



Regione Toscana



PSR Toscana 2014-2020 – Progetti Integrati di Filiera

“SOLEAT – SEMI OLEOSI ALLA TOSCANA”

Sottomisura 16.2 “Sostegno a progetti pilota e di cooperazione”

**Sistemi di Innovazione Colturale per le Oleaginose
Toscane - Progetto SIC OLEAT**

Linee Guida di Buona Pratica Agricola per

Lino da olio (*Linum usitatissimum* L.)

Girasole (*Helianthus annuus* L.)

Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst)



UNIVERSITÀ DI PISA
Centro di Ricerche
Agro-Ambientali
Enrico Avanzi

LINO (*Linum usitatissimum* L.)

Introduzione

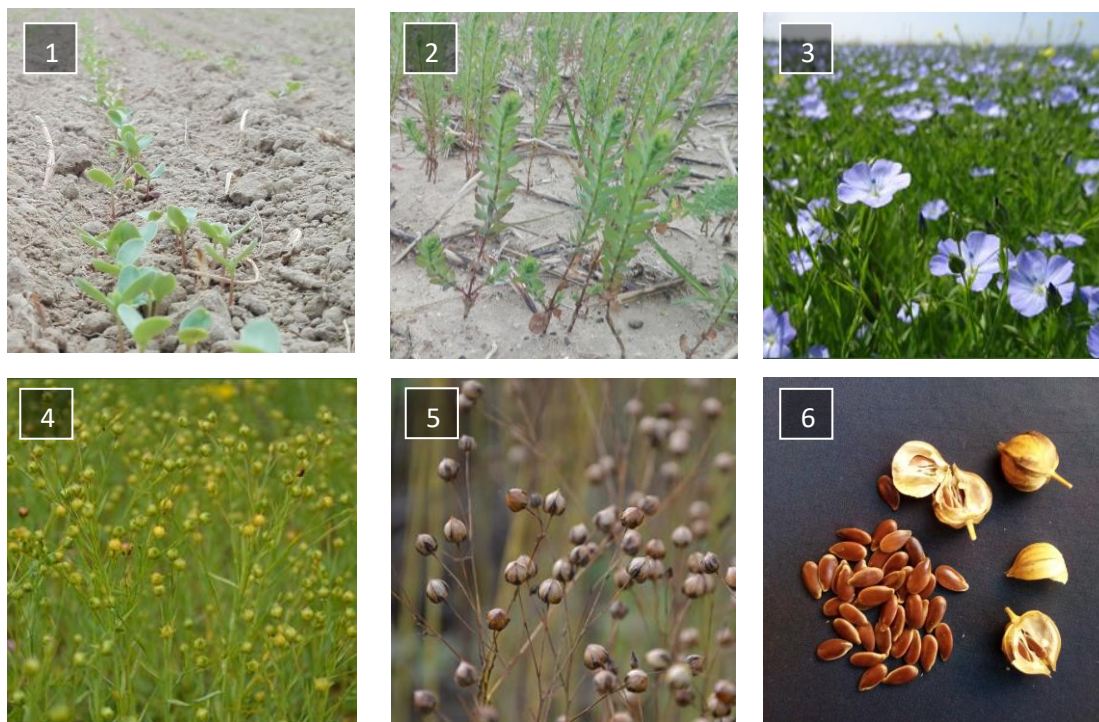
Il lino (*Linum usitatissimum* L.) è una pianta appartenente alla famiglia delle Linacee, coltivata in Europa fin dall'antichità, originariamente per il suo utilizzo come pianta tessile. Il suo impiego come coltura oleaginosa industriale è storicamente legato alle caratteristiche peculiari dell'olio, tradizionalmente usato come componente nei prodotti per la finitura di manufatti di legno, come additivo nelle vernici e nella produzione di materiali (es. linoleum). Anche se le superfici coltivate a lino in Italia sono ad oggi abbastanza limitate (stime Istat per l'anno 2020 parlano di circa 500 ha totali) a favore di altre oleaginose come colza, soia e girasole, negli ultimi anni l'interesse nei confronti di questa coltura è aumentato, sia per l'elevata qualità nutrizionale del seme e dell'olio, considerati dei veri e propri alimenti funzionali, che per la possibilità di valorizzare anche i sottoprodotti dell'estrazione dell'olio (panelli, farina d'estrazione) nel settore della mangimistica e nel settore alimentare.

Descrizione

Il lino ha una radice fittonante, foglie piccole e lanceolate, di colore verde nella pagina superiore e grigio-verdastre in quella inferiore. Le varietà da seme presentano ramificazioni alla base, in numero variabile a seconda del genotipo e delle condizioni ambientali. Le foglie sono intere, allungate e sessili, con tre nervature, inserite sul fusto alternate, secondo una disposizione a spirale. L'infiorescenza è un corimbo (i fiori, pur inserendosi in punti diversi del fusto, tendono ad essere presenti più o meno alla stessa altezza), con fiori ermafroditi, composti da cinque sepali e cinque petali, la cui intensità di colorazione può variare dal bianco all'azzurro intenso. L'impollinazione è prevalentemente autogama. La fioritura, di durata variabile da 7 a 15 giorni, è caratterizzata da una discreta scalarità, ed in presenza di suoli umidi, o precipitazioni tardo primaverili, è stata osservata l'emissione di nuovi fiori anche durante le fasi di maturazione avanzata. Il frutto è costituito da una capsula a cinque carpelli, ogni carpello è biloculare, diviso in due logge uniseminali. Le capsule sono indeiscenti a maturazione e al loro interno sono presenti un massimo di dieci semi, ma più frequentemente questi variano tra i quattro e i sette. Il peso dei 1000 semi varia da 4-7 grammi a seconda della varietà; il contenuto di olio può superare il 40% ma solitamente si attesta attorno al 30-35%; il contenuto proteico è abbastanza elevato (20-25%).

Il ciclo biologico del lino può essere suddiviso nelle seguenti fasi: germinazione ed emergenza; sviluppo delle foglie; ramificazione nella parte basale del fusto (fenomeno più accentuato nelle semine anticipate e basse densità d'impianto); allungamento del fusto; sviluppo dell'infiorescenza; fioritura e formazione delle capsule; sviluppo delle capsule e dei semi; maturazione delle capsule e

dei semi; senescenza. La durata delle varie fasi è variabile in relazione al genotipo, alle caratteristiche ambientali e alle tecniche agronomiche adottate, prima fra tutte l'epoca di semina. In linea di massima, l'intero ciclo colturale si sviluppa per una durata di 220-240 giorni, nel caso delle semine autunnali, e di 100-140 giorni, nel caso delle semine primaverili.



Fasi di sviluppo di *Linum usitatissimum*: 1. emergenza; 2. levata (si evidenziano anche le ramificazioni basali); 3. fioritura; 4. capsule in maturazione; 5. capsule mature; 6. dettaglio delle capsule e del seme.

Esigenze pedoclimatiche

Il lino si adatta abbastanza facilmente a diversi tipi di terreno, tuttavia, si ottengono i migliori risultati in terreni di medio impasto, profondi e ben strutturati. Un terreno particolarmente ricco in sostanza organica può favorire il vigore vegetativo per l'eccesso di azoto derivante dalla mineralizzazione e andare ad aumentare i rischi di allettamento. È stato osservato come anche in presenza di ristagno idrico durante le prime fasi di sviluppo, la pianta riesca a sopravvivere e portare a termine la produzione, questo anche in virtù della capacità di produrre ramificazioni secondarie che vanno a compensare eventuali fallanze. La temperatura minima di germinazione è di qualche grado superiore allo zero, con la temperatura ottimale attorno ai 10°C. Lo zero di vegetazione (temperatura sotto la quale la coltura smette di svilupparsi) è di 5°C, tuttavia la pianta può resistere a temperature anche inferiori a 0°C durante le fasi iniziali dell'accrescimento. Nei nostri ambienti è possibile effettuare la coltura sia a semina primaverile che autunnale. In quest'ultimo caso la scelta ricade su quelle varietà che presentano una maggiore resistenza alle basse temperature invernali. Nei nostri ambienti, la

coltura è comunemente praticata in asciutta, tuttavia, nel caso in cui non si sia favorito con adeguate pratiche agronomiche il corretto approfondimento delle radici, può essere soggetta a fenomeni di stress idrico, che se concomitanti con il periodo della fioritura, possono avere ripercussioni sia sulla resa in granella che sull'accumulo di olio nel seme. Al contrario un'eccessiva umidità del terreno può causarne l'allungamento del ciclo provocare perdite di produzione per allettamento.

Tecnica agronomica

Avvicendamento

Il lino può essere considerato una coltura da rinnovo. Nei sistemi agricoli tradizionali, il lino segue bene un cereale a paglia, come frumento e orzo. Il lino può anche precedere queste colture e sono stati osservati effetti positivi sulle rese dei cereali in successione a tale coltura. È opportuno evitare che la coltura venga posta in successione ad una brassicacea, sia perché condividono alcuni patogeni (*Sclerotinia sclerotiorum*), che per presenza nelle paglie delle brassicacee di alcuni composti che possono avere effetti negativi sulla germinazione del seme di lino. In contesti di agricoltura biologica, il lino può essere facilmente posto in successione ad una leguminosa (es. trifogli, pisello, favino), al fine di sfruttarne le caratteristiche di miglioratrice, tuttavia, facendo attenzione alla presenza di infestazioni di *Rhizoctonia* e *Cuscuta*, verso cui il lino è sensibile. In conclusione, è da evitare il ritorno della coltura sullo stesso terreno per un tempo inferiore ai cinque anni per via dei possibili effetti di stanchezza del terreno ai quali il lino è soggetto.

Lavorazioni del terreno

Il lino ha una radice fittonante che garantisce alla pianta una buona resistenza alla siccità e la possibilità di effettuare la coltura in asciutta; sono quindi da considerarsi positive tutte le pratiche che facilitano l'approfondimento delle radici, come arature e discissure. Le lavorazioni di affinamento del terreno effettuate su suoli troppo umidi e con attrezzi che tendono a formare la suola di lavorazione, possono impedire alle giovani piante di approfondire le radici, rendendo la coltura suscettibile a periodi di siccità. Le dimensioni abbastanza ridotte del seme richiedono una preparazione accurata del letto di semina, che dovrebbe presentarsi livellato e ben affinato in superficie e più grossolano negli strati sottosuperficiali (per garantire un adeguato drenaggio delle acque piovane). Nel caso il terreno risulti troppo soffice può essere utile effettuare una rullatura prima della semina, evitando così di deporre il seme troppo in profondità. La risposta produttiva del lino a pratiche di agricoltura conservativa, come la minima lavorazione e la semina su sodo, è in fase di studio, tuttavia, sono presenti in letteratura gli esiti di alcune sperimentazioni che riportano come tali pratiche possano portare risultati produttivi incoraggianti.

Scelta varietale

La scelta della varietà rappresenta un aspetto importante per l'ottenimento di buoni risultati produttivi, sia in termini quantitativi che qualitativi. Nella definizione della varietà da impiegare, sono da tenere in considerazione l'adattabilità alle condizioni pedo-climatiche, la stabilità produttiva e le caratteristiche qualitative del prodotto in relazione alla filiera di riferimento. Infine, particolare attenzione nella scelta della varietà deve essere posta in relazione alla resistenza ad avversità biotiche (malattie) o abiotiche (freddo/siccità/allettamento).

Tra le varietà a semina primaverile si ricordano Linoal, Valoal e Natural, mentre tra quelle a semina autunnale sono diffuse Alaska, Everest, Hivernal e Sideral. Nel contesto produttivo toscano, in base alle sperimentazioni effettuate nell'ambito del progetto Sic Oleat, le varietà che hanno mostrato maggiore adattabilità e stabilità produttiva, sono state Galaad, Kaolin e Szafir, in funzione dell'epoca di semina e delle condizioni pedoclimatiche.

Semina

Nei nostri ambienti possono essere effettuate sia semine autunnali (da metà ottobre), che primaverili (marzo). La semina autunnale garantisce un miglior sfruttamento dell'acqua immagazzinata nel terreno durante l'inverno, permettendo di anticipare la fioritura ed evitare il periodo più secco. Le piante seminate in autunno possono sviluppare un numero variabile (in media da 2 a 4) di culmi basali in relazione principalmente alla densità di semina e al genotipo. Nelle semine autunnali, le piante offriranno una maggiore resistenza al freddo nel caso in cui abbiano sviluppato 6-8 foglie vere al sopraggiungere dei rigori invernali. La dose di semina varia attorno ai 40-50 kg ha⁻¹, impiegando dosi maggiori nelle semine primaverili. Densità troppo elevate, in particolare nelle semine autunnali, non sono desiderabili, in primo luogo perché la coltura emettendo ramificazioni basali riesce entro certi limiti a compensare eventuali fallanze, e secondariamente, l'aumento della competizione tra le piante può provocare un eccessivo incremento di taglia, esponendo la coltura in fase di maturazione a fenomeni di allettamento. La semina può essere effettuata con comuni seminatrici a righe da cereali, adottando una distanza interfilare attorno ai 15 cm, e una profondità di deposizione del seme di 1-2 cm; incrementare la profondità di deposizione oltre i 3 cm, può diminuire irrimediabilmente la germinabilità e l'emergenza.

La buona riuscita della coltura non può prescindere, specialmente in contesti di produzione biologica, dall'utilizzo di semente certificata, con alta germinabilità e vigore germinativo, per assicurare una precoce e uniforme copertura del terreno, incrementando la competitività della coltura nei confronti delle infestanti.

Concimazione

La definizione della dose di concime da distribuire non può prescindere da un'attenta valutazione delle effettive condizioni di coltivazione (dotazione nel suolo, apporto di concimi minerali e organici alle colture precedenti, gestione dei residui colturali) e del livello atteso di produzione granellare. Indicativamente il lino richiede tra i 40-50 kg di azoto, 10-15 kg di fosforo e 15-20 kg di K per tonnellata di seme prodotto, con richieste leggermente inferiori nelle semine primaverili. Particolare attenzione va posta alla concimazione azotata, poiché eccessivi apporti possono accentuare il vigore vegetativo, esponendo la pianta a rischi di allettamento, e provocare un allungamento del ciclo colturale. Il lino si avvantaggia maggiormente della concimazione minerale rispetto a quella organica. Il periodo di massimo fabbisogno di azoto non è molto prolungato e corrisponde alla fase di allungamento del fusto. Nel caso di utilizzo di fertilizzanti minerali, se ne raccomanda l'applicazione alla ripresa vegetativa per le semine autunnali (possibilmente in due interventi a seconda del rischio di lisciviazione dell'azoto), o la distribuzione in due frazioni (la prima alla semina e la seconda in copertura) per le semine primaverili. Nei sistemi biologici è opportuno che il lino sia preceduto da colture che incrementino la disponibilità di azoto nel terreno, come ad esempio leguminose prative o colture da rinnovo a ciclo primaverile-estivo soggette a concimazioni organiche, delle quali sfruttare l'effetto residuale.

Avversità

Il lino da olio è una coltura che offre scarsa competizione nei confronti delle piante infestanti, in special modo per la lentezza dello sviluppo delle prime fasi vegetative. Si raccomanda in primo luogo un approccio di sistema alla problematica malerbologica, con l'inserimento del lino in avvicendamenti che comprendano colture competitive e ad azione rinettante (es. prati poliennali). Per conferire al lino un vantaggio nell'insediamento, è poi opportuno effettuare operazioni di falsa semina. Si riportano testimonianze di utilizzo dell'erpice strigliatore durante le fasi precoci di sviluppo della coltura (a partire da 2-5 cm fino a 10-12 cm verificando preliminarmente il buon radicamento e vigore della coltura), dimostratosi particolarmente attivo nel controllo delle malerbe dicotiledoni. Tuttavia, l'applicazione di tale pratica richiede un'accurata regolazione dell'attrezzo per evitare il danneggiamento della coltura, molto suscettibile a sollecitazioni meccaniche in questa fase. Può essere utile compensare eventuali perdite di piantine aumentando del 5-10% la dose di semina programmata). Può risultare utile, specie in contesti di produzione biologica, l'utilizzo di varietà che tendano a produrre un maggior numero di ramificazioni basali, per garantire una più precoce chiusura

della fila e una maggiore copertura del suolo nelle fasi iniziali dello sviluppo, in special modo nel caso di semine autunnali.

Per quanto riguarda gli interventi con erbicidi da utilizzare esclusivamente in sistemi integrati, in Italia l'unica molecola ad oggi registrata sul lino risulta il Glifosate per trattamenti in presemina. In Francia in situazioni di forte infestazione di graminacee e/o presenza di graminacee resistenti, viene consigliato un diserbo di presemina con Avadex 480 alla dose di 3 kg/ha (p.a. triallate) incorporandolo nel suolo durante l'ultimo passaggio di preparazione del letto di semina, completando il trattamento con graminicidi ad assorbimento fogliare, la cui scelta dovrà considerare la presenza di biotipi resistenti agli erbicidi inibitori dell'ACCasi. La lotta alle dicotiledoni prevede prodotti a base di bromoxynil e bentazon da distribuire in post-emergenza precoce (infestanti allo stadio cotiledone con massimo 4 foglie).

La coltura è particolarmente sensibile all'allettamento, si raccomanda quindi, specialmente in zone particolarmente ventose, di contenere gli apporti azotati, evitare densità di semina eccessive (non superare le 400 piante m⁻²), scegliendo varietà a taglia bassa e poco suscettibili all'allettamento. I danni possono essere importanti a livello di quantità e qualità della resa. L'allettamento favorisce anche l'insorgere di *Sclerotinia sclerotiorum*.

Per quanto riguarda l'entomofauna dannosa, le problematiche maggiori sono imputabili alle altiche (*Aphthnona euphorbiae*) dove gli adulti compaiono a primavera danneggiando sia i semi in fase di germinazione, che le giovani piante; le larve, attive a fine primavera-inizio estate, si sviluppano a spese delle radici delle piante.

Le malattie verso cui sono sensibili le giovani piante sono l'antracnosi (*Colletotrichum linicola*) e la muffa grigia (*Botrytis cinerea*); mentre gli agenti di malattia che possono colpire il lino durante tutto il ciclo vegetativo sono la *Sclerotinia sclerotiorum*, l'*Oidium lini*, *Phoma exigua*, *Fusarium oxysporum* e *Botrytis cinerea*. In passato erano ingenti i danni provocati dalla ruggine (*Melanospora lini*), la cui incidenza è stata ad oggi ridimensionata per l'utilizzo di varietà resistenti. Data la scarsità di prodotti fitosanitari registrati per l'impiego su lino, si raccomanda: l'adozione di rotazioni ampie con l'inserimento di colture che non abbiano patogeni in comune con l'oleaginosa, in modo da ridurre progressivamente la presenza nel terreno delle forme quiescenti dei patogeni; l'utilizzo di semente certificata ed esente da malattie, pratica particolarmente valida per Antracnosi, Foma e Muffa grigia; ed infine, la scelta di varietà che siano scarsamente sensibili o resistenti alle malattie.

Raccolta e resa

Nel momento in cui agitando le capsule, i semi al loro interno sono liberi di muoversi, la pianta è virtualmente pronta per essere raccolta, avendo terminato il processo di accumulo dell'olio. Tuttavia,

in situazioni in cui il vigore vegetativo della pianta sia particolarmente accentuato, o in suoli particolarmente umidi, o in presenza di piogge durante la fase di maturazione del seme, il lasso di tempo compreso tra la maturazione delle capsule e l'essiccazione completa della pianta può essere abbastanza lungo. In questi casi rimandare molto la raccolta, aspettando l'essiccazione completa della pianta, anche se teoricamente possibile dato che nel lino il frutto non è deiscente, può far sviluppare fortemente la flora infestante, la quale andrebbe ad ostacolare le operazioni di raccolta, inquinerebbe il prodotto finale e ne alzerebbero il tenore di umidità. Qualora sia presente una buona uniformità vegetativa, con piante più o meno della stessa altezza, si può valutare in fase di raccolta di alzare la barra di taglio della mietitrebbia per raccogliere esclusivamente le capsule mature, evitando così anche possibili inconvenienti di tipo meccanico ai macchinari dovuti alla tenacità delle fibre di lino non essiccate.

La raccolta va fatta con seme ad un'umidità inferiore al 13%, mentre umidità maggiori richiedono interventi di essiccazione della granella. L'epoca di raccolta può variare a seconda dell'epoca di semina e della precocità della varietà. Semine autunnali tendono ad essere pronte per la raccolta a partire da metà giugno, mentre le semine primaverili accumulano un ritardo nella maturazione della coltura di circa 20-30 giorni. La raccolta del lino non richiede attrezzature specifiche ma una normale mietitrebbia da grano opportunamente regolata e provvista di barra falciante con lama affilata. Si raccomanda di raccogliere in giornate di tempo asciutto e caldo evitando temperature molto calde durante il giorno ($>35^{\circ}\text{C}$), procedendo con una velocità di avanzamento della mietitrebbia di 6-8 km/h. Le rese possono indicativamente variare da 1,5-2,5 t ha⁻¹ (0% umidità). Si considera un contenuto standard di umidità alla raccolta del 9% e impurità del 2%.

I risultati della sperimentazione condotta durante il Progetto Sic Oleat in diversi contesti produttivi toscani hanno dimostrato come il lino presenti una notevole variabilità produttiva principalmente in dipendenza di fattori ambientali, con risultati produttivi peggiori ottenuti in contesti con un bilancio idrico fortemente negativo.

Bibliografia

- Brunelli A., Collina M., Giunchedi L., Pollini A. 2018. Avversità e difesa delle colture – Lino. In: Manuale dell'Agronomo, VI edizione, Ed. Reda, pp. G432-G433.
- Angelini L.G., Tavarini S., Bagatta M., Foschi L., Casadei N., Lazzeri L. Lino (*Linum usitatissimum* L.). 2019. In: Oli e grassi. Ed. Edagricole, pp. 95-100.
- Bilalis D.J., Karkanis A., Papastyliou P., Patsiali S., Athanasopoulou M., Barla G., Kakabouki I. 2010. Response of organic linseed (*'Linum usitatissimum'* L.) to the combination of tillage systems, (minimum, conventional and no-tillage) and fertilization practices: seed and yield production. Australian Journal of Crop Science, 4(9), 700-705.

Brunelli A., Collina M., Giunchedi L., Pollini A. 2018. Avversità e difesa delle colture – Lino. In: Manuale dell’Agronomo, VI edizione, Ed. Reda, pp. G432-G433.

Ministero delle politiche Agricole Alimentari e Forestali. Banca dei prodotti fitosanitari. <https://www.sian.it/mimfFitoPub/ricercaInizialeFito.get>

Smith J.M., Froment M.A. 1998. A growth stage key for winter linseed (*Linum usitatissimum*). *Annals of Applied Biology*, 133, 297-306.

Terres Inovia. 2020. Guide de culture Lin Oleagineux 2020. <https://www.terresinovia.fr/>

GIRASOLE (*Helianthus annuus* L.)

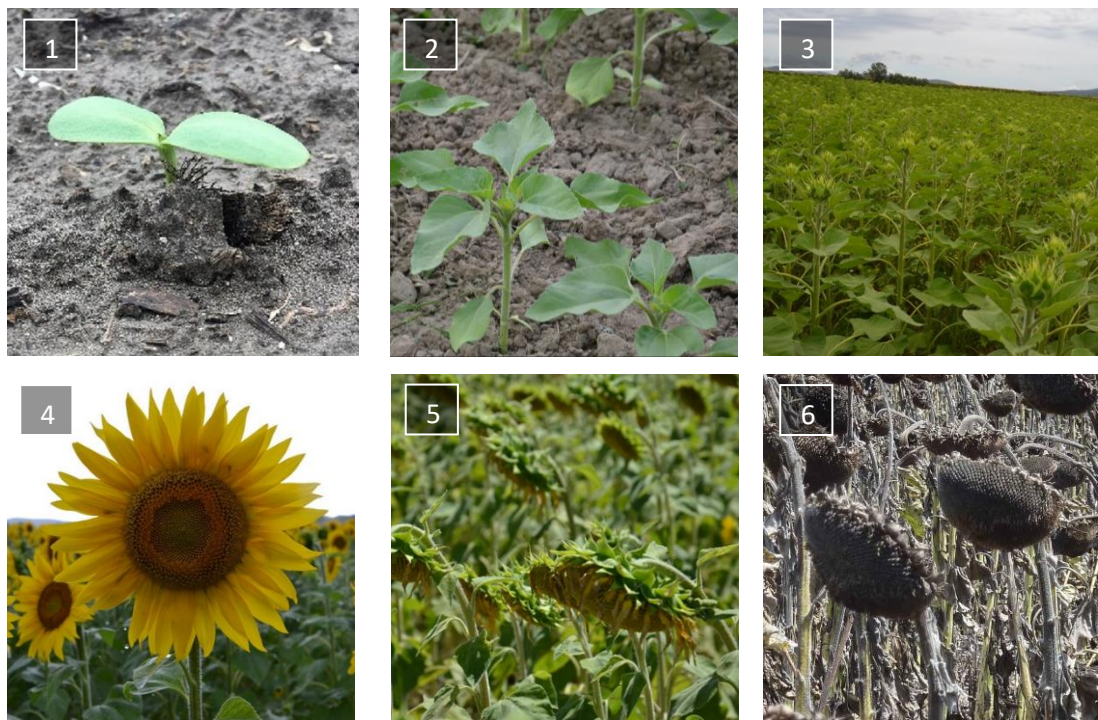
Introduzione

Il girasole (*Helianthus annuus*) è tra le colture oleifere più importanti nel contesto agricolo italiano, con un areale produttivo che si concentra nelle regioni del Centro Italia. Al di là di ragioni più strettamente agronomiche legate alla capacità di adattamento a condizioni pedoclimatiche diverse, l'entità effettiva della diffusione del girasole ha risentito negli anni sia delle fluttuazioni del mercato delle materie prime oleaginose, che di fattori politico-economici relativi agli indirizzi e strumenti della Politica Agricola Comune e ad oggi, stando ai dati Istat del 2020, la superficie agricola investita a girasole riguarda circa 120 mila ettari. L'offerta di materia prima, seppur significativa, è lontana dai livelli richiesti dall'industria olearia, dunque, la coltura ha delle potenzialità di espansione. L'innovazione varietale e l'ottimizzazione della tecnica colturale, con particolare riferimento a filiere biologiche, sono aspetti che possono favorire il consolidamento e lo sviluppo della produzione di questa oleaginosa, dato che oltre all'olio contenuto negli acheni, ottenibile tramite spremitura a pressione o estrazione con solventi, un'ulteriore valorizzazione economica del girasole è costituita dalla possibilità di usarne il pannello di estrazione come fonte proteica nel settore mangimistico, particolarmente promettente in contesti di produzione biologica. Questo, può rappresentare un importante co-prodotto ottenibile anche a livello aziendale qualora si operi l'estrazione a pressione degli acheni.

Descrizione

Il girasole ha un ciclo primaverile-estivo che si completa in circa 110-150 giorni a seconda del genotipo impiegato. Presenta un apparato radicale fittonante sviluppato, la cui estensione ed approfondimento dipendono dalle caratteristiche granulometriche del terreno (terreni argillosi tendono a ostacolarne lo sviluppo) e dalla profondità delle lavorazioni. La pianta produce un unico fusto di altezza variabile (fino a 2 metri) senza ramificazioni secondarie, sul quale sono inserite, in modo alterno, da 12 a 40 foglie a seconda della varietà. Queste sono grandi, lungamente picciolate, a margine dentato, tomentose su entrambe le lamine. Ha un'infiorescenza a capolino (calatide) che raggiunge un diametro variabile (da 20 a 40 cm, ed in quest'ultimo caso si può arrivare a 3000 fiori) costituita perimetralmente da fiori ligulati sterili e nella parte interna del disco da fiori tubuliformi ermafroditi. La fioritura è leggermente proterandra e questo favorisce la fecondazione incrociata. L'impollinazione è di tipo entomofilo, infatti il girasole è in generale, un'ottima pianta nettarifera. La parte commerciabile è costituita da un frutto secco detto achenio, presente in numero variabile a seconda del diametro dell'infiorescenza (800-2000 per calatide); la fioritura parte dalla periferia della calatide, procede verso l'interno e spesso gli acheni inseriti nella parte centrale della calatide non

vengono riempiti. Il peso dei 1000 semi varia dai 40-60 g, con una resa in olio che può superare il 45%. Le fasi dello sviluppo del girasole possono essere suddivise in: germinazione-emergenza, fase di sviluppo fogliare (della durata di circa un mese), emissione del bottone fiorale (corrisponde ad un incremento della velocità di sviluppo della pianta), fioritura (inizia circa 20 giorni dall'emissione del bottone fiorale e dura una decina di giorni), maturazione fisiologica (durante questo periodo si determina il peso degli acheni e l'accumulo di olio in essi), maturazione di raccolta (pianta completamente secca). La durata del ciclo varia da 110 a 145 giorni con una somma termica variabile da 1600 a 2700 GDD (*Growing Degree Days*, vale a dire la sommatoria dei gradi utili di temperatura giornalieri dalla semina alla maturazione, considerando una temperatura di base pari a 6°C) in relazione alla precocità o tardività della varietà/ibrido.



Fasi di sviluppo di *Helianthus annuus*: 1. emergenza; 2. sviluppo delle foglie; 3. emissione del bottone fiorale; 4. fioritura; 5. fine della fioritura – riempimento del seme; 6. maturazione di raccolta.

Esigenze pedoclimatiche

Il girasole non presenta restrizioni particolari riguardo la pedologia del terreno, tuttavia, su terreni molto sciolti e ciottolosi possono verificarsi episodi di stress idrico, mentre terreni argillosi richiedono una adeguata preparazione per favorire l'approfondimento delle radici. I migliori risultati produttivi si osservano su terreni profondi di medio impasto, con pH neutro e una buona dotazione di potassio; è considerata una specie con una moderata tolleranza alla salinità.

Il girasole è una pianta a ciclo primaverile-estivo, tuttavia, date le scarse esigenze termiche in fase di germinazione, che avviene fino ad una temperatura di 4 °C, se le condizioni del terreno lo permettono, possono essere effettuate semine precoci a fine inverno (metà marzo). Nelle prime fasi dopo la germinazione la pianta resiste a temperature basse prossime allo zero. Per un corretto sviluppo della pianta, a partire dalla fase di foliazione sono richieste temperature superiori a 15°C, con un optimum di 20°C. La fioritura si svolge al meglio con temperature superiori a 20°C e assenza di precipitazioni, che possono ostacolare il volo degli insetti pronubi (api e osmie). Alte temperature in fase di maturazione possono fare aumentare la percentuale di acido oleico nei genotipi standard, mentre i genotipi alto oleici hanno una composizione abbastanza stabile, indipendentemente dalle condizioni ambientali. Dopo la maturazione fisiologica è desiderabile avere temperature elevate e assenza di precipitazioni, per far essiccare più velocemente possibile i tessuti della pianta e procedere alla raccolta meccanica.

In condizioni di rifornimento idrico non limitato, il consumo del girasole può essere molto elevato, arrivando a 6000-8000 m³ ha⁻¹ per ciclo colturale; tuttavia, il girasole è una coltura tipicamente capace di sfruttare terreni non irrigui, in virtù del suo apparato radicale profondo e della capacità di incrementare l'efficienza d'uso dell'acqua in condizioni di scarsa umidità del terreno. È noto, infatti, come il girasole sia in grado di fornire produzioni soddisfacenti anche in condizioni di limitato rifornimento idrico, presentando un abbassamento di resa inferiore rispetto ad altre colture a ciclo primaverile-estivo come mais, sorgo, soia, barbabietola. Le richieste idriche del girasole sono abbastanza limitate nel periodo compreso tra la germinazione e l'emissione del bottone florale, dopo questa fase la traspirazione della pianta aumenta considerevolmente; dove possibile, può quindi essere utile effettuare un intervento di irrigazione prima dell'inizio della fioritura. La maggiore sensibilità della pianta allo stress idrico si ha durante la fase di fioritura, nella quale viene determinato il numero di acheni per calatide (che è il secondo componente della resa, dopo il numero di piante per metro quadro). In quest'ottica, se non si ha la possibilità di effettuare interventi irrigui e si opera in zone in cui le precipitazioni primaverili sono scarse, può essere utile scegliere genotipi precoci, che terminino la fioritura entro la fine di giugno, sfuggendo all'elevate esigenze evapotraspirative dei mesi estivi.

Tecnica agronomica

Avvicendamento

Il girasole è da considerarsi a pieno titolo una pianta da rinnovo a ciclo primaverile-estivo, in virtù delle lavorazioni a cui è sottoposto (aratura o discissura), del controllo nei confronti delle infestanti che si ripercuote positivamente sul livello di infestazione delle altre colture in successione, e della quantità (4-5 t s.s. ha⁻¹) e qualità dei residui lasciati dopo la raccolta (a titolo di esempio, i residui di

girasole possono incrementare il livello di sostanza organica nel terreno, formando 30-35 kg di humus stabile per quintale di acheni prodotto). Il periodo di raccolta anticipato del girasole rispetto ad altre colture a ciclo primaverile-estivo e la scarsa tenacità dei residui colturali, permettono di preparare tempestivamente il terreno per la semina autunnale della coltura in successione. Le colture che si adattano bene come precessioni al girasole sono quelle che lasciano precocemente il terreno, permettendo di effettuare le lavorazioni principali con il terreno in tempera prima delle piogge autunnali (cereali autunno vernini, favino, foraggiere annuali). Per evitare problemi di natura fitosanitaria dovuti a patogeni che si conservano nel terreno per più anni, è opportuno che il girasole non sia posto in rotazione stretta con altre colture oleaginose (colza, soia) e che non ritorni sullo stesso appezzamento prima di quattro anni. Ciò consente anche di ridurre i rischi di infestazioni di girasole selvatico su colture successive per più anni, generate dalla crodatura di acheni dormienti.

Lavorazioni del terreno

Il girasole è una coltura che risponde meglio ad un approccio classico alle lavorazioni del terreno, essendo stato osservato come in contesti di minima lavorazione o non lavorazione, non fornisca risultati produttivi accettabili. La lavorazione principale del terreno deve assicurare un adeguato approfondimento radicale e l'immagazzinamento dell'acqua delle piogge primaverili. In questo senso è senza dubbio positiva l'esecuzione dell'aratura, anche effettuata a media profondità; tuttavia, in terreni che possono presentare compattamento negli strati profondi a seguito delle lavorazioni, come quelli con significativa componente argillosa, l'aratura può favorire la formazione di suola di lavorazione con effetti controproducenti sull'approfondimento radicale; in questi contesti può dare risultati soddisfacenti la discissura. In terreni con una sensibile presenza di limo, dopo eventi piovosi intensi può verificarsi la formazione di crosta superficiale, elemento fortemente limitante per la germinazione del seme e l'emersione delle plantule (germinazione epigea); in tal caso sarebbe opportuno far seguire ai lavori di affinamento del terreno, la semina immediata della coltura.

Una delle lavorazioni del terreno caratteristiche del girasole è la sarchiatura, eseguita solitamente tra all'emissione della quinta fino all'ottava foglia. Gli effetti di questa pratica sono molteplici e riguardano il controllo delle infestanti nell'interfila, l'interramento del concime azotato in copertura (particolarmente utile per concimi a base di urea che tendono a perdere azoto per volatilizzazione se non interrati tempestivamente) e la conservazione dell'umidità del terreno (viene interrotta la risalita dell'acqua dagli strati profondi del terreno nel periodo in cui aumentano le richieste idriche della pianta).

Scelta varietale

La scelta del genotipo da utilizzare può dipendere da molti fattori, tra cui ricordiamo il differenziale di prezzo tra varietà con differente composizione acidica, la precocità e durata del ciclo, la resistenza alle malattie e l'adattabilità alle specifiche condizioni pedoclimatiche. Negli ultimi anni l'offerta varietale nel girasole si è notevolmente ampliata permettendo l'impiego, nelle aree tradizionalmente vocate alla coltura, di nuove varietà, la maggior parte delle quali di derivazione estera.

L'innovazione varietale ha permesso di creare ibridi dall'alto contenuto di acido oleico, che rappresentano l'anello fondamentale per la valorizzazione della filiera produttiva, per l'ottenimento di oli di pregio. Queste varietà sono ormai divenute il punto di riferimento per agricoltori e trasformatori (industria alimentare e settore dolciario per la preparazione di sughi, sottoli, salse e prodotti da forno) che operano per ottenere granelle con olio di qualità superiore. In Francia rappresentano il 62% delle coltivazioni di girasole, in Italia il 35% ed in Spagna il 14%. È stato, inoltre, dimostrato come i tipi alto oleico sono spesso fra gli ibridi più produttivi (da 3,30 a 3,63 t/ha di acheni al 9% di umidità), con prezzi di mercato notevolmente più alti e favorevoli rispetto a quelli del girasole convenzionale, avvalorando pertanto la possibilità di una loro diffusione/coltivazione su larga scala. La selezione del materiale genetico in contesti pedoclimatici e fitosanitari differenti rispetto a quelli italiani pone con forza il tema dell'adattabilità varietale alle specifiche caratteristiche del contesto elianticolo italiano. In questo senso, il progetto "Qualità Girasole" (che coinvolge diversi attori della filiera produttiva) si pone l'obiettivo di caratterizzare il comportamento di genotipi di girasole in siti di coltivazione rappresentativi del nostro territorio. Nell'ambito di tale sperimentazione pluriennale, gli ibridi alto oleici caratterizzati da performances migliori in termini di stabilità delle produzioni sono stati SY Esperto e MAS 86.OL, mentre tra le varietà convenzionali la varietà con la maggior costanza di produzione è risultata MAS 86.SU. In seguito alle esperienze di coltivazione effettuate nell'ambito del progetto Sic Oleat, gli ibridi alto oleico Toscana CS e P64 HE 133 hanno mostrato buoni risultati produttivi e qualitativi negli ambienti di riferimento del progetto. In particolare, Toscana CS ha mostrato una migliore capacità di valorizzare sistemi biologici e condizioni di marginalità, rispetto all'ibrido P64 HE 133 che ha esibito le migliori performances quando gestito con tecniche di agricoltura integrata/convenzionale.

Semina

La semina rappresenta uno dei punti critici fondamentali per la buona riuscita della coltura, poiché nel girasole, mancando la capacità di compensare le fallanze tramite l'emissione di ramificazioni secondarie, la germinazione non ottimale delle piante può provocare fin da subito la compromissione della coltura (l'unico meccanismo di compensazione parziale è l'aumento del diametro della calatide).

La semina dovrà quindi essere più regolare possibile, effettuata con seminatrici pneumatiche di precisione con dischi appositi per il girasole, ponendo il seme a 3-4 cm di profondità. La profondità può diminuire in terreni freschi e ben preparati o aumentare in terreni sciolti nei quali spesso può rivelarsi utile eseguire una rullatura dopo la semina. Poiché la densità d'impianto dovrà tener conto della disponibilità idrica prevista durante il ciclo, si ritiene di poter consigliare una fittezza di 6-7 piante m^{-2} , nelle situazioni più favorevoli e di 5-6 piante m^{-2} , in quelle più svantaggiate. Densità maggiori rispetto a quelle indicate possono aumentare la competitività tra le piante, inducendo un eccessivo aumento della taglia e favorendo fenomeni di stroncatura del fusto, senza conseguire sensibili aumenti nella resa in acheni e olio. L'interfila può variare dai 40-70 cm; l'adozione di una distanza ridotta tra le file, pur riducendo il periodo utile per l'esecuzione della sarchiatura, può garantire la chiusura precoce del manto vegetale, ostacolando lo sviluppo delle infestanti (quindi da preferire in metodi di coltivazione bio) e ridurre la competizione per la luce delle piante sulla fila. La distanza più elevata limita dall'altro canto, gli attacchi fungini ed inoltre permette una più agevole esecuzione della sarchiatura. È stato rilevato come la riduzione dell'interfila comporti un incremento medio delle rese di circa il 10-15% grazie ad una migliore distribuzione della luce all'interno della copertura vegetale ed alla conseguente possibilità di incrementare, seppure in lieve misura, la fittezza. La scelta dell'interfila deve chiaramente essere compatibile con la dimensione delle attrezzature usate per la sarchiatura.

La quantità di seme da distribuire alla semina dipende dalla scelta del numero di piante per metro quadro, oltre che dalla germinabilità e dal peso medio degli acheni, ed in genere oscilla tra 5 e 7 kg ha^{-1} . Occorre prevedere un incremento della quantità di seme necessaria considerando anche i possibili danni da uccelli che, per questa specie, sono notevoli fin a partire dall'emergenza. Il seme è calibrato e può essere trattato con bioattivatori e concianti naturali (in biologico) oppure con fungicidi (Metalaxil) o insetticidi (Lamba-Cialotrina) in convenzionale.

Concimazione

Come per ogni altra coltura, l'impostazione del piano di concimazione e la definizione della dose di concime da distribuire dovrebbe partire dalla previsione della resa potenziale della coltura nell'areale di coltivazione. A titolo indicativo il girasole necessita circa 4-5 kg di azoto per 100 kg di acheni prodotti e di questi circa 2/3 ritornano al terreno sottoforma di residui colturali. Dato che nelle prime fasi di sviluppo non richiede quantitativi importanti di azoto e che nelle semine effettuate a fine inverno sono possibili piogge che aumentano il rischio di perdite di azoto per lisciviazione, è consigliabile applicare alla semina solo 1/3 della dose di azoto calcolata, distribuendo i restanti 2/3 in corrispondenza della sarchiatura. Il girasole è una coltura che risponde poco alla concimazione

azotata in situazioni di stress idrico, sono quindi da evitare in terreni asciutti le concimazioni abbondanti. La concimazione azotata non dovrebbe eccedere la dose calcolata anche in virtù della nota relazione inversa tra gli apporti azotati e la resa in olio della coltura. In ottica di produzioni biologiche, il girasole è una pianta che presenta una buona capacità di sfruttare l'azoto derivante dalla concimazione organica; invece, l'apporto di azoto tramite una coltura leguminosa da sovescio, va valutata attentamente per i possibili ritardi nell'esecuzione della semina del girasole.

Per quanto riguarda gli altri macronutrienti, la coltura richiede circa 2 kg di P_2O_5 per quintale di acheni prodotti, mentre è notoriamente più esigente in termini di potassio, richiedendone da 8 a 9 kg. Il girasole è una pianta abbastanza sensibile alla carenza di boro; questo elemento svolge molteplici funzioni all'interno della pianta, tra cui la più importante riguarda la determinazione della vitalità del polline, e conseguentemente il numero di acheni per calatide. Nel caso in cui, da analisi del terreno, emerga una concentrazione nel terreno inferiore a 0,5 ppm è opportuno distribuire concimi contenenti boro.

Flora infestante e avversità

In ottica di controllo integrato, la gestione delle malerbe non deve essere demandata esclusivamente al controllo chimico, ma richiede l'adozione di un insieme di pratiche che permettano di ridurre il grado di infestazione dei campi, come la rottura delle stoppie, la gestione della flora spontanea nelle scoline, l'inserimento di colture con cicli sfalsati (es. colture a ciclo autunno-vernino) e l'esecuzione di false semine. Il girasole risulta poco competitivo nei confronti delle infestanti durante i primi stadi di sviluppo, in questo senso l'esecuzione di una semina ritardata permetterebbe di dare maggior tempo per le operazioni di falsa semina, dando altresì un vantaggio competitivo alla oleaginosa nel periodo che precede la fase di crescita attiva. Va tuttavia considerato che, in questo modo, si può esporre la coltura ad uno slittamento del ciclo produttivo in periodi in cui è più suscettibile a stress idrici, con conseguente riduzione dello sviluppo vegetativo e dell'accumulo di biomassa fotosintetizzante. Una strategia tradizionale e sempre valida per il controllo delle infestanti nel girasole è l'esecuzione della sarchiatura nel periodo compreso tra l'emissione della quinta e l'ottava foglia, che oltre al controllo delle infestanti, offre anche i vantaggi già elencati nel paragrafo sulle lavorazioni. A partire dall'emissione del bottone florale, specialmente in semine con interfila ridotta, il girasole offre una competitività elevata contro le infestanti, ombreggiando adeguatamente lo spazio tra le file.

Tra le infestanti a foglia larga più comuni del girasole si trova il cencio molle (*Abutilon theophrasti*), la nappola (*Xanthium strumarium*), il farinaccio (*Chenopodium album*), varie specie di poligono, nonché il girasole stesso nelle sue forme inselvatichite; tra le infestanti a foglia stretta troviamo il Lolium, il giavone (*Echinochloa crus-galli*) e la sorghetta (*Sorghum halepense*).

Attualmente i principi attivi autorizzati per la difesa dalle malerbe del girasole contemplano molecole utilizzabili in pre-emergenza (Pendimetalin, Ossifluorfen, Aclonifen, Metobromuron), ed alcuni graminicidi per applicazioni in post-emergenza (Quizalofop-p-etile, Fluazifop-p-butyl, Ciclossidim, Cletodim). L'utilizzo di erbicidi della classe degli inibitori dell'acetato lattato sintetasi (ALS) come il Tribenuron, richiedono l'uso esclusivo di varietà tolleranti all'erbicida stesso.

Sono numerosi gli agenti di malattia che possono colpire il girasole, tuttavia, di seguito saranno riportati quelli che possono potenzialmente provocare danni economici significativi.

La peronospora (*Plasmopara halstedii*) è la più grave e diffusa malattia che colpisce il girasole. Senza entrare nel dettaglio del ciclo vitale, gli attacchi si definiscono primari se provenienti dalla forma svernante del patogeno, e possono avvenire precocemente, causando il disseccamento della plantula con completa perdita di produzione, o tardivamente inducendo la nanizzazione della pianta con perdita produttiva anche in questo, caso quasi completa. A seguito dell'infezione primaria, il patogeno può completare il proprio ciclo riproduttivo e dar luogo a infezioni secondarie, che provocano danni legati alla perdita di superficie fotosintetizzante, tanto intensi quanto più precocemente avverrà l'infezione. Il micelio sopravvive sul seme o come oospore nel terreno. Essendo stati osservati fenomeni di resistenza al Metalaxyl e ad altri fungicidi, è buona norma che la difesa si basi sull'adozione di varietà resistenti; tuttavia, data la grande capacità di adattamento ambientale e la discreta variabilità genetica della peronospora, occorre verificare che le varietà scelte siano resistenti alle razze di peronospora presenti effettivamente sul territorio. Altre pratiche di difesa consistono nell'impiego di semente sana e certificata e nell'adozione di rotazioni colturali ampie.

Sclerotinia (*Sclerotinia sclerotiorum*) è un fungo che causa la marcescenza del colletto della pianta colpendo il midollo; può colpire il girasole in qualunque stadio di sviluppo, conservandosi nel terreno per svariati anni. La difesa consiste nell'impiego di seme sano, l'adozione di rotazioni ampie (minimo quattro anni), evitando di coltivare altre piante sensibili al patogeno (erba medica, favino, colza, fagiolo, soia, tabacco, pomodoro).

Phoma e *Phomopsis* pur essendo due patogeni differenti, provocano un tipo di danno simile che consiste nella comparsa di aree necrotiche sul punto di attaccatura delle foglie e marciumi che possono provocare la stroncatura del fusto a seguito dell'aumento di peso della calatide in fase di maturazione. I propaguli dei patogeni possono conservarsi nel terreno per anni. La difesa consiste anche in questo caso, nell'adozione di varietà resistenti e ad ampie rotazioni.

A dispetto di fattori di disturbo più “tradizionali” come la presenza di piante infestanti, agenti di malattia o insetti dannosi, attualmente in diverse zone, il principale limite alla coltivazione del girasole è rappresentato dalla presenza di volatili (Columbidi e Corvidi) e cinghiali. Nel caso dei volatili, i danni possono avvenire sia nelle fasi precoci della coltura, con predazione delle piante in

fase cotiledonare, che in fase di maturazione degli acheni, con predazione degli stessi direttamente dalla calatide; l'attacco del cinghiale avviene solitamente in fase di maturazione con la stroncatura delle piante, e a seconda della densità della popolazione degli animali nella zona, le perdite possono riguardare la maggior parte del raccolto.

La difesa a livello aziendale nei confronti della macrofauna è estremamente difficile e aleatoria. Nelle fasi precoci della coltura è opportuno che non sia presente crosta superficiale in modo che le piante germinino in maniera rapida e uniforme, superando velocemente la fase cotiledonare in cui sono più sensibili all'attacco degli uccelli. In fase di maturazione, l'impiego di genotipi con calatide rivolta verso il basso, dissuasori acustici e visivi, hanno mostrato efficacia altalenante. Per quanto riguarda l'attacco di cinghiali, onerosissime opere di recinzione possono essere impraticabili, nonché non risolutive.

Raccolta e resa

Per evitare perdite, la raccolta meccanica va effettuata utilizzando mietitrebbie dotate di apposite testate. Dato l'elevato contenuto di olio nel prodotto finito, la quantità di acqua presente negli acheni è determinante per preservare le caratteristiche qualitative del prodotto; si deve quindi considerare di effettuare la raccolta con un'umidità degli acheni inferiore al 10%. In questo stadio, le foglie si presentano secche, lo stelo ingiallito e il capolino imbrunito. Rese soddisfacenti possono essere considerate quelle comprese tra i 2,0-2,5 t ha⁻¹.

Bibliografia

Baldini M., Danuso F., Giovanardi R. 2018. Produzioni vegetali erbacee – Girasole. In: Manuale dell'Agronomo, IV edizione, Ed Reda, pp. D100-D104.

Brunelli A., Collina M., Giunchedi L., Pollini A. 2018. Avversità e difesa delle colture – Girasole. In: Manuale dell'Agronomo, VI edizione, Ed. Reda, pp. G389-G391.

Campagna G. 2020. Quando il girasole da coltivato diventa selvatico e infestante. *Informatore agrario*, 40, 59-60.

Del Gatto A., Mangoni L., Pieri S., Fontenla A., Nardi S., Baldin C., Alberti I. 2021. Peronospora del girasole: via alla rilevazione delle razze. *Informatore agrario*, 16, 60-62.

Del Gatto A., Pieri S., Mangoni L., Govoni F., Bottazzi P., Massoli A., Frattegiani E., Signor M., Barbiani G. 2020. Guida ai migliori ibridi di girasole per le semine 2019. *Informatore agrario*, 3, 51-55.

Del Gatto A., Pieri S., Mangoni L., Mazzieri G., Govoni F., Fabbrini L., Quartucci M., Massoli A., Frattegiani E., Signor M., Lazzarin T. 2021. Guida alla scelta del girasole per le semine 2021. *Informatore agrario*, 3, 52-55.

Del Mastro G., Baldini M., Ferfua C., Verdini L. 2019. Girasole (*Helianthus annuus* L.). In. *Oli e grassi*. Ed. Edagricole, pp. 85-94.

Ministero delle politiche Agricole Alimentari e Forestali. Banca dei prodotti fitosanitari. <https://www.sian.it/mimfFitoPub/ricercaInizialeFito.get>

Terres Inovia. 2020. Guide de culture Tournesol - Guide de culture Tournesol Bio. 2021. <https://www.terresinovia.fr/-/telecharger-les-guides-tournesol-et-tournesol-bio>

CRAMBE (*Crambe abyssinica* Hochst)

Introduzione

Il *Crambe abyssinica* è stato utilizzato come coltura industriale a partire dagli anni '30 del secolo scorso nell'ex Unione Sovietica per essere poi introdotto negli Stati Uniti negli anni '40, dove è tuttora coltivato. Trova le sue origini nella regione orientale dell'Africa compresa tra l'Etiopia e la Tanzania ed è presente, sia come specie spontanea che coltivata, nelle aree mediterranee dell'Europa e del Medio Oriente.

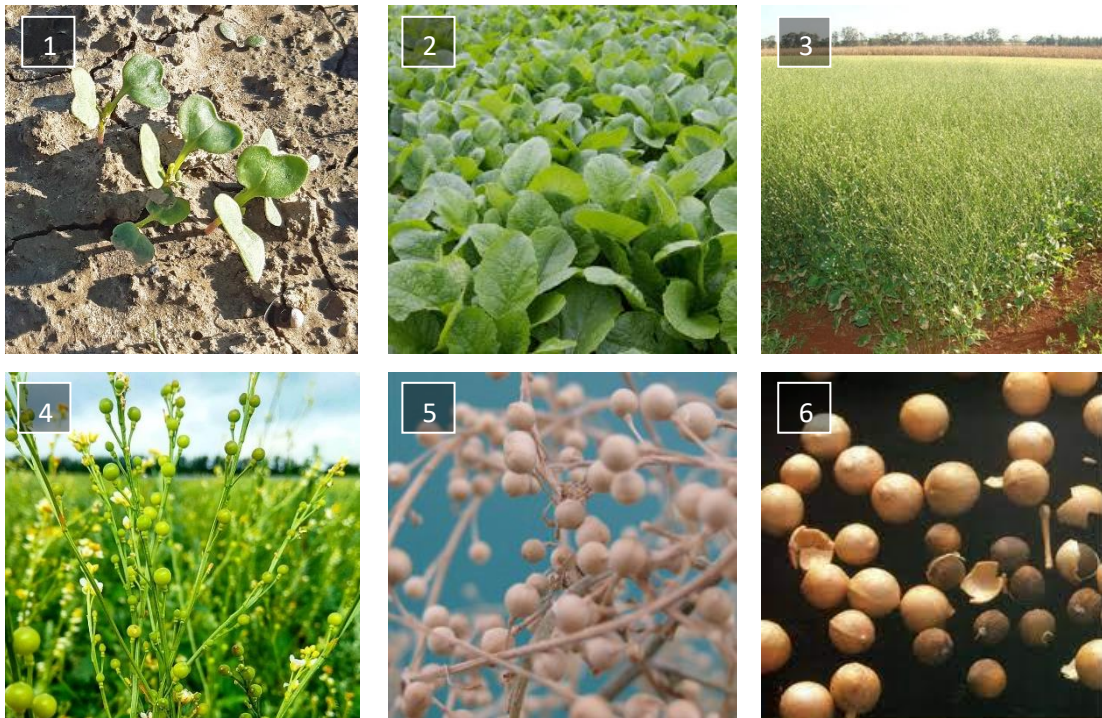
Il crambe è considerato una coltura prettamente industriale dal momento che l'insolita composizione dell'olio, contenente fino al 65% di acido erucico (C22:1) composto tossico per il quale sono stati stabiliti dal Regolamento (UE) n. 696/2014 tenori massimi negli alimenti, limitano l'utilizzo nel settore alimentare/mangimistico. La farina disoleata di crambe, inoltre, sebbene presenti un alto contenuto di proteine (fino al 50% su seme decorticato) e fibre, è caratterizzata da elevati livelli di glucosinolati ($70\text{--}150\ \mu\text{mol g}^{-1}$), che sono tossici per gli animali monogastrici; l'utilizzo del pannello disoleato nel settore della mangimistica, quindi, può avvenire solo a seguito di processi di rimozione/inattivazione dei glucosinolati in esso contenuti. La particolarissima composizione dell'olio lo rendono adatto per applicazioni industriali: come materia prima per fluidi idraulici, oleochimici, lubrificanti, additivi e come materiale di partenza per la produzione di polimeri, resine, lacche e prodotti del settore cosmetico per la cura della pelle e dei capelli. La potenzialità del crambe come fonte per utilizzi industriali è stata ampiamente studiata in Europa, USA e, più recentemente, anche in Brasile, ma la fattibilità commerciale resta un fattore critico principalmente a causa della sua bassa produttività e degli alti costi di investimento e di energia per la trasformazione.

Descrizione

Il crambe è una pianta erbacea annuale appartenente alla famiglia delle *Brassicaceae*, caratterizzata da un fusto a portamento eretto, spesso con molte ramificazioni, e con un'altezza che, a maturazione, varia dai 90 ai 130 cm. Questa specie ha un apparato radicale robusto di tipo fittonante che può raggiungere profondità superiori a 1 m e che le conferisce una buona adattabilità anche a condizioni di siccità del suolo. I cotiledoni hanno forma a cuore mentre le foglie del caule sono ovali, glabre, con superficie liscia di colore verde chiaro e perlopiù sessili. Le foglie basali, invece, presentano forma ovato-lirata e sono picciolate.

I fiori sono piccoli e di colore bianco e/o giallo, con 4 sepali e 4 petali, riuniti in lunghi racemi su grappoli ombrelliformi. La fecondazione è autogama con una certa percentuale di allogamia (4-10%). L'accrescimento è di tipo indeterminato il che determina una certa scalarità di fioritura e di

maturazione. Le alte temperature alla fioritura, 30-35°C, influiscono sulla fertilità del polline e causano una notevole riduzione dell'allegagione. Le basse temperature, 12-13°C, in fase riproduttiva influiscono sullo sviluppo di gemme/fiori, e riducono anche la successiva produzione di semi. I semi di crambe sono prodotti in piccole siliquette indeiscenti a forma di sfera che diventano di colore giallo-marrone a maturazione e che portano un singolo seme per siliquetta. Una pianta può produrre da 530 a 1.840 siliquette. I semi maturi sono di colore bruno-verdastro, il pericarpo rappresenta dal 25% al 30% del volume della siliquetta e dall'11% al 40% del suo peso. Essi presentano dimensioni variabili, in relazione al numero di semi per pianta, alla fertilità e disponibilità idrica del suolo, con un diametro compreso tra 0,8 e 2,6 mm ed un peso di 1000 semi da 25 a 50 g (il peso di 1000 semi decorticati varia tra 6 e 10 g).



Fasi di sviluppo di *Crambe abyssinica*: 1. emergenza; 2. chiusura della fila; 3. inizio fioritura; 4. fioritura e riempimento del seme; 5. siliquette mature; 6. dettaglio delle siliquette e del seme.

Esigenze pedoclimatiche

Il crambe si adatta a molti tipi di terreno, compresi quelli salini (è meno tollerante dell'orzo e simile al grano) e contaminati (metalli pesanti), ed è in grado di crescere con successo in terreni marginali o semiaridi, tuttavia, preferisce terreni di medio impasto o moderatamente argillosi. Cresce bene in

suoli a reazione neutra o subalcalina, mentre in terreni con pH inferiore a 6 la crescita è ridotta. È meno tollerante a terreni pesanti, poco permeabili e soggetti a ristagni idrici.

In Italia, può essere coltivato sia come coltura primaverile che invernale, ma occorre prestare molta attenzione alle basse temperature. A livello di plantula può sopravvivere da -4 a -6°C per brevi periodi, ma negli stadi successivi temperature appena al di sotto di -1°C possono essere letali. Soprattutto in fase di allungamento degli internodi temperature inferiori a -2/-3 °C sono mal tollerate. Durante il periodo vegetativo le temperature devono essere comprese tra 15-25°C. Il crambe è caratterizzato da un ciclo di sviluppo piuttosto breve (90-120 giorni), con una somma termica di 1300-1500 GDD (GDD = Growing Degree Days, vale a dire la sommatoria dei gradi giorno accumulati durante il ciclo dalla semina alla raccolta) e una temperatura base di 5 °C. Questa specie può essere coltivata in aree con precipitazioni cumulative annue comprese tra 350 e 1200 mm, ma pur presentando una buona resistenza alla siccità, come la maggior parte delle colture annuali di semi oleosi, le rese maggiori si ottengono in zone con una buona piovosità. La disponibilità idrica ha infatti, un effetto importante sulla crescita della pianta, in particolare sulla entità delle ramificazioni, e sul numero di racemi fiorali e successivamente di siliquette. La resistenza alla siccità del crambe è resa possibile dalla capacità del suo apparato radicale fittonante di attingere l'acqua dagli strati più profondi, poiché in sua assenza o con mancanza di pioggia, le piante rimangono rachitiche o muoiono.

Tecnica agronomica

Avvicendamento

L'ottimizzazione delle rotazioni, soprattutto in sistemi organo-biologici, è un fattore fondamentale per la sostenibilità dei sistemi colturali, specialmente in termini di riduzione dell'uso dei fertilizzanti e del contenimento di erbe infestanti, parassiti e malattie, con conseguente significativa riduzione dei costi di gestione. Il crambe, in considerazione del suo breve ciclo di sviluppo, trova posto come coltura che precede i cereali autunno-vernini, liberando precocemente il terreno e permettendo così di effettuare tempestivamente le operazioni di lavorazione del terreno. Questa coltura da rinnovo, quindi, rappresenta una valida alternativa nei sistemi cerealicoli toscani, per la loro diversificazione e, in particolare, per interrompere la mono-successione di cereali, ancora troppo spesso praticata. Alla stregua di altre *Brassicaceae*, occorre però prestare particolare attenzione al ritorno della coltura sullo stesso terreno, per problemi di ordine fitosanitario. Tuttavia, nel corso di esperienze di coltivazione effettuate in Italia, questa specie non ha evidenziato di essere particolarmente suscettibile ai patogeni fungini (*Alternaria* spp., *Sclerotinia* spp.) che invece, più frequentemente creano problemi negli areali dell'Europa settentrionale. Sebbene non ampiamente studiato, il crambe può essere utilizzato come *cover crop*, fornendo benefici effetti a livello di ciclo dei nutrienti, miglioramento della struttura del

suolo, riduzione dei fenomeni erosivi similmente a quanto avviene con altre *Brassicaceae*. Recenti studi hanno riportato l'uso del crambe per la gestione del nematode cisticolo della soia (SCN) (*Heterodera glycines Ichinohe*) in quanto è stata osservata una significativa riduzione del numero di femmine adulte di SCN e cisti dopo la coltivazione del crambe.

Lavorazioni del terreno

La preparazione del terreno è uno degli aspetti più critici dell'agrotecnica del crambe, in quanto, in virtù delle ridotte dimensioni del seme, la realizzazione di un buon letto di semina è una condizione irrinunciabile per ottenere emergenze pronte ed uniformi. La coltura, quindi, si avvantaggia delle tipiche lavorazioni principali a 25-30 cm di profondità (aratura o scarificazione) seguite da affinamenti successivi, in base alla tipologia di terreno. Per la scarificazione può essere utilizzato il *chisel*, raggiungendo la stessa profondità dell'aratura, ma con un risparmio di tempo e di energia e con un minor impatto ambientale (con riferimento ai fenomeni di erosione e di compattazione del suolo, e mantenimento della sostanza organica). Per le lavorazioni complementari si possono impiegare erpici di vario tipo in base alla lavorazione principale effettuata: su zolle più grossolane utilizzeremo erpici a dischi, mentre in altri casi potranno essere utilizzati erpici a denti flessibili o rotativi. Obiettivo della lavorazione preparatoria e di quelle complementari, comunque effettuate, è la realizzazione di un letto di semina ottimale in cui la terra sia bene affinata ma non troppo, per evitare la possibile formazione di crosta superficiale al momento dell'emergenza delle plantule.

Nel caso si intenda seminare in autunno, è particolarmente importante, soprattutto nei terreni che necessitano di una buona strutturazione, lavorare quanto prima il terreno (dopo la raccolta del cereale) senza creare una zollosità eccessiva, che sarebbe poi estremamente difficile ridurre nel corso dell'estate, quando non ci si può avvalere del prezioso aiuto dell'alternanza di gelo e disgelo e dell'azione battente dell'acqua.

Se invece si intende seminare alla fine dell'inverno, una accurata gestione dei residui colturali e la preparazione anticipata del letto di semina si rivelano senz'altro operazioni molto utili: in questo caso l'erpatura e l'estirpatura vengono eseguite durante il periodo invernale, in modo che gli agenti atmosferici abbiano modo di affinare lo strato superficiale di terreno.

Scelta varietale

Per questa specie, il miglioramento genetico ha avuto inizio negli USA a partire dagli anni '60 del secolo scorso ed è proseguito in Europa negli anni '90, concentrandosi soprattutto sugli aspetti agronomici relativi alla produttività in granella, alla resistenza al freddo e ad alcune fitopatie. Le varietà attualmente in commercio a livello internazionale, infatti, si differenziano in termini di

precocità (ciclo lungo per Ukraina e Prophet e ciclo breve per Indy, Nebula, Galactica), per una migliorata resistenza ad alcune fitopatie (Nebula, Galactica, Carmen e Charlotte) e per un incremento della capacità produttiva: Mario (2,8 t ha⁻¹), Indy (3,1 t ha⁻¹), Ukraina (3,0 t ha⁻¹), Prophet (3,2 t ha⁻¹). In Italia, attualmente, non ci sono varietà iscritte al Catalogo delle varietà delle specie di piante agricole (S.I.A.N.), mentre, a livello europeo, risultano attualmente registrate: Diwimaho, Galactica, Morning Snow, Nebula e Katka. Per il progetto Sic Oleat è stata utilizzata la varietà Mario, una delle varietà selezionate in Italia e che sono tuttora conservate presso il CREA CI di Bologna. Le prove condotte nella pianura pisana hanno evidenziato soprattutto criticità riconducibili ad attacchi da parte di parassiti fitofagi (limacce e altiche) con consistenti diradamenti della coltura e, di conseguenza, con rese in granella (0,7 – 1,9 t ha⁻¹) tendenzialmente minori rispetto a quanto potenzialmente ottenibile con questa varietà.

Semina

La scelta della data di semina è molto importante per il successo della coltura in quanto, per il crambe, un'anticipazione della semina in autunno potrebbe avere un impatto negativo sulla resa per i danni da freddo a cui si può andare incontro; per tale motivo è necessario intervenire in modo da evitare che la coltura affronti i periodi freddi sia in fase di plantula che, soprattutto, in fase di allungamento degli internodi, quando il minimo termico è pari a 2°C. Negli areali centro-settentrionali la semina primaverile è da consigliarsi soprattutto se le condizioni climatiche consentono una semina anticipata (a partire dalla seconda metà di febbraio) e se non si verificano ritorni di freddo in fase di levata. Negli ambienti toscani, quindi è possibile seminare in autunno da metà settembre a metà ottobre e, in primavera, a partire dalla seconda metà di febbraio.

Per seminare può essere utilizzata la normale seminatrice da grano, opportunamente regolata, con interfila variabile dai 15 ai 30 cm e dose di seme (non decorticato) pari a 10-15 kg/ha (in funzione della varietà e del peso di 1000 semi) che può arrivare a 20 kg in caso di semine autunnali. Particolare attenzione va anche effettuata nella profondità di deposizione del seme, che non dovrebbe superare i 10-20 mm; solo su terreno secco ci si può spingere fino a 30 mm. Può essere utile anche il ricorso alla rullatura prima e/o dopo la semina per migliorare l'adesione del seme alle particelle di terreno.

Concimazione

Il crambe non è particolarmente esigente dal punto di vista nutrizionale ed è in grado, grazie al notevole sviluppo del suo apparato radicale, di assorbire elementi nutritivi in profondità ma, come altre specie *Brassicaceae*, si avvantaggia dell'apporto di concimi azotati e della precessione di leguminose. In sistemi biologici si fa ricorso alla letamazione in occasione della semina della coltura che precede il crambe, oppure all'uso di concimi organici da distribuire in pre-semina.

Gli studi relativi alle esigenze nutrizionali della coltura sono piuttosto esigui. Oltre ai tre macronutrienti principali, tra cui l'azoto rappresenta il più importante fattore di resa, anche lo zolfo riveste una certa rilevanza, come per altre oleaginose della stessa famiglia.

In sistemi di agricoltura integrata, generalmente, vengono impiegati per la fertilizzazione 30–160 kg ha⁻¹ di N, 40–120 kg ha⁻¹ di P, e 60–120 kg ha⁻¹ di K rispettivamente, in relazione alla dotazione del terreno, al precedente colturale e alla gestione dei residui, e al livello di produzione di granella attesa. Negli areali toscani, l'applicazione di fosforo e potassio può essere considerata necessaria solo in terreni carenti, mentre quella di azoto può incidere in maniera più decisa sulla resa in seme. Per questo motivo, nel caso si faccia ricorso alla concimazione minerale, è bene preventivare la somministrazione di 50-80 unità di azoto, da distribuire perlopiù in pre-semina, soprattutto nel caso di semine primaverili. È importante tenere presente che apporti di azoto cospicui aumentano la resa del seme, ma riducono significativamente il loro contenuto in olio. Lo zolfo, inoltre, gioca un ruolo importante nello sviluppo vegetativo e nella fioritura della coltura.

Flora infestante e avversità

La competizione con la flora infestante può rappresentare un problema dal momento che le piantine si accrescono molto lentamente negli stadi iniziali. Gli effetti negativi della scarsa competizione nei confronti delle malerbe si manifestano, generalmente, 60-70 giorni dopo l'emergenza.

È quindi molto importante effettuare una semina ottimale, in modo da limitare il tempo che intercorre tra la semina e la chiusura della fila. Impiego di semi di qualità, scelta della corretta spaziatura tra le file, semina precoce e dose di seme adeguati rivestono quindi un ruolo di cruciale importanza per il successo della coltura. È inoltre necessario intervenire con tecniche agronomiche che possono ridurre la carica infestante del terreno, quali l'utilizzo di colture competitive e rinettanti all'interno degli avvicendamenti. Anche la rotazione tra colture a ciclo autunno-invernale e colture a ciclo primaverile estivo può migliorare la gestione integrata delle infestanti, in particolare delle graminacee. La preparazione ottimale del letto di semina, abbinata alla falsa semina, da effettuarsi 2-3 settimane prima della semina effettiva, rappresentano elementi di fondamentale importanza per una coltura che non è molto competitiva nei confronti delle malerbe. Questa tecnica deve essere praticata anche per il cereale che precede il crambe. In condizioni pedoclimatiche favorevoli e con la coltura ben radicata (dopo lo stadio di 4 foglie) può essere impiegato con successo l'erpice strigliatore che si è dimostrato efficace nel contenere lo sviluppo delle infestanti dicotiledoni negli iniziali stadi di crescita.

Nei sistemi integrati il controllo con mezzi meccanici può essere accompagnato dal diserbo chimico prendendo come riferimento la coltura del colza. Ad oggi, infatti, non esistono prodotti registrati per

questa coltura (se non in deroga), sebbene risultino potenzialmente efficaci interventi in pre-emergenza con Trifluralin e metazachlor e in post-emergenza con clethodim + fenoxaprop-p-ethyl, fluazifop-p-butyl, quinclorac, setoxydim e clethodim.

Per quanto riguarda parassiti e patogeni, negli areali toscani non sono state evidenziati problematiche relative ad attacchi fungini che, invece, risultano evidenti, dall'analisi della letteratura (*Alternaria* spp., *Sclerotinia* spp.), per cui è comunque sconsigliabile il ritorno sullo stesso terreno dopo altre *Brassicaceae* prima di quattro anni. Spesso, invece, diradamenti anche gravi possono essere causati dalle limacce; nelle situazioni di alto rischio (vicinanza di boschi, suolo zollosa, presenza di residui pagliosi), può essere utile effettuare trattamenti preventivi. Nella pianura pisana, inoltre, sono state riscontrate problematiche relative alla presenza di fitofagi, soprattutto riconducibili all'attacco operato, sulle giovani piantine, da parte delle altiche (*Phyllotreta nemorum*). Questo coleottero, allo stadio adulto, ha dimensioni comprese tra i 3 e i 4 mm e la sua individuazione sulle piante non è semplice, in quanto, una delle caratteristiche di questo insetto, è l'estrema mobilità. La pianta spesso riesce a rispondere all'attacco con l'emissione di nuove foglie ma ciò può determinare un accrescimento disomogeneo nelle diverse zone del campo ed un ritardo nello sviluppo, con conseguente ridotta capacità competitiva della coltura nei confronti delle infestanti. In letteratura sono riferiti anche attacchi da parte del coleottero *Meligethes aeneus* che può attaccare i giovani boccioli fiorali, non riscontrati nelle coltivazioni condotte in Toscana.

Per i fitofagi non sono attualmente registrati p.a. efficaci, pertanto l'unica opportunità di controllo biologico risiede nell'adozione di adeguate rotazioni. In certi casi l'insorgenza di malattie e di attacchi da parte di fitofagi può essere ridotta distruggendo tempestivamente residui colturali nei quali questi svernano. Le sistemazioni idrauliche, inoltre, evitando ristagni idrici, riducono l'incidenza di diverse fitopatie e lo sviluppo di alcuni insetti terricoli sia diminuendone la virulenza sia aumentando il vigore e, quindi la resistenza delle piante coltivate. Una concimazione completa ed equilibrata è come regola generale favorevole in quanto piante ben nutrite e vigorose resistono meglio e con minor danno alle aggressioni. In sistemi integrati anche l'uso di semente conciata con fungicidi può essere di aiuto nel prevenire l'insorgenza di malattie veicolate dal seme.

Raccolta e resa

I semi di crambe vanno incontro ad una rapida maturazione dopo la fioritura, generalmente entro 2/5 settimane, a seconda della data di semina e delle condizioni ambientali. La maturità fisiologica viene raggiunta quando il 50% dei semi è diventato di colore bruno-marrone e la raccolta dovrebbe essere effettuata non appena le siliquette presenti sull'ultima ramificazione apicale raggiungono la maturità, e cioè quando queste virano al marrone chiaro (corrispondente ad un livello di umidità dei semi di

circa il 10%). Negli areali toscani, la raccolta si inserisce generalmente tra la fine di giugno e la metà di luglio e può essere effettuata con normale mietitrebbia da cereali e colza, opportunamente regolata. Il seme non richiede di essere essiccato, ma arriva con la raccolta estiva al giusto livello di umidità per la conservazione. Le perdite di seme in fase di raccolta risultano più contenute rispetto a quanto si verifica per il colza, grazie alla ridotta deiscenza delle siliquette. La resa in seme si dimostra essere un parametro molto variabile, essendo particolarmente influenzato dall'andamento stagionale e dalla corretta gestione della coltivazione. Nell'Italia centro-settentrionale, in condizioni non limitanti, si possono ottenere rese superiori a 2,5 t/ha; in biologico o con una gestione "low input", possono essere raggiunte rese che vanno da 0,6 a 1,5 t/ha. Anche il contenuto di olio del seme è un parametro fortemente variabile che oscilla in un range compreso tra 18% e 38%.

La caratteristica principale dell'olio di crambe è l'eccezionale contenuto di acido erucico, che può arrivare fino al 65% degli acidi grassi totali e che è significativamente superiore a quello accumulato nelle varietà di colza ad alto contenuto di acido erucico (HEAR), con un valore massimo del 50-55%. L'acido erucico, rappresentato dalla formula $22:1 \omega-9$, è un acido grasso monoinsaturo a 22 atomi di carbonio, in cui l'unico doppio legame si colloca tra il nono e il decimo atomo di carbonio a partire dall'estremità metilica. Ha una catena di atomi di carbonio molto lunga, rispetto alla maggior parte degli acidi grassi presenti nell'olio delle principali oleaginose, con caratteristiche tecniche (stabilità ossidativa) simili all'acido oleico, ma che consentono diverse trasformazioni chimiche. L'acido erucico è utilizzato principalmente come erucammide, un efficace agente adesivo nei film poliolefinici per avvolgere alimenti, sacchetti di plastica, film termoretraibili, lubrificanti, plastificanti e antischiuma, ecc. La capacità dell'olio di crambe di resistere alle alte temperature e di rimanere liquido alle basse temperature, lo rende un lubrificante di altissima qualità. Poiché è un lubrificante molto efficace e molto più biodegradabile degli oli minerali, questo olio può essere utilizzato da solo o come additivo per l'industria tessile, siderurgica e navale. Esperimenti recenti, hanno dimostrato che l'olio di crambe può sostituire efficacemente l'olio minerale in molti processi dell'industria meccanica, ovvero nella lavorazione dei metalli, nella lubrificazione, tempra, taglio, ecc. Rilevante è anche la presenza di steroli, in particolare di β -sitosterolo e di tocoferoli, e di altri componenti secondari, che ne fanno un ottimo candidato per l'utilizzo in prodotti farmaceutici, cosmetici, detergenti e nel settore della chimica fine, a seguito di processi di purificazione.

La produzione di acido erucico

La produzione di composti chimici a partire da materie prime a base vegetale è in continuo aumento, in virtù della crescente attenzione che viene posta alla sostenibilità dei processi produttivi. L'acido erucico, come è già stato evidenziato, rappresenta un ingrediente chimico di origine vegetale che

trova utilizzo in svariate applicazioni industriali. A livello internazionale, l'approvvigionamento di questo acido per l'industria chimica viene coperto perlopiù dalla produzione di colza di tipo "HEAR" (*High Erucic Acid Rapeseed*) alla cui coltivazione, però, sono collegati rischi di contaminazione delle produzioni destinate al settore *food* e *feed*. Le piante e i semi delle selezioni HEAR, infatti, sono indistinguibili da quelli del colza ad uso alimentare (*Low Erucic Acid Rape* LEAR o canola), per cui esiste un alto rischio di impollinazione incrociata e di inquinamento accidentale di semi negli impianti di lavorazione. Secondo gli standard alimentari dell'UE, il contenuto di acido erucico dovrebbe essere inferiore al 5% negli oli per uso alimentare e inferiore all'1% nelle formule per lattanti (Regolamento (UE) n. 696/2014). Il crambe, quindi, rappresenta una fonte alternativa di acido erucico, particolarmente vantaggiosa rispetto alle selezioni HEAR, poiché la pianta ed i semi sono facilmente distinguibili da quelli del colza e le due specie non si incrociano, il che riduce fortemente i rischi di contaminazione delle produzioni di canola. In aggiunta, il crambe ha un maggiore contenuto di acido erucico rispetto alle selezioni HEAR ed il quantitativo di acidi grassi polinsaturi (PUFA) è inferiore. A questi si aggiungono i vantaggi legati alla coltivazione di una specie che richiede un minor impiego di input rispetto al colza e che può essere coltivato in ambienti marginali e in condizioni di stress idrico.

Bibliografia

- Fontana F., Lazzeri L., Malaguti L., Galletti S. 1998. Agronomic characterization of some *Crambe abyssinica* genotypes in a locality of the Po Valley. *European Journal of Agronomy*, 9, 117–126.
- HuaZhu Li, 2016. Chapter 7 - Crambe (*Crambe abyssinica*). In: *Industrial Oil Crops*. Ed. Elsevier, pp. 195-205.
- Matteo R., Pagnotta E., Ugolini L., Cinti S., Malaguti L., Lazzeri L. 2019. Crambe – *Crambe abyssinica* (Hochst. Ex R.E.Fr). In: *Oli e grassi*. Ed. Edagricole, pp. 81-85.
- Righini D., Zanetti F., Monti A. 2016. The bio-based economy can serve as the springboard for camelina and crambe to quit the limbo. *OCL* 23 (5), D504.
- Samarappuli D., Zanetti F., Berzuini S. e Berti M.T. Berti. 2020. Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst): A Non-Food Oilseed Crop with Great Potential: A Review. *Agronomy*, 10, 1380.