



r_eni.ro.Giunta - Prot. 07/06/2024.0605540.E



Regione Emilia Romagna
Comune di Calderara di Reno

PROGETTO PRELIMINARE
PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO

TITOLO ELABORATO:		N° ELABORATO:	
<i>RELAZIONE AGRONOMICA GENERALE</i>		RT.01	
		Scala:	
		Data: 18/03/2024	
PROGETTISTA:	COMMITTENTE:		
 STUDIO INGEGNERIA PULCINI www.studioingegneriapulcini.it P.zza S. Giovanni in Laterano, 26 RM Tel. +39 351 513 21591	 Padana Servizi S.r.l. GESTIONE AZIENDALE ED AMMINISTRATIVA SERVIZI INFORMATICI STUDIO TECNICO DI PROGETTAZIONE EDILE Padana Servizi Srl Via Bacciliera 12 Calderara di Reno (BO) P.IVA 02014920405		
Coord.: Prof. D. Pulcini Progettista: Arch. D. Ishneiwer Progettista: Ing. M. Lanzoni Progettista: Ing. A. Cervone Progettista: Arch. F. Fiscoletti	Progettista: Ing. F. Falasca Progettista: Dott. M. d'Onghia Progettista: Ing. G. Ramirez Progettista: Arch. M. Rauco Progettista: Arch. G. Rauco	Referente: Prof. D. Pulcini	
LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILE NAME	
PRELIMINARE	RT.01	RT.01_Relazione agronomica	

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato

Il presente elaborato di esclusiva proprietà di Studio Ingegneria Pulcini, non può venire riprodotto né reso noto a terzi senza autorizzazione. Ogni trasgressione verrà perseguita a termini di legge.	Regione Emilia Romagna c.f. 987798787078; p.iva 6875576523 P. Costituzione 1, Bo +39 051 4567890 regione.emilia.romagna@gov.it
---	---

Sommario

1. PREMESSA	4
2. GENERALITA'	5
3. SOSTENIBILITA' AMBIENTALE	7
4. COERENZA AGRIVOLTAICO CON LINEE GUIDA NAZIONALI.....	8
5. USO DEL SUOLO NELL'AGRIVOLTAICO	9
6. PRODUCIBILITA' ELETTRICA MINIMA.....	15
7. STRUTTURA AGRIVOLTAICO	15
8. RISPARMIO IDRICO	17
9. CAMBIAMENTI CLIMATICI: Recupero della fertilità dei suoli	17
10. MONITORAGGIO DEL CLIMA.....	17
11. IMPATTO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI NEL CONTESTO TERRIOTRIALE DELL'AGRIVOLTAICO	18
12. REQUISITI E CARATTERISTICHE PREMIALI DEI SISTEMI AGRIVOLTAICI.....	18
13. APPLICAZIONE DI AGRICOLTURA DIGITALE E DI PRECISIONE	19
14. AUTOCONSUMO.....	20
15. NORMATIVA DI RIFERIMENTO E DEFINIZIONI	20
16. SITUAZIONE ATTUALE.....	24
ORGANIZZAZIONE DEI FATTORI DI PRODUZIONE	24
INFRASTRUTTURE AZIENDALI ESISTENTI.....	24
ENERGIA ELETTRICA	25
APPROVVIGIONAMENTO IDRICO	25
MACCHINE ED ATTREZZI.....	25
VIABILITÀ AZIENDALE	25
VINCOLI AMBIENTALI ED URBANISTICI	25
OPERE NECESSARIE AL MIGLIORAMENTO	26
17. INQUADRAMENTO CLIMATICO	28
DATI PLUVIOMETRICI	28
AMBIENTE ECOLOGICO	29
18. TECNICHE COLTURALI.....	30
19. SISTEMI DI COLTIVAZIONE.....	30
FLOUTING SYSTEM	31
COLTIVAZIONI IN SACCHI.....	31
CONSIDERAZIONI.....	32
INDICAZIONI GENERALI	34
SUPPORTI PER LA COLTIVAZIONE.....	35

IMPIANTO DI FERTIRRIGAZIONE.....	35
IMPIANTO DI EROGAZIONE DELLA SOLUZIONE NUTRITIVA.....	35
INDICAZIONI GENERALI PER LA GESTIONE DEL CLIMA (riferito alla soluzione circolante di alimentazione delle piantine in coltivazione)	36
LATTUGHE.....	38
ORTAGGI DA FOGLIA	38
POMODORO DA MENSA.....	39
FRAGOLA	40
ZUCCHINO.....	41
CETRIOLO.....	42
21. FABBISOGNO IN ORE LAVORATIVE	43
22. IMPORTANZA DELLA QUALITA' DELL'ACQUA IRRIGUA	44
23. LUCE E PIANTE.....	46
INTERAZIONE LUCE – PIANTA.....	46
MISURAZIONE DELLA LUCE	46
LO SPETTRO LUMINOSO E I COLORI	47
LA FOTOSINTESI CLOROFILLIANA	48
LA FOTOMORFOGENESI.....	48
FOTOTROPISMO	49
IL FOTOPERIODISMO	49
PAR	50
INTENSITA' DELLA LUCE.....	50
CONSIDERAZIONI.....	52
24. CICLO PRODUTTIVO AZIENDALE.....	52
25. CONSIDERAZIONI FINALI	53

1. PREMESSA

La seguente relazione costituisce parte integrante del progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico intrafilare cd “Agrivoltaico avanzato” ai sensi della vigente norma. Le opere e le strutture verranno realizzate nei terreni di proprietà della società Padana servizi ed affidate alla Società Agricola Giovannini S.S., siti nel comune di Calderara di Reno in provincia di Bologna.

Il committente si propone di operare di modo che le due aziende possano inserirsi in un rapporto funzionale e simbiotico nel mercato con un duplice indirizzo produttivo, quello di energia elettrica da fonti rinnovabili e quello di orticole in coltura avanzata, al fine di massimizzare i profitti derivanti dalla realizzazione delle opere in progetto.

L’obiettivo di questo elaborato è quello di illustrare le possibili tecniche colturali, soluzioni impiantistiche e le colture che potranno essere realizzate nell’azienda, alla luce delle peculiarità della struttura e delle condizioni ambientali.

Il ricorso alla tecnologia delle soluzioni agri voltaiche nasce dalla possibilità di coniugare:

- la compatibilità ambientale con esigenze di tipo paesaggistico e di sviluppo tecnologico;
- nessun inquinamento acustico;
- un risparmio di combustibile fossile;
- una produzione di energia elettrica senza emissioni di sostanze inquinanti con un impatto sul territorio completamente reversibile;
- la possibilità di utilizzare la superficie agricola in modo uniforme e funzionale all’uso di macchine che consentono riduzione dei consumi fossili e sostenibilità ambientale ottimale.

La Società proponente ha ritenuto opportuno proporre un progetto innovativo che consenta di coniugare la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili con l’attività di coltivazione agricola, perseguendo così due obiettivi prioritari:

- **il contenimento del consumo del suolo e risorse idriche**
- **la tutela del paesaggio.**

Pertanto, la soluzione progettuale è stata perseguita nell’ottica di ricercare di riqualificare le aree da un punto di vista agronomico e di produttività dei suoli, sviluppando una soluzione progettuale in linea con gli obiettivi sopra richiamati.

Anche per questo motivo la Società ha scelto di adottare la soluzione tecnologica del sistema agrivoltaico, in quanto permette la coltivazione tra le strutture di colture orticole che costituiscono un must produttivo dell’area al servizio di grandi aree urbanizzate nel raggio di 250-300 km (Milano, Bologna, Firenze, Torino).

L'ombra prodotta dai pannelli solari sul terreno aumenta la fioritura sotto i pannelli, rende scalari i tempi di fioritura e moltiplica le condizioni favorevoli agli impollinatori, in primo luogo le api: tutti risultati che potrebbero aiutare la comunità agricola e apportare un enorme beneficio all'ecosistema circostante.

È il risultato di uno studio dell'Oregon State University, il primo non sulla produzione di energia dei pannelli solari ma su quel che succede sotto di loro. E la pubblicazione è arrivata proprio mentre alcuni Stati americani - come Minnesota, North Carolina, Maryland, Vermont e Virginia - hanno sviluppato linee guida e incentivi per promuovere sia l'installazione dei pannelli sia le colture incentrate sull'impollinazione naturale e quindi sulla protezione degli impollinatori.

“Gli insetti impollinatori aiutano nella riproduzione del 75% delle specie di piante da fiore e del 35% delle specie coltivate a livello globale. Il fatto è che questa cosa, un tempo del tutto naturale, adesso invece è diventata un servizio a pagamento perché gli insetti scarseggiano in modo sempre più drammatico: negli Stati Uniti i servizi di impollinazione per l'agricoltura sono valutati 14 miliardi di dollari all'anno.”

Il progetto oggetto di elaborazione prevede, altresì, l'istallazione di arnie localizzate in maniera uniforme sull'intera superficie al fine di tradurre in risultati economico-ambientali positivi e significativi.

2. GENERALITA'

Il sottoscritto Dott. Cosimo D'Onghia, regolarmente iscritto all'Albo dei Dottori Agronomi e Forestali della Provincia di Taranto al n° 194 ed esercitante la libera professione presso lo studio sito a Palagiano in Via Giacomo Matteotti nr.17, è stato incaricato di redigere la presente relazione Tecnico-Agronomica, quale parte integrante del progetto per la realizzazione di un impianto agri voltaico di nuova generazione.

Il committente è la società agricola Padana Servizi srl in congiunzione con la Società Agricola Giovannini S.S, con sede a Calderara di Reno.

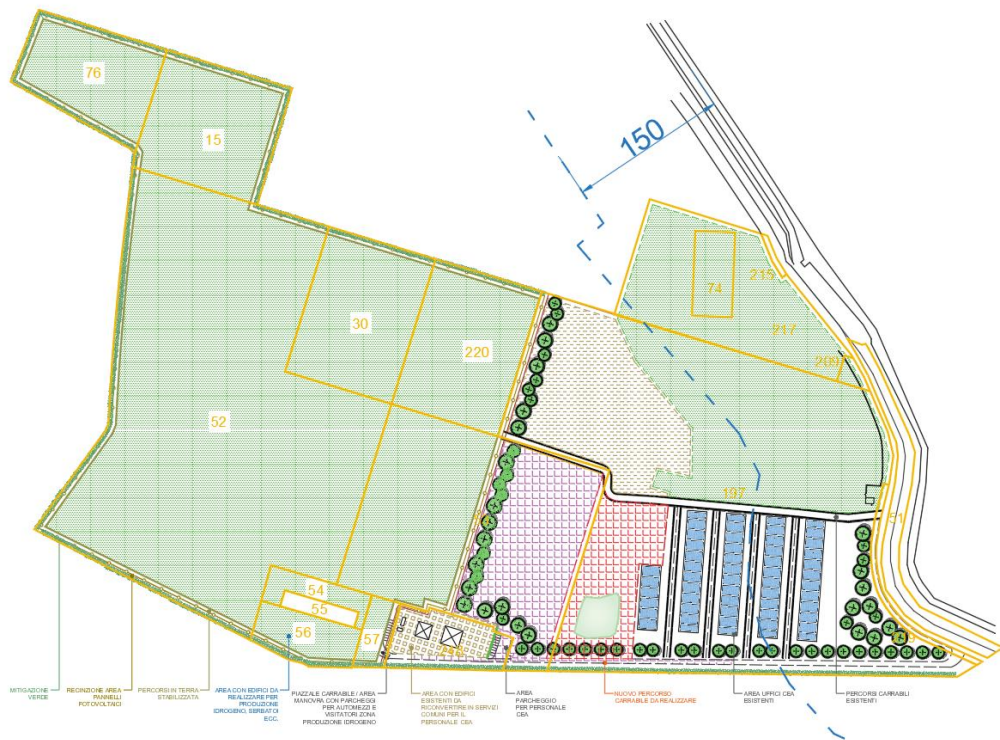
L'area ha un'estensione di 21,52 ettari, di cui 21,18 ad uso agricolo (SAU).

Al fine del calcolo della superficie utile coltivabile non sono state considerate le particelle numero 53, 54, 56, 57 e una quota parziale del 52, che saranno oggetto di richiesta di cambio di destinazione d'uso.

La superficie utile agricola per il calcolo del dimensionamento del campo agri voltaico è pari a 16,03 ettari. La società risulta regolarmente iscritta presso la Camera di commercio di Bologna.

L'azienda viene censita nel N.C.T. del Comune di Calderara di Reno (Bologna), i terreni ricadono per la maggior parte in Località Sacerno.

In cartografia è individuabile nella carta Tecnica Regionale Numerica secondo le indicazioni delle sezioni e dei fogli riportati nella documentazione allegata al progetto.



Terreno agricolo disponibile per l’impianto agrivoltaico

Al fine di garantire l’indice di occupazione del suolo LAOR (Land Area Occupation Ratio) inferiore a 0,4 si è deciso di installare un numero di pannelli pari a 21.762.

Superficie agricola lorda [ha]	17,46
Superficie agricola netta per fotovoltaico [ha]	16,03
Superficie netta pannello [m²]	3,106
Angolo d’inclinazione pannelli [°]	±60
Angolo d’inclinazione media pannelli [°]	22,5°
Impronta a terra pannello [m²]	2,870
Orientamento asse pannelli	N-S

Dati principali di dimensionamento

Numero pannelli	21.762
Potenza pannello [W]	710
Potenza massima di picco [MW]	15,45
LOAR	0.39

Dati principali di impianto FV

La superficie coltivata sarà pari a 15,8 ettari, garantendo quindi il REQUISITO A1 delle linee guida di impianti Agrivoltaici (MITE), garantendo una superficie coltivabile superiore al 70%.

Numero moduli previsti nell’impianto avente potenza installata di 15,45 MWp: nr. 21.762

Area occupata dalla proiezione della sommatoria dei pannelli: 62.456,94 mq < 40% di 211.800 mq.

3. SOSTENIBILITA' AMBIENTALE

Ad oggi, la produzione di energia elettrica è per la quasi totalità proveniente da impianti termoelettrici che utilizzano combustibili sostanzialmente di origine fossile.

L'energia solare è una risorsa non inquinante di cui si dispone in misura abbondante per far fronte alle esigenze di sviluppo economico, pur non potendo essere l'unica risposta al problema energetico mondiale.

Parlando di energie rinnovabili si usa evidenziare il risparmio che un impianto di produzione di energia elettrica rende possibile in termini di **mancata emissione di CO₂ in atmosfera e di petrolio che non viene bruciato** per produrre la medesima quantità di energia elettrica tramite i combustibili fossili.

La quantità di CO₂ risparmiata viene indicata in Kg (come si fa per evidenziare le emissioni in ambito automobilistico), mentre per quanto riguarda il petrolio si usa indicare il risparmio in **TEP**, ovvero in **Tonnellate di Petrolio Equivalente**.

Per il calcolo del petrolio non consumato viene usato il **fattore di conversione** energetico da **MWh (elettrico) a TEP**. Un TEP (tonnellata di petrolio equivalente) è definito come la quantità di energia che si libera dalla combustione di una tonnellata di petrolio, ovvero **0,187 TEP per ogni MWh prodotto** (*Delibera EEN 3/08 art.2*).

Per quanto riguarda la mancata emissione di CO₂, bisogna considerare in che modo viene prodotta l'energia in Italia, ovvero il cosiddetto "mix energetico nazionale", il quale rappresenta le quote di produzione di energia per le varie tecnologie impiegate.

Per il nostro Paese il **fattore di conversione è pari a 0,531 tonnellate di CO₂ emesse per ogni MWh prodotto** (Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare).

Quindi considerando che 1 kWh equivale a $0,187 \times 10^{-3}$ TEP ed ipotizzando una vita utile di circa 30 anni, l'impianto in progetto consentirà di ottenere risultati ottimali in termini di risparmio di emissioni di inquinanti per cui si calcola un risparmio di emissione in atmosfera pari a $22.359.760 \times 30 \times 0,187 \times 10^{-3}$. Inoltre, l'impianto agri voltaico consentirà la riduzione di emissioni in atmosfera delle sostanze che hanno effetto inquinante e di quelle che contribuiscono all'effetto serra determinando un sostanziale diminuzione di GHG in termini percentuali.

I moduli fotovoltaici impiegati, al momento di stesura della presente relazione, sono tra i più avanzati a livello tecnologico tra quelli presenti sul mercato avendo, oltre ad un'efficienza del 22.9% per l'adozione della tecnologia di cella di tipo "N-Type", un guadagno di producibilità per la bifaccialità, cioè la capacità di poter produrre energia anche sfruttando la radiazione riflessa dal terreno sul retro del modulo.

4. COERENZA AGRIVOLTAICO CON LINEE GUIDA NAZIONALI

L'analisi delle caratteristiche colturali da impiegare nell'agrivoltaico sconta la scarsa conoscenza pratica delle colture, delle esigenze climatiche e dell'influenza delle strutture fotovoltaiche sulla fisiologia delle piante coltivate nello spazio agricolo riservato tra le stringhe. Infatti, lo studio delle conoscenze specifiche è in fase di sviluppo (Dupraz et al., 2011; Marrouet altri, 2012) e le informazioni che si hanno non coprono una vasta varietà colturale e applicazioni alle differenti latitudini.

Un lavoro scientifico in tal senso pubblicato su Renewable and Sustainable Energy Reviews individua un totale di 62 attività agricole in letteratura specialistica, soprattutto di origine anglosassone, 29 rappresentano orticoltura intensiva, 25 cereali e leguminose estensive, 6 pascoli perenni e solo 2 sono associati al pascolo del bestiame (Mamun et al., 2022).

Pertanto, risulta importante acquisire esperienza derivata da sperimentazione in campo al fine di migliorare nel tempo l'efficacia dell'agrivoltaico sia nella produzione di energia che di cibo (Amaducci et al., 2018, Naz et al., 2022) e come effettuato in alcuni impianti di fotovoltaico al suolo realizzati dallo scrivente per conto di investitori cinesi in agro di Laterza in provincia di Taranto nel 2008 in cui, su impianto fisso e distanze di cinque metri tra le stringhe, ha consentito il mantenimento di circa 60 ovini lasciati periodicamente al pascolo all'interno del recinto di impianto, salvo integrazione con cereali e fieno misto serale per la mungitura.

Si può evidenziare che la coltivazione sotto e tra i pannelli fotovoltaici, che costituisce il sistema agrivoltaico, riesca a garantire una maggiore produttività rispetto alle stesse colture in pieno campo.

Il progetto agrivoltaico di Calderara di Reno si pone gli obiettivi di:

1. Supportare la produzione di cibo e promuovere l'agricoltura sostenibile (Obiettivo 2 del UN 2015, Agenda 2030);
2. Supportare la produzione energetica rinnovabile e garantire l'accesso all'energia a prezzi accessibili, affidabile, moderna e a basso impatto ambientale (Obiettivo 7 del UN 2015, Agenda 2030);
3. Promuovere una crescita economica duratura, inclusiva e sostenibile, la piena occupazione e il lavoro dignitoso per tutti (Obiettivo 8 del UN 2015, Agenda 2030);
4. Lotta contro il cambiamento climatico e alle conseguenze dirette in campo agricolo (Obiettivo 13 del UN 2015, Agenda 2030);
5. Proteggere, ripristinare e promuovere l'uso sostenibile degli ecosistemi terrestri, gestire in modo sostenibile le foreste, contrastare la desertificazione, arrestare e invertire il degrado dei suoli e fermare la perdita di biodiversità (Obiettivo 15 del UN 2015, Agenda 2030).

Nelle aree di progetto non si rilevano colture di pregio; quindi, l'agrivoltaico non va a sottrarre produzione di qualità, tutto ciò che viene proposto può essere ritenuto migliorativo rispetto a quello che attualmente viene coltivato, quindi, l'agrivoltaico rappresenta un'opportunità.

Quindi, l'opportunità evidenziata con la realizzazione dell'impianto di agrivoltaico è rappresentata dalla possibilità di sostituire coltivazioni non di pregio con coltivazioni di maggiore qualità sia produttive che di sostenibilità ambientale.

5. USO DEL SUOLO NELL'AGRIVOLTAICO

Il primo obiettivo nella progettazione dell'impianto agrivoltaico è senz'altro quello di creare le condizioni necessarie per non compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale, garantendo, al contempo, una sinergica ed efficiente produzione energetica.

Tale risultato si deve intendere raggiunto al ricorrere simultaneo di una serie di condizioni costruttive e spaziali.

In particolare, i parametri spaziali in termini di composizione colturale (porzioni di superficie destinata alla coltivazione o pastorizia) da rispettare per rientrare nella definizione di agrivoltaico sono (Linee Guida in materia di Agrivoltaico 2022):

A.1) Superficie minima coltivata: è prevista una superficie minima dedicata alla coltivazione ($S_{agricola} \geq 0,7 \cdot S_{tot}$). Il fondo agrario interessato dal progetto è costituito allo stato attuale da una superficie complessiva di circa 21,52 ha, di cui 21,18 di Superficie Agricola Utilizzata (SAU) per cui la SAU residua rispetto alla differenza con la superficie occupata dalla proiezione dei moduli è $> 70\%$ della superficie agricola totale.

A.2) LAOR massimo: è previsto un rapporto massimo fra la superficie dei moduli e quella agricola ($LAOR \leq 40\%$).

Le linee Guida in materia di impianti Agri voltaici stabiliscono che gli elementi da valutare nel corso dell'esercizio dell'impianto, volti a comprovare la continuità dell'attività agricola, sono:

1. L'esistenza e la resa della coltivazione ed il mantenimento dell'indirizzo produttivo: (accertare la destinazione produttiva agricola dei terreni oggetto di installazione di sistemi agri voltaici e rispettare il mantenimento dell'indirizzo produttivo o, eventualmente, il passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato);
2. Producibilità elettrica minima (la producibilità elettrica di un impianto agrivoltaico non deve essere inferiore al 60% della producibilità specifica di riferimento di un impianto fotovoltaico standard).

L'impianto agrivoltaico sorgerà su un fondo di 21,52 ha di superficie in cui la destinazione colturale presenta una composizione caratterizzata attualmente da un unico elemento, in quanto, attualmente l'intera superficie agricola utilizzata è destinata a seminativo caratterizzato dalla produzione di barbabietola da zucchero, mais, sorgo, medica, soia, frumento.

L'analisi storica effettuata attraverso le ortofoto di Google Earth dal 2011 al 2021 emerge come tale destinazione d'uso sia costante nel tempo. In particolare, la coltivazione prevalente è di tipo cerealicola o foraggera, e non si evince alcuna coltivazione ad ortaggi.



Figura 1: Ortofoto GAI anno 1954 (Fonte PPTR Regione Emilia-Romagna)

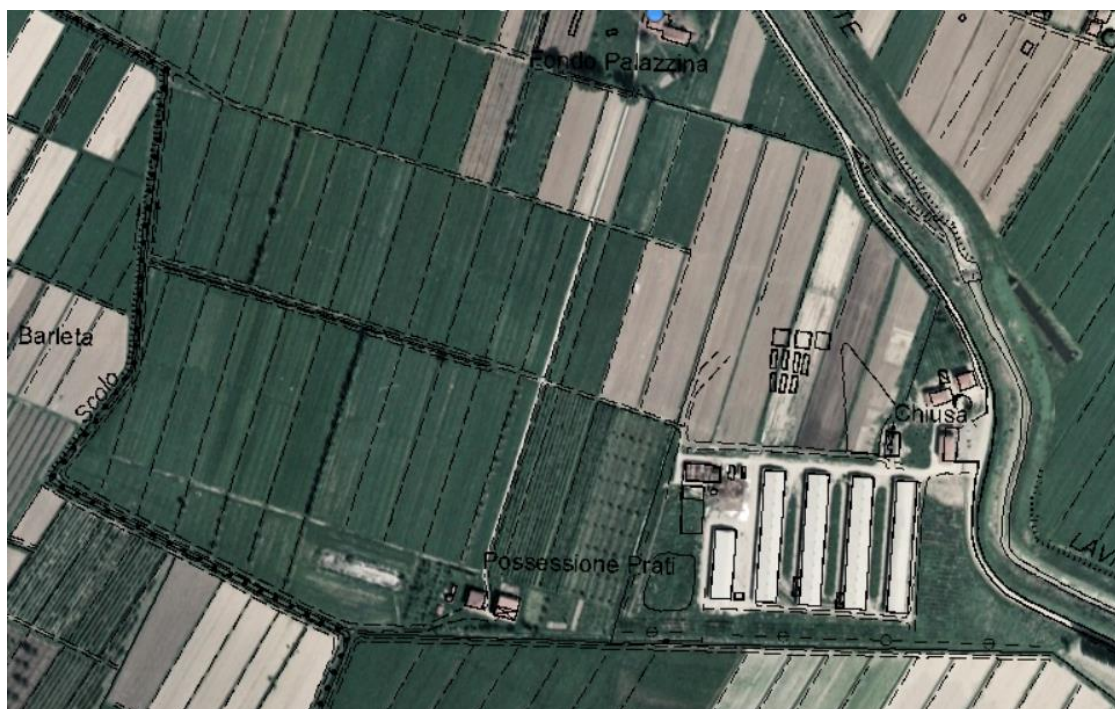


Figura 2: Uso del suolo anno 1978 (Fonte PPTR Regione Emilia-Romagna)



Figura 3: Uso del suolo nell'anno 2020 (Fonte PPTR Regione Emilia-Romagna)



Figura 4: Foto aerea Google Earth anno 2021

Le foto riportate dimostrano come l'intero lotto è coltivato a seminativo e tale risulta anche nel corso delle verifiche di campo effettuate nel corso di dicembre 2023 e in occasione del marzo 2024.

Si prevede di modificare l'attuale destinazione culturale del fondo inserendo nella rotazione iniziale le colture orticole in un piano di rotazione culturale tale da occupare per cicli successivi l'intera superficie agricola e per l'intero periodo annuale.



Figura 5: Foto da Strada Provinciale



Figura 6: Evidenza del seminatoio adiacente Strada Provinciale

La nuova composizione del pattern agricolo è stata sviluppata considerando i seguenti fattori:

1. Garantire alta resilienza del reddito agrario;
2. Incrementare la biodiversità agraria e ridurre l'effetto della monocultura;
3. Caratteristiche pedo-climatiche dell'area;
4. Morfologia del terreno;
5. Disponibilità idrica e tutela della risorsa freatica;
6. Possibilità di avvalersi di tecniche di coltivazione biologica;
7. Riduzione delle attività meccaniche di compattamento del suolo agrario;
8. Impiego di tecniche di impollinazione naturale delle colture orticole al fine di favorire il mantenimento delle popolazioni di impollinatori (api);
9. Favorire la coltivazione di specie agricole idonee al controllo innovativo delle malattie installando impianti di videocontrollo e rilevamento parametri funzionale delle specie coltivate (Agricoltura 4.0);

10. Favorire attività agricole che impieghino le strutture di sostegno dei moduli a supporto di sistemi di controllo parassiti e di agevolazione delle attività colturali;
11. Preservare il carattere storico del paesaggio agrario;
12. Incentivare l'uso di cultivar tradizionali locali;
13. Sfruttare il background delle aziende agrarie locali;
14. Possibilità di monitorare la produzione da un punto di vista quali-quantitativo;
15. Possibilità della cultivar di sfruttare le superfici dell'interfilare dei moduli fotovoltaici;
16. Possibilità di lavorazione del terreno tramite macchinari (es. aratro, erpice, ecc.);
17. Possibilità di usare macchinari per la semina e la raccolta;
18. Possibilità di effettuare sistemazioni idrauliche del terreno;
19. Possibilità di adattamento all'ombreggiamento causato dai moduli fotovoltaici in alcuni momenti della giornata;
20. Incremento del reddito agrario.

Nel complesso l'approccio utilizzato nello sviluppo dell'agrivoltaico e di "contesto" partendo dall'idea di innovazione proposto da Wail, 2004 che lo definisce come "fare le stesse cose in modo diverso".

Quindi, pur prevedendo coltivazioni tipiche dei luoghi, si utilizzeranno metodologie di coltivazioni e tecnologie che in combinazione con l'impianto fotovoltaico potranno garantire una maggiore sostenibilità:

- economica: riduzione dei costi di produzione;
- sociale: incremento occupazione con nuove professionalità;
- ecologica: incremento della biodiversità agraria e naturale.

L'impianto agrivoltaico prevedrà l'installazione di case per gli uccelli e per insetti salvatici e abbeveratoi per volatili e piccoli animali (topi, arvicole) al fine di favorire il loro ripopolamento. Tali elementi saranno posizionati sulle recinzioni e sui pali di sostegno dei moduli fotovoltaici.



Figura 7: Casette per nidi di volatili e abbeveratoi

La presenza di impianti di irrigazione per il supporto irriguo nel periodo estivo di tipo a goccia potrà creare un ambiente favorevole per la sopravvivenza della fauna selvatica, molte volte stressata dalla scarsa

disponibilità di acqua; l'agrivoltaico integrato con elementi di Edge potrà rappresentare una "green infrastructure" e quindi elementi seminaturali che possono essere messi in interconnessione con altri elementi naturali supportando la biodiversità e la produzione di servizi ecosistemici (*European Commission, 2013, Semeraro et al., 2018; Semeraro et al., 2022*).nel periodo estivo.

In termini di redditività, lo scenario produttivo attuale (scenario zero) è caratterizzato da produzione di mais (insilato e granella), sorgo, soia, girasole, frumento tenero e medica su una Superficie Agricola Utile di 21,00 ha circa e con un margine operativo lordo stimabile di circa 25.000,00 € (1.200,00 €/ha), senza aiuti comunitari.

L'agrivoltaico (scenario uno), in fase iniziale (considerando la produttività per la coltivazione di ortaggi) potrà apportare un margine operativo lordo stimato di 63.000,00 € (3.000€/ha).

Inoltre, nell'analisi dei costi e soprattutto degli utili aziendali, si dovrà tener conto che l'agrivoltaico sarà caratterizzato da pratiche agronomiche supportate energeticamente dalla produzione di elettricità rinnovabile in loco (una quota concordata tra l'azienda investitrice e l'azienda agricola che utilizzerà il fondo, potrà essere fornita gratuitamente) e dalle tecnologie di agricolture di precisione che andranno ad integrare l'attività agricola primaria. Tutte questo dovrebbe garantire un incremento della produttività agraria attraverso una gestione ottimale delle risorse naturale ed un conseguente abbattimento dei costi. Tale aspetto, comunque potrà essere stimato nel dettaglio in fare di esercizio.

Quindi, si può notare come il punto B1 delle linee guida in materia di Impianti Agrivoltaici è rispettata in quanto si ha una continuità aziendale accompagnata da un incremento della redditività.

Il monitoraggio della produzione agraria connessa all'interazioni tra attività agricola e produzione energetica consentirà di mettere in luce gli impatti in termini di produttività e di porre le giuste risposte attraverso appositi correttivi o provare ad aumentare la produttività attraverso nuova sperimentazione. Infatti, la recente evoluzione dell'agrivoltaico richiede lo sviluppo di nuova conoscenza al fine di settare soluzioni ottimali e che si potrà acquisire, nello stato attuale, solo attraverso la sperimentazione.

La realizzazione dell'impianto agrivoltaico consentirà lo sviluppo di altri scenari produttivi come:

- sostituire la coltivazione di cereali con quella di ortaggi se queste avranno una resa più alta rispetto anche alle rese standard riscontrate sul territorio;
- sostituire la coltivazione di ortaggi con quella di barbabietola da zucchero se queste avranno una resa più alta rispetto anche alle rese standard riscontrate sul territorio;
- cambiare la tipologia di ortaggi coltivati tra e sotto i moduli;
- integrare la coltivazione impiegando colture floricole.

6. PRODUCIBILITA' ELETTRICA MINIMA

In riferimento a quanto riportato nelle relazioni di progetto ("Relazione Producibilità"), il generatore fotovoltaico sarà realizzato con 21.762 moduli con potenza nominale di 710 Wp, per un totale di 15.450,0 kWp. La potenza di picco (P_{tot}) dell'impianto fotovoltaico in corrente continua definita come la somma delle potenze dei singoli

moduli che li compongono misurate in condizioni standard, (radiazione 1 kW/m², 25°C) risulta pari a:

$$P_{tot} = P_{mod} \times N_{mod} = 710 \times 21.762 = 15.451,02 \text{ kWp}$$

L'energia producibile, in corrente continua, dal generatore fotovoltaico, a seguito della simulazione dell'impianto fotovoltaico in progetto, risulta pari a 22.359,76 MWh/y.

Pertanto, la producibilità dell'impianto agrivoltaico risulta pari a 1,057 GWh/y/ha (22,359 GWh/y / 21,15 ha).

Si può notare quindi che la produzione elettrica specifica dell'impianto agrivoltaico è superiore al 60 % alla producibilità elettrica specifica di riferimento di un impianto fotovoltaico standard, soddisfano il requisito richiesto dalle linee guida in materia di impianti agrivoltaico.

7. STRUTTURA AGRIVOLTAICO

Considerata l'altezza minima dei moduli fotovoltaici su strutture fisse e l'altezza media dei moduli su strutture mobili, limitatamente alle configurazioni in cui l'attività agricola è svolta anche al di sotto dei moduli stessi, le linee guida in materia di impianti Agrivoltaici fissa come valori di riferimento per rientrare negli impianti Agrivoltaici avanzati:

- 1,3 metri nel caso di attività zootecnica (altezza minima per consentire il passaggio con continuità dei capi di bestiame);
- 2,1 metri nel caso di attività colturale (altezza minima per consentire l'utilizzo di macchinari funzionali alla coltivazione).

Tali misure minime sono funzionali a garantire la continuità delle attività agricole anche nella superficie sotto i moduli fotovoltaici.

A tal proposito, l'impianto agrivoltaico utilizzerà per la produzione di energia elettrica moduli fotovoltaici con tecnologia tracker monoassiali con altezza dal suolo dei moduli fotovoltaici variabile da un minimo di 2,19 m, ad un massimo di 3,20 m.

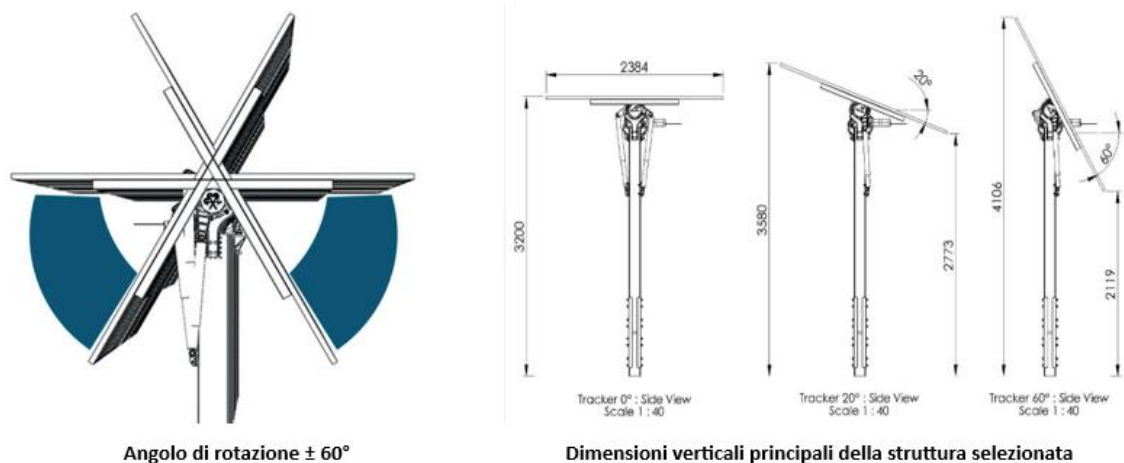
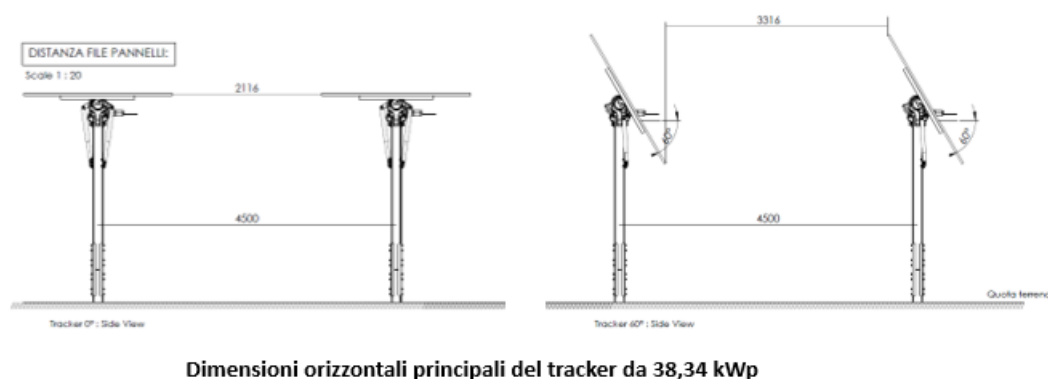


Figura 8: Figura di progetto tracker

L'interasse tra le file è stato definito pari a 4,5 metri, lasciando uno spazio di luce tra le file che varia dai 2,1 m a 3,3 m al fine di garantire la massima producibilità agricola.



Il movimento dei moduli, durante il corso della giornata, consentirà di creare le condizioni sufficienti per il passaggio della luce e delle macchie agricole sotto i pannelli e di soddisfare il requisito minimo di 2,10 m per le attività colturali e 1,3 metri nel caso di attività zootecniche.

In particolare, quando i moduli sono in posizione orizzontale rispetto al terreno, considerando anche la struttura di sostegno dei moduli fotovoltaici, l'altezza utile per l'utilizzo incondizionato di mezzi meccanici sotto i pannelli può essere considerata di circa 3,20 metri. Mentre, all'estremità dei pannelli l'altezza utile è di circa 3,31 metri.

Questo consente di poter sfruttare la quasi totalità della superficie agricola presente sotto i moduli fotovoltaici per la coltivazione di colture agrarie indicate e di prevedere scenari evolutivi dell'agrivoltaico in funzione delle attività di monitoraggio prevista.

L'azienda agricola destinata alla coltivazione dell'agrivoltaico sarà dotata di mezzi agricoli idonei al passaggio sotto i moduli in considerazione delle attività che si svolgeranno.

La soluzione progettuale sviluppata per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico può considerarsi coerente con il punto C in quanto consentirà la coltivazione sotto i pannelli consentendo di sfruttare quasi la totalità dell'area agricola a SAU dello stato iniziale (scenario T0).

8. RISPARMIO IDRICO

Si prevede di sviluppare un sistema di auto-provvigionamento idrico attraverso un sistema di recupero e riutilizzo dell'acqua piovana. Pertanto, sarà realizzato un sistema di recupero dell'acqua piovana per supportare l'irrigazione di soccorso. In particolare, l'acqua recuperata sarà utilizzata per integrare l'impiego ordinario dal sistema irriguo consortile nel periodo estivo dove si possono verificare eventi di forte stress idrico che possono compromettere la crescita delle piante nella fase d'impianto e successivamente la produttività.

Il sistema di distribuzione irriguo automatizzato a goccia e per tramite manichette posizionate al piede della pianta e il sistema di adduzione sarà posizionato sulla struttura di ancoraggio delle vele fotovoltaiche. Il sistema consentirà di evitare movimentazione di terreno.

9. CAMBIAMENTI CLIMATICI: Recupero della fertilità dei suoli

Si prevede la realizzazione di aree di visita e di didattica sfruttando la struttura di ricezione servizi all'ingresso dell'area per fornire informazione accompagnate da attività didattiche.

Si utilizzeranno le aree libere per la sistemazione di arnie di api al fine di dare un utilizzo di tipo ecologico, economico e sociale in quanto, le aree libere, sarà messe a disposizione di apicoltori per il posizionamento di arnie nella parte recintata che potrebbe produrre un effetto positivo anche per la produzione agricola locale e dell'agrivoltaico in termini di supporto del processo di impollinazione.

Inoltre, tale area potrebbe essere utilizzata per attività sociali che possono coniugare energia rinnovabile.

10. MONITORAGGIO DEL CLIMA

Al fine di monitorare l'interazione tra produzione elettrica e produzione agraria sarà effettuato il monitoraggio del microclima tra e sotto i moduli fotovoltaici e negli spazi aperti. Tale aspetto è rilevante al fine di caratterizzare la produzione agraria in funzione delle differenti caratteristiche fisiche generate dalla presenza delle strutture relative all'impianto fotovoltaico che andranno ad influire sul microclima.

I parametri che saranno misurati sono:

- **temperatura:** retro i moduli; ambiente esterno e tra i moduli (misurata con sensore PT100, acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti ed incertezza inferiore a $\pm 0,5$ oC).
- **umidità dell'area:** retro i moduli, ambiente esterno e tra i moduli (misurata con igrometro, acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti).
- **velocità del vento:** retro-modulo, ambiente esterno e tra i moduli (Misurata con anemometro).
- **Luminosità sulle piante coltivate:** per verificare l'incremento delle produzioni in ragione dell'uso di sistema di illuminazione dell'apparato fogliare delle piante coltivate (sfruttando la struttura di sostegno delle vele fotovoltaiche).

Tale sistema, sarà integrato con un sistema di smart-agricoltura che consentirà anche di misurare l'umidità del terreno ed indici di vegetazione utili a settare opportune azioni di colturali.

Il monitoraggio del microclima farà parte di un piano di monitoraggio della produttività che ha lo scopo di evidenziare gli effetti diretti della presenza dei moduli sulla produttività agraria e qualità dei prodotti.

11. IMPATTO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI NEL CONTESTO TERRIOTRIALE DELL'AGRIVOLTAICO

Nel contesto in cui sarà realizzato l'impianto, gli attributi climatici che generano impatti diretti ed indiretti sulla produttività agricola sono l'aumento della temperatura, riduzione delle precipitazioni, il cambiamento della frequenza e dell'intensità delle precipitazioni e dei fenomeni meteorologici estremi come ondate di calore e precipitazioni intense. Gli impatti diretti ed indiretti sul settore agricolo.

12. REQUISITI E CARATTERISTICHE PREMIALI DEI SISTEMI AGRIVOLTAICI

L'agrivoltaico richiede una gestione attiva della vegetazione sotto i pannelli al fine di favorire lo sviluppo di piante agrarie invece di piante neutrofile-ruderali come succede negli impianti standard.

Infatti, fino a qualche tempo fa, l'approccio gestionale della vegetazione era di tipo passivo, cioè si lasciava crescere la vegetazione spontanea che molte volte è di tipo ruderale e di scarso valore ecologico in quanto fortemente condizionata dall'azione di disturbo dell'uomo.

In tal caso, la gestione della vegetazione tra e sotto i moduli è legata fondamentalmente alla rimozione delle piante infestanti con costi passivi per le operazioni di taglio e smaltimento (Semeraro et al., 2018, 2020, 2022).

Quindi, questo cambio gestionale, da gestione passiva ad una gestione attiva, richiede un cambio anche delle aziende partner nella manutenzione della vegetazione tra e sotto i pannelli. Infatti, se prima le aziende della manutenzione erano focalizzate sullo sfalcio delle erbe infestanti e loro smaltimento, attualmente la gestione deve essere affidata ad aziende capaci di trarre profitto nell'utilizzo degli spazi tra e sotto i pannelli fotovoltaici. Questo, quindi, implica un cambio di paradigma nel processo di sviluppo dell'agrivoltaico (Semeraro et al., 2018, 2020, 2022) dove le aziende che sviluppano gli impianti fotovoltaici, invece di pagare aziende esterne per la manutenzione della vegetazione, potranno stipulare accordi con aziende agricole locali per la coltivazione delle aree sviluppando un mutuo vantaggio nel farlo:

- azienda investitrice nelle rinnovabili avrà un risparmio nella gestione della vegetazione e manutenzione degli spazi.
- azienda agricola avrà un vantaggio economico nella conduzione agricola delle aree con ripercussioni positive sui costi di produzione.

La tipologia di coltivazione prevalente dell'agrivoltaico risulta coerente con le principali coltivazioni dei luoghi.

13. APPLICAZIONE DI AGRICOLTURA DIGITALE E DI PRECISIONE

L'Agricoltura di Precisione è una strategia di gestione aziendale che usa le tecnologie dell'informazione per acquisire dati che portino a decisioni finalizzate alla produzione agricola. Lo scopo è quello di mettere in sintonia la gestione del terreno e delle colture con le specifiche esigenze di un campo eterogeneo al fine di migliorare la produzione, minimizzare i danni ambientali ed elevare gli standard qualitativi dei prodotti agricoli (A.V. 2022).

Il concetto di Agricoltura di Precisione si è sviluppato sin dagli inizi della moderna agricoltura, con la divisione della terra in parcelle (campi) al fine di gestire le colture in relazione alle condizioni del terreno, valutando di volta in volta gli effetti positivi dei fattori produttivi in funzione delle varietà in campo, con l'obiettivo di incrementare le rese (A.V. 2022).

I vantaggi riscontrati attraverso tecniche di agricoltura di precisione sono:

- ottimizzazione dell'efficienza produttiva e qualitativa;
- riduzione dei costi aziendali;
- ottimizzazione degli input, minimizzando gli impatti ambientali;
- creazione di opportunità imprenditoriali come aziende di consulenza, contoterzismo e innovation broker.

A tal proposito, nell'impianto agrivoltaico saranno integrate tecnologie di agricoltura di precisione anche in funzione delle pratiche agricole e delle colture introdotte.

In particolare, sarà impiegato un drone con pilot costituito da fotocamera multispettrale al fine di poter estrarre mappe tematiche georeferite in merito allo stato della vegetazione e struttura dei suoli. In particolare, la camera multispettrale consentirà di acquisire immagini a differenti lunghezze d'onda (Nir, Red come lunghezze d'onda minime da acquisire e se possibile integrata anche con la banda del Blue e Swir) e consentirà di calcolare indici di vegetazione spazializzati sensibili al contenuto di clorofilla ed acqua nelle foglie.

14. AUTOCONSUMO

L'agricoltura globale è responsabile del 30-40% di tutte le emissioni di gas serra, il che la rende un'industria leader che contribuisce prevalentemente al riscaldamento climatico e ne risente in modo significativo (Grieg; Mishra et al. 2021; Ortiz et al. 2021; Thornton and Lipper 2014). Inoltre, i costi energetici hanno un ruolo importante nel determinare i prezzi di produzione.

Al fine di rendere l'attività agricola compatibile con le strutture dell'impianto agrivoltaico e meno impattante in termini ambientali e di costi, saranno messi a disposizione delle aziende agricole che opereranno un trattore elettrici che potrà essere ricaricato con l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico. Questo consentirà di supportare l'attività agricola con l'autoconsumo.

Oltre al trattore per le lavorazioni del terreno, si fornirà una mietitrebbiatrice di piccole dimensioni, compatibile con le altezze dei moduli, al fine di garantire la raccolta del grano sia tra i pannelli che sotto i pannelli. Si vaglierà la possibilità di reperire anche tale mezzo con alimentazione elettrica.

Il parco macchine e le tipologie di pompe da utilizzare saranno definiti nella fase esecutiva del progetto al fine di acquisire l'ultima e migliore tecnologia disponibile e garantire la massima efficienza nei consumi e costi.

15. NORMATIVA DI RIFERIMENTO E DEFINIZIONI

Ai fini della verifica delle caratteristiche minime e lo sviluppo di detto elaborato, si faccia riferimento alle **“Linee Guida in materia di Impianti agrivoltaico”** (giugno 2022), sviluppato in coerenza con le indicazioni del Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) e tenendo conto del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR).

Ai fini della presente verifica ed ai fini del presente documento si applicano le definizioni di cui all' art. 2 del decreto legislativo n.199 del 2021 di seguito riportate.

a) Attività agricola: produzione, allevamento o coltivazione di prodotti agricoli, comprese la raccolta, la mungitura, l'allevamento e la custodia degli animali per fini agricoli;

b) Impresa agricola: imprenditori agricoli, come definiti dall'articolo 2135 del codice civile, in forma individuale o in forma societaria anche cooperativa, società agricole, come definite dal decreto legislativo 29 marzo 2004, n. 99, e s.m.i., se persona giuridica, e consorzi costituiti tra due o più imprenditori agricoli e/o società agricole;

c) Impianto fotovoltaico: insieme di componenti che producono e forniscono elettricità ottenuta per mezzo dell'effetto fotovoltaico; esso è composto dall'insieme di moduli fotovoltaici e dagli altri componenti (BOS), tali da consentire di produrre energia elettrica e fornirla alle utenze elettriche in corrente alternata o in corrente continua e/o di immetterla nella rete di distribuzione o di trasmissione;

d) Impianto agrivoltaico (o agrovoltaico, o agro-fotovoltaico): impianto fotovoltaico che adotta soluzioni volte a preservare la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale sul sito di installazione;

e) Impianto agrivoltaico avanzato: impianto agrivoltaico che, in conformità a quanto stabilito dall'articolo 65, comma 1-quater e 1-quinquies, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, e ss. mm.:

i) adotta soluzioni integrative innovative con montaggio dei moduli elevati da terra, anche prevedendo la rotazione dei moduli stessi, comunque in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, anche eventualmente consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione;

ii) prevede la contestuale realizzazione di sistemi di monitoraggio che consentano di verificare l'impatto dell'installazione fotovoltaica sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture, la continuità delle attività delle aziende agricole interessate, il recupero della fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici;

f) Sistema agrivoltaico avanzato: sistema complesso composto dalle opere necessarie per lo svolgimento di attività agricole in una data area e da un impianto agrivoltaico installato su quest'ultima che, attraverso una configurazione spaziale ed opportune scelte tecnologiche, integri attività agricola e produzione elettrica, e che ha lo scopo di valorizzare il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi, garantendo comunque la continuità delle attività agricole proprie dell'area;

g) Volume agrivoltaico (o Spazio poro): spazio dedicato all'attività agricola, caratterizzato dal volume costituito dalla superficie occupata dall'impianto agrivoltaico (superficie maggiore tra quella individuata dalla proiezione ortogonale sul piano di campagna del profilo esterno di massimo ingombro dei moduli fotovoltaici e quella che contiene la totalità delle strutture di supporto) e dall'altezza minima dei moduli fotovoltaici rispetto al suolo;

h) Superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico (Spv): somma delle superfici individuate dal profilo esterno di massimo ingombro di tutti i moduli fotovoltaici costituenti l'impianto (superficie attiva compresa la cornice);

i) Superficie di un sistema agrivoltaico (Stot): area che comprende la superficie utilizzata per coltura e/o zootecnia e la superficie totale su cui insiste l'impianto agrivoltaico;

j) Altezza minima dei moduli fotovoltaici rispetto al suolo: altezza misurata da terra fino al bordo inferiore del modulo fotovoltaico; in caso di moduli installati su strutture a inseguimento l'altezza è misurata con i moduli collocati alla massima inclinazione tecnicamente raggiungibile. Nel caso in cui i moduli abbiano altezza da terra variabile si considera la media delle altezze;

k) Produzione elettrica specifica di un impianto agrivoltaico (FVagri): produzione netta che l'impianto agrivoltaico può produrre, espressa in GWh/ha/anno;

l) Producibilità elettrica specifica di riferimento (FV standard): stima dell'energia che può produrre un impianto fotovoltaico di riferimento (caratterizzato da moduli con efficienza 20% su supporti fissi orientati a Sud e inclinati con un angolo pari alla latitudine meno 10 gradi), espressa in GWh/ha/anno, collocato nello stesso sito dell'impianto agrivoltaico;

m) Potenza nominale di un impianto agrivoltaico: è la potenza elettrica dell'impianto fotovoltaico, determinata dalla somma delle singole potenze nominali di ciascun modulo fotovoltaico facente parte del medesimo impianto, misurate alle condizioni STC (*Standard Test Condition*), come definite dalle pertinenti norme CEI, espressa in kW;

n) Produzione netta di un impianto agrivoltaico: è l'energia elettrica misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata in bassa tensione, prima che essa sia resa disponibile alle eventuali utenze elettriche e prima che sia effettuata la trasformazione in media o alta tensione per l'immissione nella rete elettrica diminuita dell'energia elettrica assorbita dai servizi ausiliari di centrale, delle perdite nei trasformatori principali e delle perdite di linea fino al punto di consegna dell'energia alla rete elettrica, espressa in MWh;

o) SAU (Superficie Agricola Utilizzata): superficie agricola utilizzata per realizzare le coltivazioni di tipo agricolo, che include seminativi, prati permanenti e pascoli, colture permanenti e altri terreni agricoli utilizzati. Essa esclude quindi le coltivazioni per arboricoltura da legno (pioppeti, noceti, specie forestali, ecc.) e le superfici a bosco naturale (latifoglie, conifere, macchia mediterranea). Dal computo della SAU sono escluse le superfici delle colture intercalari e quelle delle colture in atto (non ancora realizzate). La SAU comprende invece la superficie delle piantagioni agricole in fase di impianto;

p) SANU (Superficie agricola non utilizzata): Insieme dei terreni utilizzati a scopi agricoli per una qualsiasi ragione (di natura economica, sociale o altra), ma suscettibili ad essere utilizzati a scopi agricoli mediante l'intervento di mezzi normalmente disponibili presso

un'azienda agricola. Rientrano in questa tipologia gli eventuali terreni abbandonati facenti parte dell'azienda ed aree destinate ad attività ricreative, esclusi i terreni a riposo (Tare per fabbricati, Tare degli appezzamenti, Boschi, Arboricoltura da legno, Orti familiari).

q) RICA (Rete di Informazione Contabile Agricola): indagine campionaria svolta in tutti gli Stati dell'Unione Europea, gestita in Italia dal CREA, basata su un campione ragionato di circa 11.000 aziende, strutturato in modo da rappresentare le diverse tipologie produttive e dimensionali presenti sul territorio nazionale, consentendo una copertura media a livello nazionale del 95% della Superficie Agricola Utilizzata, del 97% del valore della Produzione Standard, del 92% delle Unità di Lavoro e del 91% delle Unità di Bestiame;

r) PAC (Politica Agricola Comune): insieme di regole dettate dall'Unione europea, ai sensi dell'articolo 39 del Trattato sul Funzionamento dell'Unione europea, per incrementare la produttività dell'agricoltura; assicurare un tenore di vita equo alla popolazione agricola; stabilizzare i mercati; garantire la sicurezza degli approvvigionamenti; assicurare prezzi ragionevoli ai consumatori;

s) LAOR (Land Area Occupation Ratio): rapporto tra la superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico (Spv), e la superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico (S tot). Il valore è espresso in percentuale;

t) SIGRIAN (Sistema informativo nazionale per la gestione delle risorse idriche in agricoltura): strumento di riferimento per il monitoraggio dei volumi irrigui previsto dal Decreto del Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali del 31/07/2015 *"Approvazione delle linee guida per la regolamentazione da parte delle Regioni delle modalità di quantificazione dei volumi idrici ad uso irriguo"*, che raccoglie tutte le informazioni di natura gestionale, infrastrutturale e agronomica relative all'irrigazione collettiva ed autonoma a livello nazionale; è un geo database, strutturato come un Web Gisin cui tutte le informazioni sono associate a dati geografici, collegati tra loro nei diversi campi, con funzione anche di banca dati storica utile ai fini di analisi dell'evoluzione nell'uso irriguo dell'acqua nelle diverse aree del Paese;

u) SIAN (Sistema informativo agricolo nazionale): strumento messo a disposizione dal Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali e dall'Agea - Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura, per assicurare lo svolgimento dei compiti relativi alla gestione degli adempimenti previsti dalla PAC, con particolare riguardo ai regimi di intervento nei diversi settori produttivi;

v) Buone Pratiche Agricole (BPA): le buone pratiche agricole (BPA) definite in attuazione di quanto indicato al comma 1 dell'art. 28 del Reg. CE n. 1750/99 e di quanto stabilito al comma 2 dell'art. 23 del Reg. CE 1257/99, nell'ambito dei piani di sviluppo rurale.

16. SITUAZIONE ATTUALE

Il fondo su cui verranno realizzate le serre si trova nella zona di Sacerno nel territorio del comune di Calderara, lungo la via Bacciliera.

Negli anni passati i terreni, che saranno occupati dalla costruzione dell'impianto Agrivoltaico per un totale di ha 21, sono stati utilizzati per la coltivazione di barbabietola da zucchero, mais, girasole, soia, medica, trifoglio, sorgo, tritale e frumento tenero (il riferimento è riportato in termini di colture ordinarie dell'areale padano; le colture praticate nel fondo oggetto di valutazione potrà essere ripreso dal fascicolo aziendale dei conduttori in attuazione delle norme PAC) per l'intera estensione del corpo aziendale. L'area non presenta colture arboree in atto e, alla data di verifica aziendale, risultano presenti colture cerealicole, barbabietola da zucchero e gran parte della superficie agricola risulta priva di colture in atto e in fase di preparazione presemina primaverile estiva (sorgo da foraggio e sorgo da seme, mais da granella e mais da insilato per alimentazione animale, soia in coltura secondaria primaverile e girasole).

La fase di preparazione del letto di semina impone l'attuazione di un piano di concimazione pre semina in cui viene impiegato del fertilizzante organo minerale o letame o compost o digestato solido (al 65-70% di umidità) ricco di azoto organico (0,5-1,8% di azoto totale) e di carbonio organico (> del 20% in peso) che consente di apportare al terreno il giusto valore di umificazione (trasformazione in acidi umici e fulvici nel processo di umificazione) soprattutto in concomitanza di impiego di leguminose da reddito (come le soia, medica e trifoglio) o intercalari (favino).

I prodotti delle colture attuate negli anni passati sono stati destinati all'alimentazione umana o animale (FOOD) mentre gli scarti sono stati impiegati per alimentazione animale e per la produzione di energia in impianti di biogas dell'area in regime di filiera corta.

I suddetti terreni si sviluppano su un'area pressoché pianeggiante.

Le caratteristiche strutturali e dimensionali degli impianti di produzione di energia e dei fabbricati annessi sono individuate negli elaborati facenti parte della documentazione, di cui questo elaborato tecnico è parte integrante.

ORGANIZZAZIONE DEI FATTORI DI PRODUZIONE

L'impresa agricola è costituita dal capitale fondiario, dal capitale di esercizio e dal fattore lavoro.

INFRASTRUTTURE AZIENDALI ESISTENTI

Non sono attualmente presenti strutture riservate all'azienda agricola.

ENERGIA ELETTRICA

L'azienda sarà servita di linea elettrica

APPROVVIGIONAMENTO IDRICO

L'approvvigionamento idrico è garantito dalla presenza di punti di allaccio della rete del Consorzio di Bonifica.

MACCHINE ED ATTREZZI

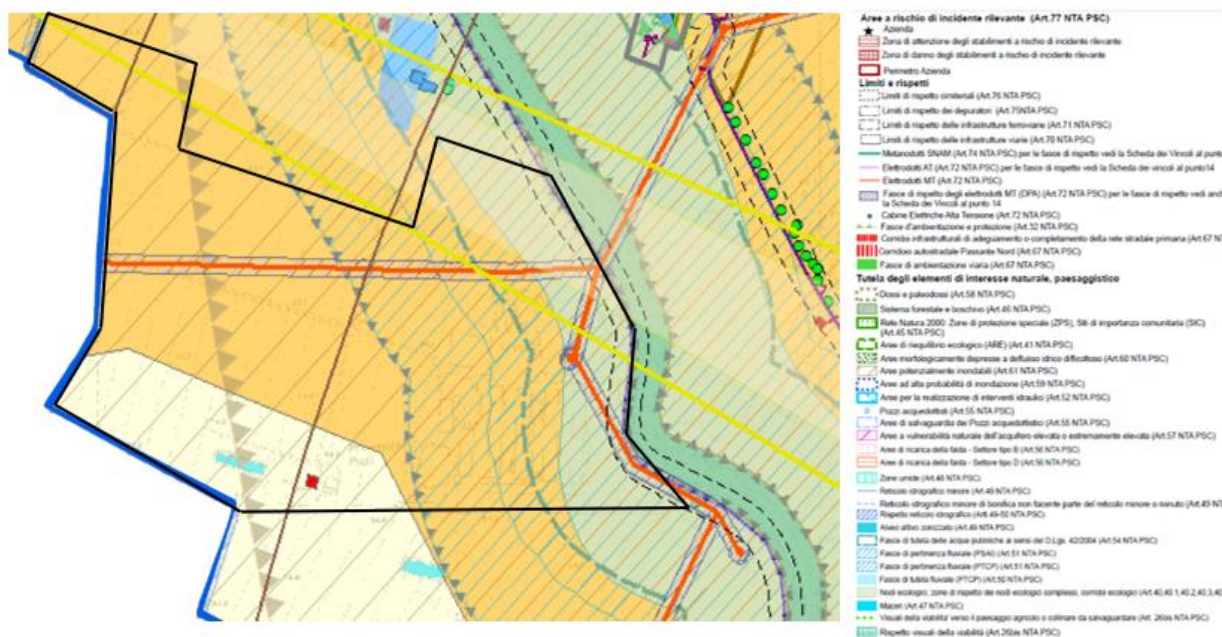
L'Azienda non dispone di mezzi o attrezzature adeguate potenzialmente utilizzabili per le future produzioni agricole e per la gestione del fondo.

VIABILITÀ AZIENDALE

L'area è raggiungibile percorrendo le strade Comunali di Calderara - Bargellino. All'interno del corpo aziendale verrà realizzata una rete di strade interne che permettano lo spostamento dei mezzi e del personale, secondo gli elaborati progettuali.

VINCOLI AMBIENTALI ED URBANISTICI

L'unità produttiva non ricade in territori sottoposti a vincoli sia di natura urbanistica che ambientale con esclusione dell'incidenza parziale del vincolo del torrente Lavino come riportato mappa allegata da PTPR Regione Emilia-Romagna. L'area risulta a destinazione agricola escludendo la parte destinata ad attività produttiva e cava di stoccaggio, e lavorazione, rifiuti edili come normati da d.lgs. 152/06.



Estratto grafico dalla Tavola dei Vincoli

OPERE NECESSARIE AL MIGLIORAMENTO

Per quanto documentato, si può affermare che il terreno agricolo in esame è sicuramente suscettibile al miglioramento proposto. Con la realizzazione dell'impianto agri voltaico avanzato si vuole indirizzare l'Azienda verso un tipo di agricoltura più specializzata ed intensiva e garantirne la sostenibilità ambientale e la resilienza. Al fine di garantire i requisiti minimi necessari alla pratica agricola all'interno delle serre, sarà necessario effettuare alcune opere di miglioramento e adeguamento dell'Azienda nel suo complesso.

La sistemazione del terreno verrà effettuata rispettando la regimazione superficiale delle acque piovane attualmente in atto. Si prevede di migliorare la struttura di raccolta delle acque piovane superficiali attraverso la realizzazione di canali di raccolta, capezzagne e canali di scolo delle acque di percolazione e delle acque piovane in eccesso rispetto alla capacità di campo.

Non si prevede di espiantare essenze forestali o specie monumentali protette in quanto non presenti su intera superficie oggetto di analisi e oggetto di progettazione dell'impianto di produzione energetica per finalità produzione di idrogeno.

La presenza di capezzagne e canali di scolo laterali che consentono di confluire gli eccessi di pioggia oltre la capacità di campo e oltre la capacità di percolazione garantisce il normale sgrondo delle acque in caso di piogge con tempi di ritorno significativi.

Per quanto riguarda le opere irrigue, saranno realizzate le infrastrutture per l'utilizzo dell'acqua fornita da Consorzio di Bonifica in aggiunta a quanto già esistente (capezzagne, canali di scolo e canali di immissione in rete idrica del consorzio) e saranno realizzati opere di raccolta e stoccaggio di acqua piovana da impiegare per le operazioni accessorie aziendali.

Le strutture agri fotovoltaiche saranno predisposte per l'installazione di impianto di microirrigazione localizzata e di illuminazione del complesso; laddove necessario, le piante sistemate in filari, verranno pacciamate e il terreno potrà disporre di un livellamento tale da facilitare l'evacuazione delle acque di sgrondo delle colture. Tra i singoli filari delle colture orticole in atto potrà essere sistemato tessuto-non tessuto idoneo al calpestio operativo ostacolando anche il germogliamento di infestanti e il trasferimento di parti di terreno tra ambienti diversi attraverso il trasporto esercitato dalle scarpe degli operatori.

Con il termine microirrigazione si intende un complesso ed avanzato sistema di distribuzione ottimizzata della risorsa idrica con una significativa riduzione del consumo di risorsa idrica e il miglioramento funzionale della coltura.

L'Azienda promotrice dell'intervento in analisi agronomica potrà inserirsi nel settore delle produzioni orticole ed orticole di pregio impiegando, altresì, il prodotto orticolo per il consumo fresco o destinandone parte alla lavorazione (lavaggio, preparazione packaging) e alla trasformazione impiegando una struttura agevolatrice (agrivoltaico) razionale e redditizia, con l'obiettivo di aumentare il proprio reddito, di attuare politiche agro economiche legate alle repentine modifiche della domanda, soprattutto qualitativa, sul mercato globale, potrà disporre di tecniche di produzione legate alla sostenibilità ambientale in termini di controllo dei parassiti delle piante orticole e di riduzione dei fertilizzanti potendone impiegare in qualità e quantità ridotta ma con tecnologia mirata e potrà inserirsi con il potenziale di promuovere nuova occupazione e con maggiore specializzazione degli operatori medesimi.

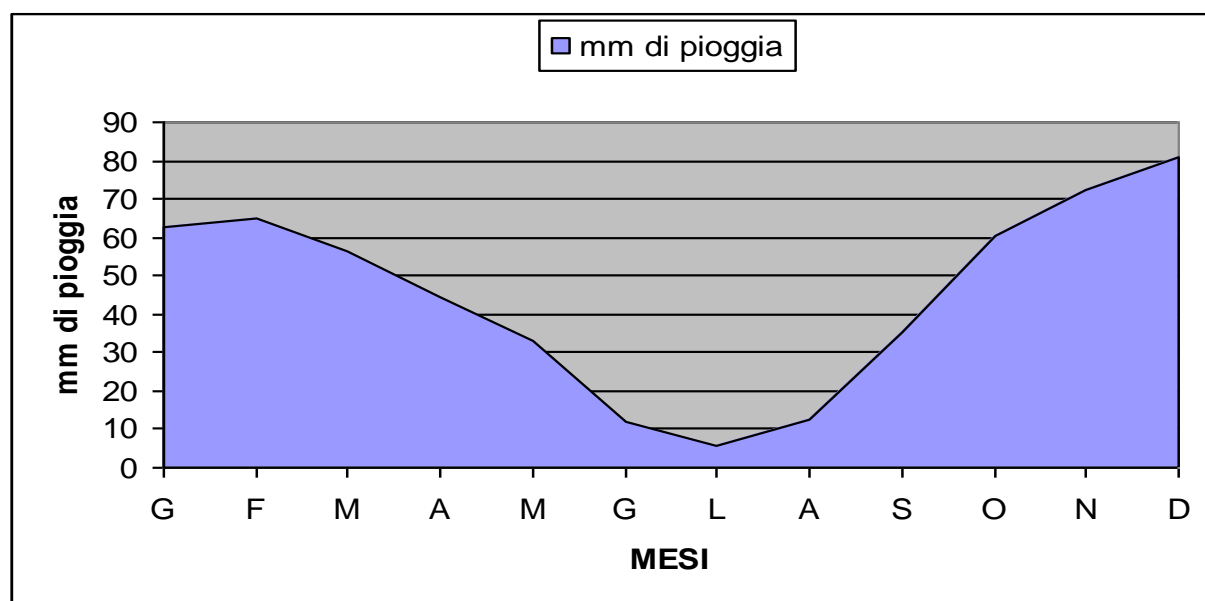
17. INQUADRAMENTO CLIMATICO

Sulla base storica dei dati rilevati nell'arco di alcuni decenni, si evidenzia un andamento termopluviometrico caratterizzato da piovosità concentrata nel periodo che va da settembre ad aprile, e da temperature che raggiungono valori minimi in gennaio – febbraio, per poi aumentare in luglio ed agosto, mesi in cui si verificano i massimi termici.

Per quanto riguarda le precipitazioni, la stagione più piovosa è risultata essere l'autunno. Il mese più piovoso è risultato dicembre, quello meno piovoso luglio.

DATI PLUVIOMETRICI

Stazione termometrica di Calderara (m 100 s.l.m.)							
Anno	Primavera	Inverno	Estate	Autunno	Media annua	ETP	Regime
1922/72	134	208,6	30,3	167,8	540	892	Xerico



DATI TERMOMETRICI

Stazione termometrica di Calderara (m 15 s.l.m.)														
Anno	T°C	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
1922/92	Med	10,5	10,9	12,6	15,0	18,3	22,6	25,3	25,5	23,2	19,2	15,2	11,7	17,5

(Fonte: ARPAE)

U.R. E VENTI PREVALENTI

UMIDITA' RELATIVA
VENTI PREVALENTI

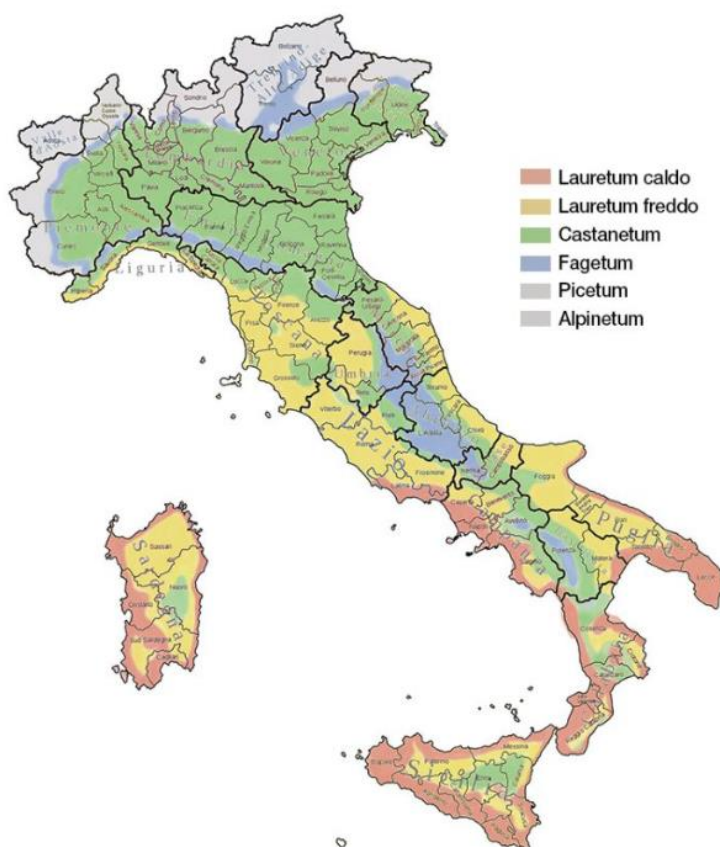
80% (dicembre) – 62% (luglio)
NNW , 8.5 nodi - SSE, 8 nodi

AMBIENTE ECOLOGICO

Dai dati in nostro possesso si può ritenere che il clima locale sia caratterizzato da:

- eccesso di precipitazioni durante il periodo autunno-invernale e breve durata della siccità nel periodo estivo;
- da temperature basse durante il periodo invernale, con episodi di gelate;
- da forte evapotraspirazione che concorre ad esaltare la fase estiva, annullando rapidamente gli effetti delle precipitazioni e il valore di radiazione globale annua sulla superficie orizzontale di 5.073 MJ/mq (numero di ore di sole annuo, al suolo, su superficie piana orizzontale > di 1.700 ore).

Secondo la classificazione bioclimatica di Emberg, la zona di Calderara presenta un clima mediterraneo semi umido.



Secondo la classificazione di tipologia fitoclimatica di Pavari (1916), la zona climatico-forestale in esame appartiene al tipo ***Castanetum*** (***chiamato così per la predominanza del castagno tra le essenze forestali dell'area***), cioè area con temperatura media annua compresa tra 10-15°C, area dove l'escursione termica è di 16 °C, la temperatura del mese più freddo è di -1°C, si raggiungono temperature anche di -15°C e la sommatoria delle poggie sono > 700 mm.

Questo è il profilo di una zona tipica del bacino Mediterraneo-Italia settentrionale, con piogge concentrate nel periodo autunno-invernale e da penuria estiva. In questa zona secondo la stessa classifica, la flora tipica è quella della pianura padana rappresentata da alberi e arbusti costituiti da specie in parte xerofite e termofile.

18. TECNICHE CULTURALI

La produzione agricola potrà essere effettuata con sistemi agronomici differenti in base al tipo di coltura ed alle condizioni ambientali.

La conduzione dell'azienda sarà di tipo intensivo, in pieno campo, e caratterizzata da coltivazione con sistema misto, utilizzando il terreno di coltura sul quale possono insistere sistemi di impianti produttivi di tipo "fuori suolo". Quest'ultimo sistema di coltivazione prevede che le piante non vengano a contatto con il terreno, per certi versi si va quindi a semplificare la fase delle operazioni pre-colturali che si effettuano in pieno campo, si evitano i trattamenti chimici per risanare il terreno dalla "stanchezza" (fenomeno che si verifica nei terreni ove vengono realizzati impianti consecutivi sempre con la stessa specie o specie affini, le piante manifestano minor accrescimento, ritardata entrata in produzione; generalmente le cause di questo fenomeno dipendono dall'insediarsi di batteri, virus, funghi, che si specializzano per quelle colture), si riduce la manodopera con l'impiego di processi meccanizzabili e più tecnologici e si eliminano alcune operazioni tipiche delle colture in pieno campo.

Il fuori suolo implica però maggiori investimenti iniziali, maggiore specializzazione del personale e un continuo monitoraggio dei parametri colturali. Questa tecnica può realizzarsi con diverse modalità, in coltura protetta o in pieno campo, caratterizzate dalla presenza o dall'assenza del substrato.

19. SISTEMI DI COLTIVAZIONE

Come precedentemente argomentato, oltre alla coltivazione diretta sul terreno agrario in pieno campo, indispensabile per le colture che non si adattano ad altri sistemi di coltivazione in coltura protetta, verranno brevemente esaminate alcune tecniche colturali che maggiormente si adattano alle esigenze aziendali, in base alla economicità e alla produttività.

I sistemi descritti di seguito sono destinabili ad ambienti protetti (serre o serre fotovoltaiche). La descrizione è meramente indicativa in quanto, in pieno campo, saranno oggetto di sperimentazione per testarne l'utilizzabilità in pieno campo disponendo di struttura portante dei tracker per un possibile adattamento a specie orticole di elevato valore commerciale e di adattabilità a parametri climatici non protetti.

FLOUTING SYSTEM

Il *floating system* è una tecnica di coltivazione idroponica innovativa che potrà essere utilizzata per la produzione di alcune orticole da taglio.

Si tratta di un sistema di produzione in mezzo liquido statico, in cui le piante sono allevate in pannelli di polistirolo provvisti di fessure, che vengono riempiti con modesti quantitativi di substrato inerte (vermiculite, perlite etc.) o in contenitori alveolati (numero e dimensione degli alveoli variano a seconda della specie coltivata), galleggianti in vasche impermeabilizzate di 30-40 cm di profondità, riempite con soluzione nutritiva.

L'impiego del *floating system* si è sviluppato rapidamente al livello mondiale su specie ortive da taglio (lattughino, spinacio, cicoria, valerianella), da cespo (lattughe, scarola, radicchio) da radice (ravanella) ed aromatiche (basilico, rucola, erba cipollina, prezzemolo, menta, salvia, aneto, borragine).

Questo sistema di coltivazione senza suolo si è dimostrato particolarmente indicato per la coltivazione di ortaggi per la IV gamma, perché rispetto ad altri risulta essere abbastanza economico (per costi di realizzazione e di gestione assai contenuti), capace di assicurare livelli produttivi elevati e consente di ottenere un prodotto caratterizzato da buone caratteristiche qualitative, pulito e privo di residui di terreno.



COLTIVAZIONI IN SACCHI

Questa tecnica colturale prevede che la terra sia sostituita da un substrato inerte (argilla espansa, perlite, vermiculite, fibra di cocco, lana di roccia, zeolite, ecc.), facile da gestire perché non interferisce con la soluzione

nutritiva, la movimentazione dei sacchi è inoltre facilitata dalla leggerezza e non prevede particolari interventi strutturali in serra.

La pianta viene irrigata con una soluzione nutritiva composta dall'acqua e da sostanze necessarie ad apportare tutti gli elementi assunti normalmente con la nutrizione minerale.

Per lo scarico e la raccolta della soluzione che drena dai sacchi è importante prevedere il livellamento e la pacciamatura del terreno con la predisposizione di canalette. Bisogna prendere in considerazione eventuali costi per lo smaltimento del substrato al termine dell'utilizzazione, nel caso in cui le norme in materia lo prevedano.



Pomodoro su sacchi di pietra pomice e lana di roccia

CONSIDERAZIONI

I principali vantaggi offerti dalle colture fuori suolo (possibilità di meccanizzazione, maggiori produzioni, maggior controllo della nutrizione minerale, possibilità di superare la stanchezza del terreno, maggiore qualità nella lotta alle avversità fisiologiche, maggiore capacità di lotta alle batteriosi e alle virosi la cui carica eziologica ha origine elettiva dallo sviluppo e accumulo dal substrato, soprattutto se in pieno campo) sono molto attenuati e spesso non convenienti se la tecnica è applicata in una struttura a bassa tecnologia e quindi con un insufficiente controllo climatico (Di Mauro e Incrocci, 2005), come lo è nella quasi totalità delle strutture protette. A conferma di quanto sopra esposto, sta il fatto che la coltura fuori suolo si è particolarmente diffusa nell'Europa dell'Ovest, dove circa 12.000 ha (di cui solo 5.000 in Olanda) sono coltivati utilizzando colture a ciclo aperto o chiuso su substrati inorganici (Van Os e Stanghellini, 2001); in questi stessi paesi maggiore è anche concentrazione di strutture coperte a media e alta tecnologia, dove, in effetti, la coltura fuori suolo può esprimere al massimo le sue potenzialità.

Per quanto riguarda l'Italia, nel 1990 esistevano meno di 50 Ha per lo più concentrati in Sardegna, dove si è spinta in tal senso la ricerca scientifica, la sperimentazione e la divulgazione da parte degli enti regionali preposti. Negli anni successivi si è avuta una certa diffusione delle colture senza suolo in altre regioni d'Italia

restando, comunque, poco diffusa: oggi si stima che la superficie utilizzata per colture senza suolo sia intorno a 1000 Ha, pari a circa il 4% dell'intera superficie protetta italiana.

Le tecniche più utilizzate sono quelle che prevedono l'impiego di un substrato, organico (fragola) od inerte (ortaggi e fiori recisi); una discreta diffusione ha avuto il *floating system*. Quattro specie coprono da sole oltre il 90% della superficie totale e sono quelle in cui la coltivazione fuori suolo ha dato dei reali vantaggi: fragola (200 Ha), pomodoro (200 Ha, fra differenti tipologie), gerbera (100 Ha), rosa (200 Ha). Fra i substrati maggiormente utilizzati troviamo in ordine d'importanza la torba, la perlite, la lana di roccia, la pomice, il lapillo o altre rocce vulcaniche e la fibra di cocco. Sono, infine, da ricordare altri materiali legati a realtà locali come le vinacce e le alghe marine (utilizzate ad esempio in Sardegna).

Presenta un gradiente di interesse la tecnica di NFT per la coltivazione di ortaggi carnosi (pomodoro, barattieri, zucchino, solanacee) e per florovivaismo (Gerbere, Anthurium) in alcune zone a vocazione della Puglia, del Lazio e della Liguria. La tecnica consta di una centrale di miscela e osmosi inversa che consente di preparare la soluzione nutritiva da distribuire periodicamente in vasi su bancali provvisti di iniettori per ciascuna pianta. Il deflusso attraverso il substrato in materiale inerte costituito da materiale di scarto adsorbente, perlite, lana di roccia e altro consente la radicazione ottimale delle radici di pomodoro o di anthurium o di gerbere e la raccolta della miscela in eccesso con ripristino delle concentrazioni in Azoto, Fosforo e Potassio e microelementi oltre alle sostanze integratori e di controllo delle malattie delle piante coltivate su bancali in materiale metallico e in ambiente riscaldato da cooler e raffrescato per azione di ombreggiamento e cooler di micronizzazione vapore.

La tecnica di coltivazione idroponica classica ha subito altri affinamenti verso l'aero idroponica (sistema di micronizzazione della soluzione nutritiva in ambiente aereo circoscritto al contatto con l'apparato radicale delle specie orticole a foglia) su struttura ad altezza variabile ma tale da consentire la meccanizzazione delle operazioni colturali. La soluzione nutritiva viene distribuita seguendo il ciclo nutritivo e il periodo di maturazione della pianta per la parte edule destinato al mercato del consumo fresco o della IV gamma.

Vantaggi	Svantaggi
<ul style="list-style-type: none"> • Standardizzazione della produzione • Migliore controllo delle condizioni fitosanitarie • Miglior controllo dell'ambiente radicale • Riduzione del consumo idrico • Uso efficiente dei concimi e migliore gestione della nutrizione della pianta • Maggiore precocità • Razionalizzazione del lavoro e possibilità di meccanizzazione 	<ul style="list-style-type: none"> • Costi d'impianto elevati • Necessità di personale tecnico specializzato • Smaltimento dei substrati utilizzati od "esausti" • Smaltimento delle soluzioni drenate non completamente esaurite • Maggior uso di materiali difficili da riciclare (plastica) • Necessità di disporre di acqua di buona qualità • Rischi di asfissia radicale

Vantaggi e svantaggi delle colture senza suolo

Nell'ultimo decennio, il consumatore ha profondamente cambiato le proprie esigenze alimentari e ha iniziato a valutare i prodotti ortofrutticoli anche dal punto di vista igienico-sanitario e, ancor più recentemente, salutistico. Inoltre, sono aumentati i vincoli alla produzione agricola imposti da una legislazione sempre più di stampo ambientalista. La proibizione dell'impiego del Bromuro di Metile, avvenuta all'inizio del 2005, l'introduzione di valori massimi del contenuto di nitrati negli ortaggi da foglia e la limitazione del consumo di pesticidi e fertilizzanti, impongono agli agricoltori una profonda revisione delle tecniche colturali.

Le colture senza suolo, in questo senso, potrebbero giocare un ruolo importante, anche se limitatamente al settore ortoflorovivaistico (comunque, uno dei più importanti nel panorama dell'agricoltura italiana), un po' come è già avvenuto in un altro paese del Mediterraneo, la Spagna.

IMPIANTISTICA DELLE COLTURE FUORI SUOLO

INDICAZIONI GENERALI

La coltivazione fuori suolo si caratterizza per i maggiori costi di investimento rispetto ad altre tecniche colturali, dovuti alla necessità di particolari impianti, come ad esempio i bancali per la coltivazione o il fertirrigatore necessario per preparare la soluzione nutritiva da distribuire. In commercio esistono diverse soluzioni tecniche, spesso frutto di esigenze impiantistiche differenti, per cui appare utile esaminare i componenti necessari per la coltivazione fuori suolo, qui di seguito brevemente elencati:

- supporti per la coltivazione costituiti da canalette o bancali o vasi dove alloggiare le piante da coltivare mediante l'utilizzo di un substrato o meno;
- impianto di erogazione della soluzione nutritiva (può essere assente nel caso della subirrigazione);
- impianto di fertirrigazione per la preparazione della soluzione nutritiva da erogare, utilizzando soluzioni saline concentrate (definite come soluzioni madri o soluzioni stock), comprensivo di dispositivo per la gestione dell'irrigazione;
- canalizzazioni per la raccolta e la concentrazione in un punto dell'intero drenato della serra (a volte non è presente e il drenato cade direttamente nel terreno sottostante);
- eventuale impianto di sterilizzazione della soluzione drenata prima del suo re-utilizzo (presente solo in sistemi fuori suolo a ciclo chiuso, nei quali la soluzione nutritiva di scolo non viene liberata in natura, ma è reimpiegata nel ciclo produttivo);
- sistema informatico di controllo delle fasi di miscelazione, stoccaggio e reimpiego di scarti di fertirrigazione;

- sistema di trattamento dell'acqua di utilizzazione quale veicolo delle sostanze nutritive nella fase di impiego della soluzione dopo la preparazione ottimale in funzione della specie, delle cultivar e degli ecotipi in coltivazione.

SUPPORTI PER LA COLTIVAZIONE

Hanno la funzione di sorreggere la pianta e accogliere l'apparato radicale. Nel caso di colture su substrato, si utilizzano vari e disparati contenitori: sacchi di plastica, cassette, vasi, canalette di polipropilene appositamente sagomate. Il materiale utilizzato può essere vario ma quasi sempre di tipo plastico per i vantaggi di robustezza e leggerezza che ha quest'ultimo. Sono definitivamente abbandonati i classici bancali di cemento per gli alti costi necessari per la loro realizzazione e posa in opera.

Per le colture da realizzarsi sul terreno agrario, questo stesso funge da supporto per la coltivazione e per tanto andrà preparato con eventuali lavorazioni e concimazioni e sistemato per accogliere nel miglior modo la coltura.

IMPIANTO DI FERTIRRIGAZIONE

Con il termine fertirrigazione si intende la pratica della somministrazione dei fertilizzanti utilizzando l'acqua di irrigazione. Nelle colture che verranno attuate, caratterizzate da esigenze nutritive e idriche molto piccole se paragonati a quelli presenti in pieno campo, la somministrazione di fertilizzanti deve essere sempre abbinata con quella di acqua.

Un impianto di fertirrigazione deve immettere una soluzione concentrata di concimi idrosolubili (***soluzione stock o soluzione madre***) nella condotta irrigua in modo che, dopo un'opportuna miscelazione, alle piante sia somministrata una soluzione nutritiva con le caratteristiche chimiche (pH, conducibilità elettrica o EC, concentrazione di nutrienti) prestabilite.

IMPIANTO DI EROGAZIONE DELLA SOLUZIONE NUTRITIVA

L'impianto di erogazione permette la distribuzione ad ogni singola unità di coltura della soluzione nutritiva preparata a monte dal fertirrigatore. La distribuzione della soluzione nutritiva alle colture può avvenire attraverso l'uso di manichette forate, linee gocciolanti e tubi con gocciolatori.

Le manichette forate sono dei sottili tubi in polietilene in cui, a distanze prefissate, sono effettuati dei fori per l'emissione della soluzione nutritiva. Queste hanno il vantaggio di essere poco costose, ma presentano lo svantaggio di avere un'uniformità di distribuzione non sempre soddisfacente per le numerose perdite di carico. Per ovviare a tutto ciò, si utilizzano manichette con lunghezza inferiore a 100 m ed alimentando le linee

in testa ed in coda, in modo da limitare le perdite di carico. Il loro costo contenuto ne ha favorito l'utilizzo soprattutto in pieno campo.

Le ali gocciolanti sono tubazioni in polietilene rigido contenenti, ad intervalli regolari, dei gocciolatori coestrusi. Questi possono essere non autocompensanti. I gocciolatori autocompensanti hanno un costo superiore e si otturano facilmente, ma assicurano una distribuzione costante entro un range di pressione compreso fra 0,8 e 3 bar: la compensazione avviene grazie ad un'apposita membrana che apre o chiude più o meno il foro di uscita dell'acqua secondo la pressione presente nella linea. In questo modo si possono utilizzare linee gocciolanti fino a 300 metri. In serra spesso si utilizzano tubi in polietilene, cui sono collegati gocciolatori autocompensanti. Il costo elevato e la facilità di occlusione hanno favorito in questi ultimi anni la sostituzione di questi con l'uso di tubi capillari (0,8-1,2 mm di diametro interno) posizionati nelle vicinanze delle piante tramite astine di plastica inserite nel substrato.

Il sistema presenta minori pericoli per le occlusioni, ma offre minor garanzie di un'omogenea distribuzione dell'acqua lungo tutta la linea.

Per le colture su terreno agrario si utilizzeranno tubi in polietilene con gocciolatori autocompensanti.

Per le colture in fuori suolo si preferirà l'impiego di ali gocciolanti in polietilene con tubo capillare con astina e gocciolatore autocompensanti.

INDICAZIONI GENERALI PER LA GESTIONE DEL CLIMA *(riferito alla soluzione circolante di alimentazione delle piantine in coltivazione)*

Per poter ottenere i maggiori vantaggi produttivi ed economici, derivanti dall'applicazione della coltura fuori suolo rispetto alla coltura in terreno, occorre che la pianta sia in condizioni non limitanti per il fattore climatico o per altri fattori condizionanti la produzione.

La coltura fuori suolo risente, più di quelle effettuate in terreno, delle condizioni climatiche interne alla serra stessa (a maggior considerazione se realizzata su terreno, sotto i moduli agrivoltaici) in quanto l'apparato radicale si trova, nella maggioranza dei casi, fuori dal terreno, subendo le forti oscillazioni di temperatura che di solito si registrano in serra nell'arco di una giornata, nel Floating System questo fenomeno viene attutito dall'acqua della vasca, sempre che la movimentazione e l'ossigenazione siano continue.

Ad esempio, nelle serre, sono spesso frequenti danni e ritardi nella crescita dovuti alle alte temperature radicali che le piante incontrano al momento del trapianto, soprattutto nei cicli estivo-autunnali. In queste condizioni, si verifica un forte riscaldamento della zona radicale (anche superiore a 40 °C) a causa dell'esposizione diretta alla radiazione solare, non schermata in maniera adeguata dalla ridotta parte aerea delle giovani piante.

La copertura (ottenuta con rete ombreggiante interna a maglia diversa in funzione del valore di ombreggiamento richiesto considerando la copertura aggiuntiva dell'effetto ombra dei moduli fotovoltaici) ha

lo scopo principale di mantenere un microclima migliore per la crescita delle piante rispetto a quello esterno. Grazie “all’effetto ombra” garantito dalla copertura, la temperatura risulta più alta di quella esterna al perimetro: naturalmente la differenza è funzione di molti parametri, tra cui il principale è la caratteristica di trasmissibilità del materiale di copertura della radiazione visibile e infrarosso vicino (range 400-1100 nm) e la contemporanea totale impermeabilità nell’infrarosso lontano (nm>2500).

In funzione del clima esterno, la sola struttura di protezione non è spesso sufficiente a garantire le migliori condizioni per la crescita della pianta. È per questo motivo che è necessario, oltre alla struttura fotovoltaica intesa come semplice struttura di protezione per la pianta, installare sistemi e apparecchiature in grado di controllare indipendentemente dall’illuminazione esterna l’apporto di luce sulla superficie fotosintetica.

Chiaramente, più impianti di illuminazione LED saranno installati e minore sarà la dipendenza dell’irraggiamento dalle condizioni esterne, ma al tempo stesso maggiori saranno i costi fissi della struttura.

Tali condizioni potranno essere giustificate a livello economico, solo da coltivazioni di specie e varietà in grado di fornire una produzione lorda vendibile il cui valore differenziale con i costi di produzione complessivi dell’impianto diano valore positivo e maggiore di un limite di riferimento richiesto (*determinato in funzione delle attività complessive che compongono l’impianto e dei sistemi produttivi e ambientali ivi impiegati*).

Ogni impianto di illuminazione influenza in modo specifico, incidendo, a volte, anche su più parametri climatici.

Se ad esempio si prendono in considerazione i sistemi di microirrigazione, questi hanno lo scopo di umidificare i terreni, quando l’apporto di acqua dalle piogge invernali porta ad un abbassamento della temperatura, e rappresentano anche uno strumento molto efficace per la regolazione dell’umidità del suolo. In molti casi, nella strategia di gestione delle luci, è prioritaria la regolazione dell’umidità rispetto alla temperatura.

20. LE COLTURE

Come indicato precedentemente, i terreni ricadenti nella Località “Sacerno” verranno occupati dagli impianti per un totale di poco più di 16,0 ha.

Questa superficie garantisce una discreta dimensione aziendale e il potenziale produttivo potrà essere indirizzato verso un numero limitato di orticole, in modo tale da permettere una specializzazione dell’azienda e l’inserimento nel mercato con una offerta di prodotto che possa avere un discreto potere contrattuale. Le colture orticole che seguono potranno essere utilizzate per la produzione agricola e per la stesura di un piano colturale.

Questo potrà essere implementato con l'aggiunta di altre colture laddove nascesse l'esigenza di soddisfare una particolare richiesta di mercato o laddove la sperimentazione aziendale mettesse in luce la presenza di cultivar più adatte e produttive.

LATTUGHE

Appartenente alla famiglia della *Lactuca sativa*, presenta un "cespo" costituito da foglie a spatola o tondeggianti inserite in un breve fusto e serrate in modo da costituire un "grumolo" o "cappuccio" più o meno compatto (*appartengono a questa famiglia la lattuga romana, lattuga a cappuccio, lattuga brasiliana o iceberg, Lollo bionda e Lollo rossa*).

La lattuga è una pianta erbacea da foglia, caratterizzata da un breve ciclo colturale, per questo motivo è anche facilmente adattabile a diverse esigenze di produzione. È una specie microterma con temperatura minima biologica di 4-6°C anche se alcune cultivar possono resistere fino a -2°C. Le temperature ottimali per la crescita sono di 10-12°C la notte e 15-18°C di giorno; quindi, durante la coltivazione si richiede una efficiente ventilazione al di sopra di 16°C.

È una specie molto sensibile alle condizioni fotoperiodiche, pertanto la produzione continua in serra è possibile solo con l'impiego di cultivar adatte. Per questo motivo durante l'inverno si impiegheranno cultivar cosiddette a giorno corto.

Il ciclo ha una durata di 70-90 giorni, che comprendono sia il trapianto che le raccolte, e si raggiungono anche i 3 cicli all'anno. La coltura si effettua direttamente sul terreno agrario, con un sesto di impianto di circa 9 piante a metro quadro, i cespi al momento del taglio raggiungono un peso medio di 250 gr.

Per quanto riguarda i Lux essi devono variare da 8.000 all'epoca dell'impianto, fino ad un massimo di 20.000, mentre l'umidità non dovrà superare il 50%.

ORTAGGI DA FOGLIA

Sono comprese diverse specie minori, a noi interessano il basilico (*Ocimum basilicum*) e la rucola (*Eruca sativa* Mill.), si utilizzano le foglie per l'insalata o per aromatizzare le vivande.

Il basilico è una erbacea annuale con fusti eretti, ramificati, alti fino a 50 cm. Le foglie sono opposte, spicciolate ovato-bislunghe, a volte bollose. I fiori generalmente bianchi (o rosei) sono riuniti in spighe suddivise in singoli verticilli. Fiorisce da giugno ad agosto, soffre il freddo e non resiste se la temperatura scende al di sotto di 10 °C.

La rucola è una pianta erbacea annuale conosciuta fin dai tempi antichi. Gli antichi romani attribuivano alla Rucola proprietà afrodisiache e ne consumavano anche i semi. e foglie di questa pianta erbacea annuale

sono disposte alternativamente lungo lo stelo e hanno forma oblunga di lancia; le superiori sono più strette delle inferiori; hanno un odore caratteristico e un sapore decisamente acidulo.

A queste si potrebbero aggiungere anche le lattughine e le cicorie da taglio, la varielanella e lo spinacio tutte colture da destinare alla IV gamma, ma anche cetrioli, meloni, peperoni, melanzane, lattuga e fragole.

La valeriana (Valerianella locusta) è una verdura appartenente alla famiglia delle Valerianaceae. È nota anche come valerianella, gallinella, songino e soncino. Si tratta di una specie originaria del bacino del Mediterraneo (probabilmente della Sicilia e della Sardegna) ora presente in molte aree dal clima temperato.

La coltivazione avviene con la tecnica del Floating System precedentemente descritta. Si tratta di colture ad alta densità colturale, 600-1000 piante per metro quadrato nel caso di basilico e rucola, che si raccolgono allo stadio 15-20 cm di altezza. I pannelli vengono seminati meccanicamente e possono essere messi in camera di germinazione prima di essere disposti nelle vasche.

Il sistema di allevamento previsto per queste colture è il Floating System, in condizioni ottimali la durata del ciclo colturale può variare dai 40 ai 60 giorni.

Le produzioni medie si possono attestare su 1-1,5 kg metro quadro per il basilico e 2-2,5 kg metro quadro per la rucola.

Per quanto riguarda i Lux essi devono variare da 8.000 all'epoca dell'impianto, fino ad un massimo di 20.000.

POMODORO DA MENSA

Il pomodoro (*Solanum lycopersicum*) è una pianta erbacea annuale, ha un portamento inizialmente eretto e successivamente strisciante, per cui nelle colture in serra è necessario fare ricorso ai tutori per sorreggere la pianta e la sua produzione. In serra, le piante arrestano l'accrescimento con temperature minime notturne inferiori ad 8-10°C, le temperature ottimali di accrescimento sono di circa 13-16°C la notte e 20-26°C il giorno, al di sopra dei 30°C la maturazione dei frutti non risulta più uniforme.

La coltura fuori suolo del pomodoro è motivata dalla difficoltà di disinfezione del terreno in serra e dagli elevati potenziali di produzione e qualità. I substrati più indicati ed utilizzati in Italia sono i substrati inerti (lana di roccia e perlite) e i substrati alternativi a basso costo (lapillo vulcanico, pomice, posidonia e vinacce esauste). La scelta del substrato sarà pertanto dettata dal compromesso tra efficienza produttiva e prezzo di mercato.

Il suolo della deve essere pacciamato possibilmente con film bianco, sistemato per consentire lo sgrondo o il recupero della soluzione in eccesso. Il sesto di impianto prevede 2,5-3 piante per m², se le piante sono allevate su cubetto di lana di roccia, questo è poggiato sul substrato, se invece le piantine sono state allevate su plateau con alveoli di piccole dimensioni, si dovrà ricoprire per intero l'apparato radicale.

L'allevamento verrà effettuato su due o più steli, questo non influenza la produttività ma il calibro dei frutti ed è perciò più indicato per tipologie come cherry "ciliegino", "camone" oppure per ibridi vigorosi o piante innestate con piede vigoroso.

Serre condotte con impianti di riscaldamento tarati sulla soglia termica di 10-12°C, ci daranno la possibilità di effettuare il ciclo lungo: l'impianto si può effettuare da fine agosto, la produzione ha inizio entro fine ottobre e dopo la pausa invernale la produzione riprende a febbraio e si protrae fino a giugno.

L'allevamento prevede l'impianto di 3 piante m², la cimatura e lo sviluppo di due branche principali. Dai dati raccolti risulta evidente che in ambiente mediterraneo, su colture in serre con solo riscaldamento di soccorso e conduzione ordinaria, sono facilmente raggiungibili, anche dai meno esperti, produzioni unitarie che si attestano sui 10-16 kg/ m², in relazione alla cultivar ed alla dimensione del frutto. Tuttavia, il riscaldamento insufficiente nel periodo invernale limita molto le potenzialità produttive.

Per quanto riguarda i Lux essi devono variare da 10.000 all'epoca dell'impianto, fino ad un massimo di 40.000, mentre l'umidità non dovrà essere eccessiva.

FRAGOLA

La fragola (*genere Fragaria*) è una pianta erbacea, rizomatosa e stolonifera, con ciclo annuale e biennale. Le cultivar moderne derivano da degli ibridi di alcune specie di origine americana e sono prevalentemente a frutto grosso. La coltivazione in serra si è sviluppata per ottenere produzioni anticipate rispetto a quelle di pieno campo.

Le esigenze climatiche della fragola sono modeste per quanto riguarda la temperatura (è una specie microterma da serra fredda) ma ben differenziate per quanto riguarda la risposta fotoperiodica in relazione alle diverse caratteristiche varietali, ciò sarà utile per la nostra scelta date le particolari condizioni di luminosità delle serre con copertura di pannelli fotovoltaici. Nel periodo di riposo invernale la pianta può resistere a temperature di -12°C, la minima biologica è di 6°C e le temperature ottimali sono di 10-13°C la notte e 18-22°C di giorno, temperature continuate al di sopra dei 25°C nella coltura su sacchi provocano l'arresto dell'attività radicale e quindi della produzione.

L'impianto con piantine fresche viene effettuato a settembre con cime radicate e nell'ultima decade di ottobre con piante "fresche spagnole"; Normalmente si opera in modo tale che la prima produzione sia disponibile per il mercato nel periodo di ottobre - dicembre. Dopo la pausa invernale si ha una seconda produzione, primaverile, da aprile a giugno. Le piante solitamente impiegate nel fuori suolo sono generalmente "ingrossate" (WB, A+ e TP), in grado di iniziare a fruttificare circa 45 giorni dopo la messa a dimora. Da studi condotti recentemente nel Cesenate, i migliori risultati sono stati ottenuti con le varietà Mara des Bois, Miss e Don.

La coltura verrà condotta in area fredda pacciamata, su telai metallici che portano il livello dei sacchi in coltivazione a circa 1,5 m da terra, i telai saranno distanziati 1 m l'uno dall'altro, in questo modo è possibile raggiungere densità da 8 a 12 piante per m². Le piante su telaio usufruiscono di condizioni climatiche migliori che favoriscono la maturazione dei frutti, la raccolta è più agevolata e più veloce. In linea generale nel sud Italia la produzione di fragola da frutto grosso viene programmata per il periodo autunno invernale e della fragolina per il periodo invernale-primaverile. Per le condizioni climatiche che caratterizzano la Sardegna, si può programmare un ciclo annuale con l'impianto a partire da metà settembre, con cultivar adatte e densità di 12 piante per m² è possibile raggiungere produzioni di 40 t/ha.

Gli aspetti critici di questa coltura sono rappresentati dalla sensibilità agli attacchi parassitari e dal costo di raccolta (può raggiungere il 40-45% del costo di produzione totale), con la coltura in fuori suolo si possono ridurre questi problemi con l'aumento della resa e della qualità dei frutti. La coltivazione verrà condotta su sacchi a base di torba da 10-14 litri in PE bianco (50 X 25 X 10 cm) con 6-8 piantine per sacco. I sacchi possono essere riutilizzati per il reimpianto della coltura solo se le condizioni fitosanitarie della coltura precedente sono state perfette e se si seguono norme igieniche molto rigorose anche nella disinfezione.

Illuminazione: le lampade per la coltivazione idroponica delle fragole, possono essere di diversi tipi, la fragola ha bisogno di un massimo di 40.000 lux per portare a maturazione il frutto.

ZUCCHINO

Lo zucchini (*Cucurbita pepo*) è una piana erbacea annuale con stelo eretto o strisciante e fiori maschili e femminili sulla stessa pianta, in serra è indispensabile l'utilizzo di tutori. La pratica più utilizzata consiste nel sostenere le piante con fili di nylon disposti ai lati della fila per un'altezza di 40-60 cm, ancorati ai pali infissi al suolo lungo la fila stessa.

La pianta si accresce regolarmente con temperature medie di 20°C, la minima biologica è di 12°C e quelle ottimali risultano 15-18°C durante la notte e non più di 28°C durante il giorno. Essendo una pianta a giorno indifferente presenta una fioritura continua; tuttavia, la velocità di crescita e la produttività sono massime nel periodo primaverile estivo, nel periodo autunno invernale la produttività tende a diminuire in relazione alle condizioni climatiche meno favorevoli. Con la coltivazione in fuori suolo si ha il vantaggio di prolungare il periodo produttivo.

Durata ciclo: la pianta è caratterizzata da un ciclo colturale abbastanza rapido di 4 mesi, quindi si adatta molto bene alle colture primaverili anticipate, generalmente si possono realizzare 2 cicli all'anno.

Per colture primaverili precoci il trapianto si può effettuare da febbraio, mentre per le colture autunnali il trapianto può essere effettuato da settembre.

La raccolta può iniziare dopo 40-50 giorni dal trapianto e può protrarsi per circa 3 mesi, viene effettuata ogni 2-3 giorni recidendo i frutti al mattino presto se si vogliono conservare gli zucchini con il fiore aperto. Lo zucchini può essere raccolto a diversi stadi di sviluppo. Da piccolissimo, quando il fiore non si è ancora aperto, fino a diversi giorni dopo l'impollinazione, quando raggiunge i 250 grammi e più di peso.

I rendimenti produttivi sono variabili e si attestano sui 30-50 t/ha, quindi dai 4 ai 5 kg metro quadro, con un sesto d'impianto che prevede la messa a dimora di circa 1,5 piante a m².

Elementi qualitativi che lo zucchini deve mantenere fino al momento del consumo sono: la lucentezza dell'epidermide e la durezza della polpa. E' così opportuno eseguire la selezione e il confezionamento subito dopo la raccolta.

Potatura: un particolare intervento di potatura è rappresentato dal taglio di tutti i rami al di sopra del secondo nodo basale (40-60 cm). Tale pratica, effettuata generalmente nel mese di agosto e fatta seguire da un'abbondante irrigazione e da concimazione azotata, permette alla pianta di rinnovare completamente la vegetazione e di fornire nuova produzione nel periodo invernale.

Per quanto riguarda i Lux essi devono variare da 10.000 all'epoca dell'impianto, fino ad un massimo di 40.000, mentre l'umidità non dovrà superare il 40%.

CETRIOLO

Il cetriolo (**Cucumis sativus**) è una cucurbitacea originaria dell'India, caratterizzata da uno stelo erbaceo prostrato o rampicante, si conoscono cultivar con frutto piccolo e corto (da sottaceto) ed altre a frutto medio e lungo per il consumo fresco.

È una specie ideale per la coltivazione in fuori suolo; necessita di forniture idriche superiori a quelle del pomodoro ma, anche in annate particolarmente calde, ha evidenziato elevato un buon potenziale produttivo.

È una specie molto esigente in temperatura, richiede minimo 14°C per la germinazione, ma la temperatura ottimale è compresa fra 18-20°C durante la notte e 25-28°C durante il giorno. La crescita dei frutti richiede una temperatura al di sopra dei 20°C.

Per le colture a produzione autunnale, l'impianto si effettua ad agosto con semina diretta; per le colture primaverili-estive, gli impianti si effettuano da gennaio a marzo con piantine da 4-5 foglie allevate in vivaio. Il periodo che intercorre tra il trapianto in serra e l'inizio della produzione è di 60-65 giorni nelle cultivar più precoci. Il sesto di impianto prevede un investimento della coltura pari a 2 piante m² e la pianta viene allevata in verticale su reti di plastica alte 2 metri. Nel periodo primaverile-estivo si possono raggiungere produzioni di 100-150 t/ha per cultivar a frutto medio, nella coltura autunnale le rese sono ridotte alla metà.

21. FABBISOGNO IN ORE LAVORATIVE

Per avere un'indicazione del fabbisogno in ore lavorative necessarie alla coltivazione delle aree, vengo presi in considerazione i dati forniti dall'Assessorato dell'agricoltura che ha elaborato, sulla base delle esperienze e degli studi dei tecnici regionali, la "Tabella regionale del fabbisogno di impiego di manodopera". Nella tabella sono indicate le ore di lavoro/uomo per ettaro necessarie per coltura.

Il monte ore annuo previsto dal vigente contratto collettivo nazionale di lavoro per i lavoratori agricoli a tempo pieno è di 39 ore settimanali, per 48 settimane pari a 1872 ore annue, che possono essere arrotondate a 1900.

Questa tabella, come precedentemente accennato, deve essere utilizzata come strumento previsionale di massima e fa riferimento alle colture coltivate in serra in quanto si ritiene che le cure colturali alle piante orticole in ambiente "semi-protetto" ne determina un impegno e un fabbisogno maggiore rispetto alle colture meccanizzabili per assenza di impedimenti strutturali (agrovoltico).

TABELLA DEL FABBISOGNO DI MANODOPERA IN AGRICOLTURA
Fabbisogno di manodopera per coltura – Regione Emilia Romagna

COLTURE	h/uomo per ha	
	Min	max
Pomodoro da mensa in serra*	7200	8640
Fragola in tunnel	2800	3920
Lattuga, per raccolto	480	684
Peperone in serra	2800	3360
Fagiolino in serra	960	1250
Altre colture ortive in serra*	2400	4800
Fiori in serra, in contenitore*	5850	9200

Dati tabella di richiesta manodopera della regione Emilia-Romagna

Il fabbisogno di manodopera in ore lavorative rappresenta la somma delle ore di lavoro necessarie nel fondo, per lo svolgimento delle operazioni colturali intese in fase di produzione costante ed in funzione della specie, della forma di allevamento e delle tecniche colturali adottate.

Il carico di lavoro in alcuni periodi dell'anno è elevato e concentrato poiché i tempi di esecuzione, in relazione alle fasi colturali, sono forzatamente limitati. Questo accade ad esempio per operazioni quali l'impianto e la raccolta. In particolare, quest' ultima operazione comporta un'attenta valutazione del metodo e delle tempistiche di esecuzione; infatti, il carico di ore lavorative varia notevolmente a seconda della metodologia e delle attrezzature scelte, di meccanizzazione e di agevolazione della raccolta.

22. IMPORTANZA DELLA QUALITA' DELL'ACQUA IRRIGUA

L'acqua è un elemento fondamentale per la realizzazione di una qualsiasi attività agricola. È ancor più importante la sua composizione e la sua disponibilità nella realizzazione di un'attività in coltura semi-protetta, laddove si opera in una realtà specializzata e con esigenze idriche particolari.

Prima di effettuare l'impianto di colture è indispensabile fare un'analisi chimica dettagliata dell'acqua di irrigazione a disposizione, sia per valutare la sua idoneità all'uso, sia per calcolare la quantità di fertilizzanti necessari a raggiungere le concentrazioni dei vari elementi nutritivi stabili dalla ricetta nutritiva.

La valutazione deve riguardare i seguenti parametri:

- pH;
- alcalinità totale (concentrazione di bicarbonati e carbonati);
- conducibilità elettrica (EC) e concentrazione totale dei sali;
- concentrazione degli elementi essenziali per la pianta (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, B, Cu, Zn, Mn, Mo) e di quelli non essenziali (Na, Cl, F, HCO₃⁻) ma potenzialmente fitotossici;
- purezza microbiologica, soprattutto l'assenza di agenti fitopatogeni;

Nella tabella che segue sono riportati a scopo esemplificativo, per i principali parametri chimici, i ranges di concentrazione per la classificazione di un'acqua irrigua per il suo utilizzo nella coltura fuori suolo.

I parametri riportati sono relativi a specie assai sensibili alla salinità come rosa, lattuga, fragola e gerbera: nel caso di piante maggiormente resistenti alla salinità (pomodoro, melone, rucola, ecc.) la classificazione come acqua di scarsa qualità non pregiudica sempre un suo utilizzo.

Sarà quindi opportuno verificare la qualità dell'acqua disponibile sia della rete di distribuzione del Consorzio di Bonifica che quella disponibile nei pozzi aziendali, al fine di individuare la destinazione colturale ottimale ed evitare eccessivi oneri per l'eventuale trattamento. Nel caso di colture redditizie, tali da giustificare il trattamento delle acque, si provvederà alla realizzazione delle opere necessarie al raggiungimento di parametri ottimali.

In ogni caso sarà interesse dell'azienda effettuare le analisi ed i trattamenti indispensabili per l'ottenimento di prodotti che salvaguardino la salute dell'uomo.

Se in fuori suolo si possono avere maggiori esigenze qualitative, in pieno campo il terreno, entro certi limiti, riesce ad attutire eventuali anomalie nella composizione dell'acqua, ma è innegabile che in fuori suolo anche con una conduzione ordinaria si realizza un notevole risparmio nei consumi di acqua e elementi nutritivi aggiunti con la fertirrigazione. Quanto detto, ci permette di affermare che si dovrà valutare accuratamente ogni scelta in base alle caratteristiche dell'acqua, al tipo di substrato, alla tecnica colturale e alle esigenze specifiche di ciascuna coltura.

Valori guida per la valutazione di acqua per uso idroponico. I valori riportati per ciascun parametro sono i limiti massimi oltre i quali l'acqua può non essere idonea per la coltivazione di alcune colture: in questo caso occorre valutare, specie per specie, le esigenze della pianta che si vuole coltivare.

Parametro	Unità	Buona	Media	Scarsa
EC	mS/cm	0-0,75	0,75-2,25	>2,25
Bicarbonati	meq/L (ppm)	0-2 (0-120)	2-6 (120-360)	>6 (>360)
Nitrati	mmol/L	<0.5	0.5-2	>2
Ammonio	mmol/L	0	0,1-1	>1
Fosforo 1	mmol/L	<0.3	0.3-1	>1
Potassio	mmol/L	<0.5	0.5-2.5	>2.5
Calcio	mmol/L	<1.5	1.5-5	>5
Magnesio	mmol/L	<0.7	0.75-2	>2
Sodio	mmol/L	<3	3-10	>10
Cloruri	mmol/L	<3	3-10	>10
Solfati	mmol/L	<2	2-4	>4
Fe	μmol/L			>90
Boro	μmol/L	30	30-100	>100
Rame	μmol/L			>15
Zinco	μmol/L			>30
Manganese	μmol/L			>10

Dati tratti da "Le tecniche della coltivazione fuori suolo"

Progetto Interregionale "Orticoltura" 2001-2004 – Regione Sicilia e Università di Pisa

Sottoprogetto "Colture Protette"

23. LUCE E PIANTE

Oltre quanto esposto precedentemente, è doveroso dare il giusto spazio all'analisi di un fattore fondamentale e imprescindibile per la vita delle piante, quale è la luce. Soprattutto in relazione alle peculiari caratteristiche delle serre, che presentano la copertura con l'installazione di pannelli fotovoltaici, come riportato nella parte progettuale.

La crescita, la produzione, la salute e il tempo di fioritura della pianta sono fattori completamente dipendenti dalla luce che ricevono; la qualità, l'intensità e la durata dell'illuminazione sono elementi fondamentali per ottenere buoni risultati.

L'intero ciclo di sviluppo delle piante viene condizionato dalla luce, i cui effetti dipendono sia dall'intensità della radiazione elettromagnetica (livello di illuminamento) che dall'efficacia della stessa nei diversi campi di radiazione (composizione della luce) entro lo spettro elettromagnetico.

I nutrienti forniscono il materiale per la costruzione delle cellule, ma è la luce a dare l'energia necessaria per la vita. Quando le foglie ricevono l'illuminazione, inizia il processo di FOTOSINTESI, mediante il quale l'energia luminosa del sole viene utilizzata e accumulata sotto forma di legami chimici (zuccheri) grazie ad un gruppo di pigmenti (o cloroplasti), di cui i più importanti sono le CLOROFILLE, e di un complesso sistema biochimico di conversione di energia.

INTERAZIONE LUCE – PIANTA

La luce promuove nei vegetali due processi primari che soprassedono lo sviluppo:

la fotosintesi e la fotomorfogenesi

La luce inoltre interviene direttamente anche in due processi secondari, ma comunque di vitale importanza:

il fototropismo e il fotoperiodismo.

La porzione di spettro elettromagnetico utilizzato dalle piante per il loro sviluppo è compresa tra i 400 e i 700 nanometri (nm). Questo range viene definito radiazione fotosintetica attiva o **PAR** (Photosynthetically Active Radiation) ed è particolarmente importante in orticoltura perché il valore rilevato in PAR, quantifica la luce realmente ricevuta ed utilizzata dalla pianta.

MISURAZIONE DELLA LUCE

La luce si può analizzare da diversi punti di vista, tutti importanti: il colore, la qualità, la lunghezza d'onda, lo spettro. Si misura in fotoni e ogni campo di specializzazione usa una unità di misura, a seconda delle esigenze da soddisfare. Infatti:

- la **quantità di lumens** emessa torna utile per calcolare l'efficienza della lampada (lumens/watt),

- il **numero dei lux** è indispensabile per comprendere quanto spazio il nostro impianto può coprire (il flusso di un lumen distribuito uniformemente su una superficie di un metro quadrato origina un lux),
- l'unico valore in grado di dirci quanta luce le piante percepiscono ed elaborano, è quello espresso **in PAR**.

LO SPETTRO LUMINOSO E I COLORI

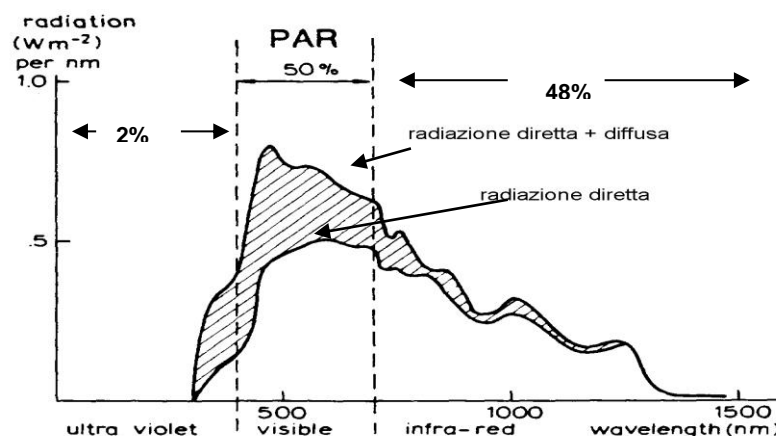
La luce del sole è senz'altro la fonte di luce migliore e più completa, in mancanza della quale bisogna utilizzare un sostituto che abbia una qualità di emissione in termini di spettro più alta possibile. Si potrebbe infatti erroneamente pensare che più luce corrisponda automaticamente ad uno sviluppo più veloce e ad un incremento del raccolto, ma nei fatti ***è la qualità e non la quantità ad essere decisiva, e il rispetto delle esigenze della pianta per quel che concerne i colori dello spettro utili alla crescita.***

Le piante percepiscono la luce in bande separate come singoli segnali, ogni colore ha un differente effetto e promuove una specifica reazione.

LUCE BLU (350 - 500 nm) incrementa la *produzione di clorofilla, l'attività cellulare, permette alla pianta di orientarsi verso la fonte luminosa.*

LUCE VERDE - GIALLA (500 - 650 nm) poco utile alle piante.

LUCE ROSSA (600 - 700 nm) promuove la *produzione di zuccheri, stimola l'attività dei cloroplasti, regola il ritmo circadiano e l'assunzione dell'anidride carbonica.*



LA FOTOSINTESI CLOROFILLIANA

Tramite questo processo, la pianta preleva dall'aria la CO₂ (anidride carbonica) e utilizza il carbonio che necessita, liberando a sua volta nell'ambiente acqua e ossigeno.



Questo processo biochimico è alimentato dall'assorbimento da parte delle piante della radiazione elettromagnetica compresa tra i 400 e i 700 nanometri (zona PAR). Lo sviluppo corretto della pianta si ottiene quando avvengono in modo equilibrato i due processi che compongono la fotosintesi clorofilliana ovvero la respirazione (sintesi della clorofilla) e la fotosintesi.

La **respirazione** si verifica continuamente, non è influenzata dalla luce e comporta la decomposizione dei carboidrati tramite l'assorbimento dell'ossigeno e la liberazione nell'ambiente di anidride carbonica;

Lo sviluppo armonico della pianta si verifica solo quando l'azione della fotosintesi prevale su quella della respirazione.

FOTOSINTESI > RESPIRAZIONE

La fotosintesi è stimolata dalla radiazione blu alla lunghezza d'onda di 425 ÷ 450 nm e dalla rossa tra i 575 ÷ 675 nm. Per la sintesi della clorofilla o respirazione risultano più importanti i toni blu con massimale a 450 nm e con un picco minore nel rosso a 650 nm.

LA FOTOMORFOGENESI

Questo meccanismo descrive ***l'azione qualitativa e quantitativa della luce sulla morfologia*** (forma) della pianta. Una quantità di luce troppo bassa porta una germogliazione prolungata, rimpicciolimento della superficie fogliare e conseguente diminuzione della formazione di clorofilla. Un' errata composizione della luce può essere dannosa, una preponderanza della luce blu – violetta può causare ritardi nella crescita in altezza, mentre un'irradiazione prevalentemente basata sul rosso e sull'infrarosso stimola un eccessivo accrescimento longitudinale (piante sfilate).

Ecco perché le lampade HPS "pure", a causa della prevalenza di toni rossi, non sono indicate per le fasi di crescita vegetativa, e anche durante la prefioritura tendono a distanziare gli internodi in modo non sempre armonico e proporzionato. Il vantaggio delle HPS è comunque quello di emettere un flusso luminoso (misurato in "lumen") molto elevato, e questo permette di utilizzarle con profitto nelle fasi di maturazione e fioritura. Modulando le lunghezze d'onda con sorgenti luminose artificiali è possibile controllare i ritmi di germinazione, crescita e maturazione di alcune piante.

I bulbi MH (ioduri metallici) e quelli a fluorescenza compatta CFL (le lampade a risparmio energetico come le Fluo Compact e le Envirolite, disponibili nel mercato del giardinaggio indoor) sono ricche di toni blu e pertanto ideali per garantire una crescita armonica delle piante durante la fase vegetativa. Queste lampade garantiscono una crescita compatta, la formazione di foglie ampie e una ridotta distanza tra gli internodi.

Da quanto detto sopra emerge che le sorgenti luminose artificiali più adatte a governare questo processo sono quelle in grado di offrire la maggior completezza spettrale nella zona PAR. Tra le sorgenti utilizzate nella coltivazione indoor le meglio bilanciate possono essere considerate le HPS della serie GroLux (Sylvania), Agro e Greenpower (Philips), Plantastar (Osram) e alcune CFL.

FOTOTROPISMO

Il fototropismo è la reazione della pianta agli stimoli luminosi provenienti da un'unica direzione. Tale fenomeno è controllato da alcuni ormoni, in particolare le auxine, che prodotti a livello apicale vengono traslocati nelle zone di differenziazione (luogo dove si formano i nuovi germogli). La radiazione elettromagnetica che più influisce su questo processo è la banda azzurra con lunghezza d'onda compresa tra i 350 nm e i 475 nm ed è normalmente contenuta sia nelle lampade HPS che nelle MH oltre che nelle lampade a fluorescenza lineare (neon) e compatta (CFL a risparmio energetico).

IL FOTOPERIODISMO

Per fotoperiodismo si intende la dipendenza che i processi di crescita e sviluppo delle piante hanno con il rapporto fra la durata della luce e del buio. Sfruttando questa proprietà è possibile influire sui processi biologico-riproduttivi delle piante in due modi differenti:

- utilizzando la luce artificiale in mancanza di quella naturale come avviene nella coltivazione indoor;
- riducendo o oscurando la luce naturale, sistema utilizzato per effettuare il sexing o la fioritura forzata in outdoor.

In relazione alla fioritura le piante vengono definite come:

- **piante a “giorno breve” o “brevidiurne”**; esse fioriscono solo quando la durata del giorno è inferiore ad un certo valore limite (es. aglio, lattuga);
- **piante a “giorno lungo” o “longidiurne”**; fioriscono solo quando la durata del giorno è superiore ad un certo valore limite (es. petunia, camelia, avena);
- **piante a “giorno neutro”** per le quali la fioritura è influenzata da altri fattori (es. vite, gardenia, viola).

L'effetto della luce dipende dalla fase in cui si trova la pianta quando viene illuminata.

Piante longidiurne, come la fragola, una volta sottoposte a piccole interruzioni del buio nella fase notturna, possono promuovere i processi di fioritura; caso opposto è quello di una brevidiurna, che, se sottoposta in fioritura a infiltrazioni di luce durante la notte può manifestare segni di ermafroditismo.

PAR

Molti PAR significano piante sane e raccolto abbondante.

Un bulbo agli ioduri metallici MH o ai vapori di sodio HPS, ad esempio, potrebbe emettere moltissimi lumen, ma se posizionato troppo distante la luce si disperderebbe, assicurando alle piante solo pochi PAR e rendendo difficoltosa la fotosintesi e la produzione degli zuccheri, essenziale per produrre i frutti.

A parità di potenza le CFL-*Enviro*lite, pur avendo una minore intensità luminosa a parità di distanza, garantiranno un maggiore apporto di radiazioni utili e quindi *colmeranno il deficit di potenza con la qualità della luce e con la distanza ridotta bulbo-piante: in pratica una fotosintesi migliore, di conseguenza uno sviluppo più sano e rapido unito a una maggiore produzione di principi attivi e frutti.*

Questo è dovuto anche a una *maggiore quantità di raggi UV* emessi dal bulbo e a *una minore traspirazione della pianta stessa che trae così vantaggio dalla bassa emissione di calore della lampada.*

INTENSITA' DELLA LUCE

Quanto appena detto è confermato dal fatto che l'intensità della luce diminuisce durante il tragitto dalla fonte all'oggetto da illuminare: questo vale per qualunque tipo di fonte luminose, sia HID, CFL, o la normale lampadina di casa.

Risulta evidente quanto la luce possa venire utilizzata interamente solo da una posizione ravvicinata. Se le piante sono poste lontano dalla fonte, come nel caso delle caldissime luci HID o HPS, molta costosa energia viene sprecata e dispersa.

Ecco perché *ponendo una CFL, che non produce molto calore, vicino alle cime* (nessun inutile spazio che favorisce lo spreco di energia), *forniamo alle nostre piante la migliore illuminazione 100% PAR possibile.*

In passato l'illuminazione fluorescente veniva considerata eccellente sotto il profilo dello spettro "diurno" ma con un'emissione bassa di lumen, e comunque con una luce adatta alla propagazione/germinazione ma non alla crescita.

I bulbi HPS e HID, con la loro alta emissione di lumen erano l'unica scelta possibile, sebbene non fossero il massimo in quanto a colore della luce, scaldassero molto e fossero assai dispendiose nei consumi. Inoltre, oggi come ieri, necessitano di alimentazione e interruttori separati.

L'arrivo sul mercato delle **CFL (compact fluorescent lamps)** come per esempio Envirolite, ha rivoluzionato questo panorama fornendo un'alta emissione di lumen nello spettro corretto, e di fatto una luce migliore. *Essendo le Envirolite fonti di luce quasi fredda*, è possibile avvicinarle fino a pochi cm dalle cime delle piante recuperando così lo svantaggio e consentendo uno sviluppo particolarmente rigoglioso e veloce. Grazie alla bassa emissione di calore di queste lampade, la distanza di sicurezza che di solito separa le cime delle piante dai bulbi HPS o MH, in ambienti ben ventilati si ridurrà dagli usuali 40 - 50 cm. (nel caso di una 400watt con riflettore a bulbo scoperto) a soli 10/14 cm. (a seconda che si tratti di 200 o 250w).

I nuovi bulbi PHYTOLITE CFL sono attualmente disponibili nelle versioni HORTI-GROW (200w/6400k°) studiata specificatamente per piante in fase di crescita, HORTI-BLOOM (200w "red spectrum" 2700k°) per stimolare la fioritura, e GREENPOWER AGRO (200w/2100K°) per entrambe le fasi di crescita e fioritura.

L'utilizzo dei bulbi CFL PHYTOLITE porterà ad una serie di vantaggi fra i quali:

- risparmio energetico
- bassa emissione di calore
- maggiore semplicità di montaggio, senza cablaggi o molti collegamenti elettrici
- maggiore sicurezza di esercizio in ambienti umidi o in presenza di acqua
- alta qualità della radiazione luminosa emessa (100% PAR)

Qualità della radiazione luminosa emessa:

Confrontando le Phytolite ai più penetranti sistemi HID (High Intensity Discharge) noteremo che con le lampade HID (HPS, MH,...) abbiamo una grossa potenza di uscita ma una scarsa emissione di radiazioni PAR, mentre dall'altra abbiamo una buona potenza unita ad un'altissima qualità luminosa. Usata orizzontalmente (illuminando la vegetazione dall'alto), i risultati migliori saranno ottenuti con piante medio/piccole, talee, o SCROG (screen of green). Tenuta in verticale e senza riflettore può essere collocata anche fra le piante (a circa 10 cm) come supplemento di un bulbo HPS che illumini dall'alto.

CONSIDERAZIONI

Date le particolari condizioni di luminosità che si verranno a creare al di sotto dei pannelli, si è preventivamente ipotizzato di reimpiegare parte dell'energia elettrica prodotta con i pannelli fotovoltaici. L'illuminazione artificiale servirà da integrazione a quella naturale.

Di conseguenza, si può asserire che, anche se la luce proveniente dall'esterno sarà in quantità e qualità limitata, si hanno le potenzialità per stabilire quali tecniche e tecnologie utilizzare per garantire comunque l'accrescimento delle colture.

Per il tipo di illuminazione, sicuramente le lampade **CFL (compact fluorescent lamps)**, rispetto ad altre, ci permetteranno di ottenere una maggiore efficienza fotosintetica (100% del PAR), maggiori risparmi energetici, maggiore semplicità di montaggio senza cablaggi o molti collegamenti elettrici e minore produzione di calore, ma non possiamo escludere l'installazione combinata con lampade tipo HPS, comunque efficienti e con alcuni punti deboli facilmente adattabili. Inoltre, si installeranno delle lampade che permettano la conduzione della coltura per entrambe le fasi di crescita e fioritura, onde evitare l'installazione di un numero spropositato di lampade diverse.

Per approfondire questo aspetto tecnico sarà necessario uno studio specifico di illuminotecnica dopo la costruzione dei primi moduli, al fine di verificare le condizioni aziendali e dimensionare correttamente l'impianto di illuminazione.

24. CICLO PRODUTTIVO AZIENDALE

L'azienda sarà organizzata in modo tale che il ciclo produttivo venga gestito con il minimo impiego di addetti fissi. Si provvederà alla stipula di un contratto con una o più ditte esterne, che garantiscano le operazioni colturali finalizzate alla produzione all'interno delle serre e che si occupino della conservazione, movimentazione e commercializzazione del prodotto finito, di modo che non ci sia necessità di realizzare locali per lo stoccaggio in azienda. Le ditte esterne si occuperanno delle cure colturali, del taglio del prodotto e della sistemazione delle serre per l'impianto della coltura successiva. La scelta delle colture verrà effettuata in base a delle ricerche di marketing che indirizzino la produzione e garantiscano un piano aziendale di sviluppo.

I dipendenti fissi avranno il compito di garantire lo svolgimento delle operazioni minime necessarie alla conduzione delle serre e delle colture, alla manutenzione delle strutture e ad affiancare gli addetti esterni che vi andranno ad operare, il tutto al fine di garantire la maggiore efficienza possibile e un controllo diretto sull'operato di tali ditte.

Per quanto riguarda la cura e la prevenzione di patologie, la lotta contro insetti dannosi e tutti gli interventi necessari all'ottimale conduzione fitosanitaria delle colture, si provvederà alla stipula di una

convezione con una azienda certificata e specializzata del settore, che si occuperà dello smaltimento degli eventuali rifiuti e dei residui vegetali trattati, laddove fosse necessario smaltirli come rifiuti speciali.

Si vuole puntualizzare che per la lotta contro gli insetti dannosi e contro alcune patologie non sempre è necessario effettuare trattamenti con prodotti chimici, attuando una “lotta integrata” si pratica una strategia di contenimento degli organismi nocivi, al di sotto di una soglia di tolleranza (termine che indica la carica massima di fitofagi dannosi che una coltura può tollerare senza danno economico), considerando in primo luogo i fattori di limitazione naturale e utilizzando tutti i metodi di lotta accettabili dal punto di vista economico, ecologico e tossicologico.

In questo modo, attraverso il monitoraggio, si interviene solo laddove vi sia veramente la necessità e con trattamenti che non necessariamente facciano ricorso a prodotti di sintesi, talvolta utilizzati in modo sconsiderato così da pregiudicare la sicurezza degli operatori e dei consumatori.

Nella lotta integrata si utilizzano per esempio la tecnica della confusione sessuale, la tecnica del maschio sterile, la liberazione di insetti antagonisti (siano essi predatori che parassiti) di quelli dannosi, l’attuazione di tecniche agronomiche specifiche e l’impiego di prodotti naturali, oltre che naturalmente l’utilizzo razionale di prodotti di sintesi nel rispetto delle norme vigenti.

Il ciclo produttivo è finalizzato all’ottenimento di prodotti di qualità che garantiscano la sicurezza del consumatore, il rispetto dell’ambiente e delle norme vigenti. Il rapporto di collaborazione con ditte esterne permetterà all’azienda di operare da subito su un buon livello produttivo e di sfruttare al meglio le potenzialità del progetto.

25. CONSIDERAZIONI FINALI

L’azienda ha l’obiettivo di realizzare una realtà imprenditoriale con un duplice indirizzo, produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili e attività agricola in coltura semi-protetta. Accanto agli ingenti investimenti iniziali, vi è la chiara volontà di operare nel territorio con una politica che si rivolge al rispetto per l’ambiente, con la produzione di energie da fonti rinnovabili, offrendo occupazione in ambito agricolo e quindi integrando in modo tangibile le due realtà produttive e queste con il tessuto sociale locale.

Se da un lato la presenza dei pannelli di copertura ne limiterà la produzione agricola, dall’altro, con la sperimentazione e i dovuti accorgimenti sarà possibile realizzare una convivenza accettabile.

Quanto esposto nella relazione, ci permette di avere una indicazione sulle tecniche agronomiche da attuare, sul piano colturale di massima, sulle caratteristiche salienti dell’Azienda e della sua organizzazione.

Si è dato spazio all’importanza della qualità dell’acqua di irrigazione e alla descrizione dell’esigenza in luce delle piante, mettendo in evidenza le caratteristiche più importanti di alcuni tipi di lampada che vengono utilizzati nella coltivazione sia in ambienti chiusi che aperti.

La conduzione delle colture potrà essere di tipo misto, predisponendo l'utilizzo del terreno agrario e utilizzando le tecniche di base delle colture in fuori suolo, che seppur implicino investimenti iniziali più elevati e maggiore specializzazione del personale, permettono il raggiungimento di trend produttivi adeguati alla dimensione e agli obiettivi aziendali.

Nella strategia aziendale sarà fondamentale la sperimentazione, con lo scopo di ricercare le cultivar più adatte alle condizioni ambientali che si verranno a creare all'interno delle serre. Sperimentazione che dovrà essere uno dei punti fermi dell'Azienda e punto di forza che garantirà la pronta risposta ai continui cambiamenti della domanda di mercato e alle esigenze aziendali.

Palagiano, li 18 marzo 2024

IL COMMITTENTE

Padana Servizi (indicare società agricola)

IL TECNICO

Dott. Cosimo d'Onghia
Agronomo

Bibliografia

I riferimenti bibliografici sono visionabili in testo