza di patogeni e/o sostanze fitotossiche rappresenta un problema reale necessitando di interventi di sterilizzazione che fa aumentare il prezzo finale.

- **Torba:** La torba presenta le caratteristiche ideali per un substrato di coltivazione, è leggera, omogenea, molto porosa, relativamente stabile, sicura dal punto di vista fitopatologico, ha in genere un pH acido, che però può essere facilmente aggiustato con l'aggiunta di carbonato di calcio. Queste caratteristiche la rendono adatta in pratica alla coltivazione di tutte le specie vegetali. D'altra parte, una serie di motivi spinge verso la ricerca di materiali alternativi alla torba. Infatti, i prezzi crescono in continuazione in seguito all'incremento dei costi energetici che incidono su tutte le fasi del processo produttivo. Essendo un substrato non rinnovabile, in quanto la sua formazione richiede migliaia di anni, la domanda di substrati si sta spostando verso altre fonti. Tale campagna è stata ed è tutt'oggi particolarmente aggressiva nel Regno Unito, dove molte catene della grande distribuzione richiedono oggi giorno terricci peat-free e piante allevate in substrati praticamente privi di torba.(Pardossi et al., 2009)
- **Fibra di cocco:** La fibra di cocco è un substrato derivante dai tegumenti del mesocarpo della noce di cocco (*Cocos nucifera* L) a seguito della lavorazione dei frutti nei paesi asiatici od americani. Le caratteristiche fisiche della fibra di cocco sono influenzate dalla granulometria delle particelle e dalla miscelazione delle diverse parti. La tipologia usata per la coltura in sacchi prende il nome di "torba di cocco". In relazione alla struttura delle fibre questo substrato non riduce il volume quando si prosciuga e quindi si riumidifica facilmente. Il pH oscilla tra 5,5 e 7 e la conducibilità tra 0,2 e 0,6 dSm.

La più lenta degradazione di questo substrato rispetto alla torba, in relazione all'elevato contenuto in lignina (65-70%), ne consente la riutilizzazione per più cicli o per cicli colturali più lunghi come nel caso della rosa.(Tesi, 2021)

Substrati di origine inorganica

In questa categoria vengono compresi materiali naturali (es. sabbia, pomice) e prodotti minerali che derivano da particolari lavorazioni industriali (lana di roccia) (Massimo Enzo, 2001)

- **Sabbia:**

si tratta di materiali originatesi per via alluvionale o per disgregazione di rocce granitiche o basaltiche (da escludere le sabbie originatesi da rocce calcaree per l'elevato pH) con granulometria da 0,5 a 2 mm di diametro, caratterizzate da buona porosità e stabilità strutturale. Le sabbie sono, tuttavia, molto pesanti e con costi di trasporto non trascurabili. Presentano una porosità totale intorno al 50% ed una capacità di ritenzione idrica piuttosto bassa (20-25% del vol.) che aumenta con le granulometrie più basse. Le sabbie silicee hanno un contenuto in sali minerali trascurabile, una capacità di scambio nulla ed un pH intorno a 6. In Italia la sabbia è poco usata per le colture "fuori suolo" a causa della difficoltà di reperire materiali di buona qualità a basso costo.

- **Pomice:**

è un materiale minerale con struttura granulare, ottenuto da rocce di origine vulcanica, colore grigio chiaro, abbastanza leggero, porosità totale intorno all'86% del volume, con pori in parte chiusi (10-11%), e media stabilità in quanto le particelle sono fragili. Il substrato si ottiene per frantumazione delle rocce naturali e successiva vagliatura. La calibrazione più adatta alla coltivazione è quella compresa tra 2 e 10 mm. Presenta un pH compreso tra 6,8 e 7,2 ed una debole capacità di scambio cationico (6-8 meq/l), con tracce di calcio, magnesio e ferro. Alla capacità di contenitore la pomice presenta una ritenuta idrica media (30-35% del vol.) superiore a quella dell'argilla espansa, ed una porosità libera del 45-55% del volume, inferiore a quella dell'argilla espansa. È apprezzata per la leggerezza ed il basso costo unitario. Con l'aggiunta di torba in varie proporzioni (33-50% in vol.) si ottengono miscugli con maggiore ritenuta idrica, molto utilizzati nelle colture di piante ornamentali in vaso.

- **Lana di roccia:** è un materiale inerte di natura minerale, molto leggero derivante dalla fusione a 1.500-1.600 C di alcune rocce (60% diabase 20% carbone, 20% calcare). Ha una fine struttura fibrosa con elevata porosità (96% del volume) e, grazie a trattamenti con composti bagnanti, ha una notevole ritenzione idrica (80% del vol.)

Si è diffusa moltissimo in Olanda, inizialmente per le specie orticole.

Trattiene l'acqua con un basso potenziale idrico, inferiore a quello di altri materiali, anche quando il contenuto idrico è ridotto. Ha però una bassa capacità di riumentazione e quindi i moduli vanno immersi in acqua prima dell'uso ed

alimentati poi regolarmente. Si utilizzano pani o moduli di altezza variabile attorno ai 7.5 o 10 cm, larghezza 15, 20 o 30 cm, e lunghezza di 90-100 cm.

Le lastre di densità normale hanno durata di 2-3 anni. Al termine dell'uso le lastre di lana di roccia debbono essere tolte dai sacchi, sterilizzate a vapore e riutilizzate con guaine nuove.

È utile ricordare che la lana di roccia consente lo sviluppo di alghe, deve quindi essere protetta dalla luce con guaine non trasparenti.

La lana di roccia può presentare dei problemi con soluzioni a pH inferiore a 5 in quanto si altera la struttura del pane, inoltre nelle prime fasi della coltura può rilasciare del calcio che può essere allontanato con semplici lavaggi. Al termine dell'impiego anche lo smaltimento presenta qualche problema aggiuntivo in quanto pur essendo un prodotto minerale non si disgrega facilmente, in Olanda oltre ad essere riciclato per fare mattoni, viene impiegato nei campi come ammendante, previo essiccamento compressione e disgregazione.

Substrati sintetici

Comprendono sia materiali plastici a bassa densità che resine sintetiche a scambio ionico. Questi materiali, denominati "espansi", perché ottenuti con un processo di dilatazione ad alte temperature, non sono ancora largamente diffusi, ma possiedono proprietà fisiche adatte ad equilibrare le caratteristiche di altri substrati (Massimo Enzo, 2001)

- **Poliuretano:**

E un materiale organico di origine sintetica sviluppato dalla Agglorex (Belgio), a partire dal 1983, per colture fuori suolo di pomodoro ed altri ortaggi. Si compone di un aggregato di schiume poliuretatiche riscaldate per 20 minuti a 140 °C (per stabilizzarle e consentire successivi reimpieghi previa sterilizzazione a vapore). Presenta una bassa densità apparente ed ha una struttura complessa ad elevata porosità (93 %), con fiocchi a maglia fine che assicurano la riserva idrica, fiocchi medi che danno aerazione ed una schiuma agglutinante che favorisce il trasporto della soluzione nutritiva.

Presenta una scarsa capillarità e quindi nelle prime fasi della utilizzazione il substrato, disponibile in lastre di circa 5 cm di spessore, va frequentemente irrigato con piccoli volumi. Rispetto alla lana di roccia ha minore capacità idrica e maggiore capacità per l'aria, quindi richiede turni irrigui diversi, più frequenti e con

minori volumi. Al termine della coltura i moduli vengono lasciati prosciugare e quindi sterilizzati con vapore. Può essere utilizzato per più cicli, sono stati superati senza problemi i 10 anni di uso consecutivo.

2.3.2 Introduzione e confronto ciclo aperto e ciclo chiuso

i sistemi di colture fuori suolo si distinguono tra quelli a ciclo chiuso e quelli a ciclo aperto. Solo i primi, tuttavia, sono da considerare a basso impatto ambientale, in quanto la raccolta e il riutilizzo della soluzione nutritiva consentono di risparmiare acqua ed elementi fertilizzanti (Schnitzler, 2005)

nonostante questo, la difficoltà di gestione della soluzione nutritiva incide molto sulla decisione del sistema da utilizzare. È opportuno quindi fare una panoramica generale su entrambe le opzioni.

Ciclo aperto

La principale caratteristica dei sistemi a ciclo aperto è che la soluzione nutritiva in eccesso non viene riciclata per essere riutilizzata in quel contesto produttivo.

Dal momento che l'esperienza pratica ha mostrato che una frazione di drenaggio di almeno il 25-30% è necessaria per evitare la salinizzazione del substrato; e che in molte colture commerciali la frazione di drenaggio è spesso più alta (Malorgio, 2014), può comportare a dei problemi.

I limiti che presenta questo sistema derivano dal fatto che il runoff è elevato e, di conseguenza, c'è una ridotta efficienza dell'uso dell'acqua, i costi di produzione sono alti e si corre il rischio di contaminazione delle sorgenti di acqua. (Malorgio, 2014) Tuttavia però la semplicità nella gestione della soluzione nutritiva (utilizzo sempre soluzione nuova), i limitati rischi dal punto di vista fitopatologico e le minor conoscenze richieste per la gestione e correzione della soluzione nutritiva in eccesso, non ha portato all'esclusione di questo tipo di ciclo sebbene abbia un impatto negativo sia a livello ambientale che economico nel lungo periodo.

Ciclo chiuso

Nei sistemi a ciclo chiuso, la soluzione drenata viene raccolta e rimessa in circolo dopo un aggiustamento del pH e della concentrazione dei nutrienti (sulla base dell'EC). I sistemi chiusi sono stati sviluppati per evitare i problemi ambientali relativi all'elevato runoff dei nutrienti nei sistemi aperti. (Malorgio, 2014)

La soluzione nutritiva raccolta a valle degli impianti non mantiene inalterate le caratteristiche chimiche iniziali, a causa dell'assorbimento di acqua e dell'asportazione selettiva degli elementi nutritivi da parte delle piante; ciò comporta l'impoverimento e/o l'accumulo di elementi più o meno essenziali. (Santamaria & Serio, n.d.)

È necessario quindi un'adeguata correzione e disinfezione delle acque riciclate, in quanto le piante sono più soggette a stress salini causato dall'accumulo di ioni non essenziali e/o potenzialmente nocivi (sodio, cloruro, solfato, microelementi e, in caso di acqua dura, calcio e magnesio) nelle soluzioni nutritive riciccolanti (Malorgio, 2014), accompagnato dal rischio di diffusione di patogeni e di accumulo di sostanze organiche e metaboliti fitotossici nella soluzione nutritiva. (Santamaria & Serio, n.d.)

In ogni caso, l'adozione dei sistemi a ciclo chiuso impone la sterilizzazione della soluzione nutritiva (Santamaria & Serio, n.d.) da riciclare facendo aumentare anche i costi.

2.3.3 Dispositivo di erogazione

Nei sistemi di coltivazione fuori suolo, l'erogazione della soluzione nutritiva avviene con modalità differenti che verranno affrontate singolarmente per ogni sistema fuori suolo citato in questa tesi.

2.4 I principali sistemi fuori suolo

2.4.1 NFT

La tecnica NFT, messo a punto da Cooper in Inghilterra intorno agli anni '70, ha trovato iniziale sviluppo nei Paesi del centro-nord Europa quali Belgio, Danimarca e Germania. Il principio di questo sistema consiste nel far circolare, all'interno di moduli di coltivazione chiamati canalette, la soluzione nutritiva in modo da creare un sottile film di 1-2 mm in cui risulta parzialmente immerso l'apparato radicale. Le canalette debbono essere sufficientemente rigide, con una pendenza dell'1-1,5% tale da permettere il deflusso della soluzione che vi scorre all'interno. La tecnica prevede il recupero della soluzione che, dopo aver apportato nutrimento a tutte le piante, viene convogliata in un serbatoio per poi essere reimpressa, previa reintegra, nei moduli di coltivazione.

Questo controllo può avvenire tramite analisi periodica e reintegrazione della soluzione oppure mediante un periodico ricambio completo della soluzione accompagnato da un controllo giornaliero del livello di pH.

Risulta necessario pacciamare il fondo della serra disponendo sul terreno un film in polietilene bicolore 0.20 mm. Questo viene posto con la superficie bianca rivolta verso

l'alto per favorire la massima riflessione della luce allo scopo di contenere gli eccessi termici e migliorare la luminosità dell'ambiente, soprattutto nelle prime fasi della coltivazione. La parte nera, invece, viene messa a contatto con il terreno per un efficace controllo della vegetazione infestante. La pacciamatura ha, inoltre, la funzione di migliorare il controllo dell'UR della serra, eliminando l'evaporazione del suolo e di impedire il contatto delle piante con il terreno che può essere fonte di parassiti e patogeni. Per quanto riguarda la disposizione e la composizione dei moduli di coltivazione, il sistema NFT è formato da canalette in materiale plastico (polietilene, PVC, ecc.) larghe 15-25 cm, profonde 5 -10 cm la cui lunghezza non dovrebbe superare i 20-30 m. La lunghezza e l'inclinazione dei moduli di coltivazione sono infatti responsabili di possibili gradienti nutrizionali ed ambientali, come contenuto di ossigeno e temperatura, che possono influenzare il regolare sviluppo delle piante.

Prima di effettuare le operazioni di trapianto, i moduli di coltivazione vengono ricoperti completamente con un film di polietilene bicolore, sistemando la superficie bianca verso l'esterno, per evitare un eccessivo riscaldamento dell'apparato radicale e della soluzione nutritiva e, la parte nera, rivolta internamente, per evitare il passaggio della luce e, di conseguenza, la formazione di alghe.

L'impianto di irrigazione è costituito dai serbatoi di contenimento della soluzione ricircolante, dai dispositivi di pompaggio ed erogazione della soluzione, dai sistemi di controllo della soluzione e dei turni irrigui. Per la circolazione della soluzione nei moduli di coltivazione, vengono normalmente impiegate elettropompe centrifughe ad asse orizzontale in teflon o acciaio inox, ovviamente posizionate all'esterno del serbatoio. Considerata l'azione corrosiva dei fertilizzanti, sono infatti da preferire pompe esterne ai serbatoi anche per evitare il rilascio di metalli nella soluzione stessa. La portata della pompa va calcolata in funzione del numero di moduli di coltivazione che essa deve alimentare, dovendo garantire a ciascuno un flusso di 1-3 litri al minuto in uscita. Va inoltre considerato che una quota della soluzione aspirata dalla pompa deve ritornare, a mezzo di un by-pass, nel serbatoio di ricircolazione per assicurare un corretto rimescolamento degli elementi nutritivi e una adeguata ossigenazione. L'erogazione della soluzione avviene, a mezzo di tubazioni in polietilene o PVC, nella parte alta dei moduli di coltivazione, mentre a valle, una canaletta disposta trasversalmente ai moduli stessi, provvede al recupero della soluzione non utilizzata dalle piante che ritorna nel serbatoio di stoccaggio.

L'erogazione della soluzione avviene durante le ore di luce (alba - tramonto) secondo turni che prevedono alternanza di flusso e asciutta per assicurare alle piante sia l'apporto di acqua ed elementi nutritivi che di ossigeno. Per il controllo dei turni di irrigazione vengono normalmente impiegati programmatori elettronici che agiscono sulle elettrovalvole di zona determinando l'avvio e l'arresto dei dispositivi di pompaggio.

In sintesi, La ricircolazione della soluzione nutritiva e l'assenza di substrato rappresentano i principali pregi del sistema NFT poiché consentono un significativo risparmio di acqua ed elementi nutritivi, una riduzione dell'impatto ambientale e l'eliminazione del costo del substrato. Per contro, proprio la mancanza di substrato rende la tecnica del film nutritivo priva di volano chimico - fisico e quindi maggiormente esposta a qualsiasi inconveniente che possa determinare un blocco o un'alterazione al flusso della soluzione. Infine, l'elevato sviluppo dell'apparato radicale, che risulta esposto ad un precoce invecchiamento e perdita di funzionalità, rappresenta il maggior limite applicativo poiché impedisce di realizzare coltivazioni a ciclo lungo (oltre 4-5 mesi).

è utilizzato nell'Europa centro-settentrionale soprattutto per la produzione di lattuga, ma anche di pomodoro e cetriolo. Per quanto riguarda il clima mediterraneo sono stati riscontrati alcuni problemi dovuti al rischio di riscaldamento della soluzione nutritiva in primavera-estate.

Una variante al sistema è rappresentata dal "Super NFT" che si differenzia soltanto per la modalità di distribuzione della soluzione nutritiva. Questa, infatti viene erogata in prossimità di ogni pianta a mezzo di un gocciolatore inserito su di un tubo in polietilene semirigido collocato sul fondo della canaletta di coltivazione e il deflusso della soluzione eccedente avviene, invece, ai lati dello stesso modulo. Ciò consente maggiore omogeneità di rifornimento idrico e nutrizionale, minore pendenza del modulo di coltivazione e maggiore lunghezza delle canalette nei confronti del sistema tradizionale. (Massimo Enzo, 2001)

2.4.2 Floating system

Prevede la coltivazione in vasche di 10-25 cm di soluzione nutritiva. Le vasche possono essere costituite da bancali impermeabilizzati con una pendenza di circa 0,5% che consente il recupero della soluzione in una vasca di deposito sotto il pavimento. Le vasche possono avere anche ampie dimensioni, da 200-400 m² appoggiate direttamente sul terreno. All'interno delle vasche sono appoggiati sulla superficie dell'acqua dei pannelli di polistirolo forati. All'interno dei fori sono seminate le diverse colture che, grazie

al supporto del pannello di polistirolo effettuano un vero e proprio galleggiamento nelle vasche. La soluzione nutritiva viene gestita attraverso sensori di pH fissati dentro le vasche di coltura che permettono di inviare automaticamente i risultati del monitoraggio ad una centralina che gestisce l'invio di nuova soluzione all'interno delle vasche.

Anche in questo caso è previsto il riciclo della soluzione nutritiva. Il grande volume delle vasche porta però ad una variazione della composizione della sostanza nutritiva più lenta rispetto al NFT e dunque una stessa soluzione può essere utilizzata per più cicli colturali. Viene usato in Italia per le colture a foglia quali il basilico, la rucola, la valerianella, lo spinacio e le cicorie da taglio, anche se in percentuale non ancora rilevante sul totale della produzione orticola. La costruzione di questo sistema può essere fatta con materiali di basso costo, che prevedono principalmente la realizzazione di vasche, fisse o smontabili, profonde 20-30 cm e posizionate sul terreno oppure direttamente scavate nell'interno della serra.

Nelle vasche si collocano poi i pannelli di polistirolo ad alta densità che galleggiano sulla soluzione nutritiva e fungono da supporto per le piante in coltura. In questi pannelli si provvede a realizzare quanto necessario per poter praticare la semina o il trapianto delle specie che andranno ad ospitare. Nel primo caso si ricavano fessurazioni a sezione troncoconica che vengono riempite del substrato (perlite o vermiculite) che ospiterà il seme (Fig. 78). Nel secondo, invece, adeguatamente spaziate, si praticano gli alloggiamenti, di forma e dimensioni diverse, nei quali andranno posizionati: cubetti di semina, bulbi di piante da fiore, vasetti contenenti un numero diverso di piantine (5-15) in fase di poco successiva all'emergenza avvenuta in vivaio. La semina diretta nelle fessure o in contenitori alveolari di polistirolo è una tecnica che prevede rispettivamente la produzione di colture da taglio (insalate o aromatiche) o vivaismo (soprattutto tabacco). Nel secondo caso si fa riferimento, rispettivamente, a specie da grumolo (es. lattughe), da fiore reciso e alle piante aromatiche o condimentarie commercializzate generalmente in vaso.

Il sistema risulta particolarmente interessante per i costi contenuti di realizzo e gestione legati alla limitata presenza di dispositivi automatici di controllo e correzione della soluzione. La brevità dei cicli produttivi e il volume elevato di soluzione consentono, infatti, di rimandare alla fine di ciascun ciclo le operazioni di reintegra della soluzione nutritiva. In pratica si provvede a ripristinare il volume della vasca con acqua, quindi a riportare l'EC ed il pH ai valori di riferimento con aggiunta di soluzioni madri ed acido nitrico. L'unico controllo necessario durante la coltivazione riguarda il contenuto di ossigeno che deve

essere mantenuto su valori prossimi a 5-6 mg L⁻¹. Il sistema più semplice di ossigenazione consiste nel far ricircolare, a mezzo di una pompa, parte della soluzione attraverso una tubazione in cui viene installato un tubo di Venturi in grado di aspirare aria dall'esterno. La quantità di ossigeno disciolto nella soluzione è legata strettamente al livello termico della stessa per cui dovranno essere attuati tutti i sistemi atti a contenere gli eccessi termici.

2.4.3 Aeroponica

La tecnica di coltivazione fuori suolo aeroponica è basata sul minimo impiego della soluzione nutritiva che viene spruzzata sulle radici delle piante che sbucano da una struttura di sostegno in una intercapedine priva di luce. La struttura di sostegno delle piantine assume forma di tetto con una inclinazione di 50°, sui due lati sono collocati pannelli di polistirolo con fori di 1,5 cm in cui vengono inserite le piantine. Questo tipo di coltivazione viene proposta per permettere un maggiore sfruttamento delle superfici interne alla serra ed una minore manutenzione e rischio di diffusione dei patogeni. Ciò è dovuto alla nebulizzazione della sostanza nutritiva che riduce la dispersione di terra o liquidi come mezzo di diffusione. Questo metodo permette di risparmiare l'utilizzo di acqua e di incrementare la produzione sfruttando al massimo le superfici che sono poste su strutture ad inclinazioni sempre minori.

La possibilità di utilizzare questi impianti su qualsiasi tipo di suolo viene promossa nei paesi in via di sviluppo come risposta alla crisi alimentare, ma la forte automatizzazione richiesta è chiaramente basata su grossi investimenti internazionali e non locali. La coltivazione aeroponica è adatta alla coltivazione di piante che non hanno un grande sviluppo radicale è rivolta quindi prevalentemente a specie orticole di limitato accrescimento quali: lattughe, fragola ed alcune specie da fiore.

La funzione di supporto delle piante viene svolta da pannelli in materiale plastico o, più semplicemente, in polistirolo, disposti orizzontalmente o su piani inclinati, sostenuti da una struttura portante, comunque inerte nei confronti della soluzione nutritiva (acciaio inox, plastica, ferro ricoperto con film plastico), in modo da realizzare dei cassoni chiusi di sezione quadrata o triangolare all'interno dei quali si sviluppano, sospesi, gli apparati radicali.

L'apporto di acqua e nutrienti avviene per mezzo di una soluzione nutritiva nebulizzata direttamente sulle radici per mezzo di spruzzatori statici (sprayer), opportunamente

inseriti su di una tubazione in polietilene o PVC alloggiata all'interno dello stesso modulo di coltivazione.

La portata degli sprayer oscilla dai 35 ai 70 L h⁻¹ con una portata di esercizio di 3-4 bar mentre la loro spaziatura sulle linee di distribuzione varia in funzione della conformazione e dimensione dei moduli di coltivazione.

La durata degli interventi nebulizzanti oscilla dai 30 ai 60 secondi mentre la loro frequenza varia in funzione delle epoche di coltivazione, dello stadio di crescita delle piante, della specie e del momento della giornata (per una coltivazione estiva in piena vegetazione si possono superare gli 80 interventi al giorno dall'alba al tramonto). Ad ogni nebulizzazione il percolato si raccoglie sul fondo dei moduli e, data la pendenza degli stessi, viene convogliato al serbatoio di stoccaggio.

Rispetto all'NFT la coltivazione aeroponica consente una maggiore economia di acqua e di concimi per i minori volumi di soluzione impiegati. Migliore appare inoltre l'ossigenazione degli apparati radicali che, tuttavia, risultano maggiormente esposti a stress termici, soprattutto nel periodo estivo.

2.4.4 coltivazione su bancali di substrato

In cassone

Si tratta di cassoni o bancali, di cemento, alzati da terra per altezze che vanno da 20 a 80 cm ed hanno una larghezza di 90-120 cm.

Queste strutture sono riempite di substrati inerti, a volte mescolati a torba per aumentare la capacità di ritenzione idrica. I quantitativi di substrato richiesti in questo caso sono elevati. La distribuzione della soluzione nutritiva avviene attraverso linee di irrigazione localizzate, appoggiate sopra il bancale, che distribuiscono l'acqua per dispersione oppure a goccia. Si tratta di sistemi a ciclo aperto, che non prevedono il riciclo della sostanza nutritiva, permettendo di ridurre i costi di gestione e controllo della soluzione nutritiva con un conseguente aumento di impatto ambientale. (Massimo Enzo, 2001)

In sacchi

sono dei sacchi di substrato che vengono alimentati attraverso l'irrigazione a goccia localizzata sulle singole piante.

L'investimento a livello di impianto è minore rispetto agli altri sistemi perché è sufficiente prevedere un livellamento del terreno con un sistema di canalette per il drenaggio della soluzione utilizzata. In genere, per la lana di roccia si tratta di moduli di 5-7 cm di altezza,

15-30 cm di larghezza e lunghi circa 90-100 cm. I sacchi sono forati alla base per favorire il drenaggio. Nel caso di materiali come la perlite e la pomice, che hanno meno ritenuta idrica è necessario utilizzare dei sacchi con un volume maggiore.

La soluzione nutritiva viene distribuita con 4-12 interventi giornalieri attraverso il sistema di irrigazione a goccia. Nel caso dei sistemi aperti i consumi idrici corrispondono all'acqua evapotraspirata dalla pianta con un 10-20% in più che consente il drenaggio. La coltura in sacco è molto adatta a specie orticole quali pomodoro, peperone, melone e cetriolo. Questo tipo di coltura viene realizzata anche in verticale per permettere una maggiore densità, in particolare per la fragola.

Nel sistema della coltura a sacco è applicabile sia il ciclo chiuso che il ciclo aperto.

Questo tipo di sistema facilita il riscaldamento basale mediante tubi di acqua calda riuscendo ad anticipare la produzione.

In contenitori singoli

La coltivazione in contenitori singoli è rappresentata principalmente dal sistema in vaso in cui contenitori di varia forma e dimensione, sono riempiti di un substrato artificiale, spesso preparato con materiali di varia natura, organica o minerale. (Pardossi et al., 2009) La coltura in vasi storicamente diffusa soprattutto per le piante ornamentali ed officinali, si sta diffondendo anche per la produzione di ortaggi. Rispetto alla coltura in sacchi che è organizzata per moduli che contengono più piante, in questo caso si tratta di contenitori dedicati a singole piante.

A questo sistema possono essere applicati vari metodi di irrigazione, tra cui:

- Gli impianti ad irrigazione capillare realizzati su bancale o a terra, con pendenza di 0,5-1% in modo da consentire il recupero della soluzione. La base dei bancali viene impermeabilizzata con teli di plastica ed un tappetino in lana di roccia costantemente umido che consente di avere una risalita capillare della soluzione nei vasi che vi sono appoggiati (dimensione media di 8-12 cm di diametro). Il regime idrico è dunque basato su elevata e costante umidità adatta solo ad alcuni tipi di colture, e comunque a colture a ciclo breve. Il substrato utilizzato è spesso una miscela di torba e perlite che permette la capillare risalita dell'acqua. Le tecniche utilizzate sono molto simili a quelle della vivaistica.
- Impianti di irrigazione a goccia dove la distribuzione della soluzione nutritiva si rifà a quella della coltivazione in sacchi.

- canalette a scorrimento, appoggiate su appositi sostegni alti 80-100 cm ed inclinati su cui vengono poggiati i vasi da 13 a 18 cm di diametro. Anche in questo caso, frequenza e durata della distribuzione della soluzione nutritiva dipendono dalla dimensione del vaso e dal tipo di substrato
- I vasi possono infine essere collocati su bancali di flusso e riflusso con bordi di 8-10 cm collegati ad una vasca sottostante in cui viene raccolta la soluzione nutritiva con uno specifico sistema di pompe e valvole. In questo caso, la soluzione nutritiva viene pompata nei bancali ogni 2-3 giorni, a seconda della necessità delle piante. L'impianto si realizza a mezzo di bancali dotati di fondo e pareti impermeabili, in modo da realizzare una vasca di coltivazione nella quale vengono posizionate le piante in vaso. Gli interventi fertirrigui vengono effettuati con il riempimento automatizzato delle vasche fino ad una altezza tale da interessare la parte basale del vaso per un'altezza di 2-4 cm. Quest'ultimo deve essere ovviamente di tipo idoneo al sistema di irrigazione adottata, al fine di facilitare la risalita capillare della soluzione nutritiva nel substrato. La durata dell'intervento irriguo varia da 10-15 fino ai 25-30 minuti, in relazione alle condizioni climatiche, tipo di substrato e alle esigenze della specie interessata.

Al termine del periodo stabilito la soluzione viene fatta defluire e conservata in apposite vasche per il reimpiego. Una applicazione particolare del sistema descritto è rappresentata dalla subirrigazione a pavimento che trova applicazione, oltre che per la coltivazione di piante in vaso, anche nella produzione vivaistica. In pratica al posto dei bancali vengono realizzate delle vasche in cemento che interessano l'intera superficie della serra.

L'aspetto positivo di questo sistema è che la soluzione nutritiva non è a diretto contatto con le radici, subendo quindi limitate modificazioni a livello della composizione, permettendone un miglior riciclo. Un aspetto negativo riguarda invece l'elevata quantità di soluzione erogata per ogni turno irriguo, che esposta all'ambiente esterno ne determina una buona quota evaporata e quindi non utilizzabile dalla pianta.

	Substrato e irrigazione a goccia	Substrato e subirrigazione	NFT	Floating system	Aeroponica
Diffusione commerciale	Elevato	Elevato	Scarso	Crescente	Raro
Tipo di colture	Ortaggi da frutto Fiori recisi	Piante da vaso	Ortaggi	Ortaggi da foglia Bulbose	Ortaggi
Mezzi di coltura	(organico e/o inerte)	(organico)	No	No	No
Soluzione ricircolante	Si/No	Si	Si	Stagnante	Si
Produzione e qualità	Elevato	Elevato	Elevato	Elevato	Medio
Costi di investimento	Medio	Elevato	Medio	Basso	Elevato
Costi di gestione	Medio	Medio	Basso	Basso	Medio
Sistema-tampone	Elevato	Elevato	Basso	Elevato	Molto basso
Rischio	Moderato	Moderato	Elevato	Moderato	Molto Elevato

Figura 2. 1: (Malorgio, 2014)

2.4.5 Plant Factory with Artificial Lighting (PFAL)

I PFAL sono sistemi di produzione indoor, la cui coltivazione avviene in verticale, ovvero tramite l'ausilio di scaffali installati uno sopra l'altro su cui poggiano le piante.

Possono essere suddivisi in due tipi in base alla sorgente luminosa: le strutture che utilizzano solo luce artificiale e strutture in cui alla luce artificiale è affiancata la luce solare come supplemento. (Kozai & Niu, 2015b)

È una tecnica di coltivazione sviluppatasi negli ultimi anni, che ha come target colture specifiche, nata in ottica di urbanizzare l'agricoltura.

Gli obiettivi sono quelli di avvicinare i siti di produzione alle città, usufruendo principalmente di capannoni abbandonati, tagliando i costi di trasporto della merce prodotta e puntando alla produzione di un prodotto pronto all'uso, senza la necessità di essere lavato.

Questo permette di produrre e confezionare il prodotto nella stessa struttura di produzione, tagliando i costi attribuiti alla necessità di lavaggio, offrendo al consumatore un alimento molto più facilmente tracciabile.

Le piante adatte ai PFAL per la produzione commerciale sono colture caratterizzate da altezza di circa 30 cm o meno per adattarsi ai limiti di coltivazione multilivello, crescita rapida (raccolta 10–30 giorni dopo il trapianto), deve crescere bene a bassa intensità luminosa e ad alta densità di impianto, e si deve ottenere un prodotto di alto valore se consumato fresco e venduto già pulito, e senza pesticidi.

Si deve scegliere un prodotto il cui valore può essere efficacemente migliorato dall'ambiente controllato, infine deve essere caratterizzato da un elevato harvest index, ovvero circa l'85% del peso fresco della pianta può essere venduto come prodotto.

Questi sistemi per il momento sono applicati infatti per la produzione di baby-leaf.

Non sono adatte le colture che richiedono grandi aree di crescita che hanno un ciclo di raccolta che va da diversi mesi a dieci o più anni, avendo inoltre un basso rapporto tra valore (prezzo) e massa.

I recenti progressi tecnici hanno contribuito ad avviare l'attività PFAL, che include il miglioramento dell'efficienza energetica elettrica, dell'aria condizionata, dell'isolamento termico, e dell'utilizzo di energia naturale come luce solare, vento, biomassa ed energia geotermica.

I principali punti di forza sono la riduzione di acqua per l'irrigazione e per il lavaggio dei prodotti, la produzione senza pesticidi, l'eliminazione del problema di lisciviazione del fertilizzante negli scarichi, il quasi azzeramento di parti di piante inutilizzabili e/o invendibili e la riduzione della distanza per il trasporto di cibo, producendo vicino al luogo di consumo.

Infine, c'è un miglioramento in efficienza nell'uso delle risorse con la possibilità di creare un sistema di produzione ad alto livello di automazione, molto di più rispetto ai sistemi precedentemente citati.

Capitolo 3

LO SCENARIO ATTUALE

3.1 Studio dei sistemi applicati alle principali colture diffuse nella coltivazione in fuori suolo

3.1.1 Piccoli frutti

In questo macrogruppo si andranno a considerare quelle piante che producono un frutto di dimensioni ridotte, caratterizzate da una consistenza della polpa non troppo compatta e quindi dalla necessità di essere manipolati con cura.

La raccolta infatti avviene manualmente, scelta giustificata dal fatto che la domanda di piccoli frutti non risulta influenzata dal prezzo degli stessi. Il compratore non ne acquista ingenti quantitativi ma quando decide di portarli a tavola lo fa indipendentemente dal prezzo che essi riportano in etichetta.

In questa categoria rientrano i frutti di bosco, quindi lamponi e mirtilli e fragole.

Negli ultimi anni si è assistito ad una riscoperta di queste risorse, rivalutate da una fascia sempre più ampia di consumatori che ne riconoscono i pregi sotto il profilo dietetico, alimentare, farmaceutico e cosmetico.

La coltivazione dei piccoli frutti in Italia risale agli anni '50 del secolo scorso, quando in Piemonte e in provincia di Bergamo si realizzarono i primi impianti di lampone.

Da allora si è assistito ad un decisivo incremento (+40%) della superficie coltivata dal 2006 ad oggi e ad un aumento delle aree pedoclimatiche ormai distribuite lungo tutto lo stivale (Trentino, Lombardia e Piemonte, Emilia-Romagna, Campania, Lazio, Puglia, Calabria, Basilicata e Sicilia) [Fare clic o toccare qui per immettere il testo.](#)

I piccoli frutti rappresentano non più solo una possibile opportunità di diversificazione, ma una concreta risorsa per l'integrazione con altre filiere quali l'agroalimentare di nicchia e di massa, orientato a soddisfare esigenze qualitative elevate.

La peculiarità di prestarsi bene alla coltivazione fuori suolo ha permesso un suo rapido sviluppo in zone in cui il substrato ottimale viene a mancare.

Si offre quindi la possibilità di instaurare la coltivazione di queste piante in areali diversi dal contesto montano (in cui è possibile trovare una notevole quantità di piante selvatiche), raggiungendo anche regioni del Centro-Sud, dove le piantagioni specializzate di mirtillo gigante, lampone e rovo sono in continua espansione.

Ovviamente il clima montano accentua i pregi (consistenza della polpa, brillantezza del colore, serbevolezza, profumo), ma la coltivazione in fuori suolo lungo tutto il profilo italiano (grazie all'elevata varietà ambientale del continente) permette di coprire finestre di mercato scoperte, offrendo un prodotto di ottima qualità, e con tutti i vantaggi apportati con le coltivazioni protette in fuori suolo.

Un'interessante opzione, in questi frangenti, è quella di utilizzare aree marginali e poco appetibili per la cultura dei piccoli frutti.

LAMPONE

Il lampone appartiene alla famiglia delle rosacee.

È una specie rustica che tollera differenti tipi di suolo ma predilige terreni a reazione subacida o neutra (pH 6-7).

Pianta cespugliosa con apparato radicale molto superficiale (formato da radici primarie rizomatose), e radici secondarie fascicolate.

Per queste caratteristiche dell'apparato radicale, si parla di piante sensibili alla siccità e sofferenti a ristagni idrici, cause di marciumi radicali.

Sopporta bene i freddi invernali e le elevate temperature estive.

Si distinguono, e si coltivano, cultivar unifere, che fruttificano una volta all'anno sui tralci e cultivar bifere o rifioranti, in grado di fruttificare, oltre che sui tralci come le unifere, anche a fine estate sui polloni dell'anno.

È una pianta che necessita di supporti per la crescita e spesso, nella coltivazione in pieno campo si adotta la pacciamatura con film plastico bianco per aumentare la luminosità nei filari e acidificare un po' il substrato.

La coltivazione di questa coltura in ambiente non vocato, soprattutto grazie alle caratteristiche dell'apparato radicale, può avvenire con molta facilità tramite il sistema fuori suolo a contenitori singoli con irrigazione a manichetta.

L'impianto si compone di vasi da 22 cm di diametro, riempiti di fibra di cocco, substrato scelto per la sua capacità drenante, con possibilità di essere usato in miscela con torba per acidificarne l'ambiente di crescita delle radici.

L'irrigazione come accennato prima, avviene tramite manichetta posizionata sotto chioma che alimenta ogni vaso singolarmente, scelta per non bagnare le foglie evitando di creare un microclima favorevole all'insorgenza di malattie fungine.

In sintesi, i vantaggi apportati con la coltivazione in vaso sono:

- Possibilità di coltivare in zone non vocate, dove il terreno in possesso non rappresenta un limite
- Avendo una copertura sulla pianta data dalla struttura esterna della serra, la si ripara dagli agenti atmosferici quali pioggia (responsabile dell'incremento di rischio di sviluppo di malattie fungine quali *Phytophthora* spp., e botrite o muffa grigia) e grandine (fattore responsabile del danneggiamento dei frutti)
- Possibilità di controllare efficientemente la distribuzione di soluzione nutritiva, evitando ristagni idrici, siccità ed un controllo migliore dell'azoto che arriva alla pianta (importante non eccedere per evitare fenomeni di troppa vigoria fogliare per evitare lo sviluppo di malattie fungine)

Se gestito correttamente l'impianto, si può produrre regolarmente per 12-15 anni, una così buona durata nel tempo ne consente l'ammortizzazione dei costi più sicura.

MIRTILLO

Il mirtillo appartiene alla famiglia delle Ericacee.

Le cultivar che rivestono il maggior interesse commerciale sono: mirtillo gigante americano (*Vaccinium corymbosum*), mirtillo conilopide (*V. ashei*) e mirtillo rosso americano o cranberry (*V. macrocarpon*).

In Europa dal 1995 ad oggi la superficie coltivata a mirtillo gigante è aumentata del 341%: i maggiori produttori, nel 2007, sono stati Paesi Bassi (con circa 4.000 t)

Regione	Superficie (ha)	Produzioni (t)
Piemonte	120	450
Trentino Alto Adige	100	450
Lombardia	7	37
Calabria	10	40
Altri	7	23
Totale	244	1000

Tabella 3. 1: Mirtillo gigante: superfici e produzioni italiane

Hanno un apparato radicale poco profondo e sono perciò sensibili alla siccità.

Per ottenere buoni risultati vegeto-produttivi, l'approvvigionamento idrico deve essere assicurato con interventi irrigui.

L'apparato radicale è poco profondo e compatto e le radici, minute e delicate, soprattutto nei primi anni, restano confinate per lungo tempo in uno spazio ristretto, più ridotto della proiezione della chioma.

La coltivazione del mirtillo avviene spesso con coltivazione in pieno campo su terreni a reazione acida come il versante orografico sinistro della Valsugana e la Valle di Cembra. Nelle altre zone in cui i suoli hanno reazione alcalina la coltivazione è attuata in fuori suolo, sistemando le piante in contenitori con substrato a reazione acida. Con questa tecnica si sono realizzati diversi impianti permettendone la coltivazione in altre aree italiane.

Anche in questo caso, l'impianto fuori suolo che meglio si adatta a questa coltura è la coltivazione in vaso con irrigazione a manichetta sotto chioma.

La differenza principale rispetto al lampone è che in questa situazione si usano vasi con diametro maggiore e la crescita della parte epigea avviene in assenza di supporti, avendo un portamento più cespuglioso e un'altezza minore che arriva al massimo fino al metro e mezzo (a differenza dei 2 metri del lampone).

Oltre alla possibilità di coltivare il mirtillo in zone in cui il terreno non lo permette, la tecnica di coltivazione in vaso di questa coltura avviene perché:

- È sensibile al gelo che può provocare danni alla pianta e ai frutti e la coltivazione in ambiente protetto offre maggior riparo.
- Offre protezione contro le gelate primaverili tardive.
- Offre riparo contro la grandine, particolarmente pericolosa in quanto il danno non influisce soltanto sulla produzione dell'annata ma pure su quelle degli anni successivi.
- C'è la possibilità di gestire correttamente la distribuzione di acqua in quanto la siccità può portare alla maturazione di frutti di ridotta pezzatura.
- La raccolta e le operazioni richieste dalla pianta possono essere eseguite indipendentemente dalle condizioni atmosferiche.

FRAGOLA

Appartiene alla famiglia delle rosacee.

Oggi, grazie alla combinazione di varietà, ambiente e tecniche colturali, è possibile trovare le fragole sul mercato tutto l'anno.

La superficie in Italia investita a fragola è pari a 3.500 ha. Attualmente oltre il 60% delle piantagioni nel nostro Paese è in coltura protetta.

Le principali regioni di coltivazioni sono Campania, Basilicata, Sicilia e Calabria che producono nel periodo invernale-primaverile prevalentemente in impianti sotto tunnel.

Il Veneto è la più importante regione fragolicola del Settentrione, specie nel Veronese, dove i raccolti sono autunno-primaverili. In Piemonte ed Emilia Romagna sono ancora molto diffusi gli impianti in pieno campo, con forti rischi di gelate primaverili o autunnali. I frutti vanno raccolti quando hanno raggiunto il giusto grado di maturazione (80 % della superficie deve presentare il colore tipico della cultivar). Si staccano con l'intero calice e una parte del peduncolo. Le rese alla raccolta sono di 7-10 kg/ora per operatore per la fragola.

Negli ultimi anni si è sviluppata molto la coltivazione in fuori suolo anche di questa pianta, divenendo una delle colture maggiormente interessata alla coltivazione con questi sistemi.

L'impianto in fuori suolo che viene utilizzato più frequentemente è tramite sacchi di substrato rialzati dal suolo, in cui sono piantate le piante di fragole.

Essendo rialzato dal suolo, questo permette di coltivare, con maggiore sicurezza e qualità, una coltura sensibile agli attacchi di patogeni terricoli, in quanto produce un frutto zuccherino con un pericarpo molto fragile risultando quindi poco efficiente nella difesa del frutto stesso.

Un esempio dell'efficienza d'uso di sistemi fuori suolo per la produzione di fragola è riportato dal caso dell'azienda veneta, situata a Rovigo, denominata: "le fragole di Sofia". Si tratta di un'azienda di 6000 metri quadri, interamente dedicata alla produzione di fragole con coltivazione su sacco.

Ci sono molte aziende che adottano questo sistema, quello che però non è comune a tutti è l'innovativa scelta di produrre con metodo up and down.

I sacchi contenenti le piante sono posizionati su dei carrelli che possono essere rialzati o abbassati in base alla necessità di trattamenti o raccolta.

L'intera area a disposizione in serra è occupata da questi carrelli rialzabili, permettendo di coltivare anche in corrispondenza dei corridoi presenti nelle tradizionali serre in fuori suolo su sacco per il passaggio dei lavoratori.

Il principale vantaggio apportato da questo sistema è il risparmio di suolo, permettendo un maggior investimento d'impianto e quindi una maggiore capacità produttiva a parità di superficie considerata.

Le canaline nella fase di coltivazione ordinaria si trovano alla stessa altezza (per avere la stessa intercettazione luminosa, temperatura e ventilazione), nei periodi invece in cui sono necessari interventi come il taglio dei fiori, la raccolta, il taglio stoloni, e la gestione

del verde, si procede con l'alzare o abbassare i determinati settori in modo alternato così da liberare i corridoi per consentire il passaggio degli operatori.

È un sistema molto sostenibile in quanto:

- Il substrato utilizzato è composto dal 50% di fibra di cocco e 50% di perlite con durata di 4-5 anni
- Si lavora a regime di lotta integrata (trattamenti ridotti al minimo, sfruttando i lanci contro eventuali problemi di insetti e il contatto evitato con il suolo o una superficie umida ne limita molto la comparsa di malattie fungine)
- Si lavora a ciclo chiuso, quindi tramite il riutilizzo della soluzione drenata

Con l'adozione di questo sistema aziendale e mancando di sistemi di illuminazione artificiale e ventilazione (si sfruttano solo finestre di colmo e laterali) l'azienda riesce:

- a fare due raccolte: una autunnale (da metà settembre a novembre) e primaverile (fine aprile a fine giugno).
- Ottenere una produzione annuale per pianta di 0,6-0,7 kg pianta totali annuali (produzione minore in raccolta autunnale)
- A facilitare le operazioni di raccolta in quanto c'è la possibilità di lavorare ad altezza uomo e non più da terra
- Ottenere una buona densità di impianto di 10 piante al metro quadrato (55mila piante totali)
- Ottenere un ottimo prodotto a livello qualitativo, in termini di pezzatura, colore, salubrità e sanità.

Hanno puntato sulla scelta di varietà unifere perché producendo tutto nello stesso momento i tempi di raccolta si stringono molto creando problemi nella gestione della manodopera umana per la raccolta.

3.1.2 Solanacee

Macrogruppo molto vasto ma che in ottica di studio sull'efficienza e sostenibilità dei sistemi fuori suolo, prenderà in considerazione le principali colture coltivate in quel regime, quali, pomodoro, peperone e melanzana.

Si tratta di colture erbacee annuali che producono bacche colorate, con ciclo primaverile-estivo ma che se coltivate in serra possono produrre tutto l'anno (produzione fortemente influenzata dalla tecnologia della serra, quindi dalla presenza o meno di impianti per il riscaldamento basale del substrato, condizionatori, deumidificatori e impianti luminosi).

Poiché i redditi di queste colture sono notevolmente inferiori a quelli delle colture floricole, la conversione al fuori suolo in questo settore è ancora inferiore a quello registrato negli altri paesi europei, specialmente l'Olanda, ma un sostanziale aumento della produttività e della qualità ottenuta, con la riduzione di input utilizzati, sta facendo riscoprire questi nuovi sistemi anche in Italia.

POMODORO

Il pomodoro, in Italia è la coltura più coltivata in fuori suolo.

Il passaggio a questa tecnica di coltivazione è motivato dalla difficoltà di disinfezione del terreno in serra e dagli elevati potenziali di produzione e di qualità.

La scelta dell'investimento iniziale da impiegare sulla costruzione e modernizzazione di una serra incide molto in termini di qualità delle produzioni, quantità, periodo di produzione e soprattutto in termini di sostenibilità e impatto ambientale che questi tipi di coltivazioni hanno.

Un ottimo esempio di produzione a impatto minimo è dato dall'azienda H2orto.

Il gruppo fri-el greenpower, uno dei principali produttori italiani di energia elettrica da fonti rinnovabili (eolica, biomassa e biogas) ha deciso di investire nella realizzazione di serre ipertecnologiche creando il marchio H2orto.

Sono serre che occupano una superficie di 31 ettari, interamente dedicate alla produzione di pomodoro a grappolo in fuori suolo, situata ad Ostellato in provincia di Ferrara.

Offre un prodotto 100% italiano, garantendone la disponibilità 365 giorni l'anno con standard qualitativi elevati e uniformi lungo tutto il periodo di produzione.

Il grande punto di forza e distintivo rispetto alle altre serre fuori suolo di pomodoro è l'elevata tecnologia utilizzata per la produzione, ma che allo stesso tempo, a causa dell'ingente investimento iniziale richiesto, rappresenta una barriera molto alta in entrata di questo settore.

Le tecnologie utilizzate permettono di realizzare obiettivi che una serra sprovvista di questi impianti non riuscirebbe a realizzare.

Uno tra questi è l'impianto di illuminazione led come supplemento all'irraggiamento solare, si contano più di 220 km di luci led per la produzione invernale. Investimento necessario in quanto la pianta di pomodoro se sottoposta a temperature alte ma ad un irraggiamento insufficiente tende a filare intaccando negativamente la produzione.

La coltivazione avviene su sacchi di lana di roccia, di una lunghezza di un metro in cui poggiano due cubetti contenenti le piante di pomodoro.

Man mano che queste crescono sono legate a dei fili che fungono da supporto per permettere prima un accrescimento verticale, e poi trasversale, traslando i fusti delle piante mantenendo l'altezza della testa costante e posizionando i frutti da raccogliere ad un'altezza costante agevolando e velocizzando le operazioni di raccolta (con questo metodo le piante possono arrivare ad una lunghezza del tralcio fino a 15 metri).

Gli accorgimenti tecnici che rendono tutto il sistema della serra molto efficiente e sostenibile sono:

- L'utilizzo di acqua calda come sorgente di riscaldamento sfruttando l'energia in eccesso di una centrale biogas appartenente ad un ramo aziendale di fri-el
- L'adozione del ciclo chiuso, quindi il recupero della soluzione nutritiva drenata
- L'utilizzo di acqua piovana per l'irrigazione (opportunamente esaminata e sanificata in quanto si produce un prodotto nichel-free)
- La scelta di lavorare in regime biologico senza che il prodotto ne sia riconosciuto come tale, tramite l'utilizzo di lanci di insetti utili contro gli insetti dannosi e limitando al minimo, quasi azzerando i trattamenti chimici contro funghi o batteri. Questo grazie all'adozione di accorgimenti e interventi preventivi come l'attenzione a distribuire il giusto quantitativo di soluzione nutritiva alla giusta concentrazione per far crescere in modo sano e ottimale la pianta e di prestare molta attenzione agli agenti esterni che possono entrare sfruttando vettori umani.

L'adozione di tutto ciò ha permesso all'azienda vari riconoscimenti come la certificazione water footprint e climate change.

I limiti di queste serre tecnologiche è la grande barriera in entrata che si presenta per l'alto investimento economico richiesto e la necessità di applicare questi sistemi a superfici molto ampie per permettere di ammortizzare i costi. Questi sistemi non sono applicabili e sostenibili in aree limitate.

PEPERONE e MELANZANA

L'innovazione e le tecnologie per una produzione più sostenibile utilizzate in serra per peperone e melanzana, in Italia, sono di gran lunga inferiori rispetto a quelle investite per il pomodoro.

I sistemi in fuori suolo più sviluppate per la produzione di queste colture sono tramite l'utilizzo di sacchi, disposti in file semplici o binate con distanza dell'interfila che va da 1.2 a 1.5 metri.

I sacchi vengono disposti in file continue lungo i canali di sgrondo con la base leggermente inclinata verso il bordo del canale per permettere il deflusso della soluzione nutritiva in eccesso dove si desidera.

La coltivazione consiste nel poggiare cubetti di substrato (ad esempio lana di roccia) su cui sono state fatte crescere le piantine, in questi sacchi, previa saturazione con soluzione nutritiva e formazione dei fori per il drenaggio per la quota in eccesso che verrà distribuita lungo il ciclo di produzione.

Man mano che le piante si accresceranno in altezza verranno legate a dei fili per il sostegno per facilitarne la crescita e la raccolta dei frutti.

Entrambe le colture hanno esigenze termiche maggiori rispetto al pomodoro per questo bene si adattano alla coltivazione in serra.

Il passaggio alla coltura fuori suolo è giustificato dalla possibilità di controllo di alcune malattie radicali (*verticillium* e *phytophthora* nel caso del peperone e *fusarium spp* per quanto riguarda la melanzana), e dalla possibilità di consistenti miglioramenti produttivi e di qualità dei frutti.

Importante prestare attenzione alle condizioni igieniche con cui si opera in quanto queste condizioni sono facilmente attaccabili negativamente.

Da un punto di vista della sostenibilità questi sistemi sono in grado quindi di ridurre l'utilizzo di agenti chimici per il controllo di malattie legate all'utilizzo del suolo, ridurre l'utilizzo di acqua aumentando la produzione grazie ad un uso più efficiente di essa, sfruttare i lanci di insetti per la protezione delle piante da insetti dannosi e migliorare l'esposizione luminosa senza un ulteriore consumo di energia per l'illuminazione, sfruttando i teli plastici bianchi stesi per la pavimentazione della serra.

Importante prestare attenzione al corretto smaltimento dei substrati e dei teli plastici utilizzati durante il ciclo colturale se no si produce tanto ma impattando molto sull'ambiente.

Nonostante in Italia il progresso tecnologico per queste colture non sia sufficientemente avanzato, in Europa, soprattutto in Olanda le tecnologie applicate a queste coltivazioni sono più che superiore a quelle italiane.

Un progetto completato ma ancora non in fase di utilizzo è un braccio meccanico per la raccolta del peperone.

Si tratta di un progetto nato nel 2015 e terminato nel 2018, con il principale obiettivo di introdurre la prima generazione di robot da serra addetti alla raccolta nel mercato.

SWEEPER ha lo scopo di ottimizzare il sistema di coltivazione andando a semplificare la fase di raccolta, riducendo inoltre il costo della manodopera.

Consiste in una pinza a cui tutto attorno sono posizionati dei sensori che permettono il riconoscimento dei frutti attaccati alla pianta.

Si è sviluppato specialmente in peperone, in quanto le differenze di colore tra frutto e parte vegetativa della pianta è notevole, facilitando la realizzazione di un programma per il riconoscimento dalla parte da raccogliere.

La motivazione che hanno mosso la realizzazione di tale progetto è l'elevato bisogno di automatizzare il lavoro nell'ambito dell'orticoltura. Questo perché la disponibilità di dipendenti che sono disposti a svolgere attività ripetitive in condizioni climatiche difficili sta rapidamente diminuendo.

3.1.3 Prodotti per la quarta gamma

Gli ortaggi possono essere classificati in base alle lavorazioni che subiscono prima della vendita in 5 gamme. Sono identificate da dei numeri romani che vanno da I (prodotti freschi che hanno subito minime lavorazioni, ma che devono essere ancora lavorati prima dell'uso) a V (sono i prodotti ready to heat, quindi prodotti conservati sottovuoto che devono essere riscaldati prima del consumo). Tra questi due estremi si trovano i prodotti di II gamma, ovvero semilavorati stabilizzati, conservabili per un lungo periodo di tempo, i prodotti di III gamma quindi i surgelati e congelati che hanno subito tutte le lavorazioni tranne la cottura ed infine la IV gamma.

Per questa tesi si prenderà in studio la IV gamma, ovvero i semilavorati pronti all'uso.

Più precisamente si definiscono della IV gamma quei prodotti preparati e condizionati in maniera tale da fornire tutta una serie di servizi al consumatore, tra cui pulizia, mondatura, lavaggio, taglio in unità o sub-unità pronte all'uso, conservando allo stesso tempo le caratteristiche di freschezza e di genuinità del prodotto fresco.

Il successo commerciale si è accresciuto molto negli ultimi anni, questo perché tale categoria di alimenti è in grado di stare al passo con il cambiamento di stile di vita del consumatore, riuscendone a soddisfare le abitudini alimentari.

Offre infatti un prodotto pronto all'uso, che non richiede tempi per la preparazione, garantisce alta qualità, in termini di aspetto esteriore, organolettico e nutrizionale e c'è l'eliminazione dello scarto in quanto il prodotto è consumabile al 100%.

Si possono ritrovare molte tipologie di ortaggi all'interno di questa gamma come verdure a foglia tagliata (lattuga, radicchio) o a foglia intera, dette anche baby leaf (rucola, spinacio, valerianella), ortaggi a radice (carota), a tubero (patata), o a bulbo (cipolla) e

molte altre, ma ci si concentrerà su quelle maggiormente diffuse, ovvero insalate a foglia tagliata ed alle baby leaf.

I prodotti di quarta gamma, infatti, sono costituiti per due terzi da ortaggi di prima gamma (insalate adulte) e per un terzo da ortaggi da foglia da taglio (baby leaf).

L'aumento della domanda di questi prodotti ha determinato una forte innovazione nella produzione orticola tanto da incentivare le aziende ad adattarsi al mercato, ottimizzando e innovando le tecniche colturali puntando sulla qualità del prodotto.

Partendo dal seme alcune grandi aziende sementiere internazionali stanno investendo sulla selezione di cultivar specifiche per questo settore. In particolare, per gli ortaggi da foglia (lattuga, cicoria, spinacio) sono state introdotte sul mercato tipologie e cultivar specifiche per la produzione di baby leaf che consentono la lavorazione della foglia (o pianta) intera limitando il taglio al solo intervento di raccolta.

Proseguendo con la fase della scelta della varietà si deve tenere presente che una cultivar destinata alla trasformazione in IV gamma dovrebbe possedere le seguenti caratteristiche:

- uniformità di dimensione e maturazione
- idoneità alla raccolta meccanica
- ridotto scarto
- bassa sensibilità stagionale, ovvero scarsa dipendenza dalle condizioni climatiche permettendo una produzione costante lungo tutto l'anno
- qualità organolettiche e sensoriali in grado di soddisfare il consumatore (forma, dimensione, colore, sapore, aroma);
- buon contenuto di sostanza secca che incide su una maggiore consistenza, resistenza meccanica alle manipolazioni e alle lavorazioni
- bassa sensibilità alle basse temperature (importante la catena del freddo lungo tutta la filiera per conferire maggiore conservabilità);
- elevata resistenza genetica alle malattie e alle fisiopatie per vendere un prodotto che sia in grado di mantenere integri i propri tessuti e che permetta la riduzione dell'impiego di fitofarmaci limitando il rischio di residui nel prodotto
- basso livello di attività degli enzimi che contribuiscono ai processi degradativi che causano imbrunimento
- bassa attività respiratoria (rallentamento della distruzione della clorofilla e mantenimento del colore verde);

- offrendo un alimento pronto all'uso, il prodotto deve far fronte a molti stress dovuti alle lavorazioni necessarie per ottenere tale servizio, deve quindi risultare ancora appetibile ed esteriormente di buon aspetto in seguito a tutte le lavorazioni subite.

La tecnica di produzione svolge un ruolo strategico per ottenere un prodotto di qualità idonea per la trasformazione di IV gamma. Negli ortaggi da foglia, questo è facilmente ottenibile in seguito a precise modifiche delle pratiche colturali rispetto ai sistemi di produzione tradizionali.

Si sono sviluppate, specialmente nelle regioni del Nord-Ovest, diverse aziende che producono in idroponica, più nello specifico, tramite il sistema a pannelli galleggianti o floating system, che attualmente sembra fornire i migliori risultati sotto il profilo quantitativo e qualitativo.

Il floating system come accennato nel capitolo precedente, consiste in una vasca impermeabilizzata, posta fuori o scavata nel terreno ad altezza e profondità variabile (20-30 cm) riempita di sostanza nutritiva, dove in superficie, poggiano dei pannelli contenenti la coltura.

La quantità di soluzione nutritiva contenuta può variare da 150 a 250 L/m² e richiede operazioni di ossigenazione per contrastare il depauperamento dell'ossigeno dovuto alla respirazione radicale e alla stagnazione. L'apporto di ossigeno può avvenire per semplice immissione di aria mediante compressore o miscelazione dell'aria con la soluzione nutritiva attraverso un sistema venturi oppure mediante gorgogliamento. La carenza di ossigeno condiziona fortemente la funzionalità delle radici che tendono ad annerire e perdere la loro funzionalità. La concentrazione ottimale oscilla da 6 a 7 mg/L e l'effetto ipossico sulla pianta inizia a manifestarsi quando l'ossigeno scende sotto i 3 mg/L.

Nel sistema di coltivazione floating la semina è effettuata in pannelli di polistirolo con un substrato minimo, sufficiente per la germinazione dei semi. Il pannello ha la sola funzione di supporto per le piante ed è costituito da polistirolo ad alta densità.

Le fessure vengono riempite con un substrato composto da perlite, vermiculite, torba bionda o miscugli degli stessi; questa operazione viene effettuata da una macchina che provvede anche a disporre il seme oltre che ad effettuare una prima irrigazione. Il substrato più idoneo è la perlite.

La qualità dei prodotti a foglia per la IV gamma, ottenuti attraverso questo sistema risulta migliorata sia in termini di rese sia di qualità globale del prodotto in quanto la possibilità di controllare la nutrizione idrica e minerale della pianta e l'assenza del terreno,

consentono di far crescere la pianta in un ambiente ideale, lontano da stress che ne comprometterebbero le caratteristiche organolettiche e visive in fase di vendita.

Con il floating system si è in grado, quindi, di ottenere questi vantaggi:

- controllare la nutrizione idrica e minerale della pianta, consentono la riduzione dei nitrati applicando opportune strategie, l'arricchimento in elementi minerali (calcio, ferro, magnesio), antiossidanti (selenio) e composti funzionali (omega 3)
- Si permette di aumentare il numero dei raccolti durante l'anno tramite il riscaldamento della soluzione nutritiva che velocizza la crescita colturale
- L'assenza di terreno aumenta l'igienicità del prodotto e permette di ridurre l'utilizzo di prodotti fitochimici (fitosanitari) sino anche ad escluderli (diserbanti), e semplificando e riducendo le operazioni di lavaggio del prodotto prima del confezionamento
- aumentando la conducibilità elettrica della soluzione nutritiva si permette di migliorare gli aspetti qualitativi come gusto, aroma, intensità del colore verde, percentuale di sostanza secca e addirittura prolungamento della shelf-life
- garantire con maggior sicurezza l'assenza di microrganismi patogeni per l'uomo ed in generale un basso livello della carica microbica e l'assenza di sostanze e corpi estranei (insetti, erbe infestanti, terreno, pietre, materiale vario)

La pratica di produzione di baby leaf ed insalate con il sistema sopradescritto, se comparato alle normali pratiche utilizzate in pieno campo, risulta più sostenibile e meno impattante sull'ambiente.

Questo avviene perché le aziende che coltivano ortaggi da IV gamma in pieno campo non seguono un vero e proprio avvicendamento colturale e spesso la programmazione è monocolturale con ingenti problemi fitosanitari. Trattandosi di brevi cicli, spesso, non permettono trattamenti curativi a causa degli intervalli di sicurezza dei prodotti fitosanitari, dovendo intervenire preventivamente, ad esempio con la disinfezione del terreno, per l'inattivazione delle infestanti e delle spore fungine. Nel caso si verificassero forti incidenze di malattie durante l'anno è necessario ripetere il trattamento incorrendo al rischio di un accumulo nel terreno e problemi di lisciviazione inquinando qualche falda.

Il floating system, attraverso l'esclusione dell'utilizzo del terreno non presenta questo tipo di problema, rendendo possibile la monocoltura.

Trattandosi di un ambiente controllato, l'azienda può scegliere di utilizzare l'illuminazione artificiale come supplemento alle esigenze luminose della pianta, soprattutto nel periodo

invernale in cui il fotoperiodo breve con scarsa intensità di luce determina un accumulo di nitrati nei tessuti della foglia. Più nello specifico in condizioni ambientali sfavorevoli, il contenuto in nitrati è molto alto nelle foglie e può superare i limiti di legge per la commercializzazione. Questi limiti sono stati imposti dall'U.E. per ridurre l'apporto di nitrato nella dieta umana. Questa decisione è stata presa in seguito ai risultati ottenuti da studi epidemiologici che hanno dimostrato un effetto cancerogeno di composti derivati dalle nitrosammine (reazioni del nitrito con i prodotti del catabolismo proteico). L'eccesso del nitrato può determinare la meta-emoglobinemia nei bambini causando la sindrome del "baby blue" dovuta all'incapacità della metaemoglobina a trasportare ossigeno.

Guardando al futuro ci si aspetta che la superficie coltivata ad ortaggi da foglia e da taglio sia destinata ad aumentare. Contemporaneamente la competizione tra i produttori porterà alla nascita di sistemi di produzione più evoluti tecnologicamente.

Tutto questo è confermato dalla nascita delle prime aziende in vertical farming, descritte nel capitolo precedente sotto il nome di PFAL, applicate proprio alla produzione di prodotti a foglia per la IV gamma.

Questi sistemi, per come sono sviluppati al momento, presentano molti limiti sulla scelta delle piante che è possibile coltivare in vertical farming, nonostante ciò, si sono rilevati particolarmente adatti alla coltivazione delle baby leaf.

Per baby leaf, si intendono quelle colture a foglia la cui fase di raccolta avviene in uno stadio di sviluppo molto precoce quando hanno raggiunto i 13-15 cm di altezza e hanno 6-7 foglie.

Ad esempio, la lattuga da taglio, che è la principale coltura destinata per la produzione di baby leaf per la filiera della quarta gamma, viene raccolta allo stadio di 3-4 foglie quando la piantina ha raggiunto l'altezza di 10-13 cm. Si adattano bene quindi alla coltivazione in verticale perché caratterizzati da uno sviluppo in altezza limitato a pochi centimetri, e da cicli di produzione molto brevi, che in determinate condizioni, che si ritrovano nel vertical farming indoor, sono in grado di ridurre ulteriormente (come nel caso del basilico che da 45 giorni necessari tra semina e raccolta in pieno campo, passa a 20).

Gli effetti positivi nell'adozione di questa tecnica di produzione per le baby leaf, si ritrovano studiando il caso dell'azienda Bio Extra Solum di Vittorio Gariglio.

L'azienda nasce nel 2011, e, dopo vari anni di esperienza nel settore ortofrutticolo, decide di specializzarsi nella coltivazione del basilico in vaso e in mazzetto, utilizzando, nel periodo primaverile estivo il sistema di flusso/riflusso in bancali, mentre nel periodo invernale, usufruiscono della tecnologia vertical farming.

Per la produzione invernale, una porzione di superficie della serra (18 metri di lunghezza per 8 metri di larghezza, con un'altezza di 3,6 metri), è stata trasformata in una cella climatica con lo scopo di creare un volume completamente stagno, facile da riscaldare e da raffreddare. Tramite appositi impianti, viene garantita una temperatura costante tra i 24 e i 28 gradi, e l'umidità relativa viene mantenuta intorno al 50/65%, in modo da non favorire lo sviluppo di funghi. La produzione è assicurata e avviene grazie agli impianti di deumidificazione, di destratificazione e di ricambio dell'aria, che viene prelevata dall'esterno per apportare Co2 essenziale per la crescita.

All'interno della cella sono poste delle scaffalature fisse su quattro livelli che ospitano al loro interno dei pianali di coltivazione in alluminio caratterizzati da una lunghissima durata del bancale, igiene e pulizia, oltre che bassissima manutenzione e facilità nel montaggio. Anche con la coltivazione in verticale si sfrutta l'effetto flusso-reflusso grazie alla presenza di valvole che controlla la fuoriuscita della soluzione nutritiva. La fertirrigazione è gestita tramite un impianto di miscelazione già esistente che è raccordato ai bancali utilizzati nell'altro settore aziendale attivo nel periodo estivo.

Ogni fila d'illuminazione è posta sotto la base del bancale in modo da illuminare con un cono uniforme la coltivazione del piano sottostante e garantendo il giusto spettro luminoso alla pianta in maniera bilanciata, in base alla sua crescita durante il ciclo.

Lo sviluppo di superficie coltivabile è di circa 280 mq, pari alla stessa superficie di bancali flusso e riflusso presenti attualmente nell'azienda, ma disposti in modo da occupare un terzo della superficie e in particolar modo con una produttività tripla rispetto al metodo tradizionale.

Adottando il sistema di vertical farming ha permesso all'azienda di:

- ridurre i costi di produzione, in quanto la zona produttiva nel periodo invernale è stata ridotta ad 1/3 del volume dell'azienda, dovendo quindi riscaldare una superficie inferiore
- un incremento della produzione e occupazione: con cicli di 28 giorni durante il periodo invernale si può avere una produzione paragonabile al periodo estivo, con il vantaggio di vendere il prodotto a prezzi più alti e di garantire una produzione fissa e costante molto apprezzata dalla grande distribuzione.
- Produrre senza l'utilizzo di insetticidi e fungicidi
- Ridurre del 50% del consumo di acqua irrigua, in quanto in un ambiente senza irradiazione solare, il consumo d'acqua si riduce notevolmente potendo così dimezzare il numero di irrigazioni.

- Produrre in modo molto sostenibile in quanto si è adottato il ciclo chiuso, e l'energia necessaria per il funzionamento del Vertical Farm deriva da fonti rinnovabili

3.2 Scenario italiano delle aziende in fuori suolo

A livello nazionale si riscontra la difficoltà di reperire informazioni sull'esistenza di aziende agricole in fuori suolo: ad oggi l'unico strumento accessibile ed utilizzabile risulta essere internet, tuttavia non tutte le aziende possiedono un proprio sito con cui si presentano e danno indicazioni sulle proprie produzioni e i vari metodi utilizzati. È stato comunque stilato un elenco di 24 aziende accumulate dalla scelta di adottare il fuori suolo.

I vari nominativi di aziende sono stati raggruppati in 3 tabelle, in base alla regione in cui operano differenziandole in nord, centro e sud, per cercare di creare una panoramica più o meno generale sulla disposizione di queste aziende lungo lo stato.

Per ogni azienda è stato indicato il tipo di fuori suolo adottato e in quale coltura si sono specializzate per la produzione.

Da questo lavoro si evidenzia un maggior numero di serre in fuori suolo al nord, seguito da sud ed infine dal centro.

Studiando i vari sistemi adottati dalle aziende spicca come al nord, rispetto al sud, siano presenti serre tecnologicamente più avanzate, si nota infatti come i vari sistemi di vertical farming (noti per l'elevata tecnologia richiesta e i costi necessari per la realizzazione) siano presenti solo al nord, principalmente nella zona di Milano, dove il modello dell'agricoltura urbana si sta sviluppando con maggior intensità rispetto ad altre regioni italiane.

Oltre ai sistemi di vertical farming, che rappresentano il vertice di tecnologie applicate all'agricoltura, si può notare come aziende come "H2orto" e "le fragole di Sofia" (affrontate nel capitolo precedente) di grande rilevanza per le nuove tecnologie adottate per una produzione più sostenibile, si trovino anch'esse al nord.

Trattandosi di sistemi innovativi, che rappresentano delle novità nel settore, sono in grado di attirare di più l'attenzione verso a sé, rendendo più facile la scoperta di tali aziende.

Tutto ciò per giustificare una quantità maggiore di aziende trovate al nord rispetto al sud, dove, l'utilizzo di sistemi fuori suolo avviene mediante tecnologie più semplici e comuni e probabilmente con un minor impatto mediatico o una minore presenza nella rete, rendendo così difficile la scoperta.

Dunque la minore incidenza di aziende al sud è in parte da ricondurre alla maggiore difficoltà nel reperire informazioni, mentre la presenza è supposta in accordo con quanto riportato nel lavoro di Romano “Colture fuori suolo in orticoltura e floricoltura”, dove risulta che molte aziende in fuori suolo, dedicate alla produzione di peperone e melanzana, siano situate al sud, più precisamente in Sicilia.

NOME AZIENDA	SISTEMA FUORI SUOLO	PRODOTTI COLTIVATI	LOCALITÀ
Agricola moderna	Indoor vertical farming	baby leaf (basilico, lattuga, misticanza)	Milano (Lombardia)
Azienda Tremasi	In sacco	fragolina di bosco	Valsugana (Trentino)
Azienda Lacontenta	In vaso singolo con manichetta	Lampone	Val di sole (Trentino)
Azienda agricola valle	Floating sistem	Insalata	Ravenna (Emilia-Romagna)
Le fragole di Sofia	Up and down	Fragola	Rovigo (Veneto)
Azienda agricola zanetti andrea	Coltivazione su sacco	Fragola	Drena (Trentino)
Azienda ipom	Idroponica	Pomodoro	Bologna (Emilia-Romagna)
H2orto	Idroponica	Pomodoro	Ostellato (Emilia-Romagna)
Idroluppolo	Idroponica	Luppolo	Casalmaggiore (Lombardia)
Alma farm	Aeroponica, idroponica indoor	Pomodoro, baby leaf	Università di Bologna
Azienda agricola Bio Extra solum	Indoor vertical farming	Basilico	Torino (Piemonte)
Zero	Indoor vertical farming	Baby leaf	Pordenone (Friuli Venezia-Giulia)
Planet farm	Indoor vertical farming	Baby leaf	Milano (Lombardia)

Tabella 3.1: Principali aziende operanti nel Nord Italia

NOME AZIENDA	SISTEMI FUORI SUOLO	PRODOTTI COLTIVATI	LOCALITÀ
Ferrari farm	In sacco	Pomodoro, basilico	Rieti (Lazio)

Aso 48	In vaso singolo con manichetta	Mirtillo	Fermo (Marche)
Sfera agricola	Idroponica	Pomodoro, insalata, basilico	Maremma (Toscana)
Azienda agricola Fratelli Boni	In vaso singolo con manichetta	Mirtillo	Colli al metauro (Marche)

Tabella 3.2: Principali aziende operanti nel Centro Italia

SUD

AZIENDA	SISTEMA FUORI SUOLO	PRODOTTI COLTIVATI	LOCALITÀ
Azienda zisa emma	In vaso singolo con manichetta	Mirtillo	Ragusa (Sicilia)
Aeroponica perrotta	Aeroponica	Canapa	Nola (Campania)
fruitHydrosinni	Idroponica	Pomodoro, fragola, menta	Policoro (Basilicata)
Agreek	Aeroponica	Pomodoro, basilico, cavolo nero, radicchio, lattuga	Sicilia
Portolesi Rocco	In vaso singolo con manichetta	Mirtilli, more, lampone	Bovalino (Calabria)
Saro Mittiga	In vaso singolo con manichetta	Mirtillo	Plati (Calabria)

Tabella 3.3: Principali aziende operanti nel Sud Italia

Capitolo 4

CONCLUSIONI

Lo scenario globale attuale prelude l'inizio di un periodo di notevoli cambiamenti sia climatici, che oltre a determinare uno stoccaggio idrico utilizzabile dall'agricoltura sempre più incerto, incide sull'avvento di eventi atmosferici straordinari, che demografici dovuti all'aumento della popolazione.

Alla pressione di questi due fattori, si aggiunge la necessità di soddisfare un consumatore sempre più attento al processo produttivo del prodotto che acquista.

Nasce quindi la necessità di una rivoluzione in ambito agricolo.

Ha trovato e negli ultimi anni si sta sviluppando una tecnica che permette l'intensificazione sostenibile delle produzioni, ovvero il fuori suolo.

Il lavoro effettuato in questa tesi ha avuto inizio con la ricerca di nuovi sistemi di coltivazioni applicabili in coltura protetta per una produzione più sostenibile.

I sistemi che si stanno sviluppando in questi ultimi anni che si discostano dai tradizionali metodi di coltivazioni in ambiente protetto ed in pieno campo sono i sistemi in fuori suolo.

In seguito ad una panoramica generale sui vantaggi e svantaggi di adottare tale metodologia di coltivazione, la ricerca si è concentrata sulle varie tipologie esistenti.

Nonostante se ne distinguano di vari tipi, è emerso che tutti i sistemi individuati possiedono una parte comune.

Sono tutti composti, infatti, da quegli impianti necessari per la gestione e creazione della soluzione nutritiva, come: i dispositivi di pompaggio, di filtraggio, di dosaggio del fertilizzante, il sistema di controllo dei turni irrigui, per il controllo del pH e CE e le condotte principali di adduzione.

La scelta degli impianti per la somministrazione della soluzione nutritiva e del tipo di substrato (nel caso dell'aeroponica e del floating system è assente) influenza la scelta della pianta da coltivare.

Non tutti i sistemi in fuori suolo, infatti si possono adattare a qualsiasi coltura, e soprattutto, non tutte sono coltivabili con tali metodi, per questo motivo, la parte finale della tesi si è concentrata nell'individuazione delle colture maggiormente prodotte in fuori

suolo e, in base alle aziende produttrici italiane esistenti con tale tecnologia, quali sistemi utilizzano in base alla pianta che coltivano.

Valutando e analizzando le motivazioni che hanno spinto alcune aziende italiane alla scelta di convertirsi al fuori suolo, nonostante gli investimenti iniziali necessari per la realizzazione delle strutture e impianti notevolmente più altri rispetto ai metodi tradizionali, emerge la volontà di produrre una quantità maggiore di prodotto a parità di superficie utilizzata, in modo più sostenibile e limitando gli impatti negativi sull'ambiente. I sistemi in fuori suolo, infatti, oltre a garantire i vantaggi tipici delle colture protette, tra cui la possibilità di offrire maggior riparo contro gli agenti atmosferici, patogeni e dannosi come grandine, funghi e insetti, permette di produrre anche in zone non vocate.

Oltre al superamento dei limiti derivanti dall'utilizzo del suolo, sostituendolo con substrati inerti o addirittura rimuovendolo, questi sistemi consentono un controllo più efficiente della fertirrigazione adottando ad esempio il ciclo chiuso, ovvero il recupero della soluzione nutritiva in eccesso, garantendo così un'elevata efficienza d'uso dell'acqua.

Nonostante il ciclo chiuso non sia ancora così diffuso a causa della difficoltà di gestione e del maggior rischio di trasferimento di patogeni tra una pianta e l'altra, se gestito correttamente offre molti vantaggi sia a livello economico che ambientale.

Dal punto di vista funzionale, tali sistemi di coltivazioni permettono di facilitare determinate operazioni, nel caso della fragola, innalzando il piano di crescita della pianta, si agevola la raccolta, nel caso dei prodotti a IV gamma coltivando senza substrato c'è un minor rischio di problemi di contaminazione di particelle del terreno che imbrattano il prodotto e, in generale, il controllo di funghi ed insetti sono più efficienti offrendo la possibilità di diminuire trattamenti chimici contro di essi.

Altri accorgimenti possibili sono l'installazione di tubazioni in cui scorre acqua calda, questo permette di riscaldare il substrato, anticipando così le produzioni e offrendo un prodotto in una finestra di mercato più remunerativo, ed infine, controllando con molta precisione la fertirrigazione, se gestita in modo ottimale, si ottengono prodotti di ottima qualità e la possibilità di limitare la comparsa di malattie fungine attraverso adeguati impianti di ventilazione ed evitando eccessi di umidità tra le piante distribuendo il giusto quantitativo di acqua.

Nell'ultimo periodo si sta assistendo ad un incremento di tecnologie investite anche in ambito nel fuori suolo, fa da esempio il caso della nascita del vertical farming, in cui, oltre al superamento dei limiti dettati dall'utilizzo del suolo, attraverso la coltivazione in verticale, si va a migliorare lo sfruttamento dello spazio, sia aereo che di suolo.

Questa tecnologia è caratterizzata però dalla necessità di illuminazione artificiale, richiedendo così alti quantitativi di energia e, soprattutto, presenta molti limiti sulla scelta delle colture applicabili a tali sistemi, sia per problemi fisici e biologici della pianta stessa, che economici, in quanto l'elevato utilizzo di energia graverebbe nel prezzo finale del prodotto.

Le coltivazioni in fuori suolo in Italia, solo in questi anni stanno acquisendo di importanza, e soprattutto stanno rivelando i possibili vantaggi apportati con tali coltivazioni.

È importante indubbiamente la sperimentazione in questi sistemi per renderli sempre più funzionali e meno impattanti, il problema principale è che spesso sono richiesti investimenti consistenti anche solo per la realizzazione di un impianto base per la gestione della soluzione nutritiva e la necessità di assistenza in caso di mal funzionamento non è sempre garantita dalle aziende che vendono impianti per il fuori suolo.

A mio avviso è quindi importante far sì che le aziende che si avvicinano a tali tecnologie, siano ben informate, per permettere il mantenimento dello scopo iniziale di questa scelta, ovvero maggiore sostenibilità.

BIBLIOGRAFIA

“Rapporto mondiale delle Nazioni Unite sullo sviluppo delle risorse idriche 2020 Fatti e cifre ACQUA E CAMBIAMENTI CLIMATICI United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization World Water Assessment Programme United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization Sustainable Development Goals water and sanitation.” [Online]. Available: www.unesco.org/water/wwap.

T. Kozai and G. Niu, “Introduction,” in *Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production*, Elsevier Inc., 2015, pp. 3–5. doi: 10.1016/B978-0-12-801775-3.00001-9.

A. Pardossi, L. Incrocci, P. Marzialetti, and C. Bibbiani, “I substrati e la coltivazione delle piante in contenitore,” 2009. [Online]. Available: www.cespevi.it/probiorn

P. Santamaria and F. Serio, “Coltivazione a ciclo chiuso: la subirrigazione in canaletta Foggia View project AZORT-The nitrogen fertilization of vegetable crops View project.” [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/265122732>

“wikipedia.”

“11Sartori3B”.

“Fertilitas Agrorum Edizione a cura del CENTRO SCIENTIFICO ITALIANO DEI FERTILIZZANTI,” 2009.

T. Di: M. Enzo, G. Gianquinto, R. Lazzarin, F. Pimpini, and P. Sambo, “PRINCIPI TECNICO-AGRONOMICI DELLA FERTIRRIGAZIONE E DEL FUORI SUOLO.”

R. Tesi, *COLTURE FUORI SUOLO IN ORTICOLTURA E FLORICOLTURA*. 2021.

W. H. Schnitzler, “La prevenzione delle malattie nelle colture fuori suolo Pest and Disease Management of Soilless Culture,” 2005.

F. Malorgio, “Tecniche Idroponiche per colture in serra SIMTAP: Self-sufficient Integrated Multi-Trophic AquaPonic systems for improving food production sustainability and brackish water use and recycling View project Innovative Greenhouse Support System in the Mediterranean Region: efficient fertigation and pest management through IoT based

climate control iGUESS-MED View project,” 2014. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/228786853>

T. Kozai and G. Niu, “Role of the Plant Factory With Artificial Lighting (PFAL) in Urban Areas,” in *Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production*, Elsevier Inc., 2015, pp. 7–33. doi: 10.1016/B978-0-12-801775-3.00002-0.

“Arsia_Capitolo_VI”.

“1 nella micropropagazione.compressed 11-71-30”.

“AGRICOLTURA • AMBIENTE • TECNICA • TURISMO RURALE Periodico trimestrale della Provincia autonoma di Trento.” [Online]. Available: www.trentinoagricoltura.it

M. Bounous and M. G. Mellano, “LA COLTURA DI PICCOLI FRUTTI E FRAGOLA IN VALLE D’AOSTA.”

operatore, “Piccoli frutti, grandi risorse: lamponi, ribes, mirtilli & Co.”

S. Michele and F. E. Mach, “7 a GIORNATA TECNICA PICCOLI FRUTTI ATTI DELLE GIORNATE TECNICHE,” 2021.

“Vertical farming.” [Online]. Available:

<https://www.innovarurale.it/innovainazione/bancadati/vertical-farming>

“Articolo+su+Memorie+Geografiche+2021”.

F. Contò Giuseppe Martino Nicoletti, “IL PREZZO DELL’INNOVAZIONE TECNOLOGICA DEGLI ALIMENTI PRONTI ALL’USO: IL CASO DEI PRODOTTI ORTOFRUTTICOLI DI QUARTA GAMMA Presentata da: Dott.ssa Miriam Spalatro Coordinatore del Dottorato Relatore.”

D. I. Viterbo, “UNIVERSITA’ DEGLI STUDI DELLA TUSCIA.”

P. Amirante, “MACCHINE ED IMPIANTI PER LA LAVORAZIONE DEI PRODOTTI DELLA IV GAMMA.” [Online]. Available:

<https://www.researchgate.net/publication/324675830>

Antonio, “Capitolo 8-ORTAGGI PER LA IV GAMMA.”

“Physiological and technological aspects of fresh-cut horticultural products.”

P. Stampacchia and M. Colurcio Tiziana Russo Spena, "Preferenze, profili e tendenze del consumo dei prodotti di IV gamma."

SITOGRAFIA

<https://www.fritegotto.it/FERTIRRIGO-FACILE-Coltivazione-e-fertirrigazione-in-fuori-suolo-in-serra/>

<https://www.fritegotto.it/FERTIRRIGO-FACILE-In-4-parti%2C-le-tecniche-applicate-alle-serre-e-alle-coltive-protette-1a-parte/>

<https://www.fritegotto.it/FERTIRRIGO-FACILE-Importanti-aspetti-tecnici-per-la-gestione-delle-coltivazioni-in-fuori-suolo-da-non-trascurare/>

<http://www.sweeper-robot.eu/11-news/48-sweeper-demonstrated-its-harvesting-robot-for-the-first-time>

<https://cordis.europa.eu/project/id/644313>

<https://www.h2orto.it/fri-el-green-house/>

<https://www.fruitbookmagazine.it/fresh-guru-100-milioni-per-pomodori-top-anche-dinverno-con-la-tecnologia-c-led/>

<https://www.youtube.com/watch?v=pQBYUgApP2g>