

COMUNE DI SAN MARTINO IN PENSILIS

Provincia di CAMPOBASSO

committente

SOLAR ENERGY SEI S.r.l.
Via Sebastian Altmann, n.9 - 39100 Bolzano (BZ)

progetto

**"PROGETTO PARCO AGROVOLTAICO -
Potenza di picco di 121,631 MWp e Potenza Nominale di 109,805 MW e con
abbinato sistema di accumulo Potenza Nominale 50,4 MW
Comune di SAN MARTINO IN PENSILIS (CB)
Località Saccione - Sassano
e relative opere di connessione"**



Merlino Progetti srl
Via P. U. Frasca snc
66100 Chieti
0871.552751 - info@merlinoprogetti.it
www.merlinoprogetti.it

il progettista

Dott. Ing. Domenico Merlino



denominazione elaborato

RELAZIONE PROGETTO AGRICOLO

scala

elaborato n.

R26

REV.	DATA	DESCRIZIONE	DISEGNATORE
01	LUGLIO 2024	prima emissione	LD



RELAZIONE
PROGETTO AGRICOLO
per la realizzazione di un
" **PARCO AGROVOLTAICO** di potenza di picco
di **121,631 MWp** e Potenza Nominale di **109,805**
MW con abbinato sistema di accumulo Potenza
Nominale **50,4 MW** nel comune di
SAN MARTINO IN PENSILIS (CB)
in località **Saccione-Sassano**
e relative opere di connessione"

Alanno, li 24 Luglio 2023



Sommario

<i>PREMESSE</i>	3
<i>INTRODUZIONE</i>	3
<i>AREA D'INTERVENTO</i>	5
<i>AREA CATASTALE</i>	8
PROPOSTA PROGETTUALE	15
<i>SOSTENIBILITÀ</i>	15
<i>L'AZIENDA AGRICOLA SOSTENIBILE</i>	15
<i>CRITERI DI SCELTA DELLE COLTURE</i>	17
<i>INTEGRAZIONE AGRICOLTURA – PRODUZIONE DI ENERGIA</i>	17
LISTA COLTURE	20
<i>SCHEDE BOTANICHE E DI COLTIVAZIONE</i>	20
<i>COLTURE CEREALICOLE</i>	20
FRUMENTO TENERO E DURO	20
ORZO	23
GIRASOLE	26
<i>COLTURE FORAGGERE</i>	28
ERBA MEDICA	28
MIX AGROVOLTAICO PER FIENAGIONE E PASCOLO	31
<i>COLTURE ORTIVE</i>	32
POMODORO DA INDUSTRIA	32
CARCIOFO IN CONSOCIAZIONE CON INERBIMENTO CONTROLLATO	37
ZUCCA DA ZUCCHINI	40
PISELLO	43
CAVOLO	45
FINOCCHIO	48
FAGIOLO E FAGIOLINO	49
<i>ESSENZE PER LA MITIGAZIONE VISIVA DELL'IMPIANTO</i>	53
Oleandro	53
Alloro	54
<i>PIANO COLTURALE</i>	56
Esempi di rotazione	56
VERIFICA DEI REQUISITI DETTATI DALLE LINEE GUIDA IN MATERIA DI IMPIANTI AGROVOLTAICI	57
<i>REQUISITO A: l'impianto rientra nella definizione di "agrivoltaico"</i>	57
A.1) Superficie minima coltivata: è prevista una superficie minima dedicata alla coltivazione	57
A.2) LAOR massimo: è previsto un rapporto massimo fra la superficie dei moduli e quella agricola;	58
<i>REQUISITO B: Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica dell'impianto, in</i>	59
<i>REQUISITO D2: Monitoraggio della continuità agricola</i>	60
CONCLUSIONI	61

PREMESSE

Lo scrivente p.a Fernando Di Benigno nato a Pescara il 27 Marzo 1977 e iscritto all'ordine dei periti agrari della provincia di AP-PE-TE, su incarico ricevuto da SOLAR ENERGY SEI s.r.l. , ha redatto la presente Relazione Tecnico Agronomica dell'area interessata dalla realizzazione di un impianto agrovoltaico da ubicarsi nel comune di San Martino in Pensilis (CB).

L'oggetto della presente relazione è quello di descrivere le caratteristiche del progetto agricolo per l'impianto agrovoltaico come da titolo.

INTRODUZIONE

La ricerca applicata in campo agricolo è sempre più orientata alla sperimentazione di soluzioni innovative e quanto più sostenibili possibile, sia per la natura che per le comunità. Una di queste è senza dubbio l'agrovoltaico. Esso consiste nello sfruttare i terreni agricoli per produrre energia solare, ma senza entrare in competizione con la produzione di cibo e senza consumare suolo.

Al contrario degli impianti realizzati negli anni passati, l'agrovoltaico, va ad integrare la produzione agricola e zootecnica rendendo le filiere agroalimentari più "sostenibili".

L'agrovoltaico rappresenta una soluzione promettente per soddisfare contemporaneamente le esigenze energetiche e alimentari della società, rappresentando un approccio innovativo e sostenibile per il futuro.

Un sistema agrovoltaico apporta numerosi vantaggi alle colture, ecco alcuni dei principali vantaggi:

1. **Utilizzo efficiente dello spazio:** l'uso combinato di pannelli solari e colture agricole consente di sfruttare al meglio lo spazio disponibile. Mentre i pannelli solari producono energia, le colture possono crescere sotto di essi, sfruttando la luce solare residua. Questo permette di massimizzare l'utilizzo del terreno, soprattutto in zone con spazio limitato.

2. **Riduzione dell'evaporazione dell'acqua:** l'ombreggiatura fornita dai pannelli solari può ridurre l'evaporazione dell'acqua dal suolo circostante. Questo può aiutare a conservare l'acqua e ridurre la necessità di irrigazione. Inoltre, l'ombra può ridurre lo stress termico sulle piante durante le giornate calde.

3. **Protezione dalle intemperie:** i pannelli solari possono fornire una sorta di copertura per le colture, proteggendole da grandine, vento eccessivo o altre condizioni meteorologiche avverse. Questo può contribuire a una migliore resa e ridurre i danni alle colture.

4. **Microclima controllato:** l'ombra fornita dai pannelli solari può creare un microclima controllato sotto di essi. Questo può favorire la crescita di colture che preferiscono temperature più moderate o che richiedono protezione dagli intensi raggi solari. Inoltre, il microclima controllato può anche favorire la coltivazione di specie esotiche o non indigene in determinate aree.

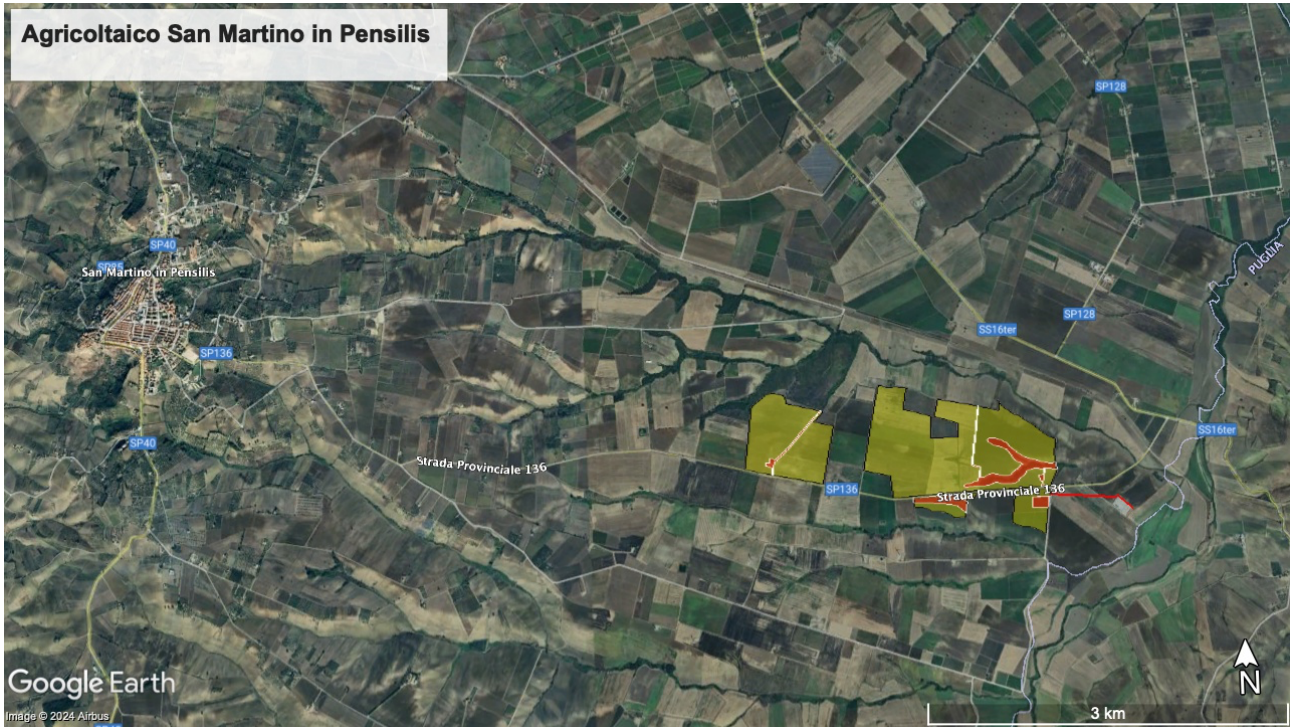
5. **Sostenibilità:** i sistemi agrivoltaici contribuiscono alla transizione verso un'economia a basse emissioni di carbonio. L'energia solare prodotta può sostituire l'energia proveniente da fonti non

rinnovabili, riducendo le emissioni di gas serra. Inoltre, l'integrazione di colture può favorire la salute del suolo, ridurre l'uso di pesticidi e promuovere la biodiversità.

Il progetto sito nel comune di San Martino in Pensilis nasce per integrarsi con il territorio creando una sinergia fra il tessuto socio – rurale, quello produttivo agricolo e di energia.

Questo approccio permetterà uno sviluppo del territorio in termini occupazionali pur mantenendo la vocazione produttiva agricola dell'area dando continuità alla coltivazione già presente sui terreni coinvolti nel progetto.

AREA D'INTERVENTO



Mapa estesa con l'area d'intervento evidenziata in giallo

AREA CATASTALE

L'area di progetto ricadente interamente nel comune di San Martino in Pensilis (CB) è suddivisa in quattro lotti/aree numerati da 1 a 4 come evidenziato nella seguente rappresentazione grafica:



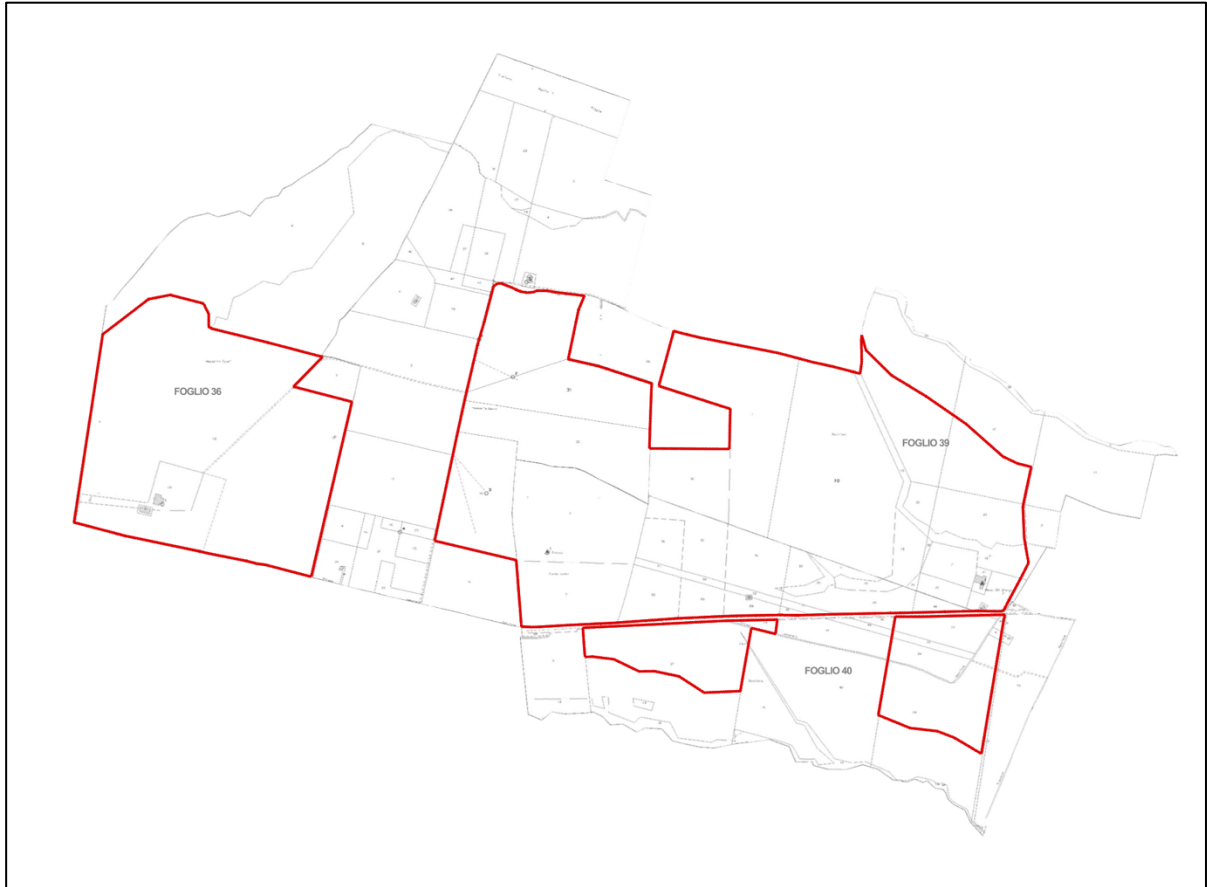
Fotogrammetria con evidenziata l superficie di intervento suddivisa in aree

La superficie interessata la progetto è di **173,74 ha** riportata al catasto terreni nel seguente modo:

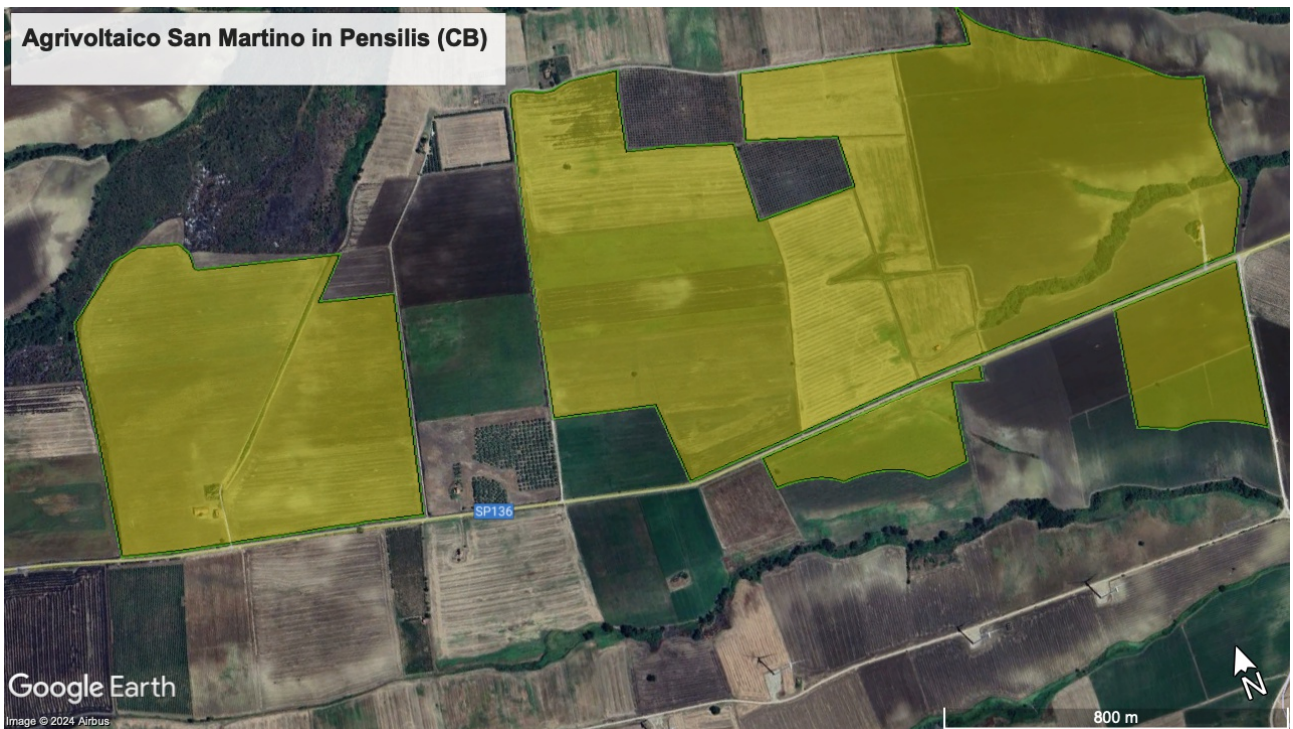
SAN MARTINO IN PENSILIS – CATASTO TERRENI				
LOTTO	FOGLIO	MAPPALE	SUPERFICIE	QUALITA' - CLASSE
CAMPO FV LOTTO/AREA n.1	36	4	52	AREA RURALE
	36	10	19.580	FABBRICATO DIRUTO
	36	11	920	ENTE URBANO D/10
	36	12	412.940	SEMINATIVO IRRIGUO
	Superficie LOTTO n.1 MQ		433.492	
CAMPO FV LOTTO/A	37	27	62.110	SEMINATIVO
	37	28 (in parte)	81.500	SEMINATIVO - VIGNETO
	37	30	74.040	SEMINATIVO IRRIGUO
	37	31	62.110	SEMINATIVO IRRIGUO
	39	3	10.710	SEMINATIVO IRRIGUO

39	7	14.270	SEMINATIVO - PASCOLO
39	10	159.160	SEMINATIVO IRRIGUO
39	14	108.140	SEMINATIVO
39	15	9.800	SEMINATIVO IRRIGUO
39	16	18.050	SEMINATIVO - PASCOLO CESPUGLIATO
39	17 (in parte)	48.620	SEMINATIVO IRRIGUO
39	18 (in parte)	38.500	SEMINATIVO IRRIGUO
39	19	14.880	SEMINATIVO - PASCOLO ARBORATO
39	20	800	SEMINATIVO IRRIGUO
39	21	760	SEMINATIVO IRRIGUO
39	22	8.290	SEMINATIVO IRRIGUO
39	23	8.400	SEMINATIVO - ORTO IRRIGUO
39	24	32.200	SEMINATIVO IRRIGUO
39	27	2.740	ENTE URBANO - F/2
39	28	370	ENTE URBANO - F/2
39	30	39.090	SEMINATIVO IRRIGUO
40	1	88.610	SEMINATIVO - VIGNETO
40	2	24	SEMINATIVO
40	7	51.930	SEMINATIVO
40	9	140	SEMINATIVO - PASCOLO
40	34	26.710	SEMINATIVO IRRIGUO
40	50	15.300	SEMINATIVO IRRIGUO
40	51	26.560	SEMINATIVO IRRIGUO
40	52	21.530	SEMINATIVO IRRIGUO
40	53	11.690	SEMINATIVO IRRIGUO
40	54	2.700	SEMINATIVO IRRIGUO
40	55	2.440	SEMINATIVO IRRIGUO
40	89	7.671	SEMINATIVO IRRIGUO
40	91	68	ENTE URBANO - C/2
40	92	3.298	SEMINATIVO - SEMINATIVO IRRIGUO
40	10	5.320	SEMINATIVO IRRIGUO
40	11	5.000	SEMINATIVO IRRIGUO
40	22	7.890	SEMINATIVO IRRIGUO
40	25	5.100	SEMINATIVO - PASCOLO
40	31	2.520	SEMINATIVO IRRIGUO
40	32	1.030	SEMINATIVO IRRIGUO

	40	48	20.000	SEMINATIVO IRRIGUO
	40	49	5.400	SEMINATIVO IRRIGUO
	Superficie LOTTO n.2 MQ		1.105.471	
CAMPO FV LOTTO/AREA n.3	40	19	100	PASCOLO
	40	29	26.710	SEMINATIVO - SEMINATIVO IRRIGUO
	40	37 (in parte)	68.745	SEMINATIVO IRRIGUO
	Superficie LOTTO n.3 MQ		95.555	
CAMPO FV LOTTO/AREA n.4	40	4	800	SEMINATIVO IRRIGUO
	40	14 (in parte)	61.805	SEMINATIVO IRRIGUO
	40	24	13.600	SEMINATIVO IRRIGUO
	40	26	5.220	SEMINATIVO IRRIGUO
	40	27	20.220	SEMINATIVO IRRIGUO
	40	33	350	SEMINATIVO - PASCOLO
	40	45	890	SEMINATIVO IRRIGUO
	Superficie LOTTO n.4 MQ		102.885	
SUPERFICIE TOTALE MQ		1.737.403		



Quadro di unione delle planimetrie catastali interessate dal progetto



Aerofotogrammetria dell'area di progetto



Veduta dell'area 1 dalla SP 136



Veduta dell'area 1 dalla strada poderale ubicata a Nord



Veduta dell'area 2 dalla SP 136



Veduta area 3 dalla SP 136



Agrivoltaico San Martino in Pensilis (CB)

Veduta area 4 dalla SP 136

PROPOSTA PROGETTUALE

SOSTENIBILITÀ

Tutte le scelte compiute durante la definizione del progetto agricolo sono basate sui principi della sostenibilità, ovvero:



SOSTENIBILITÀ

- AMBIENTALE

Uso di pratiche agronomiche ecosostenibili (Agricoltura integrata o Biologica) a basso uso di input con mitigazione

- ECONOMICA

L'azienda agricola diventerà in breve tempo autosufficiente dal punto di vista economico

- SOCIALE

Impatto occupazionale sul territorio, valorizzazione delle produzioni tipiche dell'area che interessa l'intervento.

L'AZIENDA AGRICOLA SOSTENIBILE

Nel 2018 la FAO pubblica il documento (FAO, 2018), nel documento si definiscono cinque punti principali per raggiungere gli obiettivi di sostenibilità nel settore agricolo:

1. aumentare la produttività, l'occupazione e il valore aggiunto nei sistemi alimentari: modificare le pratiche e i processi agricoli garantendo i rifornimenti alimentari e riducendo allo stesso tempo i consumi di acqua ed energia;
2. proteggere e migliorare le risorse naturali: favorire la conservazione dell'ambiente, riducendo l'inquinamento delle fonti idriche, la distruzione di habitat ed ecosistemi e il deterioramento dei suoli;
3. migliorare i mezzi di sussistenza e favorire una crescita economica inclusiva;
4. accrescere la resilienza di persone, comunità ed ecosistemi: trasformare i modelli produttivi in modo da minimizzare gli impatti che gli eventi estremi innescati dai cambiamenti climatici e la volatilità dei prezzi di mercato hanno sull'agricoltura;
5. adattare la governance alle nuove sfide: assicurare una cornice legale idonea a raggiungere un equilibrio fra settore pubblico e privato, garantendo equità e trasparenza.

Il progetto si basa sui principi dettati dalla FAO, nella fattispecie:

I 5 PRINCIPI DELL'AGRICOLTURA SOSTENIBILE FAO	PROGETTO
Aumentare la produttività, l'occupazione e il valore aggiunto nei sistemi alimentari: modificare le pratiche e i processi agricoli garantendo i rifornimenti alimentari e riducendo allo stesso tempo i consumi di acqua ed energia	La sinergia tra la produzione agricola e quella di energia rinnovabile garantisce una produzione costante di qualità insieme alla produzione di energia
Proteggere e migliorare le risorse naturali: favorire la conservazione dell'ambiente, riducendo	La coltivazione sotto dei pannelli permetterà il mantenimento della fertilità del suolo evitandone

<p>l'inquinamento delle fonti idriche, la distruzione di habitat ed ecosistemi e il deterioramento dei suoli</p>	<p>l'erosione e allo stesso tempo permetterà un aumento della biodiversità e delle popolazioni di impollinatori.</p>
<p>Migliorare i mezzi di sussistenza e favorire una crescita economica inclusiva</p>	<p>L'azienda agricola manterrà nel tempo un livello occupazionale stabile al quale si aggiunge anche quello ex novo per la manutenzione dei pannelli.</p>
<p>Accrescere la resilienza di persone, comunità ed ecosistemi: trasformare i modelli produttivi in modo da minimizzare gli impatti che gli eventi estremi innescati dai cambiamenti climatici e la volatilità dei prezzi di mercato hanno sull'agricoltura</p>	<p>I processi produttivi saranno basati su modelli a basso impatto ambientale, tra i quali un risparmio di acqua per irrigazione.</p>

CRITERI DI SCELTA DELLE COLTURE

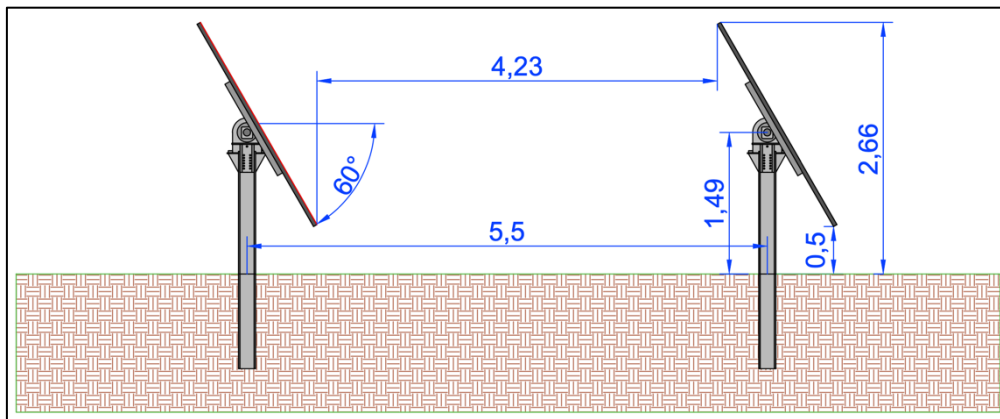
Come già espresso nel paragrafo “L’AZIENDA AGRICOLA SOSTENIBILE” i criteri di scelta adottati durante la stesura del piano colturale mirano alla creazione di una realtà agricola seppur innovativa ma al contempo che rispetti il paesaggio e le coltivazioni tradizionali del luogo.

Il progetto agricolo si pone come obiettivo un miglioramento del fondo al fine di aumentarne la produttività in termini economici senza stravolgerne la vocazione territoriale dell’area e rispettando i principi di sostenibilità.

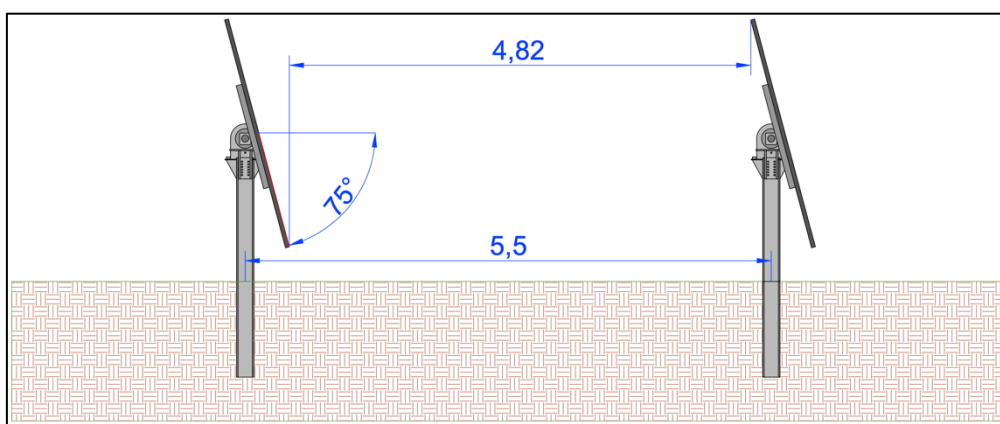
INTEGRAZIONE AGRICOLTURA – PRODUZIONE DI ENERGIA

Di seguito verrà illustrato come le caratteristiche tecniche dell’impianto agrovoltaiico siano compatibili con la coltivazione e la conseguente meccanizzazione. La fascia coltivabile è definita, per questo progetto, come tutto lo spazio sia al di sotto dei pannelli che quello tra di essi.

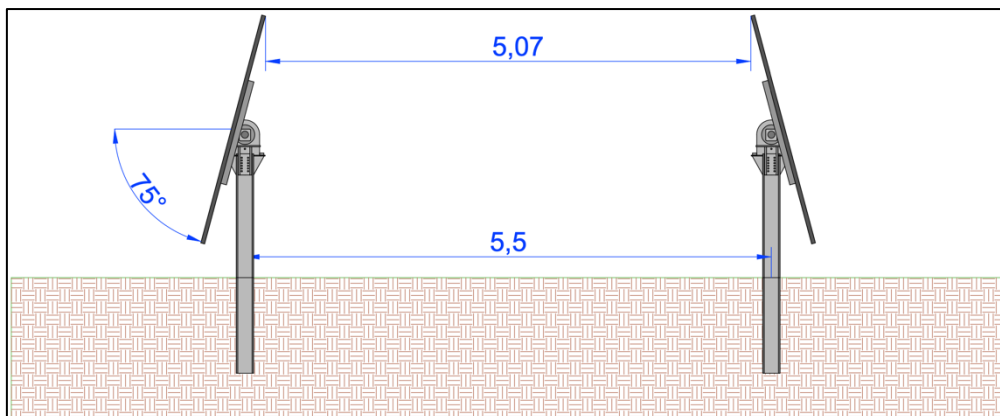
Lo spazio fra le stringhe di pannelli è di 5,5 m, tale spazio è sufficiente alla meccanizzazione delle colture che verranno coltivate annualmente sulla superficie di progetto.



Sezione dei tracker con inclinazione a 60°

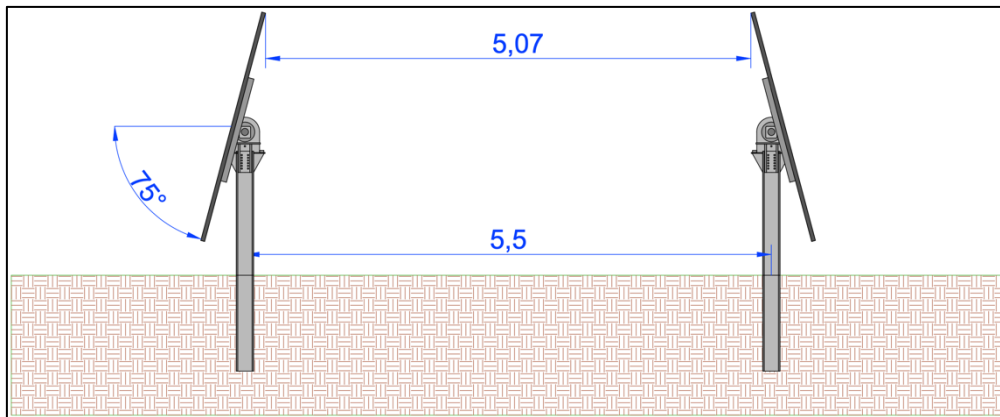


Sezione dei tracker con inclinazione a 75°



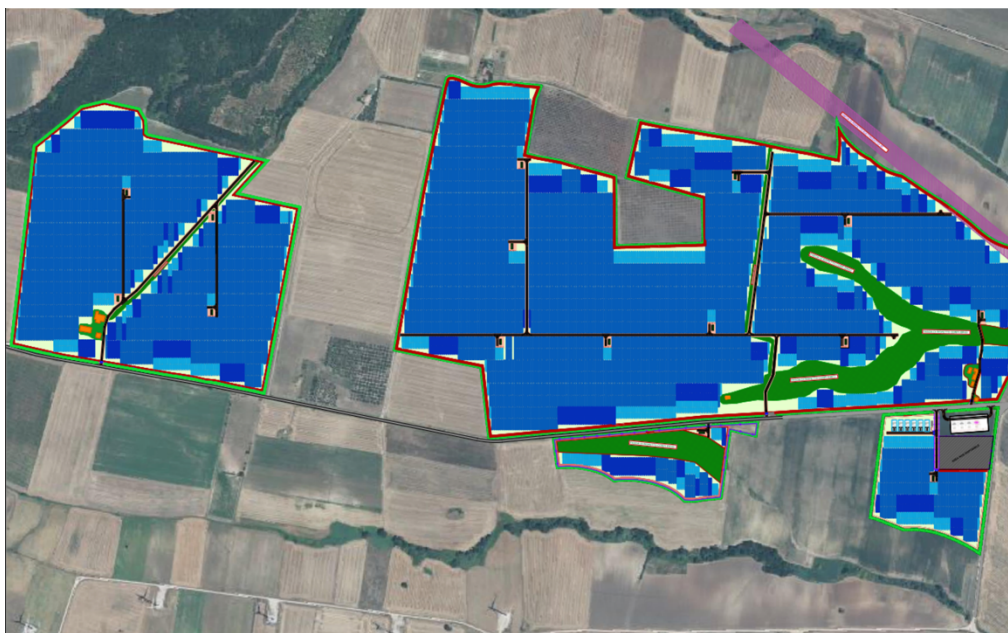
Sezione dei tracker con inclinazione a 75° in configurazione per la coltivazione

I pannelli fotovoltaici utilizzati sono del tipo ad inseguimento, ciò comporta che il pannello stesso ha la capacità di ruotare intorno all'asse orizzontale posizionato Nord – Sud. **Questa caratteristica permette ai moduli di assumere una diversa angolazione nel corso della giornata o in maniera manuale comandata da un operatore. Quest'ultimo potrà far assumere alla singola stringa una angolazione tale da massimizzare lo spazio per la manovra di tutti i mezzi adibiti alla coltivazione come mostrato nella seguente figura.**



Sezione dei tracker con inclinazione a 75° in configurazione per massimare lo spazio per la coltivazione

Il movimento giornaliero dei tracker comporterà un parziale ombreggiamento delle colture apportando a loro diversi benefici come descritto in numerosi articoli di recente pubblicazione. Il maggiore beneficio è quello di una minore evapotraspirazione dell'acqua contenuta nel terreno con conseguente risparmio idrico (*William et al., The potential for agrivoltaics to enhance solar farm cooling, Applied energy 332 (2023)* – *Altyeb et al., Water evaporation reduction by the agrivoltaic systems development, Solar energy 247 (2022)*) dovuta al parziale ombreggiamento. Ciò permetterà una maggiore produzione in termini di quantità e qualità dovuti al mancato stress idrico durante la stagione estiva e ad un minor consumo delle risorse idriche a parità di coltura.



Veduta di insieme del layout di progetto

LISTA COLTURE

La seguente lista è stata compilata tenendo conto dei piani colturali degli anni precedenti, inoltre, verranno elencate altre colture alternative a quelle dei piani colturali degli anni precedenti. In questo modo i criteri di rotazione e della buona pratica agricola potranno essere assicurati garantendo all'imprenditore agricolo la possibilità di scelta in base alle richieste di mercato pur mantenendo l'indirizzo produttivo attuale.

SCHEDE BOTANICHE E DI COLTIVAZIONE

COLTURE CEREALICOLE

FRUMENTO TENERO E DURO

Caratteri botanici e biologia

Il frumento è una pianta appartenente alla famiglia delle graminacee, noto scientificamente come *Triticum* spp. Esistono diverse specie di frumento coltivate in tutto il mondo, ma le tre specie più comuni sono il frumento tenero (*Triticum aestivum*), il frumento duro (*Triticum durum*) e il frumento tenero duro ibrido (*Triticum turgidum subsp. durum*). Queste specie sono largamente coltivate per il loro valore nutrizionale e la capacità di produrre farina utilizzata nella preparazione di pane, pasta e altri prodotti alimentari.

Dal punto di vista botanico, il frumento è una pianta annuale che cresce a ciuffo con un sistema radicale fibroso. Ha steli eretti chiamati culmi, che possono variare in altezza a seconda della specie e delle varietà. Le foglie sono lunghe e strette, con una disposizione alterna lungo il fusto.

Il fiore del frumento è una spiga compatta, costituita da una serie di fiori minuti chiamati spiglette. Ogni spigletta contiene generalmente due fiori, uno superiore e uno inferiore. I fiori sono completi, il che significa che hanno sia organi maschili che femminili. Il frumento è una pianta anemofila, il che significa che è impollinato dal vento. Il polline viene disperso dalle spighe e trasportato ad altre piante per la fecondazione.

Il frumento ha un ciclo di vita completo, dal seme alla pianta adulta. La pianta di frumento si sviluppa da un seme che germina quando sono presenti condizioni ambientali favorevoli, come la temperatura e l'umidità adeguate. Dopo la germinazione, la pianta produce radici e culmi che crescono verso l'alto. Durante la fase di sviluppo vegetativo, la pianta produce foglie e si sviluppa fino a raggiungere la fase di fioritura.

Dopo la fioritura, i fiori del frumento vengono impollinati e i semi iniziano a svilupparsi. I semi si sviluppano all'interno dei chicchi, che sono contenuti all'interno delle spighe. Una volta che i chicchi sono maturi, la pianta di frumento raggiunge la maturità e i chicchi possono essere raccolti per essere utilizzati come seme per la semina successiva o per scopi alimentari.

Esigenze e adattamento ambientale

Il frumento ha alcune esigenze specifiche e presenta adattamenti ambientali per crescere e prosperare. Temperatura: Il frumento è adattato a un'ampia gamma di temperature. Le temperature ottimali per la crescita del frumento variano a seconda delle specie e delle varietà, ma in generale, il frumento tollera temperature moderate durante la crescita vegetativa e richiede temperature più fresche durante la fase di fioritura e maturazione dei chicchi. Il freddo può influenzare negativamente la formazione delle spighe e la produzione dei chicchi.

Acqua: Il frumento richiede una quantità adeguata di acqua per la crescita. La disponibilità di acqua durante il periodo di crescita influisce sulla produzione e sulla qualità dei chicchi. Tuttavia, il frumento ha una certa tolleranza alla siccità, specialmente nelle fasi di sviluppo vegetativo. Le varietà di frumento possono presentare diversi livelli di tolleranza alla siccità, ma l'irrigazione adeguata può essere essenziale per garantire un buon rendimento in regioni con precipitazioni limitate.

Terreno: Il frumento si adatta a diversi tipi di suolo, ma cresce meglio su suoli fertili, ben drenati e con una buona capacità di ritenzione dell'acqua. Un terreno ben strutturato favorisce lo sviluppo delle radici e l'assorbimento dei nutrienti necessari per la crescita delle piante.

Nutrienti: Il frumento richiede una serie di nutrienti per la sua crescita sana e il buon sviluppo delle cariossidi. Gli elementi nutrienti essenziali includono azoto, fosforo, potassio e una serie di micronutrienti. La gestione corretta dell'apporto di nutrienti attraverso fertilizzanti e pratiche agronomiche adeguate è importante per massimizzare la resa e la qualità del frumento.

Impianto e Tecnica colturale

L'impianto e la tecnica colturale del frumento dipendono da diversi fattori, come le condizioni locali, la varietà di frumento coltivata e le pratiche agronomiche specifiche dell'agricoltore. Tuttavia, di seguito sono elencati alcuni aspetti generali dell'impianto e della tecnica colturale del frumento:

Preparazione del terreno: Prima della semina, il terreno deve essere preparato adeguatamente. Ciò può includere l'aratura o la lavorazione del terreno per rimuovere i residui delle colture precedenti e

per migliorare la struttura del suolo. Scelta della varietà: È importante selezionare una varietà di frumento adatta alle condizioni locali, tenendo conto del clima, delle malattie presenti nella regione e delle preferenze di mercato. Le varietà moderne di frumento tendono ad essere più produttive e resistenti alle malattie. Semina: La semina del frumento può essere effettuata manualmente o utilizzando macchine seminatrici. La densità di semina dipenderà dalla varietà, dal sistema di coltivazione e dalle condizioni locali. In genere, la semina avviene in autunno o in primavera, a seconda del tipo di frumento e delle condizioni climatiche.

Concimazione: Il frumento richiede una corretta concimazione per ottenere una buona crescita e una resa elevata. La quantità e il tipo di fertilizzante da utilizzare dipenderanno dalle analisi del suolo e dalle esigenze specifiche della coltura. Gli elementi chiave come l'azoto, il fosforo e il potassio sono spesso somministrati durante il ciclo di coltivazione. Controllo delle infestanti, delle malattie e degli insetti: Il frumento può essere soggetto ad attacchi di infestanti, malattie fungine e infestazioni di insetti. È importante adottare pratiche di gestione integrata delle infestanti e delle malattie, come la rotazione delle colture, l'uso di varietà resistenti e l'applicazione mirata di trattamenti fitosanitari se necessario.

Gestione delle malerbe: La gestione delle malerbe è un aspetto importante nella coltivazione del frumento. Ciò può includere l'utilizzo di tecniche come la rotazione delle colture, l'aratura profonda, la sfalcatura o l'applicazione di erbicidi se necessario.

Tecnica agronomica suggerita nel sistema Agrivoltaico

Il sistema agrivoltaico combina la coltivazione di colture agricole con la produzione di energia solare attraverso l'installazione di pannelli fotovoltaici sul terreno agricolo. L'obiettivo principale del sistema agrivoltaico è ottimizzare l'uso del suolo, consentendo contemporaneamente la produzione di colture agricole ed energia solare.

Nel caso specifico del frumento in un sistema agrivoltaico, è necessario considerare alcune tecniche agronomiche specifiche:

- Scelta della varietà: Scegliere una varietà di frumento adatta alle condizioni locali e alle pratiche del sistema agrivoltaico. Potrebbe essere necessario considerare varietà con una certa tolleranza all'ombreggiamento o con una fioritura anticipata per evitare conflitti con la presenza dei pannelli solari.

- Distanza tra le file di coltivazione: È consigliabile lasciare uno spazio adeguato tra le file di pannelli solari per consentire una corretta crescita e sviluppo del frumento. Questo spazio può variare a seconda delle esigenze specifiche della varietà di frumento e delle dimensioni dei pannelli solari.
- Controllo delle infestanti e delle malattie: È importante adottare misure preventive e pratiche di gestione integrata per il controllo delle infestanti e delle malattie nel sistema agrivoltaico del frumento.
- Monitoraggio e manutenzione: È importante monitorare regolarmente la crescita delle colture e lo stato dei pannelli solari nel sistema agrivoltaico. Effettuare la manutenzione necessaria per garantire un funzionamento efficiente dei pannelli solari e la salute delle piante di frumento.

ORZO

Caratteri botanici e biologia

L'orzo è una pianta appartenente alla famiglia delle graminacee (Poaceae) e alla specie *Hordeum vulgare*. È una delle colture cerealicole più antiche coltivate dall'uomo ed è ampiamente diffusa in tutto il mondo.

Dal punto di vista botanico, l'orzo è una pianta erbacea annuale. Ha un sistema radicale fibroso che si estende nel terreno per assorbire acqua e nutrienti. La pianta è costituita da culmi eretti, cavi e articolati, che possono variare in altezza a seconda delle varietà e delle condizioni ambientali. Le foglie dell'orzo sono lunghe e strette, con una disposizione alterna lungo il fusto.

L'infiorescenza dell'orzo è una spiga compatta chiamata "panicola". La panicola è costituita da numerosi fiori minuti chiamati "spighette". Ogni spighetta contiene generalmente due o tre fiori. I fiori dell'orzo sono piccoli e presentano organi riproduttivi maschili (stami) e femminili (pistilli).

Il ciclo di vita dell'orzo inizia con la germinazione del seme. Una volta che il seme ha germinato, emerge dal suolo come una giovane piantina. Durante la fase vegetativa, la pianta di orzo sviluppa radici più forti e un apparato fogliare più grande per la fotosintesi e l'accumulo di energia.

La fase di fioritura dell'orzo avviene quando le spighe raggiungono la maturità. Durante questa fase, le spighe producono fiori che vengono impollinati dal vento. Dopo la fecondazione, i semi iniziano a svilupparsi all'interno delle spighette.

Una volta che i semi di orzo sono maturi, la pianta raggiunge la maturità fisiologica e può essere raccolta per la produzione di orzo da malto, foraggio o altri scopi. Durante la raccolta, i chicchi

vengono separati dalle spighe e possono essere sottoposti a processi di pulizia e lavorazione per la produzione di orzo per il consumo umano o animale.

L'orzo è una coltura molto versatile, utilizzata per la produzione di alimenti, bevande (come la birra), mangimi per animali e persino per scopi industriali come l'utilizzo nel settore tessile o energetico. La sua coltivazione e la sua biologia sono oggetto di studio continuo per migliorare la resa, la resistenza alle malattie e la qualità dei chicchi.

Esigenze e adattamento ambientale

L'orzo è una coltura cerealicola che presenta una buona adattabilità a diverse condizioni ambientali. Le sue esigenze colturali possono variare leggermente a seconda delle varietà specifiche e delle condizioni locali, ma di seguito sono elencati alcuni aspetti generali riguardanti le esigenze e l'adattamento ambientale dell'orzo:

Clima: L'orzo è una coltura che tollera una vasta gamma di condizioni climatiche. Tuttavia, predilige climi temperati con temperature moderate durante la stagione di crescita. Le temperature ottimali per la crescita dell'orzo si situano generalmente tra i 15°C e i 25°C. La coltura può sopportare temperature più elevate durante il periodo di maturazione, ma alte temperature durante la fase di crescita possono influire negativamente sulla resa e sulla qualità del raccolto.

Luce solare: La coltura ha una buona tolleranza all'ombreggiamento parziale

Suolo: L'orzo può adattarsi a diversi tipi di suoli, ma predilige suoli ben drenati e fertili. Un buon drenaggio è essenziale per evitare il ristagno idrico, che può portare a problemi come la compattazione del suolo e le malattie radicali. Il pH ottimale del suolo per l'orzo varia generalmente tra 6 e 7,5. Inoltre, l'orzo può essere coltivato con successo su terreni sabbiosi, argillosi o limosi, a seconda delle condizioni locali.

Acqua: L'orzo può tollerare una certa quantità di stress idrico, ma ha bisogno di un'adeguata disponibilità di acqua durante il periodo di crescita. La quantità di acqua richiesta dipende dalle condizioni climatiche, dalla fase di sviluppo della pianta e dalla capacità di ritenzione idrica del suolo. Durante la fase di fioritura e formazione dei chicchi, l'orzo richiede un'irrigazione adeguata a garantire una buona formazione dei semi.

Nutrizione: Come tutte le colture, l'orzo richiede una corretta nutrizione per una crescita sana e una resa ottimale. I nutrienti chiave necessari per l'orzo includono azoto, fosforo, potassio e altri micronutrienti come zinco, manganese e ferro. Un'analisi del suolo può aiutare a determinare le esigenze specifiche di nutrienti del terreno e a sviluppare un programma di fertilizzazione adeguato.

Impianto e Tecnica colturale

L'impianto e la tecnica colturale dell'orzo possono variare a seconda delle condizioni locali e delle pratiche agricole specifiche. Tuttavia, di seguito sono forniti alcuni aspetti generali sull'impianto e sulla tecnica colturale dell'orzo:

Preparazione del terreno: Prima di piantare l'orzo, è importante preparare adeguatamente il terreno. Ciò può includere la rimozione delle erbacce, la lavorazione del suolo per migliorarne la struttura e l'eventuale aggiunta di fertilizzanti o emendanti per correggere eventuali carenze di nutrienti o pH del suolo.

Scelta della varietà: La scelta della varietà di orzo dipende dalle condizioni locali, dall'uso previsto del raccolto e dalle preferenze dell'agricoltore. È importante selezionare varietà adatte al clima, alla resistenza alle malattie e ai requisiti specifici dell'area di coltivazione.

Semina: La semina dell'orzo può essere effettuata mediante semina diretta o mediante trapianto di piantine. La semina diretta è il metodo più comune e prevede la distribuzione dei semi nel terreno in file o tramite seminatrici. La densità di semina può variare, ma in genere si consiglia di seminare da 80 a 120 chilogrammi di seme per ettaro, a seconda delle varietà e delle condizioni locali.

Distanza tra le file: La distanza tra le file di orzo dipende dalle pratiche agricole e dallo spazio disponibile. In genere, si consiglia di lasciare uno spazio di almeno 15-20 centimetri tra le file per consentire una corretta crescita delle piante e agevolare le operazioni di gestione e raccolta.

Fertilizzazione: L'orzo può beneficiare di una corretta fertilizzazione per garantire una buona crescita e una resa ottimale. La fertilizzazione può essere basata sull'analisi del suolo e può includere l'applicazione di fertilizzanti contenenti azoto, fosforo, potassio e altri nutrienti essenziali. È importante seguire le indicazioni specifiche delle linee guida per la fertilizzazione dell'orzo, tenendo conto delle esigenze delle varietà coltivate e delle condizioni locali.

Controllo delle malattie e delle infestanti: È importante adottare misure preventive e di gestione integrata per il controllo delle malattie e delle infestanti nell'orzo. Ciò può includere l'utilizzo di varietà resistenti alle malattie, la rotazione delle colture, la pulizia delle attrezzature agricole, la pratica di una buona igiene agricola e l'applicazione di prodotti fitosanitari quando necessario, nel rispetto delle normative locali.

Tecnica agronomica suggerita nel sistema Agrivoltaico

Di seguito sono fornite alcune considerazioni generali da tenere in considerazione quando si coltiva l'orzo in un sistema agrivoltaico:

Scelta della varietà: È importante selezionare varietà di orzo che siano adattabili al sistema agrivoltaico. Si possono preferire varietà che siano tolleranti all'ombreggiamento parziale e che possano svilupparsi bene sotto la presenza dei pannelli solari. La scelta delle varietà dovrebbe essere basata sulle caratteristiche specifiche dell'orzo e sulla disponibilità di varietà adatte al sistema agrivoltaico nella regione.

Densità di semina: La densità di semina può essere adattata nel sistema agrivoltaico per sfruttare al meglio lo spazio disponibile. In generale, una maggiore densità di semina può essere preferibile per sfruttare al massimo l'area di coltivazione, ma ciò deve essere bilanciato con le esigenze delle piante in termini di luce solare, spazio per la crescita e l'accesso all'acqua e ai nutrienti.

Controllo delle malattie e delle infestanti: Nel sistema agrivoltaico, è importante adottare misure preventive per il controllo delle malattie e delle infestanti. La presenza dei pannelli solari può creare un ambiente più ombreggiato che può influire sulla proliferazione di malattie o infestanti. Pertanto, è importante adottare pratiche di gestione integrata delle malattie e delle infestanti, tra cui la rotazione delle colture, la scelta di varietà resistenti e l'uso di tecniche di controllo biologico se possibile.

È fondamentale tenere presente che le pratiche agronomiche nel sistema agrivoltaico possono variare in base al contesto locale

GIRASOLE

Girasole (*Helianthus annuus L.*)

Il Girasole è una pianta di origine americana introdotta in Europa per uso ornamentale nei primi decenni del 1500 e assumendo una certa importanza come pianta oleifera soltanto nel Settecento. Oggi il girasole è largamente coltivato a livello mondiale, tanto che attualmente si trova al secondo posto, dopo la soia, tra le piante coltivate per la produzione di olio. In Italia è presente soprattutto nell'Italia centrale. Le attuali varietà selezionate danno acheni contenenti anche più del 45% di olio. Le forme coltivate dell'*Helianthus annuus L.* si suddividono in due gruppi: uno idoneo per la produzione di semi e per foraggio, comprendente piante monocefaloiche e con acheni grandi, e uno per la produzione di fiori ornamentali, caratterizzato da piante ramificate e policefale.

Caratteri botanici e biologia

Il Girasole è una pianta annua di grande sviluppo caratterizzata da una lunga radice fittonante su cui sono inserite le radici laterali. Il fusto può raggiungere notevoli altezze: nelle varietà da olio fino a 2 metri circa. Il culmo è eretto e solo a maturità si curva nella parte terminale a seguito dell'aumento

del peso dell'infiorescenza. Sullo stelo sono inserite le foglie, ruvide su entrambe le facce, munite di un lungo picciolo e di forma diversa a seconda della posizione. Il culmo termina con l'infiorescenza o calatide, le cui dimensioni sono molto variabili (in media 10-40 cm di diametro). Questa infiorescenza è caratterizzata, esternamente, da una corona di fiori sterili (con grandi ligule gialle) entro cui sono inseriti tutti gli altri, più piccoli, fertili, ermafroditi; il numero totale dei fiori varia è variabile a seconda della cultivar impiegata. I fiori schiudono in maniera scalare, con andamento centripeto. In seguito alla fecondazione si forma un frutto secco indeiscente, detto achenio (inesattamente chiamato seme), di dimensioni e forma variabili. L'olio contenuto nell'achenio rappresenta in media il 40-50% del peso del seme. Caratteristico del Girasole è l'eliotropismo, cioè il fatto di seguire il movimento della luce durante il giorno; tale fenomeno, che riguarda l'infiorescenza durante la fase di sviluppo e le giovani foglie, cessa al sopraggiungere della fioritura, tanto che da questo momento in poi la maggior parte dei fiori rimane rivolta verso est sud-est.

Esigenze e adattamento ambientale

Nelle moderne varietà il ciclo colturale del girasole è di circa 95 giorni, nel quale si possono distinguere le seguenti fasi: germinazione, emergenza, formazione delle foglie, differenziazione dei bottoni fiorali, crescita attiva, fioritura, formazione e riempimento del seme e maturazione. Pur essendo caratterizzata da un consumo idrico elevato, il girasole riesce, in caso di carenza idrica, a sfruttare l'umidità degli strati profondi grazie al notevole sviluppo capillare dell'apparato radicale (fino a 1,5-2 metri). Il girasole è tipica pianta da rinnovo adatta alla coltura asciutta, soprattutto nei terreni dotati di una buona capacità idrica e lavorati profondamente. La pianta è in grado di tollerare sia le basse che le alte temperature. Per quanto riguarda il terreno, sono da evitare quelli troppo sciolti perchè incapaci di trattenere l'acqua, e quelli troppo pesanti, specie se mal preparati e privi di struttura. Il pH deve essere intorno a 6-7,2.

Impianto e Tecnica colturale

Ha un ciclo primaverile-estivo molto breve e lascia il terreno in buone condizioni di fertilità grazie agli abbondanti residui colturali. Una volta sviluppata, ha una notevole capacità di soffocare le infestanti. La preparazione del letto di semina si effettua con un'aratura a 30-40 cm di profondità, seguita da successive erpicature con lo scopo di affinare il terreno nei primi 6-8 cm. In Italia, il girasole viene seminato da marzo nelle aree meridionali e ad aprile in Italia centrale. La semina viene fatta a file distanti 60-70 cm, con seminatrice di precisione, curando la distanza di semina in modo da avere senza diradamento 4 piante a metro quadrato (4-6 kg ha⁻¹). Il girasole risulta esigente in N,

poco in P e molto in K. Dopo la germinazione può rendersi utile la sarchiatura. La raccolta inizia quando si verifica la caduta spontanea degli involucri fiorali portati dal frutto, il viraggio al bruno della calatide e la completa secchezza delle foglie basali e di parte di quelle mediane. Vengono utilizzate le mietitrebbiatrici da frumento opportunamente modificate. Una buona produzione di acheni si aggira intorno a 2,0-2,5 t ha⁻¹ ma in condizioni favorevoli si può arrivare a 3,5-4,0 t ha⁻¹.

Tecnica agronomica suggerita nel sistema Agrivoltaico

Nello specifico caso del sistema consociato complesso Agrivoltaico su questa coltura saranno applicate tutte le tecniche agronomiche concepite in un approccio agroecologico indirizzate a ottenere una condizione di elevati livelli di sostenibilità, intesa in termini dei tre principali pilastri su cui si fonda, e miglioramento dei livelli di qualità del suolo. In particolare, le lavorazioni del suolo effettuate in modo limitato e ridotte alla semina, gli interventi fitosanitari tese a controllare patogeni e insetti, gli interventi di irrigazione non sono previsti, mentre per il controllo delle erbe infestanti si effettua una leggera sarchiatura nella fase iniziale di sviluppo. In relazione alle ipotetiche varietà da adottare, non sussiste particolare importanza e rilievo la scelta della varietà, l'importante che sia una varietà monocaule ed elevata produzione di fiori e acheni.

COLTURE FORAGGERE

Le colture foraggere rappresentano una soluzione alla richiesta del mercato di mangimi o fieno, i quali hanno subito un aumento dei prezzi pari a più del 100% su base annua. Produrre fieno sul territorio permette un abbattimento dei costi di trasporto e fornire agli allevatori locali un prodotto di qualità ad un prezzo inferiore.

ERBA MEDICA

L'erba medica considerata la “regina delle foraggere” e la sua coltivazione come pianta da foraggio può essere fatta risalire a oltre 2000 anni fa, era infatti conosciuta da Greci e Romani.

Caratteri botanici e biologia

L'erba medica è una pianta erbacea vivace che potrebbe vivere fino a 10-15 anni in ambienti adatti, ma che in genere in coltura vive molto meno (3-4 anni). Il seme dell'erba medica piccolo (1000 semi pesano circa 2 g), reniforme, di colore giallo verdognolo. Una certa percentuale di semi (8- 10% e

talvolta anche di più) sono duri ma vanno considerati come normalmente germinabili. Dal seme spunta una radice fittonante che penetra rapidamente nel terreno e giunge di solito a superare di molto il metro.

La pianta di erba medica è costituita da numerosi steli eretti alti 0,80-1 m, che si sviluppano dal cespo dopo la raccolta degli steli precedenti. La capacità di formare rapidamente nuovi steli (ricaccio) e rigenerare la vegetazione dopo ogni taglio è una delle più importanti e apprezzate caratteristiche di questa foraggera. Le foglie sono trifogliate e costituiscono circa il 45% del peso dell'intera pianta e sono le parti più nutrienti; le foglioline sono allungate e denticolate nel terzo superiore del loro margine. I fiori dell'erba medica si formano in numero di 0-20 su piccoli racemi ascellari e sono di colore azzurro-violaceo. Il frutto è un legume a spirale, che di solito contiene da 2 a 8 semi. Le piante di erba medica sono moderatamente resistenti al freddo, in quanto manifestano la tendenza a continuare a vegetare anche durante l'autunno, così rimanendo esposta al danno delle successive basse temperature. È invece molto resistente al caldo e al secco.

Esigenze e adattamento ambientale

L'erba medica è la foraggera più resistente alla siccità grazie al suo apparato radicale capace di attingere alle risorse idriche anche a grande profondità. L'erba medica teme moltissimo l'eccesso di umidità nel terreno, per la persistenza del medicaio fondamentale la buona sistemazione idraulica dei terreni. Il terreno più confacente alla medica è quello di medio impasto e quello argilloso di buona struttura, profondo, in modo da non ostacolare l'approfondimento delle radici.

Impianto e Tecnica colturale

In passato il medicaio era mantenuto per un numero non predeterminato di anni e tenuto fuori rotazione. Oggi, si preferisce utilizzare il prato per tre anni, inserendolo all'interno di rotazioni colturali anche talvolta molto ampie. L'erba medica stata sempre considerata una coltura grande miglioratrice che di norma segue e precede il frumento, entrando in rotazioni di durata e tipo diverso. L'unica incompatibilità dell'erba medica quanto a successione colturale verso sé stessa. La preparazione del letto di semina deve essere svolta tramite una lavorazione profonda (circa 40 cm), da rinnovo, per favorire l'approfondimento radicale. Questo lavoro va fatto presto per poter aver il tempo di realizzare quello stato di perfetto affinamento superficiale che la piccolezza del seme rende indispensabile perché le semine abbiano buon esito.

La concimazione di fondo per il medicaio si basa sul fosforo, del quale le leguminose sono oltremodo esigenti, l'azoto non importante data la capacità di azotofissazione e il potassio in genere è abbondante

nei terreni e nelle regioni dove la medica è diffusa. È opportuno che il concime fosforico sia dato prima al momento della lavorazione principale, in modo da arricchire gli strati profondi nei quali opererà l'apparato radicale. Il letame o la fertilizzazione organica sarebbe utilissimo al medicaio per il miglioramento delle proprietà fisiche del terreno, alle quali la medica è assai sensibile. La semina di fine inverno (febbraio-marzo) è quella più praticata. La semina può farsi a spaglio, interrando il seme con una leggerissima erpicatura, o con la seminatrice del frumento, a file distanti 0,14-0, m. È della massima importanza curare che l'interramento dei semi non sia eccessiva, 2-3 cm è la profondità massima a cui si possono deporre i semi perché essi siano in condizioni di germinare ed emergere. La dose di semina è di 15-20 kg di seme ha⁻¹ per avere un investimento colturale di 350-400 piante m⁻².

La piena produttività del medicaio si ha nel secondo e terzo anno, poi comincia a declinare per progressivo diradamento. Al momento in cui si scende sotto le 100 piante a metro quadro il medicaio deve essere rotto perché la sua resa è compromessa.

Nel corso dell'anno il medicaio fornisce il suo prodotto, l'erba, in parecchi tagli, da un minimo di 2, nel caso di clima e terreno aridi, a 4-5 in condizione irrigua o di notevole freschezza. Lo stadio vegetativo ottimale per il taglio la fioritura. L'erba medica viene impiegata nel foraggiamento verde o affienata. Il pascolamento dell'erba medica da fare con prudenza perché l'erba giovane può provocare agli animali ruminanti il meteorismo, sindrome patologica anche mortale che consiste nell'abnorme gonfiore del rumine.

La fienagione piuttosto delicata, specialmente al primo taglio in cui l'erba grossolana per la presenza delle infestanti, e la stagione poco propizia per piovosità, umidità dell'aria e del terreno e scarsa radiazione solare.

La resa media annua di fieno del prato di erba medica può giungere fino a 8 t ha⁻¹. Un fieno di erba medica di ottima qualità ha un contenuto di protidi grezzi del 18-22% (su s.s.); il valore nutritivo è di circa 0,6 U.F. per Kg di s.s. La raccolta del fieno va fatta con moltissima cura per evitare che manipolando il foraggio troppo secco si perdano le foglie, che sono la parte più pregiata.

Tecnica agronomica suggerita nel sistema Agrivoltaico

Nello specifico caso del sistema consociato complesso Agrivoltaico su questa coltura saranno applicate tutte le tecniche agronomiche concepite in un approccio agroecologico indirizzate a ottenere una condizione di elevati livelli di sostenibilità, intesa in termini dei tre principali pilastri su cui si fonda, e miglioramento dei livelli di qualità del suolo. In particolare, le lavorazioni del suolo effettuate in modo ottimale per la semina, gli interventi fitosanitari tese a controllare patogeni e insetti, il controllo delle erbe infestanti, gli interventi di irrigazione non sono previsti.

In relazione alle ipotetiche varietà da adottare, non sussiste particolare importanza e rilievo la scelta della varietà, l'importante che sia una varietà a bassa dormienza, rapido accrescimento, elevata fogliosità e qualità del foraggio.

MIX AGROVOLTAICO PER FIENAGIONE E PASCOLO

Per definizione un prato polifita è composto da diverse specie erbacee, ciò permette di ottenere un foraggio equilibrato dal punto di vista nutrizionale e un adattamento alle svariate condizioni climatiche e di irraggiamento. La durata di un prato polifita va da 3 a 12 anni a secondo delle produttività e delle condizioni pedoclimatiche. Il mix costituito da diverse specie:

- Loietto perenne
- Festuca arundinacea
- Trifoglio violetto
- Erba mazzolina
- Ginestrino
- Festuca rubra
- Poa pratense
- Trifoglio bianco nano
- Trifoglio bianco ladino

La scelta delle cv e delle percentuali di cui è composto il mix è stata progettata in collaborazione con una nota multinazionale sementeria al fine di avere una maggiore produzione e una qualità migliore del fieno nelle condizioni ecopedologiche tipiche dell'agrovoltico.

Tecnica colturale

La tecnica colturale di gestione dei Prati Stabili risulta abbastanza semplice, con la richiesta di pochi fattori produttivi e input energetici. Le operazioni colturali annuali da effettuare per una corretta gestione dei Prati Stabili sono: erpicatura e rullatura primaverile, fertilizzazione con deiezioni organiche (soprattutto letame bovino), lo sfalcio dell'erba e le operazioni di fienagione.

Come già detto i Prati Stabili non necessitano di aratura per la preparazione del letto di semina, in quanto il cotico erboso copre la superficie del terreno permanentemente, generando importanti benefici per il sistema del suolo. L'assenza di lavorazione e la concomitante presenza di un cotico

erboso permettono al suolo di raggiungere un'ottima struttura, ovvero un carattere fisico del suolo, che consente una serie di funzioni positive tipiche del prato (per esempio stoccaggio del Carbonio, protezione delle acque).

Tecnica agronomica suggerita nel sistema Agrivoltaico

Nello specifico caso del sistema consociato complesso Agrivoltaico su questa coltura saranno applicate tutte le tecniche agronomiche concepite in un approccio agroecologico indirizzate a ottenere una condizione di elevati livelli di sostenibilità, intesa in termini dei tre principali pilastri su cui si fonda, e miglioramento dei livelli di qualità del suolo. In particolare, le lavorazioni del suolo effettuate in modo limitato e ridotte alla semina, gli interventi fitosanitari tese a controllare patogeni e insetti, gli interventi di irrigazione, il controllo delle erbe infestanti non sono previsti.

Le varietà delle specie costituenti il mix sono state scelte tenendo conto dell'ambiente pedoclimatico tipico dell'area e dei sistemi agrovoltaici.

COLTURE ORTIVE

POMODORO DA INDUSTRIA

Pomodoro (*Solanum lycopersicum* L.)

La crescente importanza della coltura del pomodoro è dovuta al notevole impiego delle bacche, di pregiate caratteristiche organolettiche, consumate sia allo stato fresco che destinate a diversi derivati dell'industria conserviera. Per lungo tempo, fin dalla sua introduzione, il pomodoro era considerato una curiosità botanica per uso ornamentale e con pregiudizi per l'impiego commestibile. In seguito, è divenuto un ortaggio di grande interesse e consumo sia per la disponibilità del prodotto per tutto l'anno con l'impiego di tecniche di forzatura sia per la notevole affermazione dei prodotti dell'industria conserviera. La coltura del pomodoro è praticata in quasi tutto il mondo e l'Italia è collocata tra i primi posti, anche risultando il più importante produttore dell'Unione Europea, seguita da Spagna e Grecia.

Caratteri botanici

Il pomodoro appartiene alla famiglia delle solanacee, ha una tendenza perennante e quindi di durata varia a seconda della tipologia di coltivazione. In genere, anche per le tecniche agronomiche applicate, si comporta come una pianta annuale in condizioni climatiche caratterizzate da temperature

molto variabili nei diversi periodi dell'anno. Il portamento, originalmente espanso e strisciante, ha subito nel tempo modifiche grazie al miglioramento genetico con la realizzazione di tipi a portamento più raccolto.

La radice è fittonante con un'ampia rete di radici laterali e lo sviluppo varia a seconda delle condizioni ambientali, tipo di terreno, disponibilità di acqua, temperatura del suolo e varietà. L'apparato radicale si può estendere fino alla profondità di 2 m, ma circa il 60% di esso è intorno ai 30 cm di profilo di suolo. L'accrescimento della radice è più intenso nella fase vegetativa e si riduce con la formazione dei frutti per un minore trasferimento degli assimilati. Il fusto ha portamento eretto nei primi stadi vegetativi e successivamente diventa decombente e può avere una lunghezza variabile fino a 2 m nelle cultivar a sviluppo determinato. Il fusto è coperto da peli ghiandolari, inoltre, presenta numerose ramificazioni ascellari, più abbondanti nella parte basale. L'emissione dei getti ascellari è favorita da basse temperature e dal giorno corto, ma è anche una caratteristica varietale. Questi, poiché possono svolgere un'azione competitiva con il fusto principale, vengono eliminati con la potatura. Le foglie sono alterne, grandi, picciolate irregolarmente e pubescenti con odore aromatico caratteristico. Le infiorescenze possono essere racemi semplici o ramificati. La fioritura del pomodoro è scalare con la formazione delle infiorescenze in tempi diversi. Anche sulla stessa infiorescenza, la fioritura non è strettamente contemporanea, infatti, si possono notare dalla base verso l'apice frutticini, fiori aperti o chiusi. La tendenza attuale del miglioramento genetico è di ridurre il tempo per la formazione delle infiorescenze, allo scopo di ottenere contemporaneità di maturazione. Il pomodoro coltivato è normalmente allogamo anche se la simultanea maturazione degli organi sessuali sono fattori che favoriscono l'auto-fecondazione. La frequenza di fecondazione incrociata è mediamente indicata con valori del 4%.

Il frutto è una bacca di colore rosso. Nel frutto si distingue un epicarpo liscio e sottile (buccia), un mesocarpo carnoso e sugoso di sapore dolce e acidulo costituito da grosse cellule parenchimatiche contenenti pigmenti coloranti e licopene (polpa), e un endocarpo suddiviso in due o più logge, costituito da tessuto placentare, nel quale sono immersi i semi, più o meno numerosi. La polpa rappresenta il 95% del peso della bacca, la buccia rappresenta il 2%, e i semi il 3%. I frutti si possono distinguere per forma e grandezza, oltre che per il colore.

In base alla pezzatura finale della bacca, si possono riconoscere pomodori tipo ciliegia o cherry con peso di circa 10-15 grammi, oppure di tipo Carnoso, beefsteak, del peso di 450 grammi circa. Il ritmo di accrescimento varia sensibilmente a seconda delle specie. Durante il passaggio della bacca dallo stato verde a quello di maturazione piena, si verificano notevoli variazioni di colore, della composizione della struttura e del sapore. Il colore rosso della bacca è dovuto alla perdita dei

cloroplasti trasformati in cromoplasti e a un progressivo aumento dei pigmenti carotenoidi, come il betacarotene e licopene.

Esigenze e adattamento ambientale

Il pomodoro, poiché è originario dei tropici, si adatta a condizioni di clima temperato caldo. Il suo trasferimento dagli ambienti più caldi a quelli temperati ha determinato il passaggio da pianta perennante ad annuale. Il fattore temperatura è quello che più condiziona maggiormente la scelta degli ambienti di coltivazione. I limiti termici per la coltivazione del pomodoro sono indicati con 0-2 °C (temperatura minima critica), 8-10 °C (temperatura minima cardinale o zero di vegetazione), 13-16 °C (temperatura ottimale notturna), 22-26 °C (temperature ottimali diurna). Al di sopra dei 35 °C si hanno effetti negativi sulla formazione e colorazione delle bacche.

La disponibilità idrica è un altro fattore di ottimizzazione della produttività del pomodoro. Pertanto, in condizioni di clima caldo arido, l'intervento irriguo è una pratica indispensabile. L'umidità relativa dell'aria troppo alta o troppo bassa e venti molto freddi o caldi possono arrecare danni più o meno elevati. Le piogge creano condizioni favorevoli per lo sviluppo di malattie fungine e batteriosi, specialmente durante la maturazione dei frutti.

Il pomodoro si adatta a diversi tipi di suolo, ovviamente le condizioni molto estreme, da molto sabbioso o molto compatto sono sconsigliabili, mentre sono preferibili terreni a medio impasto profondi freschi, possibilmente poveri di scheletro. I limiti della reazione di PH oscillano tra 5,5 e 7,9. È da tener presente che le varietà più soggette al marciume apicale, tipo il San Marzano, sono da scartare nei terreni facilmente soggetti a deficienze idriche. Il pomodoro è una specie ortiva moderatamente sensibile alla salinità.

Impianto e Tecnica colturale

Il pomodoro è una classica coltura da rinnovo per cui nella coltivazione in pieno campo apre la rotazione. La gestione in monosuccessione o la rotazione stretta con ripetizione su sé stesso in un intervallo breve di tempo è assolutamente sconsigliabile, infatti, è una specie che provoca nei confronti di sé stessa effetti negativi di avvicendamento. Pertanto, il pomodoro dovrebbe essere inserito in rotazioni lunghe.

La preparazione del suolo per la coltivazione del pomodoro deve essere eseguita con particolare cura. La successione delle operazioni di lavorazione del suolo prevede una lavorazione profonda a 40 cm eseguita verso la fine dell'estate, con eventuale interrimento di sostanza organica, oppure l'inserimento di una coltura di copertura leguminosa a scopo di sovescio da effettuarsi circa una

settimana prima del trapianto. Un intervento di affinamento del terreno prima delle operazioni del trapianto è consigliato per renderlo più adeguato alle giovani piantine. Un terreno ben preparato si presenta senza zollosità, sufficientemente compatto in superficie e ben drenato e areato in profondità. Con il trapianto l'apparato radicale è dominato da radici secondarie e più superficiali. In ogni caso la preparazione del suolo deve favorire un ottimo sviluppo dell'apparato radicale, per cui sono da evitare le cause di ristagno di acqua e di scarsa reazione, specialmente nei terreni fortemente argillosi. Riguardo all'assunzione dei nutrienti, si calcola che per la produzione media di 50 t ha⁻¹ di bacche la cultura asporta: 100-150 kg ha⁻¹ di N, 30-40 kg ha⁻¹ di P₂O₅, e 180-220 kg ha⁻¹ di K₂O. Per gli interventi di fertilizzazione del suolo è opportuno tenere presente la sua fertilità e l'entità degli elementi asportati in relazione alle potenzialità produttive del pomodoro che tende sempre più ad aumentare per il miglioramento varietale e l'intervento irriguo. Il trapianto si effettua con piantine di 10-15 cm di altezza allo stadio di 5-7 foglie, effettuato con l'ausilio di trapiantatrici meccaniche dotate di organi distributori a dischi, pinze o bicchieri con fondo apribile che lasciano cadere la piantina con tutto il pane di terra a intervalli regolari, nel solco precedentemente preparato. Le trapiantatrici possono essere dotate anche di distributore di piccole dosi di acqua per evitare stress idrici e favorire l'attecchimento. Con il trapianto si ottiene una migliore uniformità della cultura, un anticipo della raccolta e una riduzione di alcune operazioni culturali in confronto alla semina diretta. L'epoca del trapianto del pomodoro è condizionata dall'andamento climatico e dal tipo di forzatura prevista. In pieno campo l'inizio della coltivazione va dalla seconda metà di marzo nelle aree meridionali, più mite fino ad aprile e fine maggio nelle aree settentrionali più fredde. Il trapianto avviene a file semplici o binate. Nel caso delle file binate molto diffuse per il pomodoro da industria, le distanze variano da 40 a 60 cm tra le file della bina e 80-140 cm tra le bine per una densità di semina di circa 3-3,3 piante m⁻².

L'irrigazione del pomodoro rappresenta una delle pratiche culturali che più influiscono sulla resa e sulla qualità del prodotto, specialmente negli ambienti caldo-aridi, con precipitazioni, nel periodo primaverile estivo, basse o assenti. I fabbisogni idrici del pomodoro sono piuttosto elevati ma comunque sono variabili in funzione delle condizioni pedoclimatiche e dei livelli produttivi. Il fabbisogno idrico tende progressivamente a crescere nella fase di emergenza, alla piena fioritura e allegagione e inizio invaiatura, mentre decresce nella fase di maturazione delle bacche. In linea di massima sono necessari 3/4 interventi irrigui, con turni di 20 giorni e volume specifico di adattamento di circa 400 o 500 m³ ad ettaro. Tuttavia, gli interventi di irrigazione e i volumi di adattamento variano significativamente in funzione di differenti fattori come il metodo di irrigazione, la tecnica agronomica adottata nella gestione del sistema colturale, le caratteristiche fisico-chimiche del suolo, la varietà. L'irrigazione del pomodoro viene effettuata con metodi diversi. Recentemente si è

affermata rapidamente l'irrigazione a goccia che ha dato risultati positivi ed è il metodo più efficiente che non risente dell'azione del vento. Inoltre, a parità di volume stagionale di irrigazione con il metodo a goccia, sono state ottenute produzioni più elevate del 50% rispetto a quelle ottenute con i metodi di irrigazione per aspersione o gravimetrici. È da rilevare che il piano campo, con le nuove cultivar e l'impiego della goccia, si conseguono a volte produzioni di 100 tonnellate a ettaro di bacche. In relazione alla destinazione del prodotto, al consumo fresco o all'industria conserviera, il pomodoro può essere raccolto della bacca ancora verde o completamente maturo. L'inizio della colorazione rossa della bacca si manifesta nella zona stilare e poi gradualmente si estende a tutto il frutto. Da quel momento si può raccogliere perché il processo di maturazione proseguirà regolarmente anche con il distacco dalla pianta. L'epoca di raccolta del pomodoro dipende dal tipo di coltura e dalle condizioni pedoclimatiche delle zone di coltivazione. In pratica il pomodoro da mensa in Italia ha ormai una produzione continua con la coltura anticipata, forzata e di piano campo. Le prime due consentono di fornire i mercati nel periodo autunno primaverile. La terza nel periodo estivo e parte d'autunno. Il pomodoro da industria inizia a essere raccolto a luglio e raggiunge il massimo tra la metà di agosto e settembre. Il pomodoro può presentare una maturazione scalare e quindi in questi casi la raccolta che si esegue a mano e avviene in più interventi. Più recentemente sono state introdotte varietà a maturazione contemporanea per favorire la produzione del pomodoro da industria e in particolar modo la sua raccolta meccanica. In relazione numerosi fattori che influenzano la coltura, la produzione unitaria di pomodoro è molto variabile, da punte superiori alle 100-150 t ha⁻¹, fino a rese di 10 t ha⁻¹ in gestione asciutta.

Tecnica agronomica suggerita nel sistema Agrivoltaico

Nello specifico caso del sistema consociato complesso Agrivoltaico su questa coltura saranno applicate tutte le tecniche agronomiche concepite in un approccio agroecologico indirizzate a ottenere una condizione di elevati livelli di sostenibilità, intesa in termini dei tre principali pilastri su cui si fonda, e miglioramento dei livelli di qualità del suolo. In particolare, le lavorazioni del suolo effettuate in modo limitato e ridotte, gli interventi fitosanitari tese a controllare patogeni e insetti solo in caso di reale necessità, il controllo delle erbe infestanti effettuato preferibilmente con metodi non chimici, gli interventi di irrigazione effettuati in modo razionale in funzione dell'ETR e con metodo a ridotto consumo di acqua attraverso pratiche di microirrigazione.

In relazione alle ipotetiche varietà da adottare, per il pomodoro da industria bisogna decidere di volta in volta; tuttavia, si consigliano quelle appartenenti al gruppo Tipo Roma.

CARCIOFO IN CONSOCIAZIONE CON INERBIMENTO CONTROLLATO

Carciofo (*Cynara scolymus* L.)

Il carciofo è una pianta di origine mediterranea, ben nota fin dall'antichità per i pregi organolettici del capolino, tanto da essere annoverato tra le ortive per i pranzi raffinati e fra le colture da reddito molto elevate. In Italia la coltura del carciofo ha subito un sensibile incremento nella seconda metà del secolo scorso con una diffusione principalmente nell'Italia meridionale e anche in alcune regioni dell'Italia centrale quali Lazio e Toscana. In queste aree, la coltura si affermata nelle aree caratterizzate da un andamento climatico piuttosto mite durante l'inverno e, quindi, prevalentemente lungo le pianure costiere.

Caratteri botanici e biologia

Il carciofo è una pianta della famiglia delle composite o asteracea, e del genere *Cynara*. La specie *Cynara cardunculus* comprende diverse sottospecie: *Cynara cardunculus scolymus* è il carciofo che viene coltivato, c'è un'altra coltivazione interessante per l'orto: il cardo domestico (*Cynara cardunculus altilis*). Ci sono poi piante spontanee, il cardo selvatico (*Cynara cardunculus sylvestris*) è una delle più comuni. La pianta di carciofo è una specie rizomata perenne, che ha una coltivazione tipicamente invernale o primaverile. In estate, quando le temperature sono elevate, entra in fase di dormienza, per resistere a caldo torrido e siccità, si risveglia se riceve molta acqua. Il rizoma è quindi molto importante, dalle sue gemme si sviluppano ogni anno fusti che portano foglie e fiore. Le foglie interne possono essere spinose oppure no, a seconda della varietà.

Esigenze e adattamento ambientale

Il carciofo richiede un clima mite e sufficientemente umido, per cui il suo ciclo è autunno-primaverile nelle condizioni climatiche tipiche del bacino del Mediterraneo. Tende alla produzione primaverile-estiva nelle zone più fredde. Il carciofo resiste bene fino a temperature di 0 °C, mostrando alle più basse temperature lievi danni da freddo sul capolino, con distacco della cuticola dalle brattee. Il carciofo essendo una pianta perennante, con un continuo rinnovo della vegetazione, in seguito alla emissione di nuovi carducci dal fusto rizomatoso, in particolari condizioni ambientali potrebbe essere in produzione per tutto l'anno. In ogni getto della pianta si verifica una fase vegetativa, a cui segue quella riproduttiva, per cui si può ottenere la rifiorescenza della pianta. Laddove le condizioni climatiche sono sfavorevoli si ha una stasi più o meno prolungata a cui segue il risveglio della

carciofaia. La produzione del carciofo può essere effettuata in condizioni di temperatura ottimali intorno ai 10 - 15 °C, considerando che la soglia termica è di 7 - 9 °C. Il carciofo risente anche della temperatura molto elevata, per cui la fase del riposo vegetativo ricade tra la fine della primavera e l'estate. Il carciofo ha elevate esigenze idriche, in parte soddisfatte dalla piovosità dell'epoca di coltivazione. Il carciofo preferisce terreni profondi, freschi, di medio impasto e di buona struttura a reazione intorno alla neutralità, pur adattandosi a terreni di diverse caratteristiche. Il carciofo tollera la salinità in terreni con abbondante sostanza organica, senza ristagni d'acqua, con conducibilità elettrica dell'estratto saturo inferiore a 4.8 dS/m. In relazione, alla elevata potenzialità di accrescimento della pianta, ovvia l'influenza dell'apporto di fertilizzanti e delle disponibilità idriche nel terreno.

Tecnica colturale

Il carciofo è una pianta poliennale e può essere mantenuto sullo stesso appezzamento per diversi anni, da un minimo di uno fino a 7-8 anni. Più frequentemente la durata economica più conveniente è intorno a 3-4 anni. Le radici del carciofo sono fittonanti quindi è particolarmente importante la fase di preparazione della terra: prima di piantare occorre lavorare il terreno in profondità con una vangatura accurata, in terreni pesanti meglio vangare più di una volta. Essendo una coltura perenne vale la pena curare la fase di impianto, in particolare sono da scongiurare ristagni d'acqua che porterebbero malattie quali fusarium e peronospora. È da considerare come una coltura da rinnovo, a cui far seguire un cereale, o come nelle zone orticole, altri ortaggi. La preparazione del terreno destinato a carciofaia viene effettuata in relazione alla modalità d'impianto della coltura, per ovuli o carducci. Per l'impianto necessaria una lavorazione profonda (40 cm) a cui seguono lavorazioni più superficiali con frangizolle ed erpice per la preparazione di un perfetto letto di semina. Oltre alla lavorazione è bene predisporre una buona concimazione di fondo, che arricchisca il terreno della carciofaia di elementi utili. Si consiglia la distribuzione del fertilizzante organico al momento della lavorazione profonda. L'apporto di fertilizzanti fondamentale per la produttività della carciofaia, in relazione al notevole sviluppo della vegetazione ed al cospicuo numero di capolini per pianta, ottenibili nell'ampio periodo della raccolta.

I polloni del carciofo sono chiamati anche "carducci", si tratta di germogli con un anno di vita, che vengono prelevati dalla base della pianta. I carducci possono essere usati per ottenere nuove piante, propagando la coltivazione. Per farlo si tagliano i polloni con la loro porzione di radice, scegliendo quelli già sviluppati con almeno 4-5 foglie, lunghi 25/40 cm. Questa operazione si fa durante la primavera (tra marzo e aprile) oppure in autunno (tra settembre e ottobre). Un altro metodo per riprodurre i carciofi è l'utilizzo degli ovuli ottenuti durante l'operazione di dicciocatura, che vedremo

in seguito. Per piantare gli ovuli si smuove il suolo, si concima abbondantemente e si mette l'ovulo nel terreno a 4 cm di profondità. L'ovulo deve essere impiantato durante il periodo di dormienza estivo, quindi luglio o agosto. carciofi richiedono spazio: si piantano nell'orto a file distanti uno o due metri, lasciando un metro tra una pianta e l'altra. Questo sesto d'impianto considera sia le dimensioni della pianta, sia il fatto che si tratta di una coltivazione che dura più di un anno. Bisogna infatti calcolare lo sviluppo negli anni della pianta, in modo da impiantare una carciofaia pensata per durare nel tempo. Il carciofo è una pianta che entra in dormienza a causa del caldo oppure della scarsità di acqua, riconoscendo il periodo estivo proprio da queste due condizioni: alte temperature e aridità. In generale una frequente irrigazione è importante per la carciofaia, escluso ovviamente il periodo di dormienza in cui va benissimo avere suolo asciutto. In fase vegetativa il terreno non deve mai seccare totalmente.

La raccolta dei capolini è scalare, ha inizio verso la prima decade di ottobre per la coltura precoce e termina in giugno con quella più tardiva. In relazione al tipo di coltura ed alla varietà, il numero delle raccolte può variare da un minimo di 3-4 ad un massimo di 15-20, tendendo presente che la lunghezza del ciclo produttivo può variare da un minimo di 20 giorni ad un massimo di 180-220 giorni. Il numero dei capolini per pianta oscilla da 4-5 a 14-15.

Nel complesso una carciofaia produce 50-100 mila capolini a ettaro, pari a una produzione in peso di 6-12 t ha⁻¹. La raccolta è effettuata a mano con taglio dei capolini con stelo lungo ed alcune foglie. per agevolare il trasporto della produzione fuori del campo si utilizzano rimorchi o carri- raccolta trainati, forniti di ali laterali.

Tecnica agronomica suggerita nel sistema Agrivoltaico

Nello specifico caso del sistema consociato complesso Agrivoltaico su questa coltura saranno applicate tutte le tecniche agronomiche concepite in un approccio agroecologico indirizzate a ottenere una condizione di elevati livelli di sostenibilità, intesa in termini dei tre principali pilastri su cui si fonda, e miglioramento dei livelli di qualità del suolo. In particolare, le lavorazioni del suolo effettuate solo all'impianto, gli interventi fitosanitari tese a controllare patogeni e insetti solo in caso di reale necessità, il controllo delle erbe infestanti effettuato con metodi non chimici, gli interventi di irrigazione sono previsti in situazione di necessità come soccorso al momento del ricaccio dei durioni e sviluppo vegetativo in estate con metodi di microirrigazione, inoltre, la coltura sarà gestita in consociazione di cover crop per un inerbimento controllato.

In relazione alle ipotetiche varietà da adottare, è opportuno effettuare la scelta in funzione delle richieste di mercato del momento anche se si consigliano in ordine di interesse le seguenti: Carciofo romanesco, Carciofo di Orte, Carciofo violetto di Toscana.

ZUCCA DA ZUCCHINI

Zucca da zucchini (*Cucurbita pepo* L.)

La zucca è una pianta monoica annuale. Diverse sono le specie coltivate che si distinguono per alcuni caratteri botanici, tra cui la forma e grossezza del frutto e del seme. La zucca da zucchini appartiene alla specie *Cucurbita pepo* L. di cui si consumano i frutti tenerissimi appena formati e i fiori maschili.

Caratteri botanici e biologia

Si tratta di un'erbacea monoica annuale dal portamento strisciante o rampicante, con grandi foglie di colore verde scuro e tomentose, ovvero ricoperte da una morbida e corta peluria. I fiori sono giallo-arancio a forma di calice, mentre i frutti hanno diverse forme dovute alle cultivar introdotte dall'uomo. Possono essere più o meno lunghi, verde scuro o chiaro, tondi o lobati, con o senza striature. La pianta è caratterizzata da uno stelo ruvido, a sezione angolare ricco di peli. Il fusto è più o meno ramificato, strisciante o rampicante in presenza di tutori. Nei moderni ibridi di zucca da zucchini lo stelo è caratterizzato da internodi molto raccorciati e non presenta ramificazioni, per cui la pianta ha un portamento ad alberello o strisciante. Da ogni nodo si origina in modo alterno una foglia alla cui ascella si possono formare ramificazioni secondarie e altre ramificazioni. Le foglie sono semplici, alterne e spirali, con picciolo più o meno allungato, scabre (ruvido al tatto), palminervie e caratterizzate dalla presenza di una peluria più o meno accentuata. Le foglie presentano incisioni più o meno evidenti, lamina con margine seghettato e molto espansa di colore verde più o meno intenso con o senza marmorizzazioni (macchie bianche, grigie o argentate) e peli irritanti. Nelle colture a semina diretta, l'apparato radicale può raggiungere ,5 m di profondità anche se la maggior parte del sistema radicale si trova fino a una profondità di lavorazione del suolo (0,4-0,5 m). Nelle colture da trapianto, in cui il fittone perde la sua funzionalità durante la crescita della piantina in contenitore, l'apparato radicale più superficiale e assume portamento fascicolato. I fiori sono generalmente unisessuali e attinomorfi (presentano più piani di simmetria raggiata). Il fiore presenta cinque sepali saldati alla base e una corolla gialla campanulata normalmente simpetala (petali concreescenti e saldati tra loro). I fiori maschili presentano 3-5 stami con filamenti completamente saldati e sono presenti all'ascella delle foglie singolarmente. Il fiore femminile formato da tre carpelli (foglia modificata con funzione riproduttiva) saldati in un ovaio infero. I fiori femminili sono in genere più grandi dei fiori maschili e si trovano all'ascella delle foglie singolarmente. Il frutto della zucca da zucchini può essere tondo oppure allungato, cilindrico oppure clavato, provvisto o meno di costolature e striature sulla

superficie. L'epidermide del frutto è generalmente verde, con tonalità che vanno dal chiaro allo scuro e con presenza di striature biancastre in alcune cultivar; esistono anche cultivar con frutti bianchi o gialli. La polpa è bianca senza cavità centrale. I frutti commerciali hanno generalmente un peso medio di 100-200 g e i semi sono piatti, di colore crema e forma ovale dal peso di 1000 semi variabile da 100 a 200 g a seconda della cultivar.

Come per tutte le cucurbitacee orticole, la zucca da zucchini ha un ciclo annuale che inizia con la germinazione dei semi direttamente nel terreno (campo o serra) o in vivaio in substrato all'interno di contenitori alveolati per il trapianto. In condizioni ottimali di temperatura e umidità, la germinazione è molto veloce e si completa in pochi giorni. La fase di crescita vegetativa è rapida ed è accompagnata, dopo 4-5 settimane, dalla comparsa dei primi fiori a cui segue la fase riproduttiva della coltura con l'impollinazione entomofila dei fiori femminili e l'allegagione dei frutti (peponidi). L'allegagione diminuisce all'aumentare dei frutti allegati. La maturazione delle peponidi si ha dopo un periodo di 35 – 50 giorni dall'antesi. La fioritura ha inizio con la comparsa di fiori femminili, in genere quando le piante hanno 6 – 7 foglie, ma spesso i primi fiori cadono (colatura) per mancata impollinazione a causa dell'assenza dei fiori maschili. In seguito compaiono i fiori maschili e femminili. Il rapporto tra fiori maschili e femminili varia a seconda della cultivar e le condizioni ambientali. In generale, temperature alte di notte ($> 30^{\circ}\text{C}$) e giorno lungo favoriscono la produzione di fiori maschili, mentre temperature basse (ma non inferiori a 10°C) e giorno corto aumentano la produzione di fiori femminili. L'antesi dei fiori inizia la mattina presto e termina con le prime ore del pomeriggio. I fiori rimangono ricettivi per 2-3 giorni. L'impollinazione avviene nelle prime ore del mattino ad opera di api e bombi. La fecondazione è prevalentemente allogama con percentuali di inter-incrocio elevate (60 – 90%). Alcune cultivar possono avere lo sviluppo partenocarpico del frutto riconoscibile dall'assenza dei semi. Tali cultivar sono utilizzate soprattutto in coltura protetta, in quanto permettono la produzione di frutti anche in assenza di pronubi e condizioni climatiche avverse per l'allegagione.

Esigenze e adattamento ambientale

Come per tutte le cucurbitacee, la zucca da zucchini si adatta a diversi tipi di terreno, anche se predilige quelli a medio impasto o argillo-limosi purché ben strutturati, fertili, ricchi di sostanza organica e ben drenati con pH compreso tra 5,5 e 7,0. La zucca da zucchini è una coltura macroterma in quanto necessita di elevate esigenze climatiche. La temperatura minima di germinazione è di circa 14°C , mentre i valori ottimali sono compresi tra 25 e 30°C . Come tutte le cucurbitacee cresce meglio in presenza di un differenziale termico tra giorno e notte (termoperiodismo) con temperatura diurna a $24-30^{\circ}\text{C}$ e notturna a $12-15^{\circ}\text{C}$, sotto i 4°C si ha l'inibizione della germinabilità del polline mentre sopra di 35°C rallenta la crescita e si manifesta appassimenti. Impianto e Tecnica colturale

Nella coltivazione in pieno campo, la zucca da zuccchino può occupare il posto di una coltura principale (coltura da rinnovo) con impianto primaverile, oppure, come coltura intercalare con impianto estivo dopo la raccolta di un cereale autunno-vernino. È sconsigliato ripetere la coltivazione nello stesso terreno prima di 3-4 anni per l'incremento delle avversità biotiche. La preparazione del suolo prevede un'aratura (0,3 m) seguita da lavori complementari per l'affinamento. La messa in campo può essere con semina o con trapianto. La semina diretta in pieno campo trova applicazioni molto limitate e viene effettuata quando la temperatura si stabilizza su valori superiori a 15 °C, a postarelle avendo cura di disporre 2-4 semi per postarella alla profondità di 3-5 cm. A seguito dell'emergenza, quando la piantina ha 3 foglie vere, si procede con il diradamento al fine di lasciare una pianta per postarella. Riguardo al trapianto viene realizzato, quando la temperatura si stabilizza su valori superiori alla temperatura minima biologica, con piantine che hanno 2-4 foglie vere prodotte in vivai specializzati in contenitori alveolati (40 – 60 fori), disponendo le piantine a file singole o binate con preferenza per quest'ultime per raggiungere una maggiore densità di semina. La zucca da zuccchino esige una concimazione completa avvantaggiata dalla concimazione organica. La concimazione minerale viene svolta in genere con concimi binari fosfo-azotati (4-5 quintali a ettaro) e solfato potassico (1-2 quintali a ettaro). La distribuzione dei concimi organici interessa tutto il terreno coltivato mentre i concimi minerali sono localizzati. La zucca da zuccchini presenta elevate esigenze idriche con una evapotraspirazione massima di 5 mm al giorno, ma non è favorita nella fruttificazione da condizioni di umidità del terreno elevate e costanti. Pertanto, si consiglia di effettuare irrigazioni poco frequenti. Per quanto riguarda l'irrigazione, i sistemi più utilizzati sia per le colture di pieno campo che in serra sono quelli localizzati perché permettono un miglior controllo degli apporti idrici, consentono di effettuare la fertirrigazione e non bagnano la parte epigea con benefici di ordine fitosanitario. Sono molto diffuse anche le manichette gocciolanti di durata stagionale in quanto di facile manutenzione e costo contenuto. La coltivazione avviene in file distanti 1 metro tra le file e 0,7-0,8 m lungo le file con una densità di circa 1 pianta m². La raccolta degli zuccchini è scalare ed è fatta al momento in cui il fiore, che in alcuni casi si lascia attaccato al frutto, sta per schiudersi. In genere la raccolta inizia 40-50 giorni dal trapianto e può durare circa 3 mesi. A seconda della cultivar, la raccolta può essere effettuata ogni 1 – 2 giorni avendo cura di non arrecare danno ai frutti più giovani. I rendimenti produttivi sono compresi tra 30 e 50 t ha⁻¹ con punte in coltura protetta fino a 70 t ha⁻¹.

Tecnica agronomica suggerita nel sistema Agrivoltaico

Nello specifico caso del sistema consociato complesso Agrivoltaico su questa coltura saranno applicate tutte le tecniche agronomiche concepite in un approccio agroecologico indirizzate a ottenere

una condizione di elevati livelli di sostenibilità, intesa in termini dei tre principali pilastri su cui si fonda, e miglioramento dei livelli di qualità del suolo. In particolare, le lavorazioni del suolo effettuate in modo limitato e ridotte, gli interventi fitosanitari tese a controllare patogeni e insetti solo in caso di reale necessità, il controllo delle erbe infestanti effettuato preferibilmente con metodi non chimici, gli interventi di irrigazione effettuati in modo razionale in funzione dell'ETR e con metodo a ridotto consumo di acqua attraverso pratiche di microirrigazione.

In relazione alle ipotetiche varietà da adottare, è opportuno effettuare la scelta in funzione delle richieste di mercato del momento anche se si consigliano in ordine di interesse le seguenti: Zucchina lunga fiorentina, Zucchini romanesco, Zucchini nero di Milano.

PISELLO

Pisello (*Pisum sativum* Asch. et Gr.)

La pianta del pisello risulta essere coltivata fin dal Neolitico (7000 a.C.) con una zona di origine che viene fatta risalire nelle zone a Nord dell'India. Attualmente, la coltura del pisello è impiegata negli ordinamenti colturali in tutto il mondo ed in particolare nei Paesi asiatici (India, Cina).

La produzione è orientata sul pisello fresco, da consumo diretto, sul pisello da pieno campo per l'industria conserviera (inscatolamento, surgelazione), sul pisello per granella secca per alimentazione umana o zootecnica ("pisello proteico"). Inoltre, il pisello è usato largamente anche come foraggera da erbaio.

Caratteri botanici e biologia

Il pisello è una pianta annuale glabra e glauca, con un solo stelo cilindrico sottile e debole. La gracilità dei fusti ha come effetto che le colture di pisello tendono a prostrarsi a terra, a meno che non siano fornite di sostegni (frasche, reti) come nella coltura ortense. Il pisello ha una radice marcatamente fittonante, che si sviluppa fino a 0,80 m di profondità, con numerose ramificazioni. Le foglie sono pennate. I fiori sono lungamente pedunculati e si formano in numero da 1 a 4 su racemi ascellari sorgenti sui nodi mediani e superiori dello stelo. La corolla è grande e vistosa, bianca nel pisello da granella, rosso-violetto nel pisello da foraggio. La fecondazione è autogamia e produce un baccello liscio, quasi cilindrico, contenente numerosi semi (4-10). La germinazione dei semi è ipogea. I semi di pisello sono variabilissimi per forma, colore, dimensione. La forma è normalmente rotondeggiante ma può essere cuboide nelle forme in cui i semi sono molto serrati nel baccello. Un'importante differenza di forma quella tra semi lisci e grinzosi, causata dal diverso livello

di accumulo di carboidrati nei cotiledoni. Nei semi lisci, a maturazione è presente prevalentemente amido; in quelli grinzosi poco più della metà dei carboidrati di riserva è amido mentre il resto sono zuccheri solubili, la cui presenza fa sì che i semi restino dolci e teneri a lungo, durante la maturazione; ciò è un grande vantaggio rispetto ai piselli a seme liscio che, se non raccolti al momento giusto, rapidamente si induriscono e perdono la dolcezza. I piselli a seme grande, verde e grinzoso vanno bene per la surgelazione mentre per l'inscatolamento si vogliono solo piselli a seme piccolo e liscio. La dimensione dei semi è variabilissima: 1000 semi possono pesare da 100 a 500 g.

Esigenze e adattamento ambientale

Il pisello è una pianta microterma che ha limitate esigenze di temperature per crescere e svilupparsi, e rifugge dai forti calori e dalla siccità. Per questo la coltura del pisello può essere fatta con successo negli ambienti o nelle stagioni fresche. In Italia la semina autunnale nelle regioni a inverno mite (centro-meridionali), mentre in quelle settentrionali questa epoca si semina può essere adottata solo con varietà resistenti al freddo; in caso contrario, dopo passati i rigori dell'inverno. La resistenza al freddo del pisello è limitata, ma varia molto con il grado di sviluppo della pianta e con la varietà. La fase di massima resistenza lo stadio "4-5 foglie", in cui sopporta senza danno temperature fino a -8 °C. allo stadio di fioritura anche gelate leggere sono dannose. In generale, però, la maggiore intolleranza del pisello è per le alte temperature. Forti calori durante la fase di riempimento dei semi da raccogliere freschi, ne accelerano troppo la maturazione e ne provocano il rapido indurimento, con gravissimo pregiudizio per la qualità. La maturazione avviene invece con gradualità e la raccolta può essere fatta in tutta tranquillità, in condizioni di temperatura moderata e di elevata umidità dell'aria.

Impianto e Tecnica colturale

Il pisello è una precessione ottima per il frumento in quanto libera presto il terreno, lo lascia assai rinettato dalle malerbe e lascia un buon residuo di azoto, stimabile dell'ordine di 40-60 Kg/ha. Esso è quindi coltivabile tra due cereali autunnali. È buona norma prevedere un intervallo di almeno 4 o 5 anni prima di far tornare il pisello sullo stesso terreno, a causa delle malattie. La concimazione minerale più importante è quella fosfatica, sempre necessaria nella misura di 60-80 Kg/ha di P₂O₅. Il potassio va somministrato in caso di terreni poveri di questo elemento, mentre l'azoto non dà, in genere, risposta; al massimo 20-30 Kg/ha di azoto potrebbero essere dati alla semina. La preparazione del terreno è molto simile a quella per il frumento: lavorazione a media profondità, affinamento delle zolle anche in profondità per evitare cavernosità, ma affinamento superficiale non particolarmente spinto, data la grossezza del seme. Nel caso di colture per l'industria le semine si eseguono

scalarmene, in modo da prolungare il periodo di maturazione-raccolta. In pieno campo la semina va fatta a file distanti sui 0,18-0,25 m; in questo modo si ha maggior competizione verso le erbe infestanti e più facile raccolta meccanica.

Il pisello si semina a 70-100 semi a metro quadro per avere da 50 a 70 piante a metro quadro; peraltro, la coltura ramificandosi più o meno riesce a compensare difetti di densità. A seconda del peso medio dei semi, le quantità oscillano da 150 a oltre 250 Kg/ha.

Per la semina si usano in genere le seminatrici universali da frumento, avendo cura di controllare che i semi non siano spaccati dal distributore. Il pisello da industria va raccolto ad un giusto grado di maturazione, definito dalla tenerezza del seme valutata in gradi tenderometrici. I piselli al di sotto di 90 gradi tenderometrici sono troppo teneri, quelli al di sopra di 130 sono troppo duri; il grado di maturazione più conveniente sia per l'agricoltore sia per l'industria di 0 gradi. Un altro aspetto qualitativo importante nel determinare il momento per raccogliere il pisello da inscatolamento è il calibro dei semi. La raccolta del pisello da industria si è evoluta attraverso macchine semoventi pettinatrici e sgranatrici, che staccano i baccelli e sgranano solo questi. Tale soluzione è quella attualmente preferita per la velocità di esecuzione (1h per ettaro).

Nello specifico caso del sistema consociato complesso Agrivoltaico su questa coltura saranno applicate tutte le tecniche agronomiche concepite in un approccio agroecologico indirizzate a ottenere una condizione di elevati livelli di sostenibilità, intesa in termini dei tre principali pilastri su cui si fonda, e miglioramento dei livelli di qualità del suolo. In particolare, le lavorazioni del suolo in modo ridotte, gli interventi fitosanitari tese a controllare patogeni e insetti solo in caso di reale necessità, il controllo delle erbe infestanti effettuato con metodi non chimici, gli interventi di irrigazione sono previsti in situazione di necessità come soccorso.

In relazione alle ipotetiche varietà da adottare, per il pisello bisogna decidere di volta in volta in funzione delle caratteristiche richieste dal mercato; tuttavia, tra le differenti possibili varietà si possono citare: Negret, Volunteer, Dwarf Telephone, Television, Lincoln, Tirabeque, Asterix, Mangetout, Snap peas, Bluemoon, Bluetooth.

CAVOLO

Cavolfiore (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.)

Il Cavolfiore (*Brassica oleracea* L. conv. *botrytis* (L.) Alef. var. *botrytis* L.) è una tra le crucifere più coltivate in Italia, diffusa soprattutto nelle regioni centro-meridionali. Il nome deriva dal latino "caulis" (fusto, cavolo) e "floris" (fiore). Il cavolfiore viene utilizzato sia allo stato fresco che surgelato, disidratato e sottaceto.

Caratteri botanici

Il Cavolfiore, pianta erbacea biennale, presenta una radice fittonante non molto profonda. Sul fusto eretto (lungo da 15 a 50 cm) sono inserite alcune decine di foglie costolute, di cui quelle più esterne sono più grandi, di colore verde più o meno intenso a volte tendente al grigio, pruinose, mentre quelle interne sono di colore giallognolo o verde chiaro e spesso ricoprono completamente la parte edule. La parte edule viene chiamata dai vari studiosi corimbo, pomo, cespo, capolino, fiore, pane, palla, testa, infiorescenza, falsa infiorescenza, gemma apicale ipertrofizzata o sferoide compatto. Il corimbo è il risultato della ripetuta ramificazione della porzione terminale dell'asse principale della pianta. Il corimbo può assumere forme molto diverse. La superficie superiore convessa del corimbo è formata da un elevatissimo numero di meristemi apicali.

L'infiorescenza vera e propria è a racemo e proviene dall'allungamento dei peduncoli carnosì del corimbo. Tali peduncoli allungandosi si ramificano più volte. I fiori delle prime ramificazioni abortiscono e sono fertili solo quelli della ramificazione del quarto-ottavo ordine in poi. I fiori sono di colore giallo e tipici delle crucifere. La fecondazione eterogama è quella prevalente. I frutti sono siliquie, di forma e lunghezza diverse; possono contenere fino a oltre 25 semi, tondi, di diametro variabile da 1 a 2,5 mm., rossiccio-bruni o bluastri quasi lucenti.

Esigenze e adattamento ambientale

Fornisce le migliori produzioni in zone a clima fresco e umido. Il fattore climatico più importante è la temperatura, sia durante la fase di transizione da vegetativa a riproduttiva che prima e dopo di essa. Per le cultivar precoci la temperatura ottimale per la formazione dei corimbi è di circa 17°C. Con temperature superiori a 20°C il passaggio alla fase riproduttiva è ritardato e la qualità dei corimbi diviene scadente. Anche le basse temperature possono danneggiare la pianta in coincidenza dei vari stadi in cui si trova. Se la pianta ha formato 6-8 foglioline e viene sottoposta a temperatura bassa si possono avere piante "cieche", cioè senza infiorescenza. Il gelo provoca la lessatura dei grumi che formano la parte edule.

Richiede terreni di medio impasto e un elevato livello idrico dello strato interessato dalle radici. L'evapotraspirazione è elevata anche per la notevole superficie traspirante dell'apparato fogliare.

La coltivazione si effettua in diversi periodi dell'anno, a seconda della località e delle cultivar impiegate. Le cultivar si distinguono in base alla necessità o meno di freddo per la formazione del corimbo. Ci sono infatti cultivar che non richiedono il freddo per la formazione della parte edule, ma questo è necessario però per formare l'infiorescenza vera e propria, mentre altre (le tardive, che si

comportano da piante tipicamente biennali) richiedono il freddo sia per la formazione della parte edule che per l'infiorescenza.

Impianto e Tecnica colturale

È considerata una coltura da rinnovo (intercalare) e può seguire il grano o gli ortaggi come la fava, il pisello, la carota e la patata. Può anche essere intercalato tra grano e pomodoro, utilizzando cultivar a ciclo breve.

È da evitare la monosuccessione, specie se non vengono eliminati i residui della vegetazione, in particolare se colpita da malattie. Anche se la semina diretta fornisce ottimi risultati, oggi, in particolare con l'impiego di ibridi, vengono utilizzate piantine allevate in vivaio in appositi contenitori, successivamente trapiantate (da luglio a tutto settembre). La vernalizzazione delle piantine (15-20 giorni a 2°C) sembra favorire la concentrazione del periodo di raccolta.

In funzione delle dimensioni delle piante si hanno diverse fittezze d'impianto. Le varietà tardive sono più grandi di quelle precoci, per cui le distanze d'impianto variano da 60 a 100 cm tra le file e 40-70 cm lungo le file, con una densità di piantine variabile dalle 15.000 alle 30.000 ad ettaro. Per la produzione di 10 tonnellate di corimbi le piante asportano circa 130 kg di azoto, 40 di fosforo, 140 di potassio e 50 di CaO e 7 di Mg. I concimi azotati vengono somministrati 2-3 volte: al trapianto o alla semina, circa 20 giorni dopo il trapianto o al momento del diradamento e circa un mese dopo quest'ultimo se si tratta di cultivar precoci o più tardi se tardive.

Nello specifico caso del sistema consociato complesso Agrivoltaico su questa coltura saranno applicate tutte le tecniche agronomiche concepite in un approccio agroecologico indirizzate a ottenere una condizione di elevati livelli di sostenibilità, intesa in termini dei tre principali pilastri su cui si fonda, e miglioramento dei livelli di qualità del suolo. In particolare, le lavorazioni del suolo in modo ridotte, gli interventi fitosanitari tese a controllare patogeni e insetti solo in caso di reale necessità, il controllo delle erbe infestanti effettuato con metodi non chimici, gli interventi di irrigazione sono previsti in situazione di necessità come soccorso.

In relazione alle ipotetiche varietà da adottare, per il cavolo bisogna decidere di volta in volta in funzione delle caratteristiche richieste dal mercato.

FINOCCHIO

Finocchio (*Foeniculum vulgare dulce* Mill.)

Il Finocchio è una ombrellifera coltivata prevalentemente nell'Italia centro-meridionale, dove la coltivazione è organizzata per avere prodotto tutto l'anno.

Caratteri botanici

Ha radice fittonante, fusto con nodi basali molto ravvicinati, foglie con guaine molto larghe, carnose sovrapposte in modo da formare il caratteristico grumolo; le foglie sono pinnato-composte. Se la pianta trascorre almeno un mese a temperature inferiori a 7°C passa dalla fase vegetativa alla fase riproduttiva formando lo scapo florale ramificato che porta fiori gialli riuniti in infiorescenze a ombrella composta; l'impollinazione è di norma incrociata, ad opera di insetti. Il frutto è oblungo o ellissoide ed ha un aroma caratteristico che lo rende idoneo a essere usato, oltre che per la propagazione della pianta, anche come spezia.

Esigenze e adattamento ambientale

Avendo bisogno di temperature non troppo basse durante il ciclo vegetativo, le condizioni migliori per la coltura del finocchio si hanno lungo i litorali, sia in collina che in piano.

Anche in fatto di terreno il finocchio è esigente: il terreno deve essere di medio impasto tendente allo sciolto, fresco, ricco di sostanza organica e profondo. Nei terreni molto compatti il grumolo tende a svilupparsi fuori terra andando incontro a grave deprezzamento perché in queste condizioni inverte e sviluppa germogli tra le guaine.

Impianto e Tecnica colturale

Nella coltura di pieno campo il finocchio si inserisce tra due colture in rotazione: generalmente segue il grano e precede una coltura da rinnovo a semina primaverile. L'impianto si fa per semina diretta nella grande coltura, per trapianto nella piccola coltura e per le produzioni precoci. La semina in pieno campo si fa a file distanti 40-50 cm; col successivo diradamento sulla fila si lascia una pianta ogni 20-25 cm. Questo tipo di semina viene in genere effettuato in giugno-luglio per ottenere una produzione autunnale; l'epoca di semina non deve essere troppo anticipata perché altrimenti la pianta monta a seme. Nella semina diretta in campo occorrono 10-12 kg di seme ad ettaro.

Nei casi in cui l'impianto venga effettuato mediante trapianto, la semina si fa in semenzaio e le piantine vengono poste a dimora a 45 giorni dalla semina. Per avere il prodotto in inverno, nelle zone

in cui questo è possibile, la semina in semenzaio si esegue in agosto e il trapianto in ottobre. Per avere la produzione in estate, la semina in semenzaio si fa invece in gennaio-febbraio e il trapianto si esegue in marzo-aprile. La semina o il trapianto vanno effettuati su terreno ben preparato. La concimazione presemina o pre-impianto si fa utilizzando letame e concimi fosfatici e potassici. I concimi azotati sono somministrati, abbondanti, in copertura. Durante il ciclo, vengono effettuate sarchiature, adacquature e un'accurata rincalzatura, per favorire la formazione di grumoli bianchi e serrati. Nella coltura in convenzionale si effettuano anche trattamenti diserbanti.

Nello specifico caso del sistema consociato complesso Agrivoltaico su questa coltura saranno applicate tutte le tecniche agronomiche concepite in un approccio agroecologico indirizzate a ottenere una condizione di elevati livelli di sostenibilità, intesa in termini dei tre principali pilastri su cui si fonda, e miglioramento dei livelli di qualità del suolo. In particolare, le lavorazioni del suolo in modo ridotte, gli interventi fitosanitari tese a controllare patogeni e insetti solo in caso di reale necessità, il controllo delle erbe infestanti effettuato con metodi non chimici, gli interventi di irrigazione sono previsti in situazione di necessità come soccorso.

In relazione alle ipotetiche varietà da adottare, per il finocchio bisogna decidere di volta in volta in funzione delle caratteristiche richieste dal mercato.

FAGIOLO E FAGIOLINO

Fagiolo e Fagiolino (*Phaseolus vulgaris* L.)

Esistono numerose specie di leguminose da granella molto diverse come botanica e come origine che vengono ascritte al genere *Phaseolus*, tutte indicate con il termine fagioli. Il fagiolo comune (*Phaseolus vulgaris* L.) originario dell'America meridionale (Perù, Colombia). È diffuso soprattutto in Asia, ma nel bacino del Mediterraneo. In Europa il maggiore produttore è la Spagna, seguita da Portogallo, Italia e Grecia.

Caratteri botanici

È pianta annuale a rapido sviluppo, con apparato radicale molto ramificato e piuttosto superficiale, steli angolosi, di altezza e portamento variabilissimo, da nani a rampicanti. I fagioli nani sono i più adatti alla coltura di pieno campo. I rampicanti si prestano bene alla coltura ortense dove la raccolta è scalare e manuale. Le prime foglie sono semplici, le altre trifogliate con foglioline cuoriformi. I fiori sono riuniti a grappoli in numero da 4 a 10 all'ascella delle foglie, e sono di colore per lo più bianco. La fioritura è cleistogama, il che determina una stretta autogamia, per cui la varietà si

identifica con la linea pura. Il frutto è un legume pendulo, pluriseminato, di forma, colore e dimensioni assai variabili: compressi o cilindrici, verdi o gialli, lunghi da 60 a 220 mm, dritti o incurvati. Un carattere anatomico importante la presenza o l'assenza nel baccello dei tessuti fibrosi che ne determinano il tipo di utilizzazione. Si hanno così due tipi di struttura del baccello:

- Baccelli le cui valve si separano con facilità per la presenza di un cordone fibroso lungo le linee di saldatura (“filo”) e hanno strati di tessuto fibroso (“pergamena”) entro ciascuna valva: il loro uso per seme;
- Baccelli senza filo e senza pergamena e che quindi sono teneri e carnosì a lungo (fagioli mangiatutto o da cornetti, più comunemente detti “fagiolini”).

Le dimensioni, la forma e il colore dei semi sono incredibilmente variabili, secondo i diversi gusti dei consumatori. La maggior parte delle varietà hanno semi il cui peso varia da 300 a 700 mg; una varietà italiana, il Borlotto, è molto apprezzata per il peso dei suoi semi che talora superano 800 mg. Esigenze e adattamento ambientale

Data la sua origine tropicale il fagiolo è esigente in fatto di calore. La temperatura minima per avere nascite accettabilmente pronte e regolari è di 13-14 °C.

Il fagiolo soffre moltissimo gli abbassamenti di temperatura: muore a 1-2 °C. per questi motivi in zone temperate il fagiolo può coltivarsi solo nel periodo primaverile-estivo o estivo.

Il fagiolo teme molto la siccità: in questo caso la pianta appassisce durante le ore più calde, i baccelli abortiscono o contengono pochi semi, i semi non raggiungono il pieno sviluppo.

Tenuto conto di questi fatti e della limitata profondità raggiungibile dalle radici, nel clima italiano generalmente necessaria l'irrigazione per realizzare produzioni soddisfacenti e costanti. Il clima ideale per il fagiolo è quello di tipo oceanico, con estate né eccessivamente calda né secca, poco ventosa.

La maturazione è favorita dal tempo secco.

Il terreno più adatto al fagiolo è quello sciolto, fresco, fertile; esso non deve essere troppo calcareo, altrimenti i semi che si ottengono sono duri e di difficile cottura per l'ispessimento del tegumento.

Il fagiolo si adatta ai terreni pesanti, purché questi non siano soggetti a formare crosta perché questa è un ostacolo gravissimo alle nascite delle piantine, la cui germinazione è, come si è detto, epigea e i cui cotiledoni sono soggetti a rompersi al minimo ostacolo nella fase dell'emergenza.

Il fagiolo ha una spiccatissima intolleranza per la salinità.

Impianto e Tecnica colturale

Il fagiolo trova la sua migliore collocazione tra due frumenti. È bene che la paglia del frumento precedente sia asportata e che il fagiolo torni sullo stesso terreno a intervalli non inferiori a tre anni

per evitare lo sviluppo di funghi terricoli. Data la brevità del ciclo colturale il fagiolo si inserisce bene in certi ordinamenti colturali come coltura intercalare.

La preparazione del terreno nel caso di semina primaverile in coltura principale viene fatta secondo l'itinerario tecnico tradizionale: lavorazione principale a media profondità in estate e ripassature in autunno e/o inverno per affinare il terreno.

La sistemazione idraulica dei campi va curata perché il fagiolo stenta molto a nascere e a crescere su terreni freddi e umidi. La preparazione del letto di semina deve essere particolarmente accurata facendo in modo che il terreno sia molto ben amminutato e non soggetto a formare crosta.

Nel caso di coltura intercalare la cosa più importante è guadagnare tempo e non la preparazione del terreno, ottimi risultati si ottengono con la lavorazione minima o, addirittura, con la non lavorazione.

La semina del fagiolo si può fare su un lungo arco di tempo: da aprile alla fine di luglio- primi di agosto.

Le semine primaverili vanno bene per tutte le varietà e per tutti i tipi di coltura, mentre le semine ritardate presentano vincoli tanto più stretti quanto più avanzata è la data di semina.

Per granella secca le ultime semine possibili con le varietà più precoci sono quelle di metà giugno. Nella grande coltura, dove la meccanizzazione della raccolta s'impone sia nei casi di coltura per granella che per fagiolini, le varietà sono nane e si seminano a file.

Le quantità di seme variano molto secondo la densità desiderata, la dimensione dei semi e lo stato di preparazione del letto di semina: in genere si va da 100 a 200 Kg di seme per ettaro.

La profondità di semina ottimale è di 40-60 mm in terreni a grana media, fino a 60-80 mm in terreni sciolti. Il seme deve essere sempre conciato.

La concimazione del fagiolo deve basarsi sul fosforo e se scarseggia sul potassio. I fagioli da seme fresco si raccolgono con macchine pettinatrici-sgranatrici semoventi; i fagioli secchi si raccolgono con le normali mietitrebbiatrici. È considerata una buona produzione di fagioli secchi di 2-2,5 t/ha. Nel caso di fagioli freschi, produzioni buone sono di 12 t/ha da baccelli da sgranare o di 5-6 t/ha di cornetti secondo la varietà e il grado di sviluppo dei baccelli.

I semi in magazzino sono molto soggetti agli attacchi del tonchio, per cui il controllo è indispensabile.

FAGIOLINO: Il fagiolino da consumo fresco, *Phaseolus vulgaris*, chiamato anche mangiatutto, cornetto, tegolino, appartiene alla famiglia delle leguminose. È una pianta annuale, a portamento determinato (le specie rampicanti sono di minor importanza commerciale), con fotoperiodismo neutro, caratterizzata da un accrescimento molto rapido. L'apparato radicale di colore marrone chiaro, è poco profondo, presenta un fittone centrale e un numero elevato di radici laterali sulle quali sono presenti i tubercoli del *Rhizobium leguminosarum phaseoli*, un batterio che vive in simbiosi con il fagiolino capace di fissare l'azoto atmosferico e renderlo disponibile per la pianta. Il fusto, di colore

verde, è corto, più o meno robusto a seconda delle cultivar, non necessita di tutori. Le foglie sono diverse a seconda dello stadio di sviluppo: le prime, quelle embrionali sono di forma cuoriforme, quelle successive sono composte da tre foglioline lanceolate e/o cuoriformi a seconda della varietà. I fiori, riuniti in un racemo, possono variare da un colore chiaro, con sfumature verso il giallo, il che è sinonimo dell'avvenuta allegazione. Il frutto, di colore verde più o meno intenso, è formato da due valve all'interno delle quali si trovano i semi e la polpa. Essendo una specie di origine tropicale, necessita di temperature abbastanza elevate, con un ottimale per la crescita attorno ai 18 - 24 °C., per la germinazione dei semi sui 22 - 28 °C., per l'allegazione fra i 15 e i 25 °C. Di conseguenza temperature molto basse provocano scompensi nella crescita, in particolare temperature fra 0 -1 °C provocano la morte, al di sotto dei 10 °C. la pianta non cresce, così come oltre ai 35 °C la crescita è prossima allo zero e l'allegazione è fortemente compromessa dalla cascola fiorale. Possono provocare altresì danni periodi stagionali fortemente ventosi. Il fagiolino ha un basso potere calorico (17 Kcal. per 100 g. di sostanza) ed è molto ricco di fibra alimentare che favorisce il transito intestinale. Gli aspetti botaniche le esigenze ambientali sono le stesse che sono state descritte per il fagiolo. I canoni che determinano la scelta varietale sono vari. I legumi devono rientrare nelle tipologie adatte alla trasformazione industriale, appertizzato o surgelato. In tal senso è particolarmente apprezzata l'uniformità nel colore e nella lunghezza dei baccelli, che devono essere di sezione rotonda, con apice diritto e senza filo. Per ottenere un prodotto di qualità i legumi devono poi presentare tolleranza alla marcatura del seme ed agli aborti seminali e bassa suscettibilità alla sovra maturazione ed alla disidratazione. Una buona vigoria facilita la raccolta meccanica; in più, la pianta deve avere portamento eretto, buona tolleranza ad allettamento, rusticità e tolleranza alla cascola floreale. La produzione deve essere inserita nella parte alta in modo da essere più facile da raggiungere. I baccelli devono essere lunghi (10 -12 cm x industria e da 12 a 15 cm da mercato), dritti e di colore verde medio scuro per il mercato e medio chiaro per l'industria; non devono toccare la terra. Rimane fondamentale, comunque, per avere una buona produzione la corretta irrigazione: è consigliato l'utilizzo degli sprinkler che permettono di razionalizzare l'utilizzo dell'acqua, bagnare uniformemente e non compattare il terreno come altrimenti spesso succede con l'utilizzo del rotolone con cannone. Inoltre, consentono anche di fare irrigazioni di soccorso contro le alte temperature. Lo stadio ottimale di maturazione coincide generalmente con il raggiungimento, nella sezione longitudinale del legume, di un rapporto pari a 1 fra lunghezza del seme e lunghezza dello spazio interseme.

Nello specifico caso del sistema consociato complesso Agrivoltaico su questa coltura saranno applicate tutte le tecniche agronomiche concepite in un approccio agroecologico indirizzate a ottenere una condizione di elevati livelli di sostenibilità, intesa in termini dei tre principali pilastri su cui si

fonda, e miglioramento dei livelli di qualità del suolo. In particolare, le lavorazioni del suolo in modo ridotte, gli interventi fitosanitari tese a controllare patogeni e insetti solo in caso di reale necessità, il controllo delle erbe infestanti effettuato con metodi non chimici, gli interventi di irrigazione sono previsti in situazione di necessità come soccorso.

In relazione alle ipotetiche varietà da adottare, per il finocchio bisogna decidere di volta in volta in funzione delle caratteristiche richieste dal mercato.

ESSENZE PER LA MITIGAZIONE VISIVA DELL'IMPIANTO

Lungo tutto il perimetro dell'impianto sarà presente una fascia di mitigazione visiva. Come indicata nella mappa seguente nella zona perimetrale sarà impiantata una siepe di Oleandro o di Alloro, due essenze tipiche della zona mediterranea.

Oleandro

L' Oleandro (*Nerium oleandrum*), essenza sempreverde tipica della macchia mediterranea e coltivata in tutta la penisola italiana.

L'oleandro è una specie termofila ed eliofila, abbastanza rustica. Ha caratteri xerofitici dovuti alla modificazione degli stomi fogliari che gli permettono di resistere a lunghi periodi di siccità. Teme il freddo, pertanto in ambienti freddi fuori dalla sua zona fitoclimatica deve essere posto in luoghi riparati e soleggiati.

Grazie al suo portamento, l'oleandro, si presta alla creazione di siepi sempreverdi a bassa manutenzione.



Esempio di fascia di mitigazione con siepe di Oleandro

Alloro

L'alloro (*Laurus nobilis*), è una pianta sempreverde originario del Mediterraneo, si distingue per il suo fogliame aromatico e le sue molteplici virtù. Oltre al rinomato impiego culinario, l'alloro si afferma come scelta eccellente per la realizzazione di siepi eleganti e funzionali. L'alloro ha foglie lanceolate, coriacee e di un verde intenso, emanano un profumo caratteristico e possiede fiori piccoli e bianchi.



Particola delle foglie e infiorescenze di Alloro (sx) – Siepe di Alloro (dx)

Ha una crescita mediamente vigorosa, con un ritmo di circa 30 cm e più all'anno, in base alle condizioni pedoclimatiche, che gli permette di raggiungere altezze considerevoli se non potato (fino a 12 metri), mentre in siepe si mantiene generalmente tra i 2 e i 5 metri. L'alloro vanta una notevole adattabilità, prosperando in differenti tipi di terreno. Robusto e resiliente, l'alloro sopporta le basse temperature fino a -10°C ed è poco incline a parassiti e malattie. Esso è poco esigente in termini di cure colturali, tollera bene la potatura, che permette di modellarlo in diverse forme e di contenerne lo

sviluppo. La chioma dell'alloro è densa e compatta e crea una barriera che la rende ideale per la creazione di fasce di mitigazione.

L'alloro ha bisogno di poche cure colturali, l'irrigazione va effettuata alla messa a dimora delle piante e in seguito si interviene solo in caso di siccità prolungata con irrigazioni di soccorso. Per la concimazione si consiglia di intervenire con concime minerale NPK 15/15/15, o letame, all'impianto e con concime organico con cadenza annuale prima della ripresa vegetativa. Per contenere la crescita e assestarla ad un'altezza compresa tra i 2 e i 5 metri è necessaria una o due potature l'anno in primavera o in autunno.

Il materiale vegetale dovrà essere fornito in contenitori multiforo con volume della zolla compreso tra 0,26 e 0,40 litri e altezza della pianta fino a 100 cm e certificato secondo il D.Lgs. N. 386/2003



Pianta di alloro in vaso

Il sesto di impianto per ottenere una siepe di altezza compresa fra i 2 e i 5 metri è compreso fra i 70 e gli 80 cm posti su un'unica fila ad una distanza minima dal confine di 1 metro.

La messa a dimora delle piante verrà effettuata in primavera, esse verranno poste in buche di volume consono alla zolla insieme ad una quantità di concime NPK 15/15/15 pari a 40 gr per pianta. Appena dopo la messa a dimora le piante vanno irrigate per favorirne l'attecchimento.

PIANO COLTURALE

Premesso che la scelta del piano colturale verrà effettuato anno per anno in base alle esigenze di mercato, di seguito ne verranno indicati alcuni a titolo esemplificativo, tenendo conto della pratica della rotazione atta a preservare la fertilità del terreno e una maggiore produttività delle colture nel tempo. Nel caso dell'impianto in oggetto sono stati individuati due soluzioni in base alla disponibilità di acqua per l'irrigazione. In prossimità degli appezzamenti sono presenti dei vasconi di accumulo di acqua piovana, previo accordo con i proprietari essi potranno essere usati per l'irrigazione per la coltivazione delle colture elencate negli esempi di rotazione.

Esempi di rotazione

IPOTESI A - IRRIGUO	
ANNO	SPECIE COLTIVATA
1	ASPARAGO
2	ASPARAGO
3	ASPARAGO
4	ASPARAGO
4	VECCIA
5	POMODORO
5	TRIFOGLIO
6	ASPARAGO
7	ASPARAGO
8	ASPARAGO
9	ASPARAGO
9	ZUCCHINI

IPOTESI B - IRRIGUO	
ANNO	SPECIE COLTIVATA
1	CARCIOFO
2	CARCIOFO
3	CARCIOFO
4	CARCIOFO
4	ZUCCHINI
5	ASPARAGO
6	ASPARAGO
7	ASPARAGO
8	ASPARAGO
8	VECCIA
9	POMODORO
9	TRIFOGLIO

IPOTESI C - IRRIGUO	
ANNO	SPECIE COLTIVATA
1	ZUCCHINI
2	PISELLO
3	POMODORO
4	CAVOLFIORE
5	FINOCCHIO
6	FAGIOLINO
IPOTESI D – ASCIUTTA	
ANNO	SPECIE COLTIVATA
1	FRUMENTO
2	GIRASOLE
3	COLTURA FORAGGERA
4	FRUMENTO

VERIFICA DEI REQUISITI DETTATI DALLE LINEE GUIDA IN MATERIA DI IMPIANTI AGROVOLTAICI

REQUISITO A: l'impianto rientra nella definizione di "agrivoltaico"

L'impianto nella sua interezza è stato suddiviso in quattro aree e l'analisi per la verifica del REQUISITO A è stata condotta per ogni singolo blocco



A.1) Superficie minima coltivata: è prevista una superficie minima dedicata alla coltivazione

AREA	Sup. Moduli [ha]	Sup Proprietà [ha]	Sup. tare [ha]	Sup Totale [ha]	Sup. strade e fabbricati [ha]	Sup. mitigazione [ha]	Sup. proiezione moduli 55° [ha]	Sup agricola [ha]	% Sup agricola [ha]
Area 1	15,22	43,15	1,05	42,10	1,25	1,3513	9,17	30,33	72,0%
Area 2	35,95	107,85	4,99	102,86	3,03	2,8493	21,65	75,32	73,2%
Area 3	0,94	6,82	1,52	5,30	0,07	0,6734	0,57	3,99	75,3%
Area 4	2,28	8,77	0,00	8,77	1,20	0,6373	1,37	5,56	63,3%
	54,40	166,59	7,57	159,02	5,56	5,51	32,76	115,19	72%

La superficie minima coltivata risulta essere del 72% soddisfacendo così il requisito A1 delle Linee guida in materia di impianti agrivoltaici che fissa un minimo per lo stesso indice al 70%

A.2) LAOR massimo: è previsto un rapporto massimo fra la superficie dei moduli e quella agricola;

AREA	Sup. Moduli [ha]	Sup Proprietà [ha]	Sup. tare [ha]	Sup Totale [ha]	LOAR
Area 1	15,22	43,15	1,05	42,10	36,2%
Area 2	35,95	107,85	4,99	102,86	35,0%
Area 3	0,94	6,82	1,52	5,30	17,8%
Area 4	2,28	8,77	0,00	8,77	26,0%
TOTALE	54,40	166,59	7,57	159,02	34%

	LAOR impianto	LAOR imp. ≤ 40%
Area 1	36,2%	Req. A2 Soddisfatto
Area 2	35,0%	Req. A2 Soddisfatto
Area 3	17,8%	Req. A2 Soddisfatto
Area 4	26,0%	Req. A2 Soddisfatto

Il LAOR indicato nelle linee guida del MITE prevede che un impianto per rientrare nella definizione di agrovoltaico debba essere inferiore al 40%, dalla tabella precedente si evidenzia come ogni area e di conseguenza tutto l'impianto rispetti tale requisito.

REQUISITO B: Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica dell'impianto, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli

B.1 Continuità dell'attività agricola

a) L'esistenza e la resa della coltivazione

Prima dell'entrata in esercizio dell'impianto agrovoltaico, una volta individuato il piano colturale scegliendo fra le essenze proposte, sarà redatto una perizia di confronto fra la Produzione Lorda Vendibile e la stima del piano colturale adottato. La perizia sarà inoltrata agli enti preposti al controllo

b) Il mantenimento dell'indirizzo produttivo

L'indirizzo produttivo attuale è quello definibile come SEMINATIVO IN ASCIUTTA o ORTIVO (in caso di coltura irrigua), le coltivazioni delle annate agrarie precedenti verranno mantenute entro i limiti imposti dalla rotazione colturale per le aree irrigue e quelle non irrigue. Come esposto in precedenza, sulla superficie occupata dai pannelli, non sono presenti coltivazioni DOP o IGP.

REQUISITO D2: Monitoraggio della continuità agricola

Gli elementi da monitorare nel corso della vita dell'impianto sono:

1. l'esistenza e la resa della coltivazione;
2. il mantenimento dell'indirizzo produttivo;

A tal scopo verrà redatta una relazione da un tecnico agronomo o perito agrario nella quale verranno indicate le buone pratiche agricole (disciplinare di coltivazione al fine di guidare l'imprenditore agricolo nella coltivazione sostenibile).

Inoltre, ogni anno verrà compilata una perizia asseverata da un tecnico competente dove verrà indicato il piano di coltivazione per l'anno successivo e la resa dell'anno precedente. In questo modo si potrà facilmente monitorare il mantenimento dell'indirizzo produttivo e, al contempo, la coltivazione dell'anno precedente. In questo modo si potrà creare un database per evidenziare la differenza di produttività dei sistemi agrovoltai in confronto alle colture tradizionali in pieno campo.

CONCLUSIONI

L'impianto Agrivoltaico combina, su una stessa superficie di suolo, colture adeguatamente progettate e strutturate e pannelli fotovoltaici dinamici al fine di ottimizzare le potenzialità del territorio senza determinare impatti negativi agli ecosistemi e agroecosistemi territoriali. Affrontando la necessità di strumenti agricoli efficienti per combattere gli effetti dei cambiamenti climatici, il sistema dinamico Agrivoltaico mira a fornire benefici reciproci ed equilibrati tra produzione di cibo e produzione di energia. **I pannelli solari funzionano in tempo reale adattando la loro posizione alle esigenze di intercettare la radiazione solare e alle esigenze agronomiche che si manifestano durante il ciclo vegetativo delle colture.** Questa soluzione ha un impatto positivo sulle produzioni delle colture, sul consumo di acqua e sulla qualità del raccolto, fornendo al contempo capacità di produzione di energia. **Il "sistema consociato complesso" così strutturato non determina conflitti di uso del suolo tra produzione agraria e produzione di energia, consentendo il posizionamento delle strutture fotovoltaiche su terreni di qualità in cui si realizza comunque la produzione agroalimentare in modo sostenibile.** È importante tenere in considerazione la rotazione e la struttura delle colture prima dell'installazione dell'impianto Agrivoltaico per garantire la sostenibilità del sistema consociato complesso.

In questo caso per la progettazione dell'intero sistema sono state prese in considerazione, analizzate e studiate innanzitutto le componenti abiotiche (suolo e clima) presenti nell'area di intervento al fine di comprendere le possibili soluzioni di specie coltivate da inserire. Quindi, **una volta individuato il ventaglio di specie vegetali sono state identificate le migliori soluzioni varietali per le specie più adeguate all'ambiente oggetto di intervento.** Conseguentemente, attraverso una analisi tecnico-scientifica è stata modellizzata la struttura delle singole componenti che andranno a costituire l'intero sistema consociato complesso.

Alanno, li 24 Luglio 2023

