

PSR Toscana 2014-2020 – Progetti Integrati di Filiera

Sottomisura 16.2 “Sostegno a progetti pilota e di cooperazione”

PIF 45 /2017 “SOLEAT – SEMI OLEOSI ALLA TOSCANA”

Sistemi di Innovazione Colturale per le Oleaginose Toscane - SIC OLEAT

RELAZIONE CONCLUSIVA



Soc. Agr. Musu Giuseppe e Francesco – Fauglia (PI)

Pian del Volpi Soc. Agr. – Roccastrada (GR)

Sommario

Introduzione	5
Azione 1 - Project Management.....	8
Azione 2 - Confronto di varietà innovative di alta qualità per girasole altissimo oleico	22
Azione 3 - Collaudo e verifica dei processi innovativi proposti - Trasferimento di innovazione agronomica	26
AZIONE 3.1 - Collaudo e test dei processi innovativi proposti	26
1. Ottimizzazione dei protocolli di coltivazione e definizione di linee guida di buona pratica agricola e di raccolta per nuove varietà di lino da olio in biologico	26
1.1. Strategie di fertilizzazione organica differenziate.....	27
1.1.1. Caratterizzazione pedo-climatica dei siti di coltivazione	27
1.1.2. Definizione delle caratteristiche biologiche, biometriche e produttive delle varietà in prova	31
1.1.3. Impostazione delle prove per la valutazione dell'effetto di tecniche di fertilizzazione biologica differenziate, sulle performances agronomico-produttive del lino da olio	33
1.1.4. Principali risultati ottenuti nel primo anno di coltivazione	36
1.1.5. Principali risultati ottenuti nel secondo anno di coltivazione	40
1.1.6. Principali risultati ottenuti nel terzo anno di coltivazione	43
1.2. Valutazione agronomico-produttiva di varietà di lino a confronto nei due ambienti di coltivazione	46
1.2.1. Caratterizzazione pedo-climatica dei siti di coltivazione	47
1.2.2. Definizione delle caratteristiche biologiche, biometriche e produttive delle varietà in prova	47
1.2.3. Impostazione delle prove per la valutazione dell'effetto genotipo x ambiente.....	47
1.2.4. Principali risultati ottenuti nel primo anno di coltivazione	49
1.2.5. Principali risultati ottenuti nel secondo anno di coltivazione	54
1.2.6. Principali risultati ottenuti nel terzo anno di coltivazione	58
1.3. Ottimizzazione dei protocolli di coltivazione e definizione di linee guida di buona pratica agricola e di raccolta per il crambe	63
1.3.1. Caratterizzazione pedo-climatica del sito di coltivazione	63
1.3.2. Definizione delle caratteristiche biologiche, biometriche e produttive del crambe	64

1.3.3. Impostazione delle prove per la valutazione dell'epoca di semina sulle performances agronomico-produttive del crambe.....	64
1.3.4. Principali risultati ottenuti	64
1.4. Ottimizzazione dei protocolli di coltivazione e definizione di linee guida di buona pratica agricola e di raccolta per il girasole altissimo oleico.....	69
1.4.1. Caratterizzazione pedo-climatica del sito di coltivazione	69
1.4.2. Definizione delle caratteristiche biologiche, biometriche e produttive del girasole.....	70
1.4.3. Impostazione delle prove per la valutazione dell'epoca di semina sulle performances agronomico-produttive del girasole	71
1.4.4. Principali risultati ottenuti nel 2019.....	71
1.4.5. Principali risultati ottenuti nel secondo anno (2020)	74
1.5. Creazione di mappe di vocazionalità e previsionali per girasole e lino.....	77
2. AZIONE 3.2 – Controllo di qualità lungo la filiera	78
2.1. Monitoraggio presso le aziende agricole partner del progetto	79
2.1. Valutazione delle caratteristiche qualitative delle produzioni.....	86
2.1.1. Valutazione delle caratteristiche qualitative nel lino da olio in funzione della fertilizzazione organica e dell'ambiente di coltivazione	86
2.1.2. Valutazione delle caratteristiche qualitative nel lino da olio in funzione della varietà e dell'ambiente di coltivazione	90
2.1.3. Valutazione delle caratteristiche qualitative del pannello di lino	94
2.1.4. Valutazione delle caratteristiche qualitative del crambe	97
2.1.5. Valutazione delle caratteristiche qualitative del girasole alto-oleico	98
3. AZIONE 3.3 - Valutazione tecnico-scientifica e verifica di fattibilità delle tecniche colturali innovative trasferite alle aziende di produzione	99
Azione 4 - Coltivazione oleaginose a livello aziendale	102
Attività colturali svolte	109
Mezzi tecnici impiegati	112
Azione 5. Trasformazione.....	113
RICADUTE ECONOMICHE DEL PROGETTO DI COOPERAZIONE	122
RICADUTE AMBIENTALI DEL PROGETTO DI COOPERAZIONE.....	122
COSTI DI REALIZZAZIONE DEL PROGETTO	123
ALLEGATI.....	123

Sintesi del progetto

I partner del progetto

- Savi Italo srl (Capofila)
- Centro di Ricerca "E. Avanzi" dell'Università di Pisa (CIRAA)
- Azienda agricola Musu Giuseppe e Francesco soc.sempl. agricola, con sede a Fauglia (PI)
- Pian del Volpi Società Agricola Semplice, sede legale: Strada Braghiera, 3, 15057, Tortona (AL); Sede operativa in Toscana: Loc. Pian del Volpi, Roccastrada (GR)
- Confagricoltura Toscana, con sede a Firenze

Obiettivi

- Creazione di un **modello tecnico-scientifico innovativo e sostenibile**, su scala regionale, per lo sviluppo e la valorizzazione della filiera **oleaginose**, già oggetto di interventi di riorganizzazione e, in parte, **tracciata con marcatori molecolari**, come previsto dagli accordi commerciali definiti in seno al PIF
- Promozione di **tecniche di produzione biologica e integrata**, in piena sintonia con le tematiche di innovazione e sostenibilità, cogliendo anche le opportunità di mercato sulle produzioni biologiche, “made in Italy” per tali prodotti
- Individuazione di un pacchetto di **best practices** nel rispetto degli aspetti ambientali dell’agroecosistema, con particolare riferimento alla **conservazione della risorsa suolo** e anche, secondariamente, alla **biodiversità**
- Ottenimento di oli vegetali da semi di **varietà innovative** di **girasole “altissimo oleico”, lino e crambe** per spremitura meccanica a freddo, caratterizzati da elevati standard qualitativi, da destinare al settore alimentare ed industriale
- Creazione di **mappe di vocazionalità e previsionali** per determinare la resa potenziale, le epoche di semina più idonee, il fabbisogno potenziale in azoto e la composizione acidica degli oli di girasole, in base allo scenario climatico attuale (basato sulla media degli ultimi vent’anni) e su simulazioni climatiche future
- Miglioramento della **competitività** delle aziende e delle filiere coinvolte, nonché l’efficienza produttiva e la pianificazione colturale, attraverso l’adozione e lo sviluppo di processi innovativi, con particolare attenzione ai sistemi organo-biologici, su scala regionale
- Proporre **opportunità tecniche di pronta fruibilità** da parte di tutti i soggetti, privati e pubblici, a diverso titolo interessati a queste filiere
- Sensibilizzare gli addetti ai lavori e le comunità locali con **strategie di comunicazione** ad hoc

Azioni progettuali

AZIONE 1 - Project Management (soggetto attuatore: SAVI Italo srl)

AZIONE 2 – Confronto di varietà innovative di alta qualità per girasole altissimo oleico (soggetto attuatore: Pian del Volpi Soc. Semplice Agricola)

AZIONE 3 - Collaudo e verifica dei processi innovativi proposti - Trasferimento di innovazione agronomica (soggetto attuatore: CIRAA-Unipi)

AZIONE 4. Coltivazione oleaginose a livello aziendale (soggetto attuatore: Az. Agr. Musu)

AZIONE 5. Trasformazione (soggetto attuatore SAVI Italo srl)

AZIONE 6. Disseminazione e divulgazione (soggetto attuatore: Confagricoltura Toscana)

Introduzione

Nell'ambito delle attività di ricerca relative al progetto PIF SOLEAT, la sottomisura 16.2 "SIC-OLEAT – Sistemi di Innovazione Colturale per le Oleaginose Toscane" si pone come obiettivo quello di trasferire le conoscenze maturate in recenti studi e ricerche relative alla produzione sostenibile in filiera corta biologica di colture oleaginose adatte ad essere introdotte nella rotazione agricola, come specie da rinnovo, selezionate per garantire una buona produttività, maggiore stabilità nelle rese, e maggiore resilienza ai cambiamenti climatici. Oltre a presentare peculiari caratteristiche qualitative della granella e dell'olio apprezzate in settori diversi di mercato, queste colture, sono in grado di migliorare/mantenere la fertilità dei terreni agricoli, favorendo così la diffusione di modelli agricoli sostenibili e biologici. Nel corso degli ultimi anni il settore biologico italiano ha mostrato una maggiore attenzione che in passato, a queste colture e ai loro prodotti. Alla crescita della domanda nazionale, ormai in aumento da più di dieci anni consecutivi e in linea con quanto si verifica in diversi Paesi europei, si è aggiunta quella piuttosto sostenuta dell'offerta, essendo sensibilmente aumentata la superficie biologica e in conversione, per raggiungere un milione e mezzo circa di ettari. Anche nei confronti degli oli vegetali sono aumentate le richieste di mercato a livello europeo sia per il settore degli oli vergini biologici spremuti a freddo, che dei pannelli di estrazione quali materie prime per il settore mangimistico in cerca di alternative a soia e mais per le produzioni a marchio.

La messa a punto e la verifica di varietà innovative per sistemi biologici che presentino un'ampia adattabilità alle diverse condizioni pedoclimatiche della nostra regione, la verifica delle loro caratteristiche agronomiche, nonché delle caratteristiche quanti-qualitative della resa, ci consentirà di individuare i genotipi più adatti ed in grado di contribuire alla diversificazione dei sistemi colturali favorendone la transizione verso sistemi di tipo biologico. Tra le colture oleaginose sono state scelte lino e girasole perché colture ottimali per il rinnovo dei terreni nelle rotazioni colturali cerealicolo e cerealicolo-industriali, la cui granella fornisce sia oli ricchi di acidi grassi polinsaturi, che farina di estrazione con un interessante contenuto di composti funzionali. Entrambe le colture presentano elevata resistenza allo stress idrico e si presentano pertanto idonee ad essere inserite nei sistemi cerealicoli e cerealicoli-industriali, in assenza di irrigazione nell'Italia centrale, operando in semina autunnale per lino e primaverile precoce per girasole.

Il rinnovato interesse per il lino è relativo alle potenzialità del suo olio - contenuto nei semi in percentuali dal 30-40% - nell'integrazione della dieta umana e animale con acidi grassi essenziali polinsaturi. Nell'alimentazione umana, l'olio di lino infatti, rappresenta la principale fonte vegetale di ALA (acido α -linoleico) nonché di altri acidi grassi polinsaturi in grado di garantire benefici nutrizionali, grazie ad un rapporto $\Omega 3 - \Omega 6$ simile a quelli che ritroviamo nell'olio di pesce.

Inoltre, il lino da olio presenta interessanti e positive caratteristiche agronomiche quali (i) facilità di inserimento negli avvicendamenti *cereal-based*, favorendo la diversificazione produttiva; (ii) facilità di introduzione in sistemi di agricoltura biologica e a bassi input, sebbene presenti alcune problematiche legate al controllo della flora infestante; (iii) crescente richiesta, da parte del mercato europeo, per un prodotto italiano biologico; (iv) elevata adattabilità ai diversi ambienti pedoclimatici della Toscana, anche marginali; (v) esistenza di varietà caratterizzate da ottima resistenza al freddo, alta percentuale di olio e buon tenore in acido α -linolenico, C18:3, rustiche, a maturazione molto precoce e con buona resistenza all'allettamento. Vi è, pertanto, la necessità di valutare i requisiti di differenti varietà oggi disponibili in commercio sia in termini di adattabilità alle condizioni pedoclimatiche, che di stabilità produttiva e caratteristiche qualitative della produzione anche in relazione alla filiera di riferimento. Questo allo scopo di fornire agli agricoltori varietà ottimali per i diversi areali e indicazioni sulle migliori pratiche agronomiche per garantire rese stabili e prodotti con caratteristiche qualitative elevate senza aumentare i rischi di impatto ambientale delle coltivazioni.

Nel corso degli ultimi 25 anni la coltivazione del girasole ha beneficiato di un vero e proprio progresso genetico e tale 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 per la preparazione di sughi, sottoli e salse e nel settore dolciario per la preparazione di prodotti da forno) che operano per ottenere granella con olio di qualità superiore. In Francia, le varietà di girasole alto oleico rappresentano il 62% delle coltivazioni di girasole, in Italia il 35% ed in Spagna il 14%. La principale caratteristica di queste varietà, rispetto a quelle convenzionali, è il diverso rapporto tra i vari acidi grassi insaturi presenti nell'olio, con notevole incremento della frazione dell'acido oleico ed un corrispondente calo dell'acido linoleico, con punte superiori al 90% di acido oleico sul totale degli acidi grassi. La quasi totalità delle varietà disponibili sono di provenienza estera, selezionate perciò per ambienti diversi da quelli dove sono coltivati in Italia. Nasce, pertanto, la necessità di valutarne l'adattamento e la potenzialità produttiva nei nostri ambienti e in sistemi a bassi input e biologici. Dal punto di vista agronomico, è stato 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, anche in sistemi biologici. Il maggior tenore di acido oleico conferisce all'olio una minor tendenza all'ossidazione e all'irrancidimento e una maggiore stabilità (cottura), nonché interessanti proprietà salutistiche e nutraceutiche ed elevata versatilità di impiego. Non solo, l'elevata percentuale di acido oleico fornisce all'olio interessanti applicazioni industriali

oltre che nel campo dell'alimentazione umana e animale. Nell'alimentazione zootecnica, il girasole viene utilizzato sotto forma di farina di estrazione o come prodotto estruso negli allevamenti bovini da latte per integrare periodicamente la razione alimentare, migliorandone le prestazioni riproduttive. In tal senso, i nuovi ibridi alto oleico producono farine disoleate ricche di proteine, alternative a mais e soia, da indirizzare alla produzione mangimistica di vacche da latte e di suini in allevamenti biologici, ai quali conferisce una maggiore qualità e conservazione delle carni. L'elevata percentuale di oleico fornisce all'olio anche numerose applicazioni industriali, tra cui quelle nel settore della lipochimica per la produzione di saponi, biolubrificanti, cosmetici, diserbanti, fungicidi, prodotti della chimica verde ed erbicidi naturali (ad esempio acido perlargonico e acido azelaico ottenuti mediante ozonolisi a partire dall'acido oleico). Infine, questi oli sono ottimali per la produzione di biodiesel, grazie ad una maggior stabilità termica, ad un numero di cetano più elevato che determina la pronta accensione del motore e ad un minor numero di iodio, indice di buona stabilità ossidativa.

Infine, l'ultima coltura considerata è il crambe (*Crambe abyssinica* Hochst ex R.E. Fries), appartenente alla famiglia delle Brassicaceae, caratterizzata da buon contenuto in olio (30-37%) con un contenuto molto elevato di acidi grassi a catena lunga rappresentati principalmente da acido erucico (54-59%). In virtù di questa composizione, tale olio presenta alcune interessanti caratteristiche tribologiche che lo rendono interessante per numerose utilizzazioni industriali, soprattutto nel settore cosmetico. Anche il pannello residuo, caratterizzato da un elevato contenuto in glucosinolati (essenzialmente epo-progoitrina), può avere a sua volta un interesse come fonte di molecole bioattive.

Azione 1 - Project Management

L'azione 1, svolta tramite personale dipende dell'azienda capofila e i consulenti incaricati, ha riguardato l'animazione dei vari partner e delle aziende in filiera attraverso la pianificazione e il coordinamento delle attività progettuali, il monitoraggio dello stato di attuazione dell'accordo di cooperazione, la centralizzazione e organizzazione delle fasi operative presso il centro di ricevimento e stoccaggio del capofila, il supporto tecnico alle imprese agricole, la gestione delle comunicazioni con gli uffici regionali competenti.

La costante collaborazione in itinere con il gruppo di ricerca del CIRAA, guidato dalla Prof.ssa Luciana Angelini, è stata incentrata principalmente sul supporto alle attività di *Trasferimento dell'innovazione agronomica* previste nell'azione 3, sia tramite i consulenti, sia tramite il personale interno incaricato sul progetto, individuato nella figura del responsabile settore vendite Evandro Marcucci, di stanza nella sede toscana della ditta Savi Italo srl.

In particolare, la collaborazione del consulente sull'azione 3 si intende riferita:

- All'indagine conoscitiva e descrittiva del territorio di riferimento della filiera
- Alla creazione e gestione dei contatti con le aziende agricole partecipanti alla filiera ed altri portatori di interesse (cooperative, associazioni di categoria)
- Alla collaborazione in itinere con il personale della ditta Savi incaricato, sul progetto, di fornire supporto tecnico ai referenti scientifici e alle aziende agricole partner
- Alla gestione tecnico-amministrativa della documentazione di progetto e delle istanze ARTEA.

In tabella 1 si riportano le attività di coordinamento svolte dai consulenti del capofila, in tabella 2 quelle svolte dal personale interno:

Tabella 1 –Attività dei consulenti esterni (azione 1)

Attività
Organizzazione e gestione incontri operativi con i partner di progetto per attività di coordinamento generale e sviluppo delle singole fasi di realizzazione del progetto
Organizzazione e gestione riunioni di coordinamento con enti di ricerca presso la sede del responsabile scientifico
Organizzazione e gestione riunioni di monitoraggio e coordinamento con il personale incaricato dal capofila del PIF per lo sviluppo delle attività, anche in coerenza con il progetto di filiera
Indagine territoriale: selezione di un campione rappresentativo di aziende sul territorio del PIF; sopralluoghi sul campo; progettazione, con software GIS, della cartografia di progetto in formato vettoriale (SHP – shapefile) sull'uso del suolo (analisi base dati ARTEA), sui caratteri pedologici e del paesaggio, sugli svantaggi e sui vincoli sovraordinati (es. aree protette, zone vulnerabili nitrati, inquinamento fitofarmaci tramite analisi base dati SITA Regione Toscana e ARPAT), sull'idrologia del territorio e rappresentazione cartografica delle fasce tampone con buffer di 10 metri.
Gestione amministrativa del progetto 16.2. Coordinamento e verifica per un controllo centralizzato della documentazione tecnica predisposta dai partner di progetto. Gestione comunicazioni con gli uffici regionali referenti per la sottomisura 16.2. Progettazione e redazione documentazione tecnica di progetto (relazioni tecnico-economiche intermedie e finali).

Tabella 2 –Attività svolte dal personale interno (azione 1)

Attività
Partecipazione a incontri operativi tra i consulenti tecnici e i partner di progetto per attività di coordinamento generale e sviluppo delle singole fasi di realizzazione del progetto in sintonia con tutti i partner coinvolti.
Supporto al consulente e ai partner scientifici per la fornitura di dati e documenti aziendali necessari alle attività di monitoraggio e coordinamento.
Supporto tecnico alle aziende agricole in accordo con il partner scientifico CIRAA: indicazioni su scelta varietale, sementi, fertilizzanti, prodotti fitosanitari e coadiuvanti,
Supporto tecnico alle aziende agricole: organizzazione delle semine, anche attraverso sopralluoghi sul campo
Supporto tecnico alle aziende agricole: sopralluoghi sul campo per monitoraggio delle colture, verifica stato sanitario e vegetativo (in stretta correlazione con il partner scientifico CIRAA)
Organizzazione logistica delle raccolte: campionamenti e analisi rapide dei parametri di qualità delle granelle (umidità e peso specifico misurati con dispositivo elettronico direttamente sul campo o al ricevimento della merce, impurità stimate con metodo rapido); gestione e coordinamento logistica dei trasporti dal campo fino al centro di stoccaggio.
Registrazione dati ed elaborazione report quantitativi e qualitativi delle tre campagne di raccolta

Figura 1 – Sopralluoghi sul campo e immagini dal drone

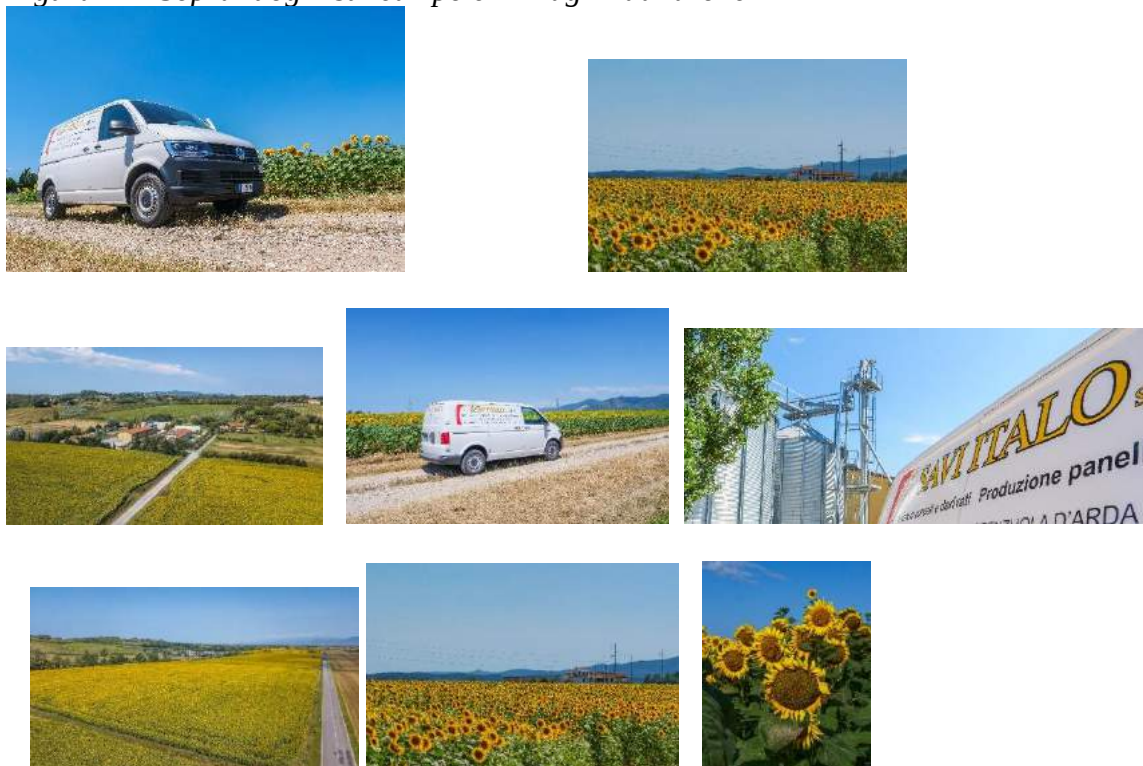


Figura 2 – Accettazione del prodotto raccolto



Figura 2bis – monitor della pesa e scontrino di pesata



INDAGINE TERRITORIALE

Si sono individuate 5 aziende test, tra le più significative nell'ambito della filiera, sia in termini di superficie agricola, sia in termini quantitativi di consegne dei semi oleosi al capofila sulla base dell'accordo di filiera: Az. Agr. Musu di Fauglia, Aziende Terreni e Baglini di Cascina, Az. Agr. Tirabasso Federico di Collesalveti e Azienda Le colmate di Ponte Buggianese.

Figura 3 – Estratto mappa degli appezzamenti aziendali

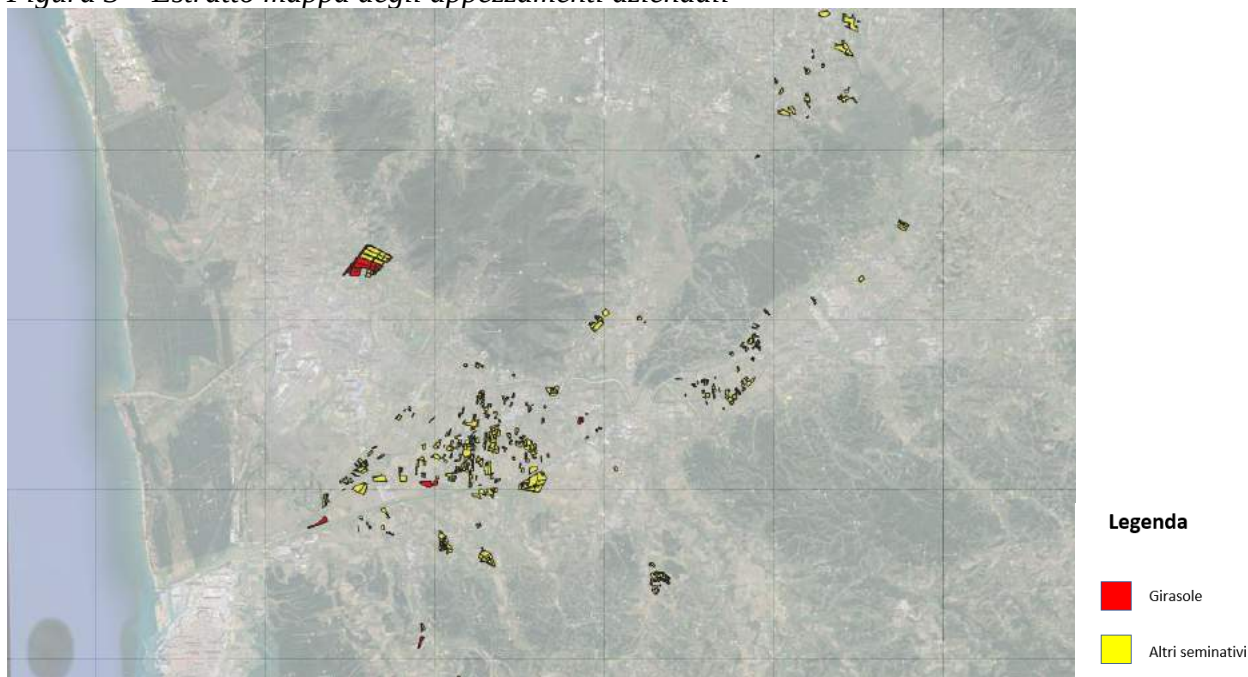


Tabella 3 – Distribuzione della SAU e incidenza per singola specie coltivata (dati PCG 2021)

Specie	SAU (mq)	Incidenza%
CECE	646812	3%
COLZA	750477	4%
CORIANDOLO	104639	1%
FAGIOLO	46634	0%
FORAGGERE	3354322	18%
GIRASOLE	4179471	23%
GRANO DURO	1670546	9%
GRANO TENERO	4822433	26%
MAIS	1631515	9%
ORZO	459306	2%
RIPOSO	569028	3%
SOIA	110325	1%
SORGO	156718	1%
Totale	18502226	

Le 5 aziende gestiscono una superficie seminabile complessiva di **1850 ettari**. Il dato interessante riguarda l'incidenza dei semi oleosi sull'intera SAU a seminativi, pari al 28%,

con netta prevalenza del girasole (23%), a testimoniare l'importanza di questa specie negli ordinamenti colturali in uso.

L'inquadrimento pedo-paesaggistico dei territori aziendali è illustrato nella figura 4

Figura 4a – Unità di paesaggio – Sistema 64.4_B (Fonte: Geoscopio)

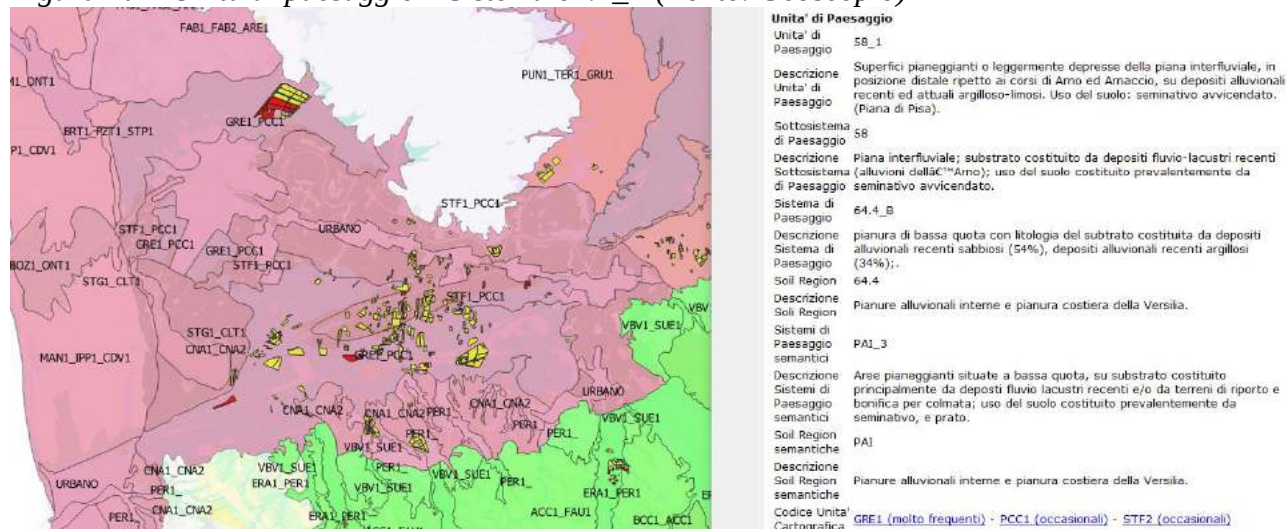
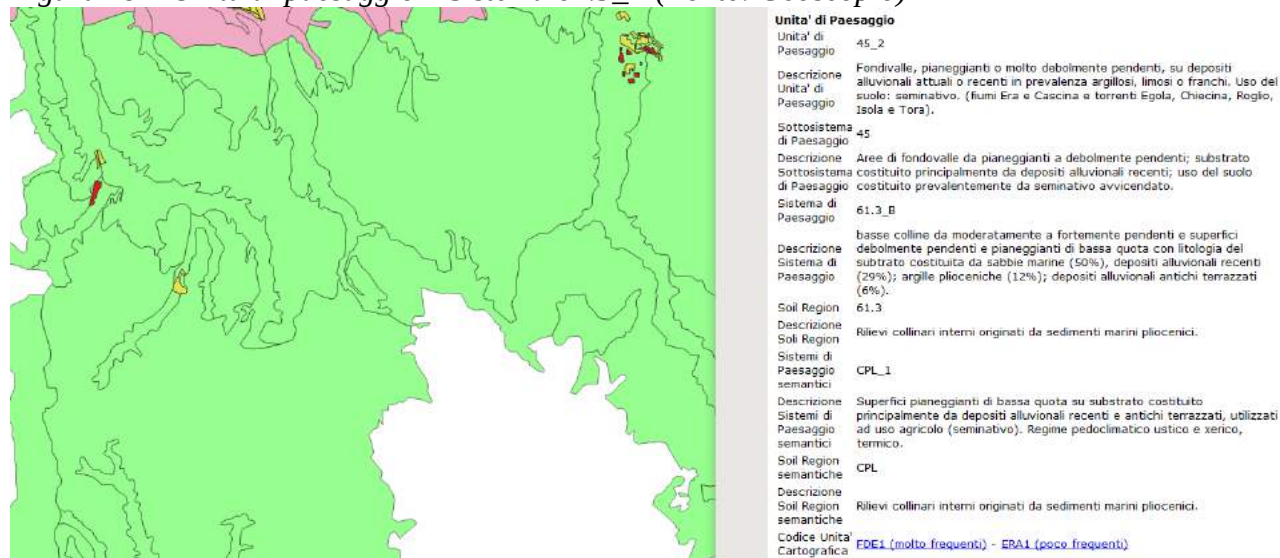


Figura 4b – Unità di paesaggio – Sistema 61.3_B (Fonte: Geoscopio)

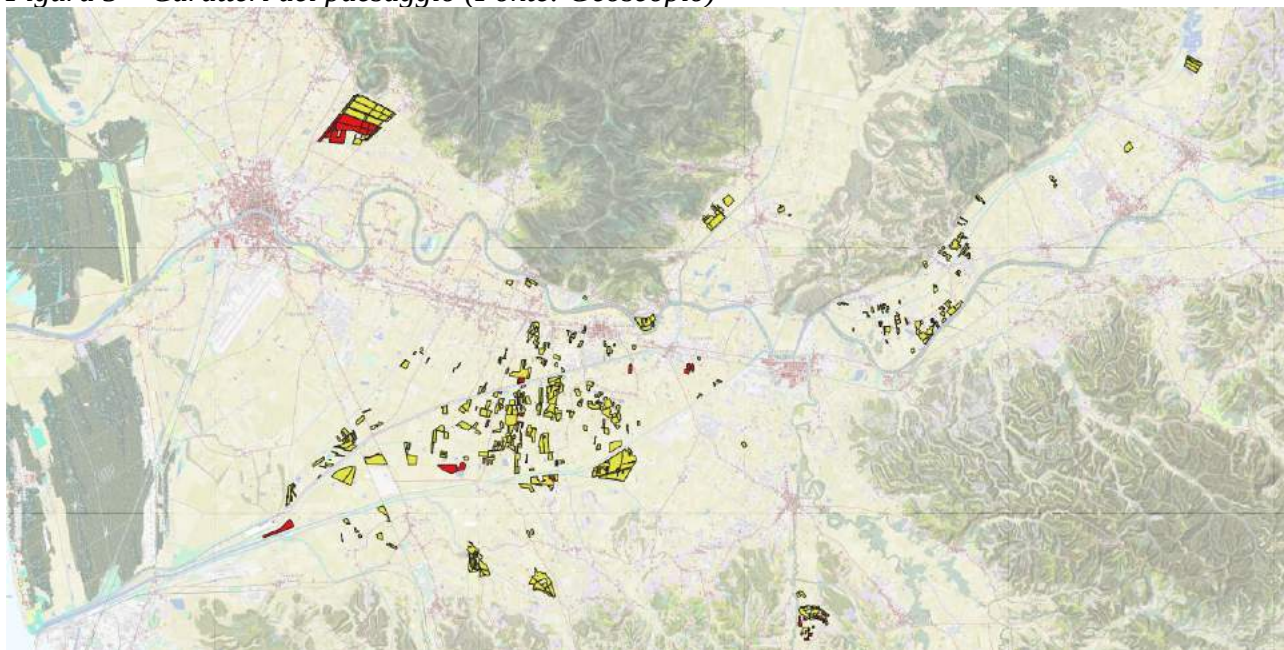


La pedologia prevalente afferisce a due Soil Region:

- 64.4: pianure alluvionali interne
- 61.3 rilievi collinari interni

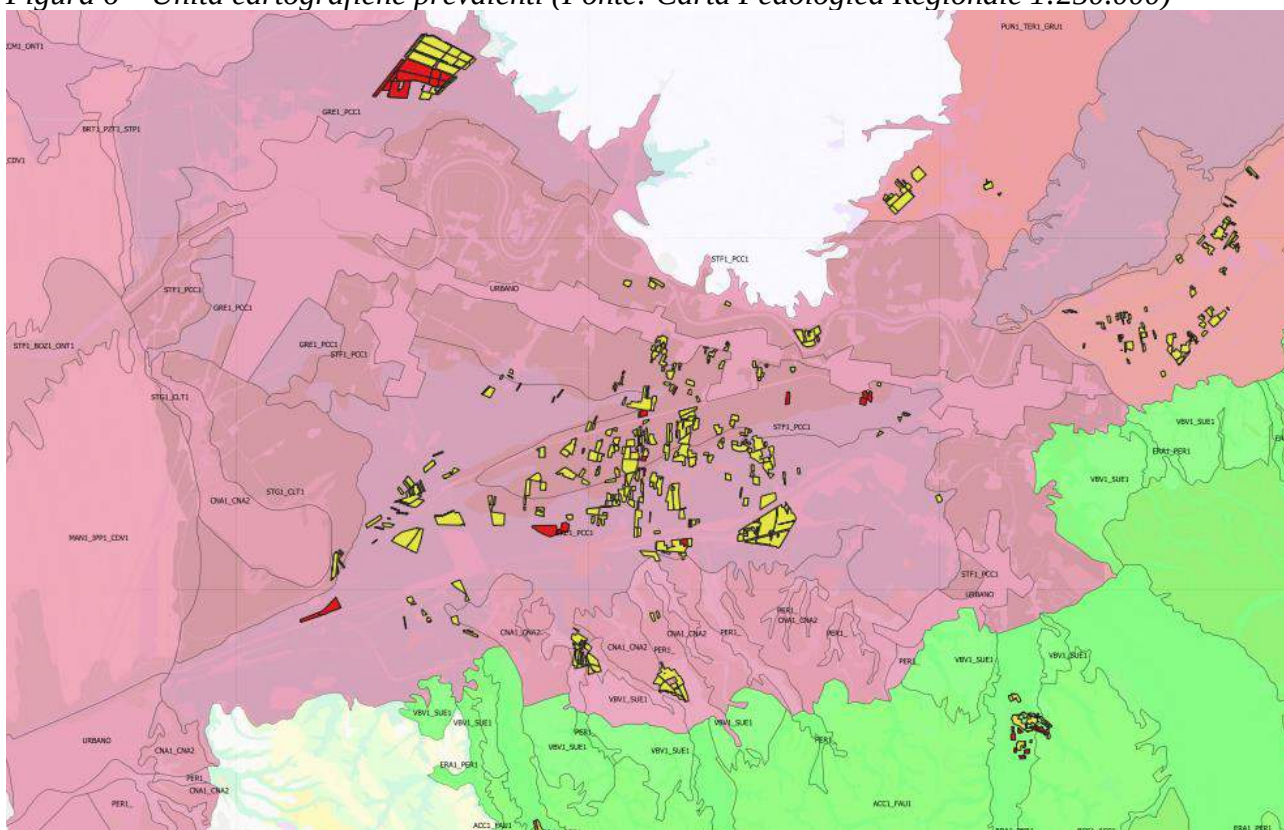
Anche nell'ambito della Soil Region 61.3 la coltivazione del girasole viene destinata agli appezzamenti pianeggianti, come si evince dalla mappa dei caratteri del paesaggio:

Figura 5 – Caratteri del paesaggio (Fonte: Geoscopio)



In figura 6 la rappresentazione delle principali unità cartografiche interessate:

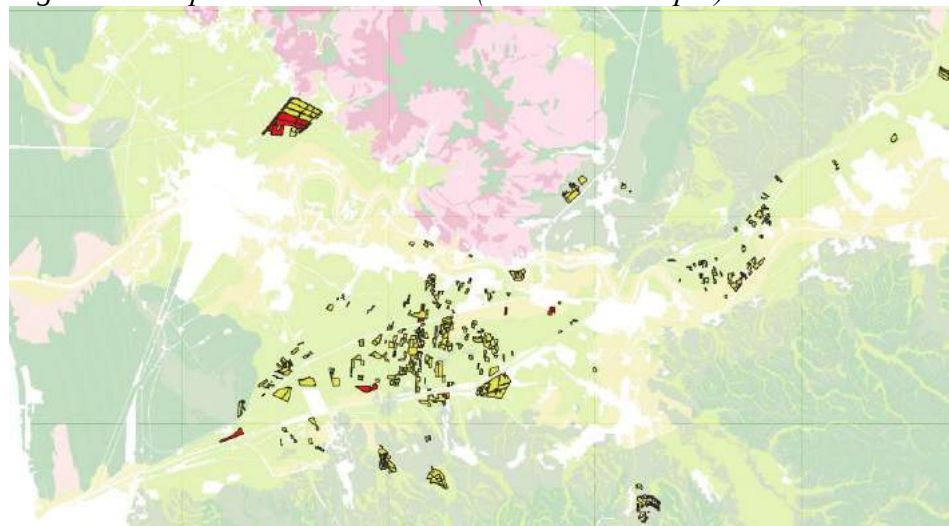
Figura 6 – Unità cartografiche prevalenti (Fonte: Carta Pedologica Regionale 1:250.000)



Legenda

Unità Cartografica Sigla	Suoli Nome, sigla STS e frequenza	Descrizione	Classificazione Soil Taxonomy	WRB
GRE1_PCC1	Grecciano GRE1 molto frequenti	Suoli profondi, a profilo Ap-Bss-Cgss non ghiaiosi, da argilloso limoso, da debolmente a moderatamente calcarei, da debolmente a moderatamente alcalini, da moderatamente ben drenati a piuttosto mal drenati.	Type Haplusterts, fine, mixed, thermic (2.003)	Entric Vertisols (1.998)
	Ponsacco PCC1 poco frequenti	Suoli profondi, a profilo Ap-Bw, non ghiaiosi, a tessitura franco limosa o franco sabbioso argillosa, da moderatamente a fortemente calcarei, da debolmente a moderatamente alcalini, da ben drenati a moderatamente ben drenati.	Fluventic Haplovisceptis, coarse-silty, mixed, thermic (2.003)	Fluvis Cambisols (1.998)
	Santo Stefano STF2 occasionali	Suoli profondi, a profilo Ap-C-2C, non ghiaiosi, a tessitura franco limosa su argillosa, moderatamente calcarei, moderatamente alcalini, moderatamente ben drenati.	Type Xerofluvents, coarse-silty over clayey, mixed, calcareous, thermic (2.003)	Calcic Fluvisols (1.998)
	Areto ARE1 occasionali	Suoli molto profondi, a profilo Ap-Bw-C, non ghiaiosi, a tessitura da franca a franco limosa, da scarsamente a moderatamente calcarei, a reazione moderatamente alcalina, con saturazione in basi molto alta, ben drenati.	Fluventic Haplovisceptis, coarse-loamy, mixed, thermic (2.003)	Calcic Fluvis Cambisols (1.998)
STF1_PCC1	Santo Stefano STF1 molto frequenti	Suoli da profondi a molto profondi, a profilo Ap-C, non ghiaiosi, da franco limosi a franchi, moderatamente calcarei, da debolmente a moderatamente alcalini, ben drenati.	Type Xerofluvents, coarse-silty, mixed, calcareous, thermic (2.003)	Calcic Fluvisols (1.998)
	Ponsacco PCC1 frequenti	Suoli profondi, a profilo Ap-Bw, non ghiaiosi, a tessitura franco limosa o franco sabbioso argillosa, da moderatamente a fortemente calcarei, da debolmente a moderatamente alcalini, da ben drenati a moderatamente ben drenati.	Fluventic Haplovisceptis, coarse-silty, mixed, thermic (2.003)	Fluvis Cambisols (1.998)
	Santo Stefano STF2 occasionali	Suoli profondi, a profilo Ap-C-2C, non ghiaiosi, a tessitura franco limosa su argillosa, moderatamente calcarei, moderatamente alcalini, moderatamente ben drenati.	Type Xerofluvents, coarse-silty over clayey, mixed, calcareous, thermic (2.003)	Calcic Fluvisols (1.998)
	Fosso Confine FCO1 occasionali	Suoli da moderatamente profondi, a profilo Ap-Cg, argillosi, non ghiaiosi, calcarei, a reazione da debolmente a moderatamente alcalina, piuttosto mal drenati. Presenza di falda tra 100 cm e 150 cm di profondità per gran parte dell'anno.	Type Fluvisceptis, fine, mixed, calcareous, thermic (2.003)	Calcic Gleys Fluvisols (1.998)
	Grecciano GRE1 occasionali	Suoli profondi, a profilo Ap-Bss-Cgss non ghiaiosi, da argilloso limoso, da debolmente a moderatamente calcarei, da debolmente a moderatamente alcalini, da moderatamente ben drenati a piuttosto mal drenati.	Type Haplusterts, fine, mixed, thermic (2.003)	Entric Vertisols (1.998)
ERA1_PER1	Era ERA1 molto frequenti	Suoli profondi, a profilo Ap-Bw(g), da non ghiaiosi a scarsamente ghiaiosi, da franco limoso argilloso ad argilloso limosi in profondità, da moderatamente a fortemente calcarei, da debolmente a moderatamente alcalini, da moderatamente ben drenati a piuttosto mal drenati. Frequente presenza di caratteri vertici.	Vertic Haplovisceptis, fine, mixed, thermic (2.003)	Gleys Vertic Cambisols (1.998)
	Perignano PER1 frequenti	Suoli profondi, a profilo Ap-C, non ghiaiosi, da franchi a franco sabbiosi, calcarei, moderatamente alcalini, generalmente non o scarsamente strutturati, con possibili modeste concentrazioni carbonatiche in profondità, ben drenati.	Type Xerofluvents, coarse-loamy, mixed, calcareous, thermic (2.003)	Calcic Fluvisols (1.998)
	Comato CNM1 occasionali	Suoli molto profondi, a profilo Ap-Bw, non ghiaiosi, a tessitura da franco sabbiosa a franca in profondità, molto calcarei, moderatamente alcalini, ben drenati.	Fluventic Haplovisceptis, coarse-loamy, mixed, thermic (2.003)	Calcic Fluvis Cambisols (1.998)
	Talluriano TAL1 occasionali	Suoli da profondi a molto profondi, a profilo Ap-Bw-C, non ghiaiosi, a tessitura franca e franco limosa, molto calcarei, da debolmente a moderatamente alcalini, ben drenati.	Fluventic Haplovisceptis, fine-loamy, mixed, thermic (2.003)	Calcic Fluvis Cambisols
FCH1	Fichino FCH1 molto	Suoli moderatamente profondi, a profilo Ap-Bw-BC, scarsamente	Type Haplovisceptis, fine,	Entic Chronie

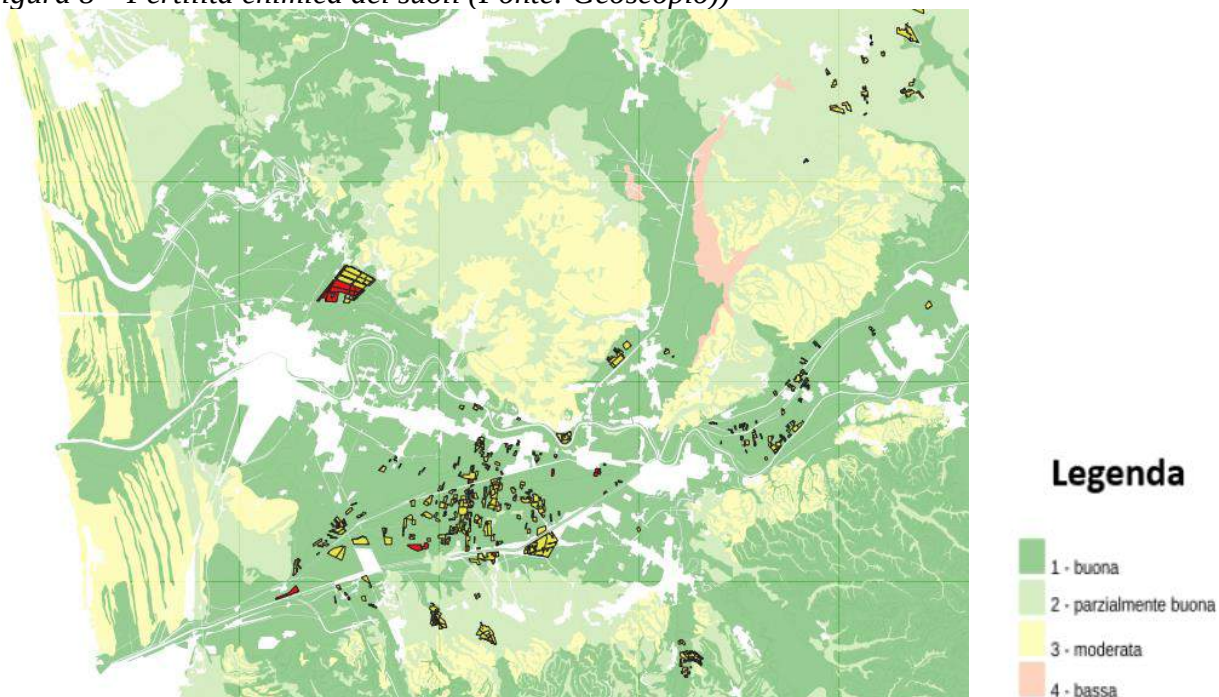
Figura 7 – Capacità d'uso dei suoli (Fonte: Geoscopio)



Legenda

- Classe I - Suoli che presentano pochissimi fattori limitanti il loro uso e che sono quindi utilizzabili per tutte le colture
- Classe II - Suoli che presentano moderate limitazioni che richiedono una opportuna scelta delle colture e/o moderate pratiche conservative
- Classe III - Suoli che presentano severe limitazioni, tali da ridurre drasticamente la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative
- Classe IV - Suoli che presentano limitazioni molto severe, tali da ridurre drasticamente la scelta delle colture e da richiedere accurate pratiche di coltivazione
- Classe V - Suoli che pur non mostrando fenomeni di erosione, presentano tuttavia altre limitazioni difficilmente eliminabili tali da restringere l'uso al pascolo o alla forestazione o come habitat naturale
- Classe VI - Suoli che presentano limitazioni severe, tali da renderli inadatti alla coltivazione e da restringere l'uso, seppur con qualche ostacolo, al pascolo, alla forestazione e come habitat naturale
- Classe VII - Suoli che presentano limitazioni severissime, tali da mostrare difficoltà anche per l'uso silvo-pastorale
- Classe VIII - Suoli che presentano limitazioni tali da precludere qualsiasi uso agro-silvo-pastorale e che, pertanto, possono venire adibiti a fini creativi, estetici, naturalistici, o come zona di raccolta delle acque. In questa classe rientrano anche zone calciniche e gli affioramenti di roccia

Figura 8 – Fertilità chimica dei suoli (Fonte: Geoscopio))



Relativamente ai vincoli sovraordinati il territorio di riferimento risulta esterno al perimetro delle aree svantaggiate (Fig. 9), delle ZVN (Fig. 10) e delle aree protette (Fig. 11)

Figura 9 – Estratto mappa zone svantaggiate (Fonte: Geoscopio))

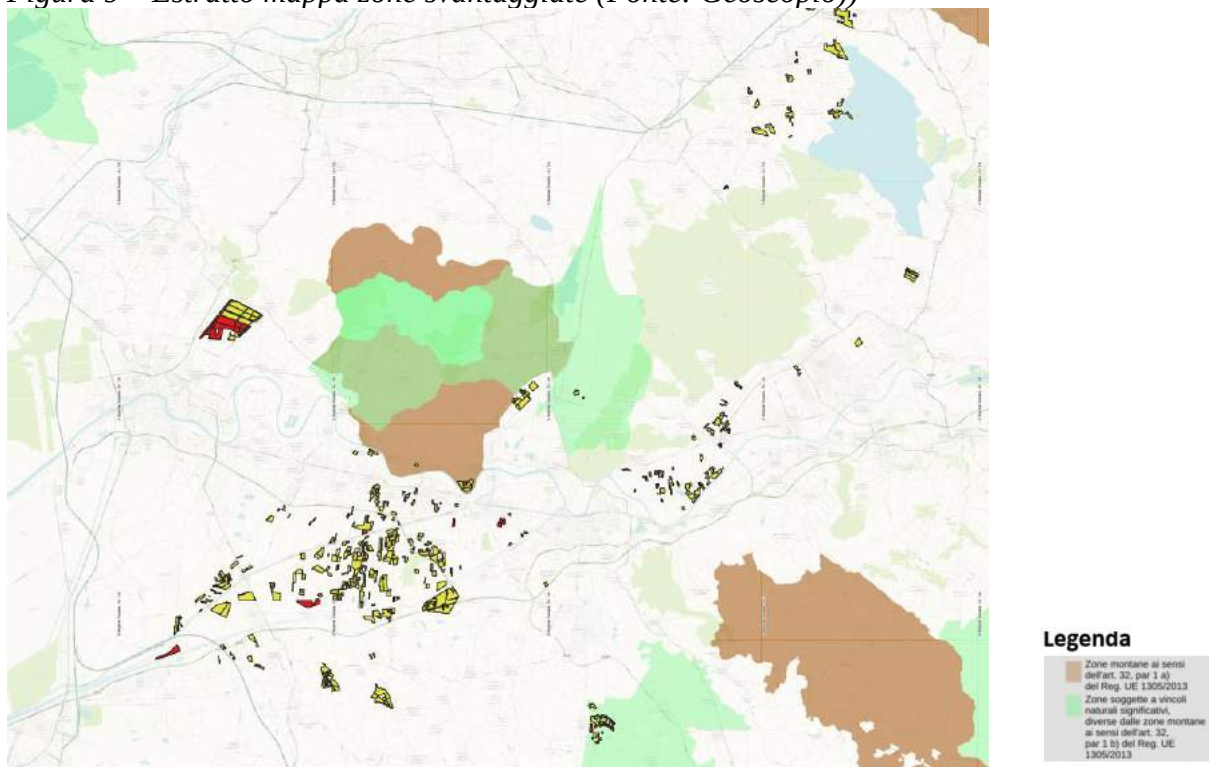


Figura 10 – Estratto mappa zone vulnerabili ai nitrati (Fonte: Geoscopio))

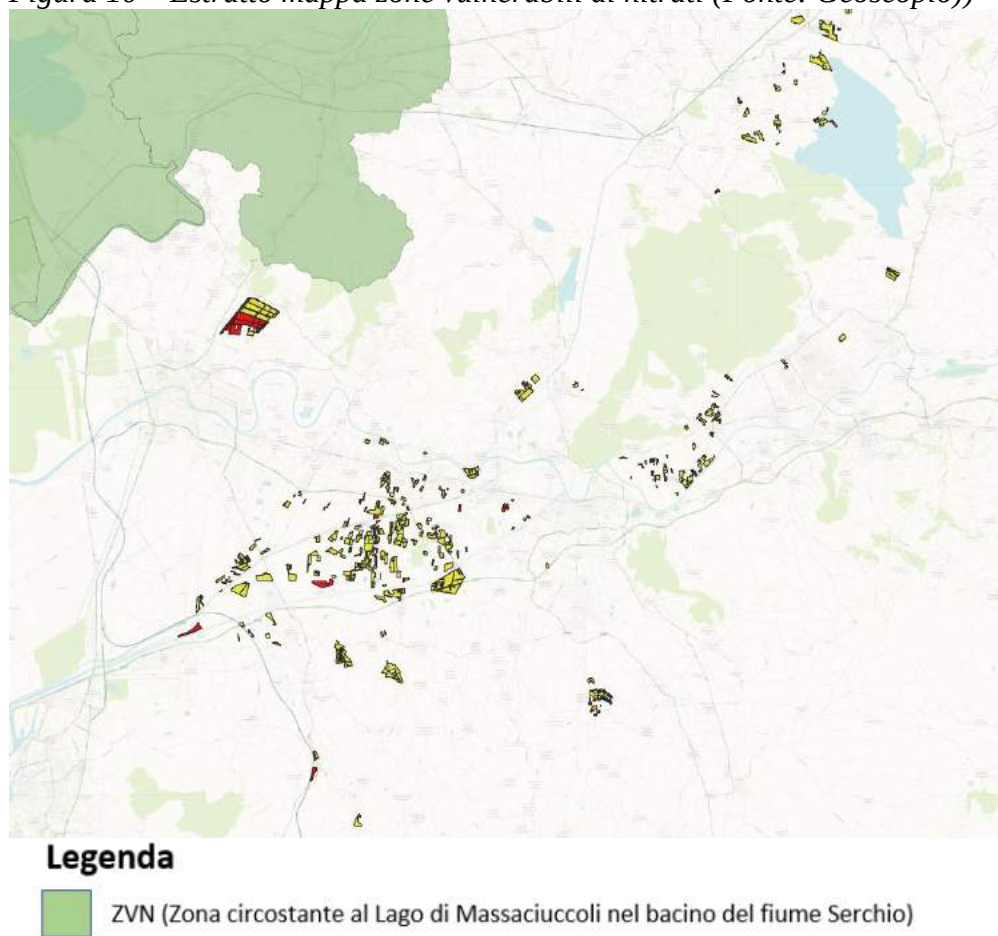
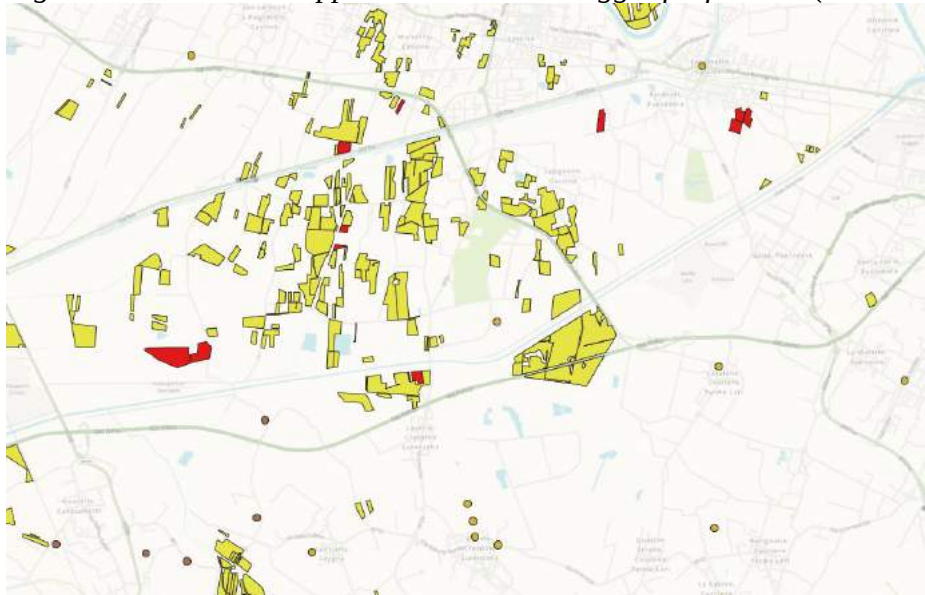


Figura 11 – Estratto mappa delle aree protette (Fonte: Geoscopio))



La figura 12 mette in evidenza la geolocalizzazione degli appezzamenti rispetto alle stazioni di monitoraggio ARPAT – Banca dati FIT – per l'analisi di qualità delle acque superficiali in riferimento all'inquinamento da fitofarmaci:

Figura 12 – Estratto mappa stazioni monitoraggio fitofarmaci (Fonte: Geoscopio e ARPAT))

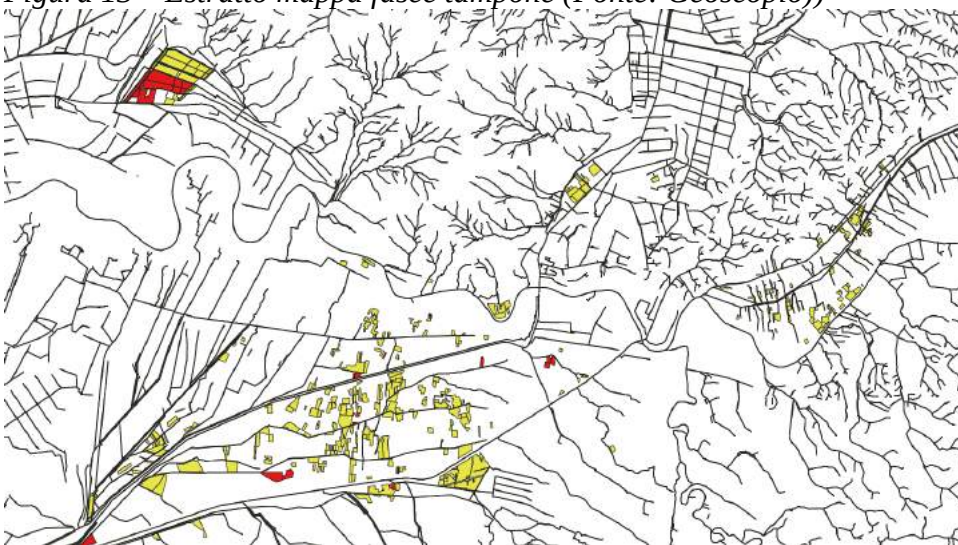


Legenda

-  Stazioni di monitoraggio provincia di Pisa
-  Stazioni di monitoraggio provincia di Livorno

Infine, in figura 13, l'idrologia dell'area per una rappresentazione grafica delle fasce tampone, ottenuta applicando un buffer di 10 metri alle figure geometriche lineari che rappresentano i corsi d'acqua superficiali presenti nella zona interessata:

Figura 13 – Estratto mappa fasce tampone (Fonte: Geoscopio))



La cartografia sopra descritta, prodotta con software QGIS, è allegata alla domanda di pagamento.

REPORT QUANTITATIVO DELLE TRE CAMPAGNE DI RIFERIMENTO

Tabella 4 – Riepilogo quantitativi complessivi di prodotti da filiera portati al centro di stoccaggio del capofila nelle tre campagne di riferimento

Specie/Anno	Q.tà consegnata (q)
Girasole	45631,06
2019	14094,06
2020	14802,4
2021	16734,60
Girasole Bio	1200,8
2019	413,2
2020	620
2021	167,6
Lino	377,5
2019	207,5
2020	170
2021	/
Lino Bio	117,3
2019	52,10
2020	18,5
2021	46,7

Tabella 5 – Riepilogo quantitativi di girasole consegnati dalle aziende test (dati in quintali)

Azienda	2019	2020	2021	
Musu	1364,2	1599,8	1019,80	3983,8
Baglini	1357	1194,6	1046	3597,6
Terreni	1137,3	2238,2	2779	6154,5
Le Colmate	2371,8	2089,8	2409,2	6870,8
Tirabasso	1994,8	2050	1621,6	5666,4
	8225,1	9172,4	8875,6	26273,1

REPORT QUALITATIVO DELLE GRANELLE NELLE TRE CAMPAGNE

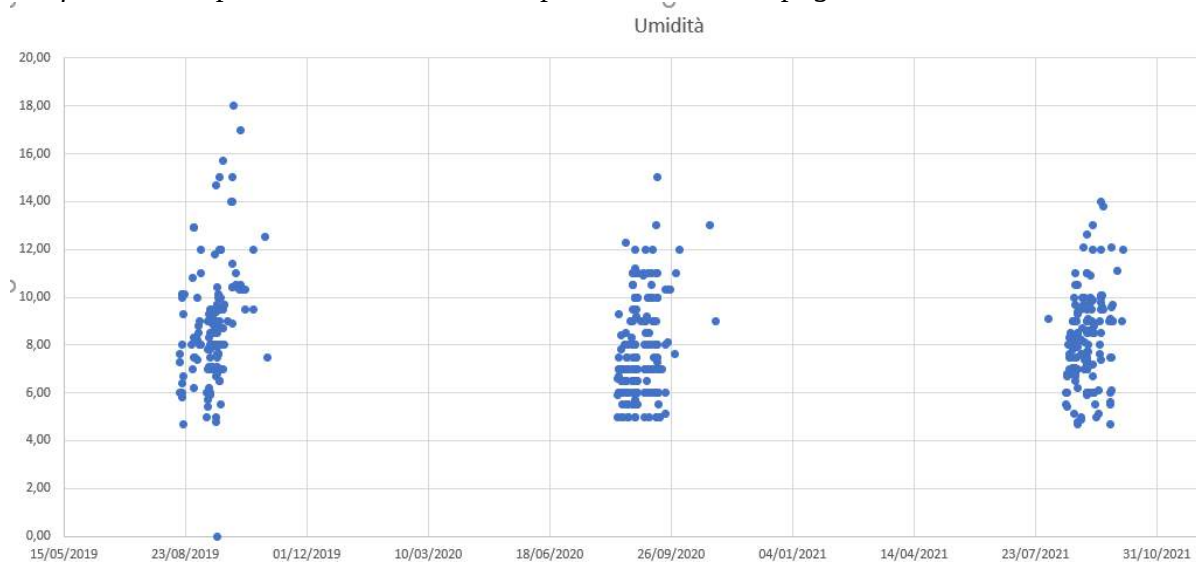
Le caratteristiche qualitative definite dall'Accordo di Filiera sono in linea con l'addendum al "contratto tipo" n. 132 di AGER Borsa Merci Bologna, che prevede, per la granella di girasole, una *tolleranza senza abbuono fino al 9,00%* di umidità della granella:

	Contratti tipo A.G.E.R. ADDENDUM al CONTRATTO TIPO n. 132 per "Tolleranze - Abbuoni" SEMI DI GIRASOLE E COLZA <i>In vigore dal 01/12/17</i>	REV. 01 Approvato C.D. AGER 09/11/17 Pagina 1 di 1
Tolleranze, Abbuoni Gli abbuoni o i bonifici per eccedenze o deficienze qualitative, rispetto al pattuito, vanno regolati proporzionalmente per ogni punto o frazione e sono calcolati sul prezzo di contratto. Umidità: Tolleranza senza abbuono: fino al 9,00%; - dal 9,01% al 18,00% = abbuono a favore del compratore del 2%; - oltre tale limite, il compratore potrà esercitare il diritto di rifiuto della merce. Corpi estranei (*): Nelle vendite concluse senza riferimento a campioni od a particolari caratteristiche garantite, le tolleranze ed abbuoni per corpi estranei sono così regolate: Tolleranza senza abbuono: fino al 2,00%; - dal 2,01% al 4,00% = abbuono a favore del compratore dell' 1%; - dal 4,01% al 8,00% = abbuono a favore del compratore del 2%; - oltre tale limite, il compratore potrà esercitare il diritto di rifiuto della merce.		

Per quanto concerne il parametro umidità si è registrata una significativa variabilità del dato, dipendente dall'andamento meteo dell'annata agraria ma anche dall'epoca di raccolta, dagli aspetti varietali, dagli appezzamenti di provenienza.

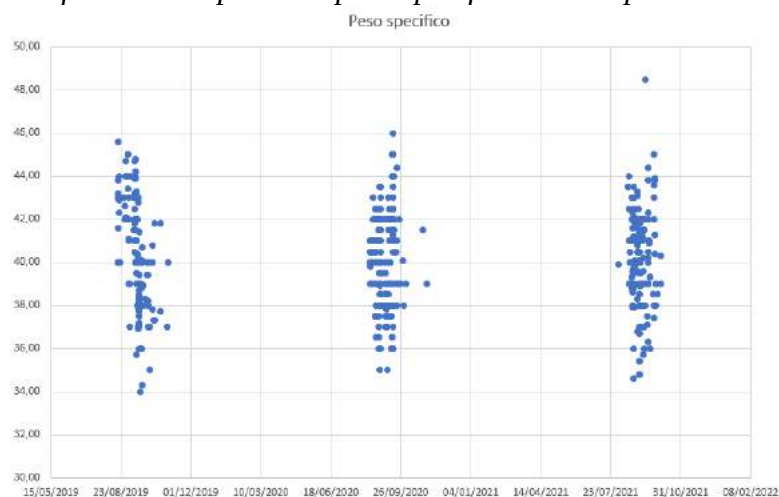
Il grafico seguente riporta la distribuzione dei valori misurati nella filiera SOLEAT lungo le campagne di raccolta 2019-2020-2021:

Grafico 1 – Dispersione umidità dei campioni nelle tre campagne di raccolta



Il Grafico 2 riporta invece la dispersione dei campioni in relazione al peso specifico degli acheni, espresso in kg/hl.

Grafico 2 – Dispersione peso specifico dei campioni nelle tre campagne di raccolta



L'analisi qualitativa ha messo in rilievo la necessità di affinare ulteriormente la capacità e rapidità di analisi delle materie prime per poter ottimizzare la differenziazione delle partite. A tal fine l'azienda Savi ha orientato i propri investimenti nell'ambito del PIF verso l'acquisto di tre nuovi dispositivi per l'analisi rapida delle materie prime.

Con il dispositivo **MycoFoss™**, di recente acquisizione, è stato introdotto un **elemento fondamentale di sicurezza alimentare**, in particolare per quanto concerne la destinazione all'uso alimentare e zootecnico delle materie prime, prodotti (oli di semi) e co-prodotti (panelli) che sono oggetto degli accordi commerciali.

Figura 9 – MycoFoss™



Un secondo dispositivo, il **GAC® 2500-C** è uno strumento potente per stabilire un pagamento corretto delle partite fornite dagli agricoltori e per prendere decisioni rapide sulla base dei risultati ottenuti. L'analisi ad elevata frequenza (149 MHz) del **GAC® 2500-C** penetra in profondità il seme per fornire risultati accurati sull'umidità della granella. Contemporaneamente viene fornito il risultato del peso specifico.

Figura 10 – GAC® 2500-C



Infine, con il dispositivo **NIT Infratec Grain Analyser**, grazie alla tecnologia NIT (*Near Infrared Transmittance: Trasmissione nel Vicino Infrarosso*) è possibile svolgere la determinazione rapida e simultanea dei seguenti parametri (tabella 6):

Tabella 6 – Parametri analitici strumento NIT Infratec Grain Analyser

Parametro	Utilità del dato analizzato
umidità	Commerciale: accettabilità della merce Qualità del prodotto: sicurezza alimentare
proteine	Qualità del prodotto: valore nutritivo del pannello a uso zootecnico
grassi/olio	Qualità del prodotto: valore nutritivo dell'olio a uso alimentare
fibra	Qualità del prodotto: valore nutritivo del pannello a uso zootecnico
ceneri	Qualità del prodotto: valore nutritivo del pannello a uso zootecnico
peso specifico	Commerciale: accettabilità della merce, livello impurità

La macchina, inizialmente concepita dalla FOSS per analisi rapide dei cereali e, pertanto, di largo impiego nell'industria molitoria, è oggi utilizzabile anche nel comparto delle oleaginose grazie a curve di calibrazione che il costruttore ha sviluppato ad hoc per i semi oleosi.

Figura 11 – NIT Infratec Grain Analyser



Azione 2 - Confronto di varietà innovative di alta qualità per girasole altissimo oleico

Sono state allestite prove sperimentali al fine di confrontare le varietà di girasole alto oleico, fornite da APSOV Sementi s.p.a, maggiormente idonee all'ambiente pedo-climatico di riferimento.

Le prove di confronto varietale hanno avuto luogo in comune di San Vincenzo (LI), località Poggio alle Formiche, confrontando 10 ibridi di girasole alto oleico.

Sono state definite le caratteristiche morfo-fenologiche e valutate le principali caratteristiche agronomico-produttive, al fine di identificare/selezionare le più promettenti sotto il profilo qualitativo e produttivo.

I rilievi hanno riguardato le seguenti caratteristiche:

- Durata del ciclo (precocità)
- Taglia della pianta
- Resa in acheni
- Peso medio degli acheni
- Dimensione della calatide
- Contenuto e resa in olio
- Resistenza all'allettamento
- Resistenza alla Peronospora

È stato selezionato il materiale che presenta il maggiore contenuto di acido oleico.

Lo sviluppo dell'azione è stato gestito tramite personale dipendente incaricato part time sul progetto. Un operaio dell'azienda ha svolto direttamente e con l'ausilio di macchinari aziendali le principali operazioni colturali.

Inoltre, ha curato la fase dei rilievi morfo-fenologici e la gestione, organizzazione e condivisione dei dati acquisiti.

Alcune lavorazioni più specialistiche (ad. es. le semine parcellari con seminatrici progettate allo scopo) e la fornitura dei mezzi tecnici necessari per la coltivazione, sono state affidate a un'impresa agro-meccanica della zona.

Protocollo sperimentale

Località: Azienda "Poggio alle formiche", Torre nuova, 57020 Populonia (LI)

Coordinate GPS: 43.017650, 10.542548 – Comune di Piombino – Foglio 1

Coltura: Girasole

Precessione culturale: grano duro

Tipologia prova: blocchi randomizzati (25 entrate x 3 repliche)

Superficie parcella: 10 metri quadrati (3 file)

Data semina: 26/03/2019

Distanza semina tra le file: 60 cm

Distanza semina nell'interfila: 20 cm

Densità di semina: 7 semi/mq

Trattamento seme: Apron XL (metalaxil); dose: 300 ml/100kg di seme

Trattamento pre-emergenza: Stomp Aqua (Pendimetalin); dose: 2 lt/ha

Figura 1 – Localizzazione su foto satellitare



Figura 2– Localizzazione su estratto catastale



Lista tesi:

Numero	nome	IBRIDO
1	SF1	
2	SF2	PR64HE118
3	SF3	
4	SF4	Inotop
5	SF5	Buffallo
6	SF6	
7	SF7	ABSOLLUTE
8	SF8	KERBEL
9	SF9	
10	SF10	HO 868 DM
11	SF11	
12	SF12	NHK12M010
13	SF13	
14	SF14	N4LM409
15	SF15	
16	SF16	YI 815
17	SF19	19-101SU
18	SF20	
19	SF21	
20	SF22	
21	SF23	
22	SF24	
23	SF26	
24	SF27	
25	SF28	

Figura 3– schema del campo sperimentale

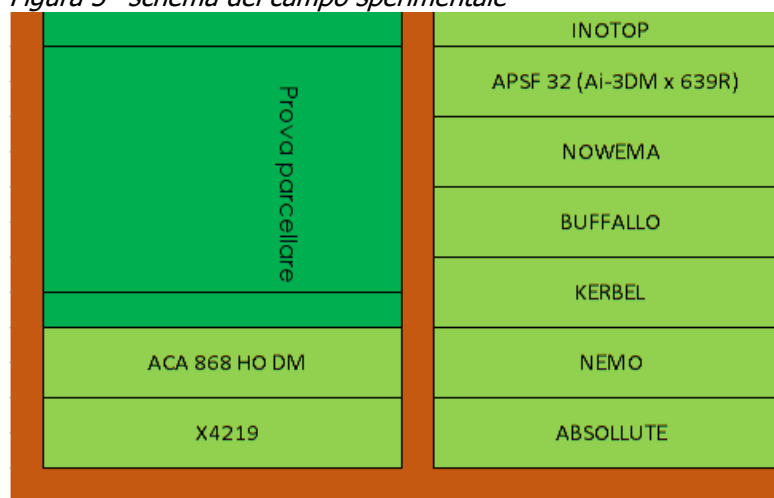


Figura 4– schema random

Girasole							
25entx3rep							
semina: 26/03/2019							
bordi: sx e dx Inotop							
71	72	73	74	75	76 INOTOP	77 INOTOP	
70	69	68	67 19-101SU	66	65 YI 815	64	
57	58 KERBEL	59 HO 868 DM	50 NHK12M010	61 N4LM409	62	63	
56 Inotop	55 ABSOLLUTE	54 Buffallo	53	52	51 PR64HE118	50	
43	44	45	46	47 YI 815	48	49 19-101SU	
42	41	40	39 KERBEL	38	37 HO 868 DM	36 NHK12M010	
29	30	31 N4LM409	32 ABSOLLUTE	33 PR64HE118	34 Buffallo	35	
28 Inotop (riempitivo)	27 Inotop	26	25	24	23	22	
15	16 YI 815	17 19-101SU	18	19	20	21	
14	13	12 NHK12M010	11	10 HO 868 DM	9	8 KERBEL	
1	2 PR64HE118	3	4 Inotop	5 Buffallo	6	7 ABSOLLUTE	

Figura 5– foto dei campi parcellari



Azione 3 - Collaudo e verifica dei processi innovativi proposti - Trasferimento di innovazione agronomica

Nell'ambito dell'azione 3, per il collaudo e la verifica delle tecniche colturali innovative proposte in regime di agricoltura organo-biologica, sono state condotte, in condizioni pedo-climatiche differenziate, prove dimostrative per le colture oleaginose di interesse del progetto (lino da olio, girasole alto oleico e crambe). Le prove sono state condotte presso ambienti pedoclimatici differenziati, quali quelli litoranei della provincia di Pisa e quelli della Maremma grossetana, rappresentativi di ecosistemi agrari tipici della Toscana. Tali dispositivi sperimentali hanno costituito l'infrastruttura dedicata alla produzione dei dati necessari al raggiungimento degli obiettivi scientifici del progetto, nonché un importante laboratorio per lo svolgimento delle attività di disseminazione dell'innovazione rivolta sia agli attori della filiera che a quelli esterni.

L'azione 3, a sua volta, si è costituita di 3 sotto-azioni:

- Azione 3.1 - Collaudo e test dei processi innovativi proposti;
- Azione 3.2. - Controllo di qualità lungo la filiera
- Azione 3.3. - Valutazione tecnico-scientifica e verifica di fattibilità delle tecniche colturali innovative trasferite alle aziende di produzione.

Di seguito si riportano le attività ed i principali risultati ottenuti per ciascuna sotto-azione.

AZIONE 3.1 - Collaudo e test dei processi innovativi proposti

1. Ottimizzazione dei protocolli di coltivazione e definizione di linee guida di buona pratica agricola e di raccolta per nuove varietà di lino da olio in biologico

Allo scopo di definire protocolli di coltivazione ottimizzati per il lino da olio biologico e linee guida di buona pratica agricola (BPA), sono state realizzate, per tre anni consecutivi, due differenti prove agronomiche di pieno campo su lino da seme (*Linum usitatissimum* L.), negli ambienti pedoclimatici della provincia di Pisa (dispositivi sperimentali del CiRAA, San Piero a Grado – PI; 43°40'33"N, 10°18'41" E, 1 m.s.l.m.) e della Maremma grossetana (dispositivi sperimentali dell'Ente Terre Regionali Toscani – TeReTo, Alebrese – GR; 42°41'38" N, 11°08'29" E, 42 m.s.l.m.)

Nel dettaglio, in entrambi gli ambienti di riferimento, la sperimentazione ha riguardato:

- confronto tra epoche di semina (autunnale vs primaverile) e strategie di fertilizzazione organica differenziate (bioattivatori, fertilizzante organico pellettato, testimone non concimato) così da verificare le condizioni ottimali di gestione della coltivazione del lino in biologico;

- confronto varietale e relativa valutazione dell'effetto genotipo x ambiente. Le varietà a confronto si caratterizzavano per differente precocità e resistenza al freddo e sono state gestite sia in semina autunnale che in semina primaverile.

Per entrambe le prove ed in entrambi gli ambienti, la semina primaverile è stata realizzata nelle prime due annualità di progetto (2019 e 2020), mentre quella autunnale è stata realizzata nell'ultimo anno (2020-2021).

1.1. Strategie di fertilizzazione organica differenziate

1.1.1. Caratterizzazione pedo-climatica dei siti di coltivazione

Attraverso la consultazione del Database Pedologico della Regione Toscana, sono state ricavate le informazioni relative alla natura dei suoli. Ad Alberese (GR), le prove di coltivazione sono state realizzate su conoidi alluvionali, derivanti dai rilievi dell'Uccellina, con giacitura da sub-pianeggiante a lievemente pendente, di natura scistosa e calcarea, con substrato ghiaioso. I terreni di San Piero a Grado (PI), invece, erano parte delle pianure costiere bonificate, costituite principalmente da depositi alluvionali recenti e da depositi per colmata di natura sabbioso-limosi.

Per ciascun ambiente e per ciascuna stagione di coltivazione, i terreni destinati ad ospitare la prova relativa al confronto varietale, sono stati caratterizzati dal punto di vista fisico (granulometria, tramite metodo gravimetrico), e chimico (tenore in N totale con metodo Kjeldahl; sostanza organica tramite metodo Walkley-Black; P assimilabile attraverso il metodo Olsen; capacità di scambio cationico, pH conducibilità elettrica con metodo conducimetrico). Le suddette analisi sono state condotte presso il laboratorio chimico del CiRAA. Le principali caratteristiche fisico-chimiche dei terreni sono riportate, separatamente per anno e per ambiente e prova, nelle Tabella 1.

Tabella 1. Caratteristiche chimico-fisiche dei terreni del CiRAA e di TeReTo (profilo 0-30cm) nei tre anni di prova per la prova di fertilizzazione.

		CiRAA			TeReTo		
		1° anno	2° anno	3° anno	1° anno	2° anno	3° anno
pH		8,3	8,0	8,2	8,1	8,0	7,9
ECe	μS/cm	56,5	56,5	61,1	n.d.		40,0
N tot	‰	1,1	1,1	1,2	1,1	1,0	0,8
S.O.	%	1,9	1,9	2,9	1,9	1,7	1,1
P Olsen	ppm	8,9	8,9	5,8	9,0	9,3	28,4
Calcare totale	‰	66,8	66,8	67,1	137,0	135,2	24,0
Calcare attivo	%	2,4	2,4	1,1	5,0	4,7	10,0
CSC	meq 100 g-1	6,5	6,5	10,0	37,2	39,3	13,7

Sabbia	%	60,0	55,4	50,9	85,0	82,4	48,1
Limo	%	29,6	32,2	38,0	1,3	2,4	35,3
Argilla	%	10,4	12,4	11,1	13,7	15,2	16,6

I terreni del CIRAA erano franco e franco-sabbioso, quelli di TeReTo sabbioso-franco secondo la classificazione dei terreni USDA, con Capacità di Scambio Cationico (CSC) molto alta a TeReTo e bassa al CIRAA. I terreni sono risultati, in entrambi i siti, alcalini e sub-alcalini, sufficientemente dotati di sostanza organica e azoto, scarsamente dotati di fosforo assimilabile, calcare e con basso (al CIRAA) o normale (TeReTo) calcare attivo. La salinità dei suoli, misurata attraverso la conducibilità elettrica dell'estratto in pasta satura (ECe) ed espressa in microsimens per centimetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) a 25°C, è tale da non pregiudicare la produzione della specie coltivata nei terreni analizzati (S.I.S.S. 1985).

Contemporaneamente, i due ambienti, per ciascuna annualità, sono stati analizzati anche dal punto di vista climatico, attraverso l'acquisizione dei dati termo-pluviometrici da stazioni agro-meteorologiche definite ad hoc per il progetto. Nel caso delle prove condotte al CIRAA, per il primo anno sono stati utilizzati i dati giornalieri relativi a piovosità, temperature massime e minime della capannina meteo "Bocca d'Arno" (43°68'10" N, 10°28'00" E), presente sul sito del Settore Idrologico Regionale. A partire dal secondo anno, in prossimità delle aree sperimentali del CIRAA, è stata appositamente installata una stazione agro-meteorologica, grazie ad un noleggio operativo che è gravato direttamente sul presente progetto, per una caratterizzazione più puntuale dell'andamento meteorologico nel sito di prova. Per le prove condotte ad Alberese, sono stati acquisiti i dati giornalieri relativi a piovosità, temperature massime e minime della capannina meteo "Rispecchia" (42°42'21" N, 11°08'42" E), pubblicata sul sito del Settore Idrologico Regionale.

Gli andamenti termo-pluviometrici sono stati elaborati secondo il diagramma di Bagnouls e Gaussen secondo il quale la temperatura (t) viene riportata, su una delle due ordinate, in scala doppia rispetto a quella della pioggia (p). Secondo la definizione di "aridità" proposta da Gaussen (1963), si verificano condizioni di aridità quando il rapporto p/t è inferiore a 2, cioè quando la quantità di precipitazioni (in mm) assume un valore numerico inferiore al valore numerico pari al doppio della temperatura corrispondente. Questo permette una immediata interpretazione del bilancio termo-pluviometrico annuo di un dato territorio, in modo da evidenziare graficamente i periodi di carenza idrica o di eccesso di piovosità in relazione alle temperature. Nel caso di periodi di aridità, le curve relative alle temperature e le barre relative alle piogge si intersecano, determinando un'area chiusa, la cui ampiezza è proporzionale al periodo di aridità. Per ciascun anno di sperimentazione e per entrambi i luoghi, gli andamenti termo-pluviometrici sono riportati nelle Figure da 1 a 6, elaborati per decade.

Il clima, in entrambi i siti di coltivazione, è di tipo temperato con estate asciutta (o Mediterraneo), secondo la classificazione di Köppen. Durante il primo anno, le altezze di pioggia cumulate dalla semina alla raccolta del lino sono state 160-190 mm ad Alberese rispettivamente per la prova varietale e quella di concimazione e 230 mm a San Piero a Grado. Per il secondo anno i cumulati di pioggia sono stati presso San Piero a Grado di 260 mm sulla prova di concimazione e di 194 mm sulla prova varietale, mentre ad Alberese 127 mm. Il terzo anno sono piovuti ad Alberese 384 mm e a Pisa 798 mm.

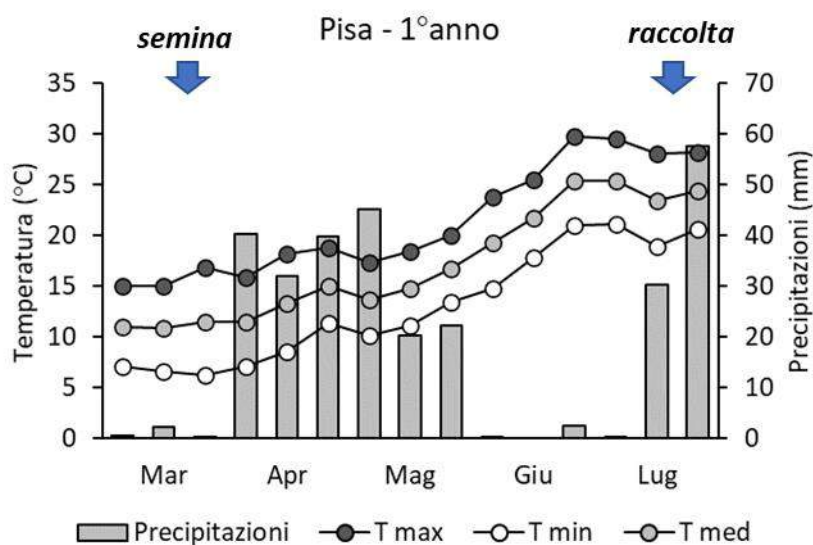


Figura 1. Temperature massime, medie, minime e altezza di pioggia nel periodo marzo-luglio 2019 nel primo anno di sperimentazione presso il CiRAA (San Piero a Grado, Pisa). Nel grafico sono riportate le epoche di semina e di raccolta del lino.

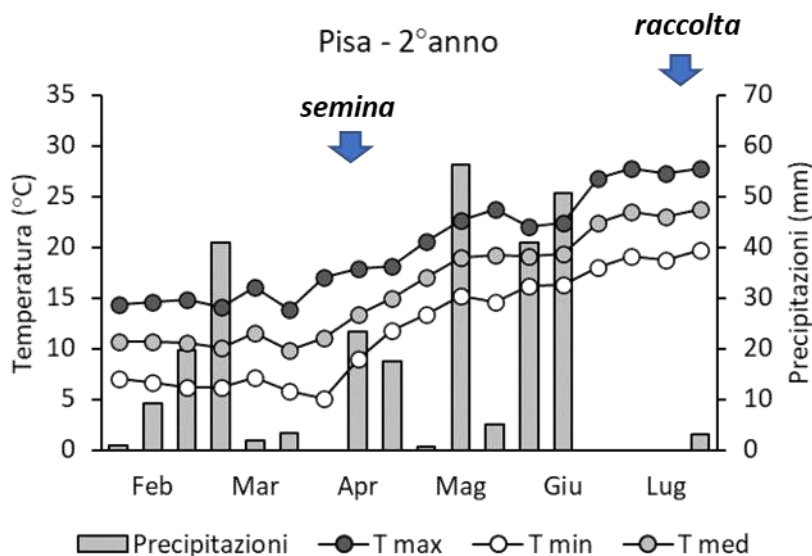


Figura 2. Temperature massime, medie, minime e altezze di pioggia nel periodo febbraio-luglio 2020), nel secondo anno di sperimentazione presso il CiRAA (San Piero a Grado, Pisa). Nel grafico sono riportate le epoche di semina e di raccolta del lino.

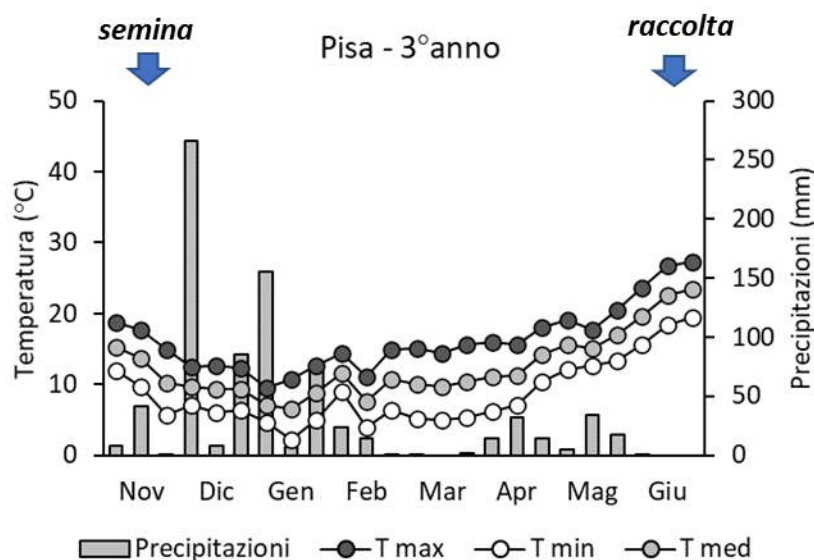


Figura 3. Temperature massime, medie, minime e altezze di pioggia nel periodo novembre 2020-giugno 2021, nel terzo anno di sperimentazione presso il CiRAA (San Piero a Grado, Pisa). Nel grafico sono riportate le epoche di semina e di raccolta del lino.

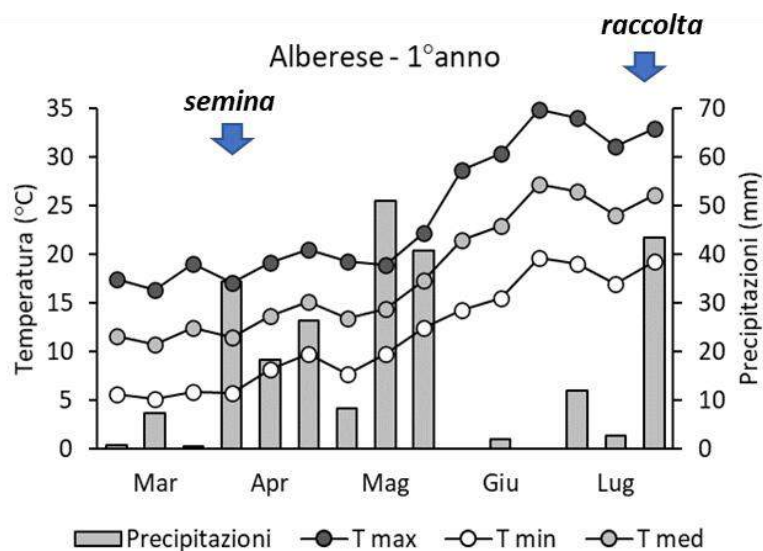


Figura 4. Temperature massime, medie, minime e altezze di pioggia nel periodo marzo-luglio 2019, nel primo anno di sperimentazione presso Alberese (GR). Nel grafico sono riportate le epoche di semina e di raccolta del lino.

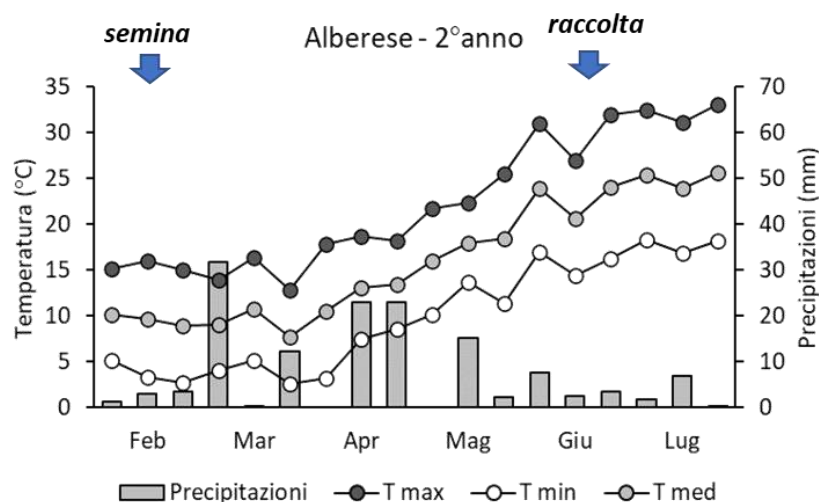


Figura 5. Temperature massime, medie, minime e altezze di pioggia nel periodo febbraio-luglio 2020, nel secondo anno di sperimentazione presso Alberese (GR). Nel grafico sono riportate le epoche di semina e di raccolta del lino.

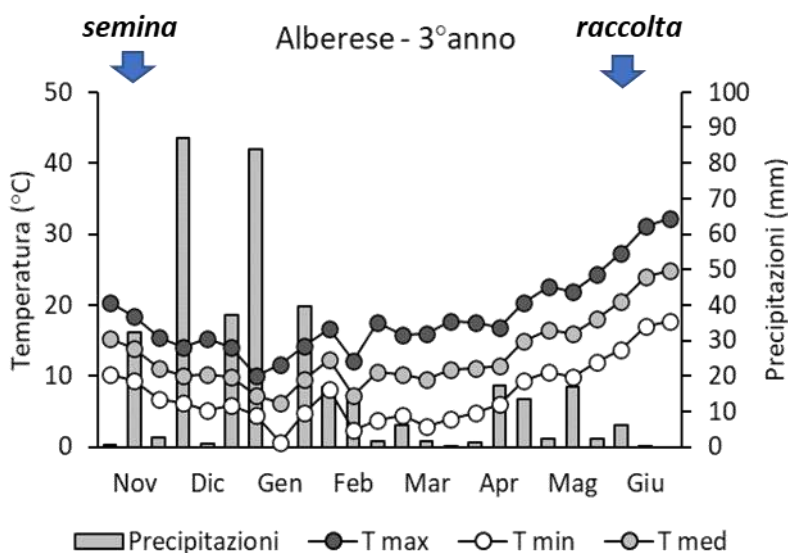


Figura 6. Temperature massime, medie, minime e altezze di pioggia nel novembre 2020-giugno 2021, nel secondo anno di sperimentazione presso Alberese (GR). Nel grafico sono riportate le epoche di semina e di raccolta del lino.

1.1.2. Definizione delle caratteristiche biologiche, biometriche e produttive delle varietà in prova

Durante lo svolgimento delle coltivazioni è stato effettuato un monitoraggio continuo alle prove da parte dei ricercatori e tecnici del CiRAA e dei professionisti della Società TreeLabPisa S.r.l., società con la quale è stata stipulata, dal CiRAA, una convenzione per la realizzazione di sopralluoghi e rilievi nell'ambito delle attività previste dall'azione 3 del presente progetto. I sopralluoghi periodici (ogni 15-20 giorni) hanno avuto lo scopo di:

- monitorare le coltivazioni in atto, individuando le date di compimento delle principali fenofasi, in modo da definire le condizioni di sviluppo fenologico delle diverse tesi a confronto, in relazione alla loro localizzazione e all'anno di prova;
- verificare l'instaurarsi di eventuali malattie o attacchi di parassiti e/o stress abiotici, con particolare attenzione alla competizione con la flora infestante;
- verificare, in fase riproduttiva, l'andamento del processo di accumulo dell'olio nel seme e l'azione di effetti biotici e abiotici durante questa fase critica del processo produttivo;
- realizzare campionamenti distruttivi, in fase di maturazione del seme, al fine di valutare le principali caratteristiche biometriche e produttive delle colture in prova;
- verificare l'effettiva adattabilità delle tecniche innovative proposte al contesto ambientale di riferimento, di misurarne gli effetti sulla quantità e la qualità delle produzioni e di valutarne la sostenibilità a scala di "real field".

La caratterizzazione fenologica delle colture è stata condotta in accordo alla scala riportata da Smith e Froment (1998). È stata valutata la durata in giorni di ciascuna fenofase, e la somma termica (GDD, *Growing Degree Days*) necessaria al suo raggiungimento, con l'applicazione della formula:

$$GDD = \sum_{d1}^{dn} \left(\frac{T_{max} - T_{min}}{2} - T_{0min} \right)$$

dove:

T max: temperatura massima giornaliera;

T min: temperatura minima giornaliera;

T0 min: temperatura dello zero di vegetazione, assunta pari a 5°C per il lino secondo quanto riportato da O'Connor e Gusta, 1994.

La temperatura massima di vegetazione è stata fissata a 30°C. Nei giorni in cui $(T_{max} - T_{min})/2 < T_{0min}$, è stato considerato $(T_{max} - T_{min})/2 = T_{0min}$.

Al termine del ciclo, su ciascuna coltura sono stati effettuati campionamenti per la valutazione della potenzialità produttiva. I campionamenti distruttivi hanno interessato l'intera porzione epigea delle piante. Per ciascuna area di saggio, è stato valutato il numero di piante e steli per un'unità di superficie e su un sotto-campione di piante rappresentativo, sono stati contati il numero totale di capsule e misurata l'altezza. Nel secondo e terzo anno, è stato anche quantificato il numero di capsule sterili per pianta. Successivamente, si è proceduto alla separazione degli steli dalle capsule e attraverso l'uso di una trebbiatrice da banco, i semi dalla "pula" (residuo di trebbiatura costituito dalle brattee/involucro che circondano il seme). Per ciascuna componente (steli, pula e semi), è stato misurato il peso fresco e il peso secco, a seguito di essiccazione in stufa a 70°C, di un sotto-campione

di materiale, fino al raggiungimento del peso costante. Si è proceduto all'analisi del peso dei 1000 semi, secondo il metodo previsto dal D.M. 22/12/1992, relativo ai metodi ufficiali di analisi per le sementi. È stato poi calcolato l'indice di raccolta, applicando la formula:

$$HI = \frac{\text{Peso dei semi (g s. s.)}}{\text{Peso della biomassa epigea (g s. s.)}} \times 100$$

Nel primo anno di sperimentazione, sui semi è stata effettuata l'analisi dell'estratto etero seguendo la *High Temperature Solvent Extraction ANKOM Technology Method* secondo la procedura AM 5-04 *American Oil Chemists Society*. Un campione di seme, macinato con azoto liquido, inserito in apposite sacche e messo a seccare in stufa a 103°C, è stato posto per un'ora in idrolisi acida (HCl 5N) a bagnomaria (90°C). Dopo l'idrolisi, i lipidi sono stati estratti dalle sacche tramite etere di petrolio, utilizzando un estrattore ANKOM XT10. Successivamente i campioni sono stati messi a seccare in stufa a 103°C e nuovamente pesati. La percentuale di grasso è stata ottenuta tramite l'applicazione della formula:

$$\% \text{ Olio} = \frac{\text{Peso lordo campione pre estrazione} - \text{Peso lordo campione post estrazione}}{\text{Peso netto campione}} \times 100$$

La composizione in acidi grassi è stata determinata ponendo il campione (0,2 g) in una provetta e aggiungendo 3 mL di HCl 10% metanolico e uno standard interno (0,5 ml) composto da una miscela a concentrazione nota di acido nonanoico e acido nonadecanoico, e mescolando con un agitatore a vibrazione per 60 secondi. Dopo 8h a 50°C, è stato aggiunto 1 ml di esano e 10 ml di K₂CO₃ al 6%, si è proceduto ad agitare e a centrifugare a 5000 rpm per 10 minuti. È stato prelevato il surnatante e inserito in un gas-cromatografo GC2010 Shimadzu (Shimadzu, Columbia, MD, USA). La percentuale di azoto è stata ottenuta tramite l'analisi dell'azoto totale secondo il metodo Kjeldahl. Nel secondo e terzo anno di sperimentazione, i valori della concentrazione di olio e proteine, sono stati ottenuti da Savi Italo s.r.l. tramite l'utilizzo di un analizzatore FOSS - NIRS DA1650 (FOSS, Hillerød, Denmark). Il valore della concentrazione di azoto è stato ottenuto dividendo la concentrazione di proteine per il coefficiente 6,25.

1.1.3. Impostazione delle prove per la valutazione dell'effetto di tecniche di fertilizzazione biologica differenziate, sulle performances agronomico-produttive del lino da olio

La valutazione di diverse strategie agronomiche per la gestione della fertilizzazione della coltura del lino da olio in regime di agricoltura biologica è stata effettuata confrontato l'applicazione di un ammendante "tradizionale" a base di letame pellettato e di un trattamento a base di prodotti

fertilizzanti “bioattivatori”, con un testimone non concimato. Tutti i prodotti utilizzati sono dichiarati conformi per l’utilizzo in agricoltura biologica.

La scelta dell’utilizzo di “bioattivatori” è stata dettata dal fatto che tali prodotti, oltre a rientrare nella categoria dei concimi organici azotati, sono ritenuti in grado di stimolare l’efficienza della nutrizione, migliorando la tolleranza a stress abiotici e i parametri qualitativi delle colture, nonché di promuovere la biodegradazione dei residui vegetali nel suolo e la crescita dei microrganismi rizosferici. Si tratta di prodotti caratterizzati da nutrienti in forma organica, sostanze umiche attive, microflora utile e componenti enzimatiche naturali selezionate (quali cellulasi, emicellulasi, alfa-amilasi, pentosani, etc.).

L’effetto di questi prodotti sulle principali caratteristiche quanti-qualitative della coltura nonché su alcune proprietà chimiche del terreno (quali contenuto in azoto totale e in sostanza organica) è stato valutato rispetto all’utilizzo di concimi organici a diversa velocità di rilascio dei nutrienti, più comunemente utilizzati. Lo schema dei trattamenti utilizzati nei tre anni di sperimentazione, è riportato nella Tabella 2. Nell’ultimo anno di sperimentazione è stato scelto di raddoppiare la tesi che prevedeva la somministrazione di prodotti bioattivatori, differenziandola in due modalità: una che prevedeva la somministrazione di prodotti solo alla semina (Tesi “Bioattivatori 1”) ed una seconda in cui era previsto un successivo intervento di concimazione fogliare (Tesi “Bioattivatori 2”), come indicato dettagliatamente in tabella 2. In calce alla tabella, sono riportate la categoria di appartenenza e le materie prime dei prodotti distribuiti, secondo quanto previsto dal D.Lgs 75/2010 e successive modifiche.

La varietà di lino usata per tutte le tesi a confronto e in entrambe le località, nei 3 anni di sperimentazione, è stata “Libra” (Apsov-sementi), impiegando una dose di seme pari a 45 kg ha⁻¹. L’interfila è variata tra i due siti (18 e 13 cm rispettivamente ad Alberese e Pisa), per le diverse seminatrici utilizzate. Per i primi due anni, i trattamenti ed il testimone sono stati seminati in tre parcelle adiacenti di grandi dimensioni (900 m²), mentre per il terzo anno, a seguito della modifica delle tesi a confronto, è stato utilizzato uno schema sperimentale a blocchi randomizzati con tre replicazioni, con parcelle di dimensioni inferiori.

Tabella 2. Denominazione del trattamento nell’ambito della sperimentazione, nome commerciale, epoca di distribuzione, caratterizzazione chimica, dose e apporti di nutrienti dei prodotti usati nella sperimentazione.

Caratterizzazione chimica, dosi e apporti di nutrienti dei prodotti usati nella sperimentazione:											
	Epoca	Nome commerciale	C/N	N _{org}	P ₂ O ₅	K ₂ O	C	Dose distribuita	Apporti totali		
							org		N _{org}	P ₂ O ₅	K ₂ O
									kg ha ⁻¹		
				%							
Biologico (1°, 2° e 3°anno)	Pre-semina	Bio-rex	13	2,8	2,5	3	38	700	19,6	17,5	21
Bioattivatori (1° e 2° anno)	Pre semina	Humipromoter	7	3	3	-	31	400			
	Alla semina	Euroactiv Agro	-	4,3	-	-	-	3	13	12	1,2
	Levata*	Amminostim Bio	-	6	-	-	20	3			

		Biokalium	-	2,5	-	6	-	10			
	Fioritura*	Eurobor	-	5	-	-	-	3			
		Biokalium	-	2,5	-	6	-	10			
Bioattivatori 1 (3°anno)	Pre-semina	Humipromoter	7	3	3	-	-	400	12,1	12	0
	Alla semina	Euractiv Agro	-	4,3	-	-	-	3			
Bioattivatori 2 (3°anno)	Pre-semina	Humipromoter	7	3	3	-	31	400			
	Alla semina	Euractiv Agro	-	4,3	-	-	-	3	12,2	12	0
	Levata*	Euroflorid	-	5,1	-	-	-	3			
		Euroalg S	-	1	-	-	10	0,5			

*trattamenti fogliari

Bio-rex: ammendante – letame; prodotto pellettato

Humipromoter: miscela di concimi organici NP – letame essiccato + panelli + pollina essiccata; prodotto pellettato

Euroactiv Agro: prodotti e sottoprodotti di origine vegetale – panelli; prodotto microgranulato da distribuire direttamente nella tramoggia della seminatrice insieme al seme

Amminostim Bio: miscela di concimi organici azotati – borlanda fluida + epitelio animale idrolizzato; prodotto liquido

Biokalium: borlanda fluida; prodotto liquido

Eurobor: miscela di concimi organici azotati – acido borico + borlanda fluida + epitelio animale idrolizzato; prodotto liquido

Euroflorid: miscela di concimi organici azotati – borlanda fluida + epitelio animale idrolizzato; prodotto liquido

Euroalg S: estratto fluido di lievito contenente alghe brune – alghe brune + estratti vegetali provenienti dall'industria agroalimentare; prodotto liquido

Presso il CiRAA, il precedente colturale è stato sempre frumento duro e la preparazione del terreno per il 2019 e per il 2020 è stata così effettuata: aratura (30-35 cm) a ottobre dell'anno precedente e successivo passaggio con erpice rotante (novembre-dicembre), seguito da interventi con coltivatore a gennaio e con erpice a denti elastici a gennaio-marzo per il controllo meccanico della flora infestante e terminale passaggio con erpice rotante per l'interramento degli eventuali fertilizzanti/ammendanti e affinamento del terreno per la successiva semina con seminatrice meccanica da grano. Nell'ultimo anno, le lavorazioni del terreno hanno previsto un'aratura (30-35 cm) ad agosto, seguita da due passaggi con erpice a dischi a fine settembre e inizio novembre ed un passaggio con erpice rotante in presemina per l'interramento degli eventuali fertilizzanti/ammendanti e affinamento del terreno. La semina è stata effettuata con seminatrice meccanica parcellare. In tutti gli anni al termine della semina è stata effettuata una rullatura per favorire l'adesione del seme al terreno.

Presso TeReTo, il precedente colturale del lino è stato il frumento tenero nel 2019, favino nel 2020 e il frumento tenero nel 2021. La preparazione del terreno è avvenuta sempre con un passaggio di erpice a dischi, seguito da un passaggio con erpice rotante per l'interramento degli eventuali fertilizzanti/ammendanti e affinamento del terreno, seguito dalla semina.

In tabella 3 sono riportate le date di semina e di raccolta del lino nei due ambienti di riferimento e nelle tre annate di coltivazione. Sfortunatamente, la prova in semina autunnale realizzata a Pisa nella stagione 2020-2021 è fallita a seguito delle eccezionali precipitazioni verificatesi nel periodo dicembre-gennaio (il totale di piogge cumulate nei due mesi è stato pari a 662,5 mm) che hanno determinato fenomeni di allagamento e ristagno idrico prolungato, con conseguente moria delle giovani piantine di lino (Figura 7).

Tabella 3. Calendario di semina-raccolta della prova di fertilizzazione organica nei due siti di coltivazione, nelle tre annate di coltivazione.

	Primo anno (semina primaverile – 2019)		Secondo anno (semina primaverile – 2020)		Terzo anno (semina autunnale – 2020/2021)	
	Pisa	Alberese	Pisa	Alberese	Pisa	Alberese
Semina	21/03/2019	03/04/2019	26/02/2020	12/02/2020	10/11/2020	11/11/2020
Raccolta	22/07/2019	22/07/2019	15/07/2020	22/07/2020	-	21/06/2021

**Figura 7.** Danni da sommersione causati dalle abbondanti ed intense precipitazioni verificatesi a San Piero a Grado nel periodo novembre 2019-gennaio 2020.

1.1.4. Principali risultati ottenuti nel primo anno di coltivazione

In relazione allo sviluppo fenologico delle colture, non sono state osservate differenze, in funzione del trattamento, nel raggiungimento delle singole fasi fenologiche né in termini di durata in giorni (Figura 8) né in termini di somme termiche (Tabella 4). Confrontando i due siti di coltivazione, è possibile notare un leggero anticipo nel raggiungimento delle principali fenofasi e nel compimento dell'intero ciclo biologico della coltura realizzata ad Alberese, da imputare principalmente ad una differenza nella quantità di pioggia che ha caratterizzato, nell'annata 2019, i due ambienti, con una maggiore siccità nel grossetano che può aver indotto un anticipo nella chiusura del ciclo. In figura 9 è riportato un dettaglio delle prove realizzate presso il CiRAA nella stagione 2019.

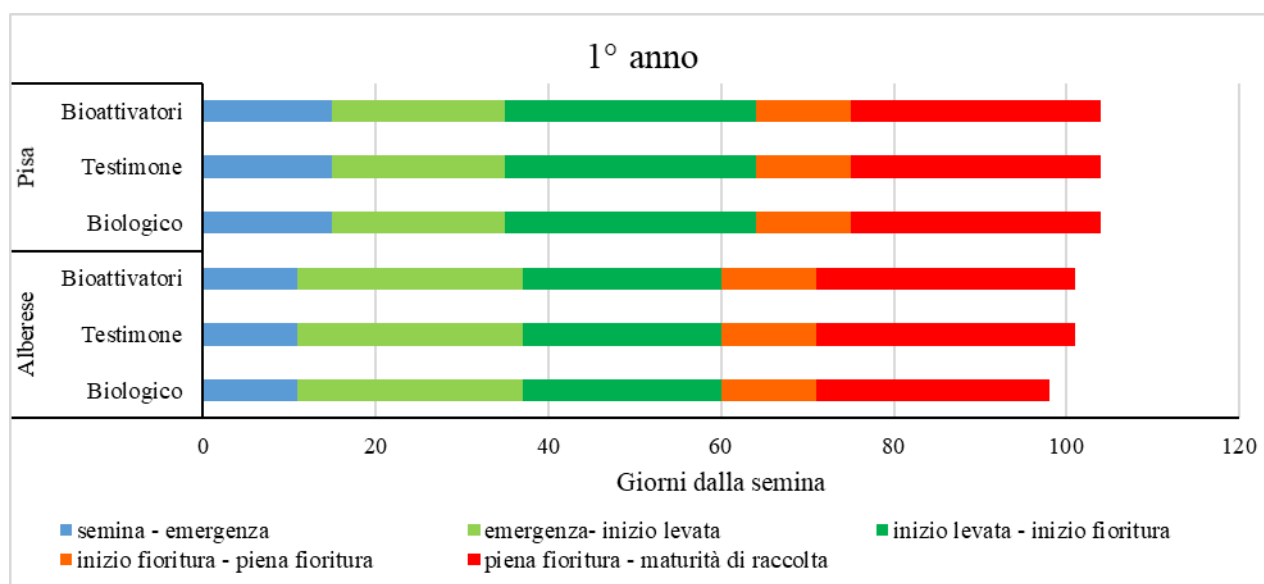


Figura 8. Durata in giorni delle principali fasi di sviluppo del lino da olio, var. Libra, a semina primaverile, nei due siti sperimentali nel primo anno di prova in funzione del trattamento fertilizzante.

Tabella 4. Somme termiche ($T_{base} = 5^{\circ}C$) nelle principali fasi di sviluppo del lino da olio, var. Libra, a semina primaverile, nei due siti sperimentali nel primo anno di prova in funzione del trattamento fertilizzante.

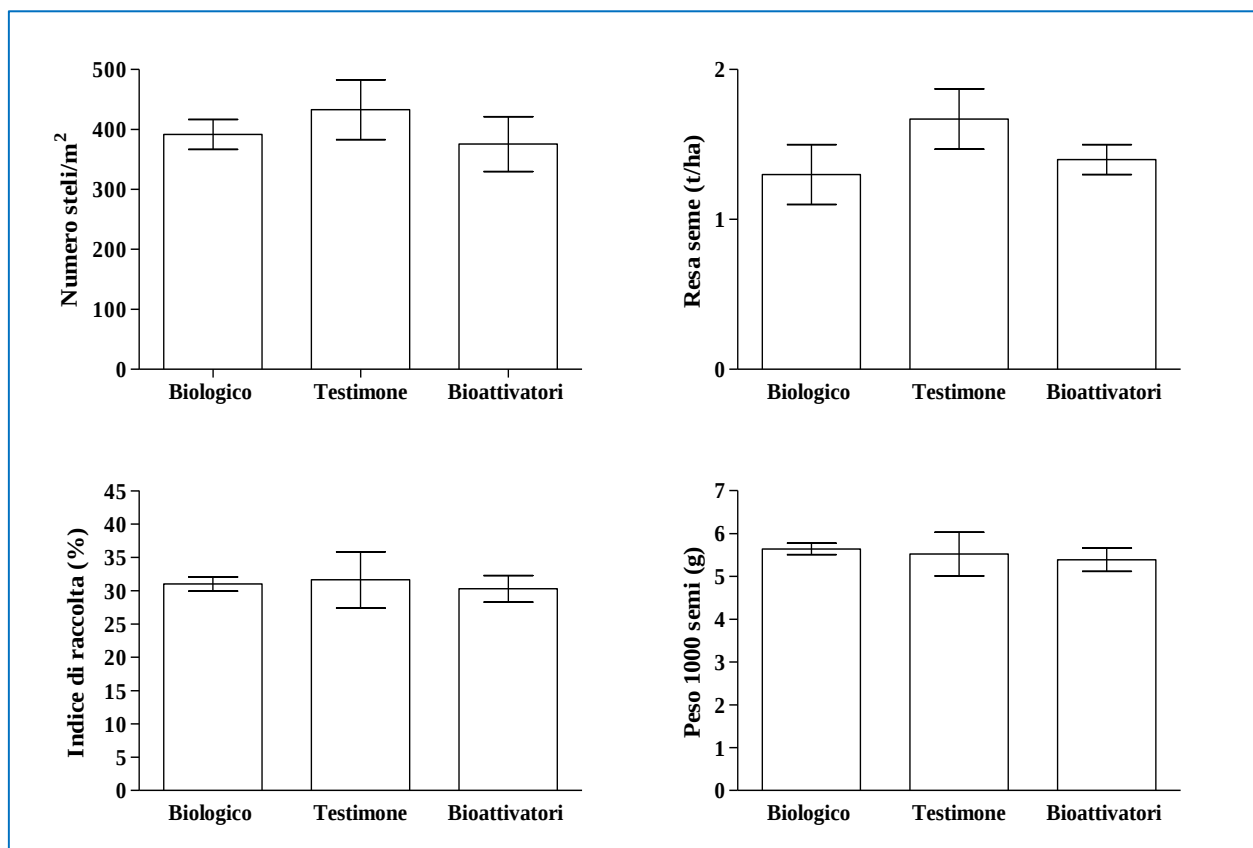
	Pisa			Alberese		
	Biologico	Testimone	Bioattivatori	Biologico	Testimone	Bioattivatori
GDD ($^{\circ}C$)						
Semina – Emergenza	99,9	99,9	99,9	75,1	75,1	75,1
Emergenza – Inizio levata	166,9	166,9	166,9	235,5	235,5	235,5
Inizio levata – Inizio fioritura	273,4	273,4	273,4	253,8	253,8	253,8
Inizio fioritura – Piena fioritura	133,9	133,9	133,9	181,9	181,9	181,9
Piena fioritura – Maturità di raccolta	509,8	509,8	509,8	514,0	571,5	571,5
Ciclo vegetativo*	440,3	440,3	440,3	489,4	489,4	489,4
Ciclo riproduttivo**	643,7	643,7	643,7	695,9	753,5	753,5
Totale ciclo***	1184,0	1184,0	1184,0	1260,4	1318,0	1318,0

*dall'emergenza all'inizio della fioritura; ** da inizio fioritura alla maturazione; ***dalla semina alla maturazione



Figura 9. Prove di concimazione in atto presso il CiRAA con piante in fase di fioritura (03/06/19).

In figura 10 e nella tabella 4 sono riportati i principali risultati produttivi (resa e componenti della resa) della prova effettuata presso il CiRAA. I risultati ottenuti hanno mostrato come nessuno dei parametri analizzati variasse significativamente in funzione della tipologia di fertilizzazione adottata.

**Figura 10.** Effetto della fertilizzazione organica sul numero di steli/m², resa in seme (t ha⁻¹), indice di raccolta e peso 1000 semi (g) del lino da olio (var. Libra) in semina primaverile presso il CiRAA nel primo anno di prova (2019).**Tabella 4.** Caratteristiche biometriche e principali componenti della resa del lino da olio (var. Libra) in semina primaverile presso il CiRAA nel primo anno di prova (2019).

	Altezza media (cm)	Numero capsule stelo ⁻¹	Numero semi capsula ⁻¹	Resa steli (t ha ⁻¹)	Resa pula (t ha ⁻¹)
Biologico	63,78 ± 6,51	9,98 ± 3,44	7,53 ± 0,41	2,07 ± 0,64	0,45 ± 0,14
Testimone	69,28 ± 4,18	14,11 ± 3,78	7,45 ± 0,33	3,01 ± 0,60	0,63 ± 0,07
Bioattivatori	70,37 ± 8,59	11,73 ± 3,13	7,81 ± 0,68	2,41 ± 0,60	0,46 ± 0,05
Significatività	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

I risultati sono valori medi di 4 repliche ± ds. L'analisi della varianza è stata utilizzata per valutare l'effetto della fertilizzazione. Valori seguiti dalla stessa lettera non sono statisticamente differenti per P<0,05.

In figura 11 e nella tabella 5 sono riportati i principali risultati produttivi (resa e componenti della resa) della prova effettuata presso TeReTo (Alberese) nell'annata 2019. Differenze significative, in funzione del trattamento, sono state osservate per il peso dei mille semi e l'indice di raccolta (Figura 11). In particolare, le piante fertilizzate con Biorex hanno mostrato un calo statisticamente

significativo di entrambi i parametri rispetto al controllo non concimato (rispettivamente -25,7% e -22,3%) e al trattamento con Bioattivatori (rispettivamente -21,2% e -20,4%). Al contrario, non sono state osservate differenze significative tra il controllo ed il trattamento con Bioattivatori. Le piante trattate con Bioattivatori, hanno mostrato un incremento di circa il 10% nel numero di semi per capsula (Tabella 5), rispetto alla tesi non concimata e di circa il 14% rispetto al trattamento con ammendante biologico tradizionale. Il trattamento con ammendante biologico non ha mostrato differenze statisticamente significative rispetto al controllo. Differentemente, non sono state osservate differenze significative imputabili alla fertilizzazione per gli altri parametri indagati.

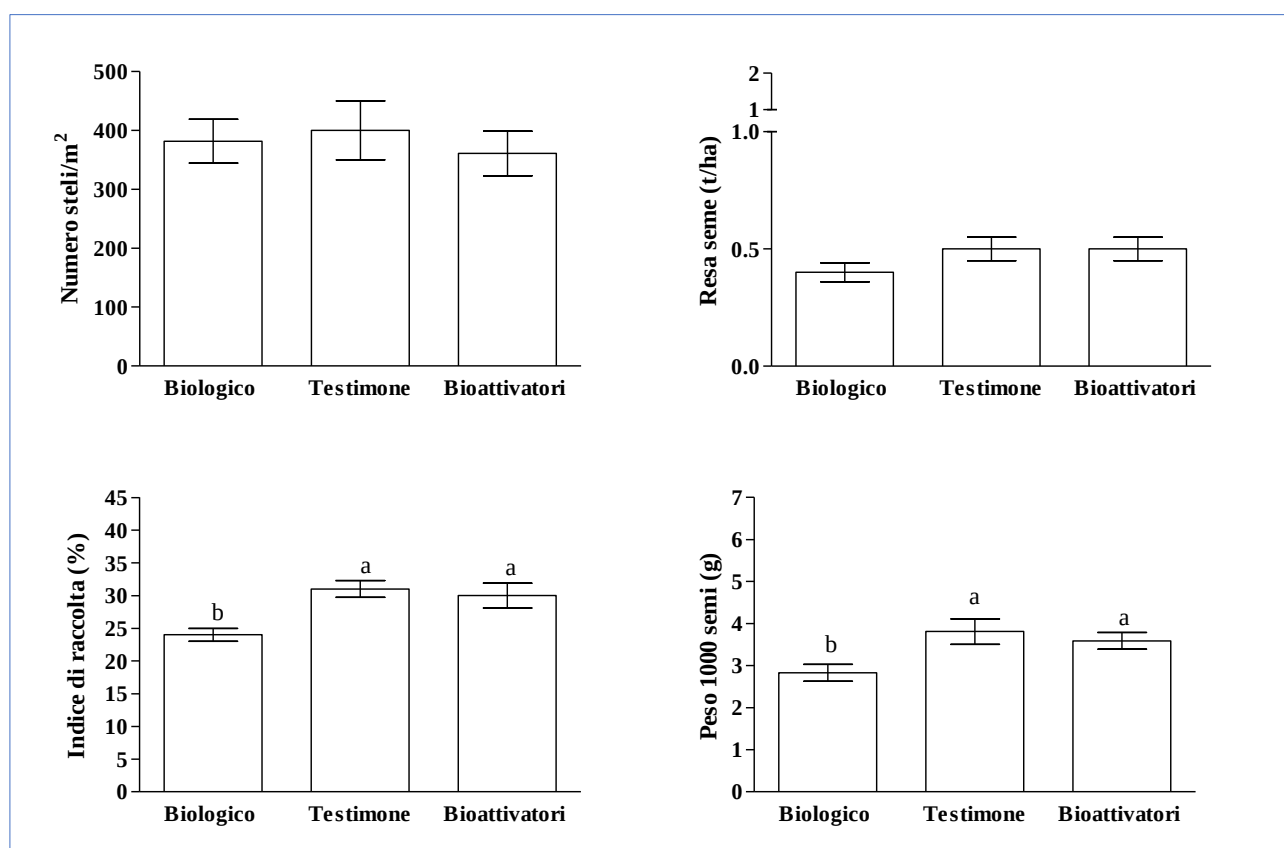


Figura 11. Effetto della fertilizzazione organica sul numero di steli/m², resa in seme (t ha⁻¹), indice di raccolta e peso 1000 semi (g) del lino da olio (var. Libra) in semina primaverile presso Alberese (GR) nel primo anno di prova (2019).

Tabella 5. Caratteristiche biometriche delle piante di lino coltivate presso Alberese nell'anno 2019.

	Altezza media (cm)	Numero capsule stelo ⁻¹	Numero semi capsula ⁻¹	Resa steli (t ha ⁻¹)	Resa pula (t ha ⁻¹)
Biologico	45,03 ± 2,63 a	11,08 ± 1,47 a	4,44 ± 0,08 b	0,86 ± 0,13 a	0,27 ± 0,04 a
Testimone	43,93 ± 1,33 a	12,05 ± 0,77 a	4,62 ± 0,26 b	0,79 ± 0,11 a	0,26 ± 0,02 a
Bioattivatori	46,18 ± 2,73 a	11,03 ± 2,38 a	5,08 ± 0,36 a	0,79 ± 0,18 a	0,27 ± 0,06 a
<i>Significatività</i>	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.

I risultati sono valori medi di 4 repliche ± ds. L'analisi della varianza è stata utilizzata per valutare l'effetto della fertilizzazione. Valori seguiti dalla stessa lettera non sono statisticamente differenti per P<0,05.

1.1.5. Principali risultati ottenuti nel secondo anno di coltivazione

Nella seconda annualità, le coltivazioni condotte presso il CiRAA hanno previsto una semina primaverile (data di semina: 07/04/2020; data di raccolta: 21/07/2020), mentre ad Alberese è stata adottata una semina invernale (data di semina: 12/02/2020; data di raccolta: 26/07/2020). La differenza tra le epoche di semina nei due ambienti è stata dettata dalle complicazioni sia di tipo meteorologico che hanno fatto saltare le semine autunnali in entrambi i siti che legate alla pandemia da Covid-a9 che non ha permesso di anticipare la semina al CiRAA prima di aprile. Dalla Figura 12 emerge come la durata delle singole fenofasi non sia stata influenzata dall'applicazione di fertilizzante, confermando quanto osservato l'anno precedente. A Pisa, è stata osservata una durata inferiore (mediamente 12 giorni) del ciclo vegetativo della coltura rispetto ad Alberese, imputabile alla semina primaverile, sebbene il persistere delle basse temperature fino alla prima decade di aprile in entrambi gli ambienti ha ritardato lo sviluppo delle piante, con un forte allungamento del periodo necessario alla germinazione dei semi. Tale rallentamento nello sviluppo iniziale delle colture può aver contribuito all'emergere, in entrambi gli areali, di significativi problemi di natura malerbologica.

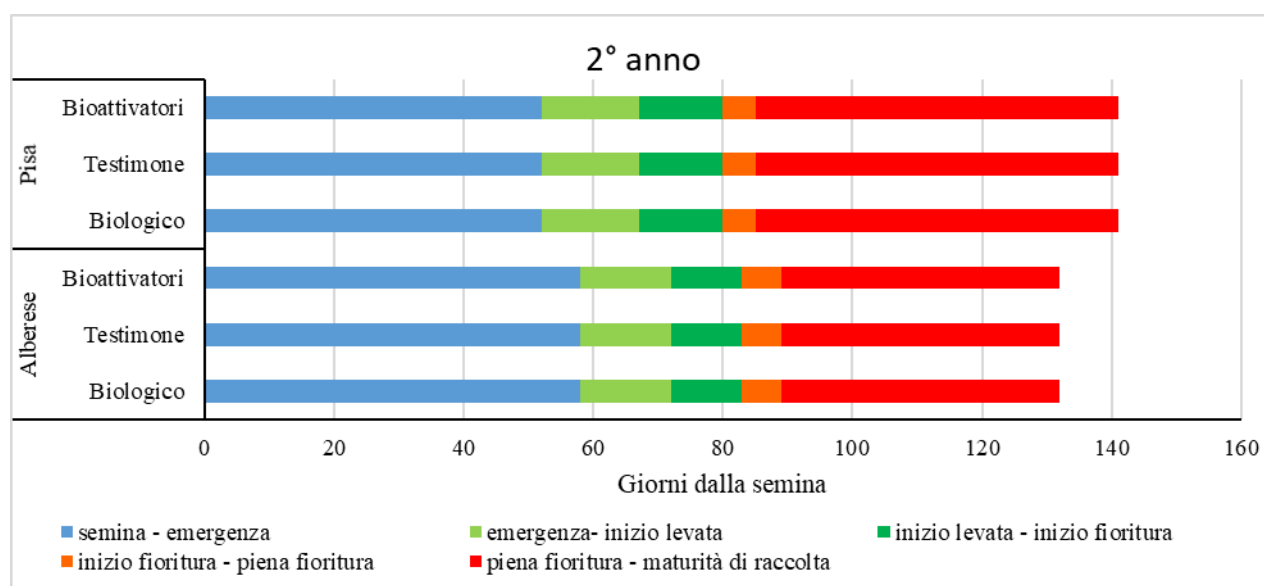


Figura 12. Durata in giorni delle principali fasi di sviluppo del lino da olio, var. Libra, a semina primaverile ed invernale, nei due siti sperimentali nel secondo anno (2020) di prova in funzione del trattamento fertilizzante.

Il leggero anticipo nello sviluppo osservato nelle piante coltivate presso il CiRAA, potrebbe dipendere dalle maggiori somme termiche accumulate (Tabella 6), in special modo nel periodo tra l'inizio della levata e l'inizio della fioritura. È da evidenziare come nel periodo emergenza-inizio fioritura sia importante la differenza nelle precipitazioni tra i due luoghi, con un'altezza di pioggia maggiore presso il CIRA (59,8 mm), rispetto ad Alberese (46,0 mm).

Tabella 6. Somme termiche ($T_{base} = 5^{\circ}C$) nelle principali fasi di sviluppo del lino da olio, var. Libra, a semina primaverile ed invernale, nei due siti sperimentali nel secondo anno (2020) di prova in funzione del trattamento fertilizzante.

	Pisa			Alberese		
	GDD (°C)					
	Biologico	Testimone	Bioattivatori	Biologico	Testimone	Bioattivatori
Semina – Emergenza	307,4	307,4	307,4	255,9	255,9	255,9
Emergenza – Inizio levata	153,7	153,7	153,7	112,2	112,2	112,2
Inizio levata – Inizio fioritura	161,2	161,2	161,2	103,2	103,2	103,2
Inizio fioritura – Piena fioritura	73,5	73,5	73,5	65,4	65,4	65,4
Piena fioritura – Maturità di raccolta	891,5	891,5	891,5	653,3	653,3	653,3
Ciclo vegetativo*	314,9	314,9	314,9	215,4	215,4	215,4
Ciclo riproduttivo**	965,0	965,0	965,0	718,7	718,7	718,7
Totale ciclo***	1587,3	1587,3	1587,3	1190,1	1190,1	1190,1

*dall'emergenza all'inizio della fioritura; ** da inizio fioritura alla maturazione; ***dalla semina alla maturazione

Similmente a quanto osservato nell'annata precedente, nella prova di coltivazione realizzata presso il CiRAA, non si sono osservate differenze significative, in funzione della fertilizzazione organica, per quanto riguarda i principali parametri biometrici e produttivi (Figura 13 e Tabella 7). L'unico parametro ad essere influenzato dalla strategia adottata è risultato essere la resa in pula, con valori maggiori nel testimone non concimato (tabella 7).

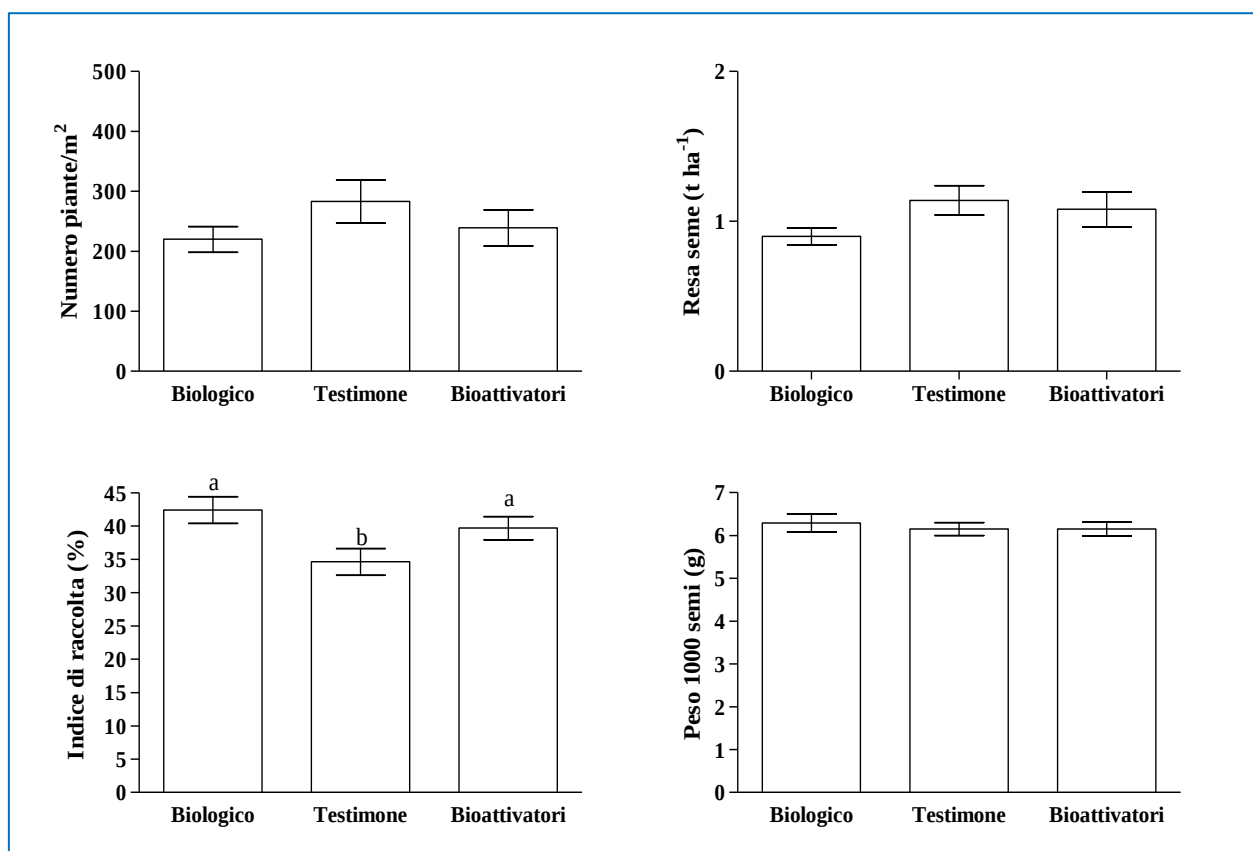
**Figura 13.** Effetto della fertilizzazione organica sul numero di steli/m², resa in seme (t ha⁻¹), indice di raccolta e peso 1000 semi (g) del lino da olio (var. Libra) in semina primaverile presso il CiRAA nel secondo anno di prova (2020).

Tabella 7. Effetto della fertilizzazione organica sulle caratteristiche biometriche e produttive del lino da olio (var. Libra) in semina primaverile presso il CiRAA nel secondo anno di prova (2020).

	Altezza media (cm)	Numero capsule stelo ⁻¹	% capsule sterili	Numero semi capsula ⁻¹	Resa steli (t ha ⁻¹)	Resa pula (t ha ⁻¹)
Biologico	49,44 ± 2,43 a	9,98 ± 1,21 a	3,48 ± 3,41 a	7,11 ± 2,83 a	1,14 ± 0,28 a	0,42 ± 0,03 b
Testimone	48,33 ± 1,63 a	8,15 ± 1,90 a	8,98 ± 7,54 a	9,04 ± 1,97 a	1,43 ± 0,06 a	0,59 ± 0,05 a
Bioattivatori	45,49 ± 2,29 a	11,31 ± 2,09 a	4,86 ± 2,38 a	8,51 ± 2,09 a	1,16 ± 0,18 a	0,48 ± 0,10 b
Significativà	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	***

I risultati sono valori medi di 4 repliche ± ds. L'analisi della varianza è stata utilizzata per valutare l'effetto della fertilizzazione. Valori seguiti dalla stessa lettera non sono statisticamente differenti per $P < 0,05$.

In Figura 14 e Tabella 8 sono mostrate le principali caratteristiche biometriche e produttive del lino coltivato ad Alberese nella seconda stagione di crescita. Variazioni significative in funzione del trattamento si sono osservate per la resa in semi (Figura 14), con valori di produzione granellare significativamente maggiori nelle piante non trattate che hanno mostrato incrementi dell'ordine del 59,6% rispetto alle piante trattate con ammendante biologico tradizionale e del 90,5% rispetto al trattamento con bioattivatori. L'aumento nella produzione in seme ha, a sua volta, determinato un maggiore indice di raccolta. La maggior resa in semi della coltura non trattata potrebbe essere correlata ad un maggior numero di capsule fertili (Tabella 8), osservato in queste piante, con incrementi del 49,9% rispetto al biologico e del 67,2% rispetto al trattamento con bioattivatori (Tabella 8). Il numero di capsule sterili, assieme al numero di semi per capsula, dovrebbe dare un'indicazione sull'efficacia della concimazione borica; la mancanza di un effetto su questi due parametri da parte del trattamento a base di prodotti bioattivatori sul lino, potrebbe indicare sia che la concentrazione di boro nel terreno era tale da non determinare carenze di quest'elemento, sia che la coltura è insensibile al tipo di applicazioni fogliari testate. Infine, piante non trattate hanno mostrato anche la più alta resa in pula (Tabella 8).

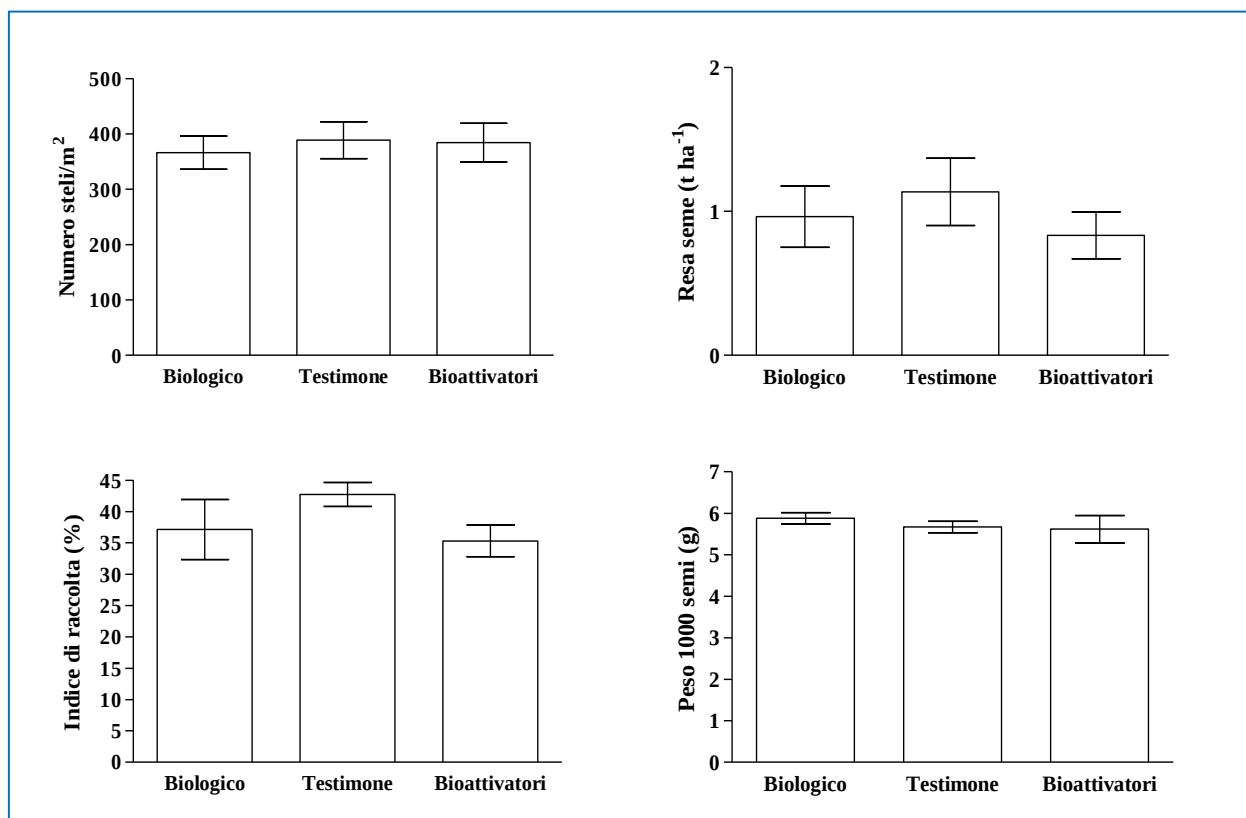


Figura 14. Effetto della fertilizzazione organica sul numero di steli/m², resa in seme (t ha⁻¹), indice di raccolta e peso 1000 semi (g) del lino da olio (var. Libra) in semina invernale presso Alberese (GR) nel secondo anno di prova (2020).

Tabella 8. Effetto della fertilizzazione organica sulle caratteristiche biometriche e produttive del lino da olio (var. Libra) in semina invernale presso Alberese nel secondo anno di prova (2020).

	Altezza media (cm)	Numero capsule fertili stelo ⁻¹	Capsule sterili (%)	Numero semi capsula ⁻¹	Resa steli (t ha ⁻¹)	Resa pula (t ha ⁻¹)
Biologico	50,71 ± 1,72	7,85 ± 2,24 B	7,17 ± 2,80	3,66 ± 0,74	0,66 ± 0,15	0,22 ± 0,07 B
Testimone	47,13 ± 2,89	11,77 ± 0,94 A	10,40 ± 2,54	3,89 ± 0,85	0,81 ± 0,14	0,35 ± 0,07 A
Bioattivatori	50,94 ± 2,08	7,04 ± 1,78 B	9,26 ± 6,26	3,24 ± 0,69	0,61 ± 0,22	0,20 ± 0,08 B
Significatività	n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.	***

I risultati sono valori medi di 4 repliche ± ds. L'analisi della varianza è stata utilizzata per valutare l'effetto della fertilizzazione. Valori seguiti dalla stessa lettera non sono statisticamente differenti per $P < 0,05$.

1.1.6. Principali risultati ottenuti nel terzo anno di coltivazione

Come accennato nel paragrafo 1.1.1., nell'areale pisano, il periodo dicembre 2020 – gennaio 2021 è stato caratterizzato da una piovosità particolarmente elevata; in particolare, solo nella prima decade di dicembre è stato registrato un cumulo di pioggia pari a 266 mm; le abbondanti precipitazioni, iniziate a partire da 21 giorni dopo la semina e continuate per circa due mesi, hanno provocato una forte moria di piante di lino appena germinate, per via degli effetti del ristagno idrico (Figura 15), che hanno portato al fallimento della prova.



Figura 15. Effetto delle piogge invernali sulle parcelle di lino della prova di fertilizzazione presso Pisa. Da evidenziare la presenza di fenomeni di erosione idrica (13/01/2021)

A differenza di quanto osservato a Pisa, ad Alberese le piogge invernali non hanno compromesso la prova in semina autunnale e, pertanto, verranno riportati solo i risultati ottenuti in questo ambiente. Da ricordare, come nella stagione 2020-2021, il protocollo relativo alla tesi “bioattivatori” è stato modificato, introducendo due trattamenti, denominati “bioattivatori 1” e “bioattivatori 2”, senza e con trattamento fogliare in fase di levata, rispettivamente.

Come già osservato negli anni precedenti, la durata delle fasi fenologiche non è stata influenzata dall'applicazione di fertilizzanti (Figura 16 e Tabella 9).

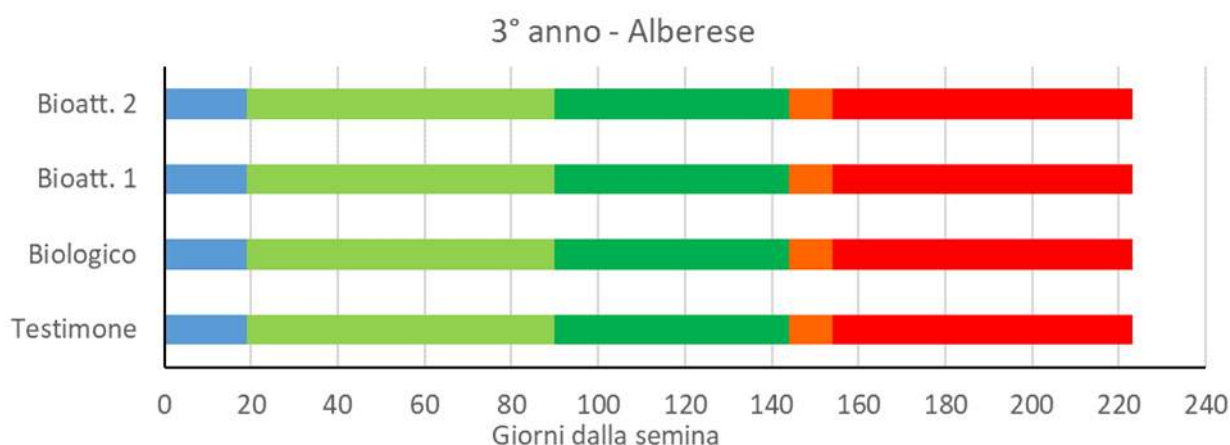


Figura 16. Durata in giorni delle principali fasi di sviluppo del lino da olio, var. Libra, a semina autunnale, ad Alberese (GR) nel terzo anno di prova in funzione del trattamento fertilizzante.

Tabella 9. Somme termiche ($T_{base} = 5^{\circ}C$) nelle principali fasi di sviluppo del lino da olio, var. Libra, a semina autunnale ad Alberese (GR), nel terzo anno (stagione 2020-2021) di prova in funzione del trattamento fertilizzante.

	Alberese			
	GDD (°C)			
	Biologico	Testimone	Bioattivi 1	Bioattivi 2
Semina – Emergenza	144,0	144,0	144,0	144,0
Emergenza – Inizio levata	308,2	308,2	308,2	308,2
Inizio levata – Inizio fioritura	279,7	279,7	279,7	279,7
Inizio fioritura – Piena fioritura	57,4	57,4	57,4	57,4
Piena fioritura – Maturità di raccolta	867,0	867,0	867,0	867,0
Ciclo vegetativo*	587,9	587,9	587,9	587,9
Ciclo riproduttivo**	924,4	924,4	924,4	924,4
Totale ciclo***	1656,4	1656,4	1656,4	1656,4

*dall'emergenza all'inizio della fioritura; ** da inizio fioritura alla maturazione; ***dalla semina alla maturazione

In relazione alle caratteristiche produttive, il trattamento con bioattivi 1 ha mostrato essere responsabile delle più basse performances della coltura in termini di resa in seme, HI e peso mille semi (Figura 17). Similmente, le più basse rese in residui colturali (steli + pula) ed il minor numero di capsule per stelo sono stati osservati per la tesi “bioattivi 1” che si è caratterizzata anche per il maggior numero di capsule sterile rispetto alle altre tesi a confronto (Tabella 10). Nessuna differenza significativa, invece, è stata in relazione all'altezza della pianta e al numero di semi per capsula.

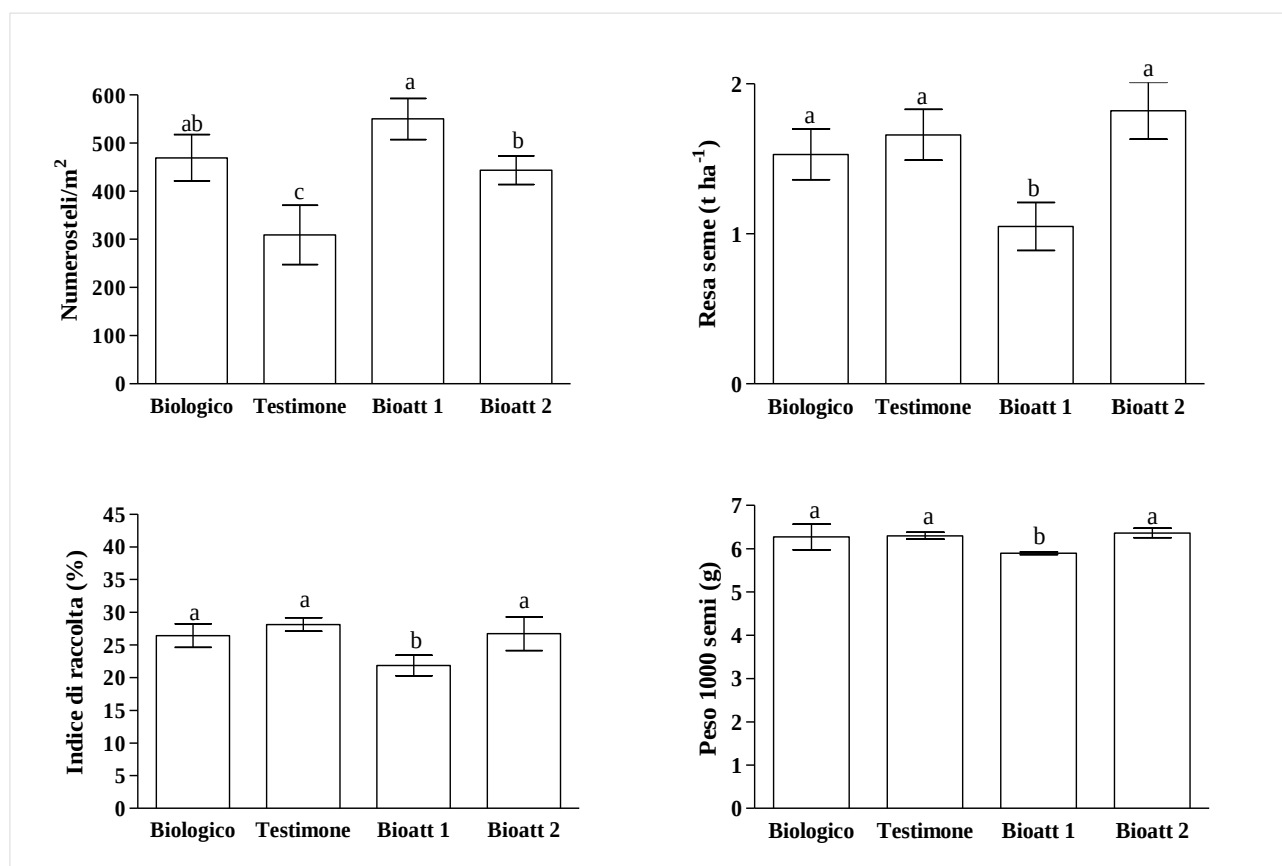


Figura 17. Effetto della fertilizzazione organica sul numero di steli/m², resa in seme (t ha⁻¹), indice di raccolta e peso 1000 semi (g) del lino da olio (var. Libra) in semina autunnale presso Alberese (GR) nel terzo anno di prova (stagione 2020-2021).

Tabella 10. Caratteristiche biometriche e produttive del lino da olio (var. Libra) coltivato in semina autunnale ad Alberese (GR) nel terzo anno di prova (stagione 2020-2021).

	Altezza media (cm)	Numero capsule stelo ⁻¹	Capsule sterili (%)	Numero semi capsula ⁻¹	Resa steli (t ha ⁻¹)	Resa pula (t ha ⁻¹)
Biologico	67,91 ± 3,14 a	10,71 ± 1,24 a	13,20 ± 1,54 b	6,41 ± 0,45 a	3,23 ± 0,18 b	0,81 ± 0,11 a
Testimone	70,34 ± 2,80 a	10,82 ± 1,44 a	22,21 ± 1,98 a	6,50 ± 0,55 a	3,91 ± 0,72 ab	0,81 ± 0,08 a
Bioattivatori 1	66,28 ± 5,22 a	4,46 ± 0,47 b	16,38 ± 3,19 b	6,63 ± 0,26 a	2,87 ± 0,27 b	0,58 ± 0,06 b
Bioattivatori 2	69,96 ± 4,32 a	11,97 ± 1,64 a	14,81 ± 1,72 b	6,15 ± 0,45 a	4,12 ± 0,89 a	0,91 ± 0,11 a
	n.s.	***	**	n.s.	*	*

I risultati sono valori medi di 4 repliche ± ds. L'analisi della varianza è stata utilizzata per valutare l'effetto della fertilizzazione. Valori seguiti dalla stessa lettera non sono statisticamente differenti per $P < 0,05$.

In conclusione, nei tre anni di sperimentazione, anche a fronte di una modifica del protocollo sperimentale, non è emerso un effetto positivo imputabile alle strategie innovative di fertilizzazione biologica sui parametri produttivi, morfologici e qualitativi del lino da granella. I risultati ottenuti non sono di semplice interpretazione, alla luce delle conoscenze attuali relative ai materiali impiegati nelle prove; tuttavia, si può ipotizzare che le poche differenze osservate nelle produzioni di biomassa tra i trattamenti ed il testimone, possano dipendere dai bassi apporti di nutrienti da parte dei concimi organici distribuiti, come evidenziabile nella Tabella 2.

Un altro risultato interessante ottenuto dai tre anni di coltivazione, è che, nell'ambiente della Maremma grossetana, anticipando l'epoca di semina all'autunno, è possibile ottenere incrementi del 200% sulle rese in seme (Figura 18), evidenziando come in questo ambiente l'epoca di semina ottimale ed economicamente conveniente per il lino sia quella autunnale.

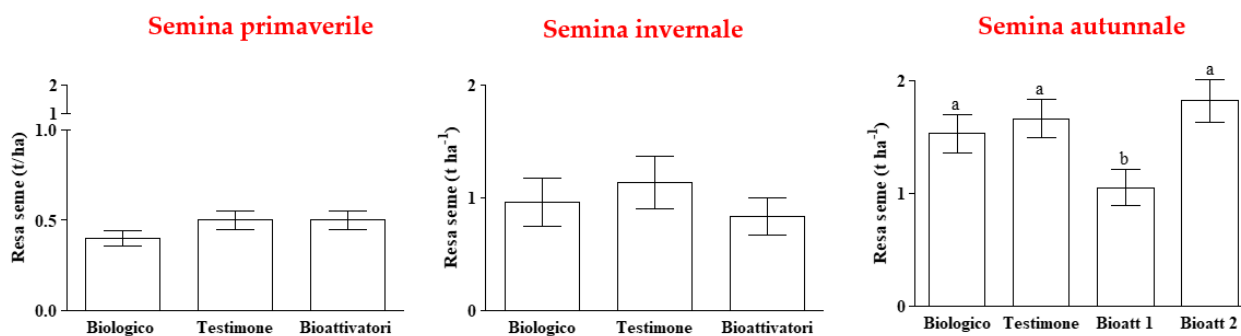


Figura 18. Confronto tra epoche di semina (primaverile, invernale e autunnale) nella resa in seme del lino da olio, var. Libra, in prova presso Alberese (GR) e sottoposto a strategie di fertilizzazione organica differenziate.

1.2. Valutazione agronomico-produttiva di varietà di lino a confronto nei due ambienti di coltivazione

Al fine di valutare l'effetto dell'interazione genotipo x ambiente, su scala parcellare, è stato realizzato, sempre in regime di agricoltura biologica, un confronto varietale, collaudando nelle due località di riferimento (provincia di Pisa e provincia di Grosseto), cinque varietà commercialmente disponibili

(Sideral, Kaolin, Galaad, Libra e Sszafir), caratterizzate da diversa resistenza al freddo (idonee a semine tipicamente autunnali e a semina tardiva a fine inverno) e precocità (lunghezza del ciclo). Inoltre, per tutte le varietà considerate, sono state confrontate epoche di semina differenziate, adottando una disposizione spaziale a fila stretta (15 cm).

1.2.1. Caratterizzazione pedo-climatica dei siti di coltivazione

Anche in questo caso, i ricercatori del CiRAA hanno definito le caratteristiche pedo-climatiche dei siti. In relazione all'andamento termo-pluviometrico dei due areali, si rimanda la paragrafo 1.1.1, mentre in Tabella 11, si riportano le principali caratteristiche fisico-chimiche dei terreni che hanno ospitato il confronto varietale nei due ambienti di riferimento nelle tre annualità del progetto.

Tabella 11. Caratteristiche chimico-fisiche dei terreni del CiRAA e di TeReTo (profilo 0-30cm) nei tre anni di prova per la prova di confronto varietale.

		CIRAA			TeReTo		
		1° anno	2° anno	3° anno	1° anno	2° anno	3° anno
pH		8,1	8,1	8,2	8,1	8,0	7,9
ECe	μS/cm	96,9	58,8	53,7	n.d.		40,0
N tot	‰	1,3	0,8	0,9	1,1	1,0	0,8
S.O.	%	2,0	1,6	1,5	1,9	1,7	1,1
P Olsen	ppm	9,1	13,4	3,4	9,0	9,3	28,4
Calcare totale	‰	63,4	61,8	75,3	137,0	135,2	24,0
Calcare attivo	%	3,0	2,9	1,8	5,0	4,7	10,0
CSC	meq 100 g ⁻¹	9,0	6,7	13,7	37,2	39,3	13,7
Sabbia	%	45,9	41,4	48,9	85,0	82,4	48,1
Limo	%	39,0	43,0	36,0	1,3	2,4	35,3
Argilla	%	15,1	15,6	15,1	13,7	15,2	16,6

1.2.2. Definizione delle caratteristiche biologiche, biometriche e produttive delle varietà in prova

I protocolli seguiti per la valutazione delle caratteristiche biologiche e produttive delle varietà in prova nei due ambienti di riferimento sono gli stessi descritti per la prova di confronto tra strategie di fertilizzazione organica; pertanto, si rimanda al paragrafo 1.1.2. della presente relazione.

1.2.3. Impostazione delle prove per la valutazione dell'effetto genotipo x ambiente

Nel primo anno di sperimentazione il confronto ha riguardato quattro varietà di lino, Galaad (Semfor), Libra (Apsov sementi), Sideral (Semfor) e Szafir (Apsov sementi) alle quali è stata aggiunta, a partire dal secondo anno di progetto, la varietà Kaolin (Semfor). Nella Tabella 12 sono riportate alcune caratteristiche delle varietà a confronto.

Tabella 12. Caratteristiche delle varietà usate, come riportate dai cataloghi dei fornitori.

Ciclo	Taglia	Resistenza
-------	--------	------------

			Freddo	Allettamento
Galaad	precoce	medio-bassa		eccellente
Libra	medio	media	media	resistente
Sideral	precoce	media	eccellente	molto buona
Szafir	medio	media	media	resistente
Kaolin	medio-precocoe	media		

In entrambi gli ambienti di coltivazione, le varietà sono state seminate con lo stesso investimento e la stessa dose di seme (45 kg ha^{-1}) usati per la prova di fertilizzazione, adottando un disegno sperimentale a blocchi randomizzati con tre replicazioni come riportato in Figura 19.



Figura 19. Disegno sperimentale adottato nelle prove di confronto varietale realizzate presso il CiRAA (San Piero a Grado, PI) e presso TeReTo (Alberese, GR) nelle tre annualità di progetto.

Nei tre anni di sperimentazione il precedente colturale, a Pisa, è stato il grano duro e la preparazione del terreno è stata effettuata attraverso un'aratura a 30-35 cm (autunnale nei primi due anni ed estiva nell'ultimo), seguita da due passaggi con erpice a dischi a ed un ultimo passaggio con erpice rotante prima della semina. La semina è stata effettuata con seminatrice meccanica parcellare. In tutti gli anni, al termine della semina è stata effettuata una rullatura per favorire l'adesione del seme al terreno. Presso TeReTo, invece, il precedente colturale del lino è stato il frumento tenero nel 2019, favino nel 2020 e il frumento tenero nel 2021. La preparazione del terreno è avvenuta sempre attraverso una minima lavorazione, con un passaggio di erpice a dischi, seguito da un passaggio con erpice rotativo prima della semina.

Nei tre anni di sperimentazione, prima della semina, è stato distribuito, in entrambi gli ambienti, un prodotto organico pellettato (2, 8% Norg; 2,5% P₂O₅; 3% K₂O 3; 38% Corg; C/N 13) ed interrato con l'ultima erpicatura prima della semina.

Il calendario delle semine e delle raccolte delle prove varietali, per ciascun sito sperimentale, è riportato nella Tabella 13.

Tabella 13. Calendario di semina-raccolta della prova di concimazione dei tre anni di sperimentazione.

	Primo anno (2019)		Secondo anno (2020)		Terzo anno (stagione 2020-2021)	
	Pisa	Alberese	Pisa	Alberese	Pisa	Alberese
Semina	25/03/2019	09/04/2019	07/04/2020	12/02/2020	10/11/2020	11/11/2020
Raccolta	19/07/2019	22/07/2019	20/07/2020	26/06/2020	30/06/2021	21/06/2021

1.2.4. Principali risultati ottenuti nel primo anno di coltivazione

Come riportato nella Figura 20, ad Alberese non sono state osservate differenze significative tra le varietà nella durata in giorni delle fasi di sviluppo e l'intero ciclo colturale (semina-maturazione) è stato portato a termine con una somma termica pari a circa 1200 °C (Tabella 14). La durata del ciclo di sviluppo delle piante coltivate presso Alberese è stata mediamente inferiore di 16 giorni, rispetto alle piante coltivate a Pisa, tale differenza dipende, probabilmente dalle maggiori temperature presenti nel grossetano (Figure 1 e 4).

A Pisa, sebbene sia stata osservata una sostanziale concordanza nella durata in giorni complessiva del ciclo colturale (semina-maturazione) per le quattro varietà, differenze sono emerse nella durata in giorni della fase riproduttiva in funzione della varietà. In particolare, Galaad ha mostrato una maggior precocità nell'entrata in fase riproduttiva con un ciclo vegetativo più breve (circa una settimana inferiore rispetto alle altre varietà). Libra è risultata la varietà più tardiva nel completamento della fioritura, mentre Sideral si è dimostrata la varietà più tardiva tra quelle in prova (Figura 20). Nelle figure XXXX sono riportati alcuni particolari delle prove condotte al CiRAA. Nelle Figure 21 e 22 sono riportati alcuni dettagli fotografici delle coltivazioni in prova.

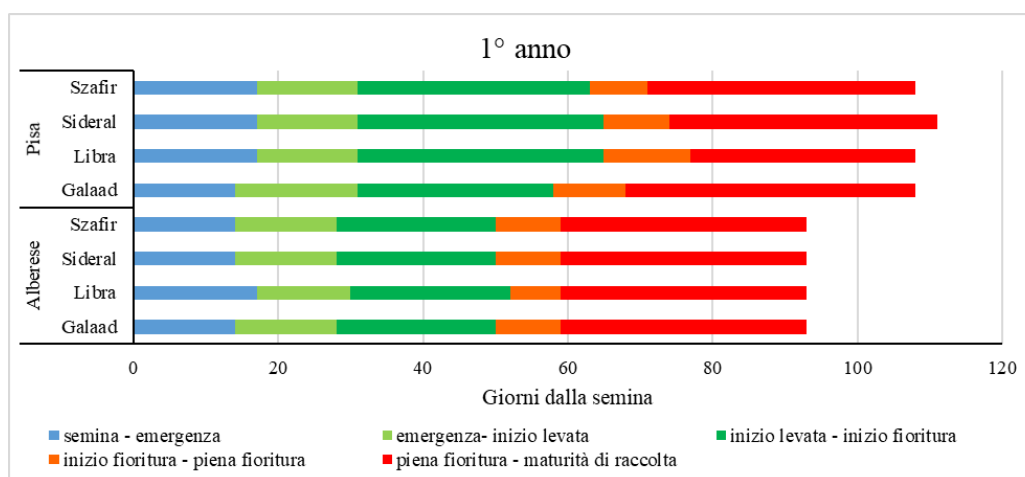


Figura 20. Durata in giorni delle principali fasi di sviluppo delle varietà di lino a confronto in semina primaverile nei due siti sperimentali nel primo anno (2019) di prova.

Tabella 14. Somme termiche ($T_{base} = 5^{\circ}C$) nelle principali fasi di sviluppo delle varietà di lino a confronto in semina primaverile nei due siti sperimentali nel primo anno (2019) di prova.

	Pisa				Alberese			
	Galaad	Libra	Sideral	Szafor	Galaad	Libra	Sideral	Szafor
	GDD ($^{\circ}C$)							
Semina – Emergenza	90,3	110,3	110,3	110,3	124,5	159,8	124,5	124,5
Emergenza – Inizio levata	149,6	129,6	129,6	129,6	126,2	104,8	126,2	126,2
Inizio levata – Inizio fioritura	251,4	333,6	333,6	308,2	227,2	237,0	227,2	227,2
Inizio fioritura – Piena fioritura	118,4	159,3	112,8	99,2	126,1	102,8	126,1	126,1
Piena fioritura – Maturità di raccolta	717,5	612,5	700,9	679,9	639,8	639,8	639,8	639,8
Ciclo vegetativo*	401,0	463,2	463,2	437,8	353,5	341,4	353,5	353,5
Ciclo riproduttivo**	835,9	771,9	813,7	779,1	765,9	742,7	765,9	765,9
Totale ciclo***	1327,2	1345,4	1387,2	1327,2	1244,0	1244,0	1244,0	1244,0

*dall'emergenza all'inizio della fioritura; ** da inizio fioritura alla maturazione; ***dalla semina alla maturazione



Figura 21. Particolare della var. Libra nella prova varietale presso il CiRAA nel primo anno di prova (2019). Le piante di lino sono pronte per la raccolta quando la capsula è completamente secca e all'interno di essa i semi si muovono liberamente.



Figura 22. Prova di confronto varietale presso il CiRAA. 3/06/19 fase di fioritura leggermente meno avanzata in Sideral (sinistra) rispetto a Szafir (destra).

Dalla Figura 23 emerge come l'ambiente di coltivazione e la varietà giochino un ruolo significativo nel definire la resa in seme e l'indice di raccolta. Le rese in seme maggiori sono state ottenute a Pisa e Szafir è risultata essere la varietà più produttiva. HI più elevati sono stati ottenuti ad Alberese e, ancora una volta, Szafir insieme a Galaad, si sono contraddistinte per gli indici maggiori. Al contrario, le rese in steli e pula erano significativamente influenzate solo dall'ambiente di coltivazione (Tabella 15), con i valori maggiori osservati nuovamente a Pisa.

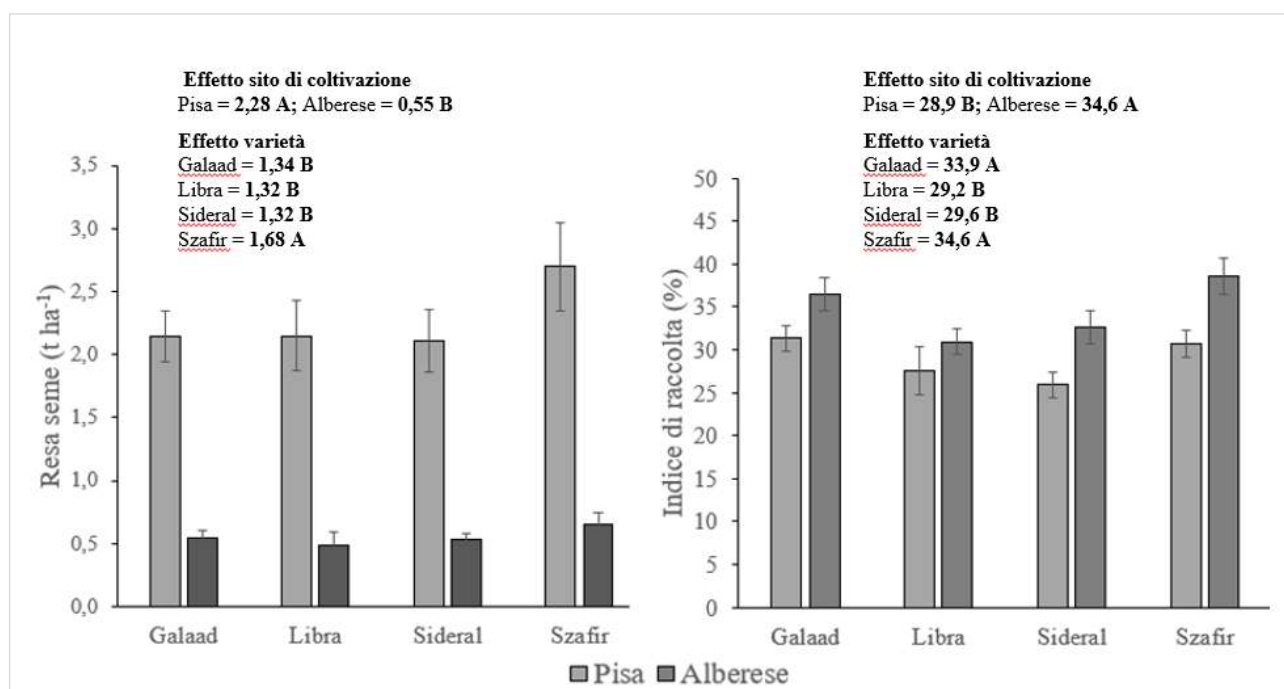


Figura 23. Effetto dell'interazione genotipo x ambiente sulla resa in seme (t ha⁻¹) e sull'indice di raccolta della prova in semina primaverile condotta nel primo anno di attività (2019).

Tabella 15. Effetto dell'ambiente di coltivazione e della varietà sulla resa in steli e pula della prova in semina primaverile condotta nel primo anno di attività (2019).

	Resa steli (t ha ⁻¹)			Resa pula (t ha ⁻¹)		
	Pisa	Alberese	Media varietà	Pisa	Alberese	Media varietà
Galaad	3,48 ± 0,43	0,59 ± 0,13	2,02	1,23 ± 0,09	0,36 ± 0,05	0,80
Libra	4,42 ± 0,92	0,70 ± 0,12	2,56	1,02 ± 0,29	0,37 ± 0,05	0,70
Sideral	5,08 ± 0,12	0,77 ± 0,08	2,93	0,94 ± 0,07	0,33 ± 0,04	0,63
Szafir	4,61 ± 1,57	0,61 ± 0,07	2,61	1,35 ± 0,50	0,43 ± 0,04	0,89
Media sito	4,40 A	0,67 B		1,14 A	0,37 B	

I risultati sono valori medi di 3 repliche ± ds. L'analisi della varianza a 2 vie è stata utilizzata per valutare l'effetto dell'ambiente di coltivazione, la varietà e la loro reciproca interazione. Valori seguiti da lettere differenti sono statisticamente differenti per $P < 0,05$ (lettere maiuscole: effetto della varietà o del sito di coltivazione; lettere minuscole: effetto dell'interazione Sito x Varietà).

La differenza tra i risultati ottenuti nei due luoghi è imputabile primariamente ad un diverso andamento meteo (Figure 1 e 4), con maggiore piovosità nella zona di San Piero a Grado (i cumulati delle altezze di pioggia del periodo di coltivazione nei due luoghi, differiscono di circa 40 mm). Le caratteristiche pedoclimatiche maggiormente favorevoli alla coltivazione riscontrate presso il CiRAA hanno permesso un aumento medio della resa del 310 % rispetto a quella ottenuta ad Alberese.

Nelle Figure di seguito riportate sono mostrati i caratteri per i quali è stata evidenziata un'interazione significativa genotipo x ambiente.

Le piante coltivate presso il CiRAA hanno mostrato uno sviluppo in altezza maggiore rispetto a quelle coltivate ad Alberese (Figura 24), per tutte le varietà testate. Ad Alberese, Szafir e Galaad sono risultate di taglia più contenuta, mentre l'altezza maggiore è stata osservata in Sideral. Anche a Rottaia, Galaad ha sviluppato un'altezza inferiore rispetto alle altre varietà, mentre Szafir e Libra hanno mostrato dimensioni significativamente maggiori.

Relativamente al numero di steli per unità di superficie (Figura 24), per le varietà Libra e Szafir non sono state osservate differenze statisticamente significative nella produzione di steli nei due ambienti di coltivazione. Al contrario, a Pisa, Galaad ed in particolare Sideral hanno prodotto più steli rispetto ad Alberese.

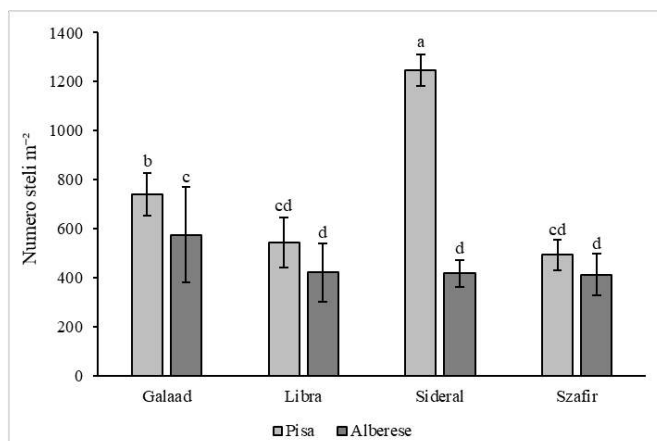
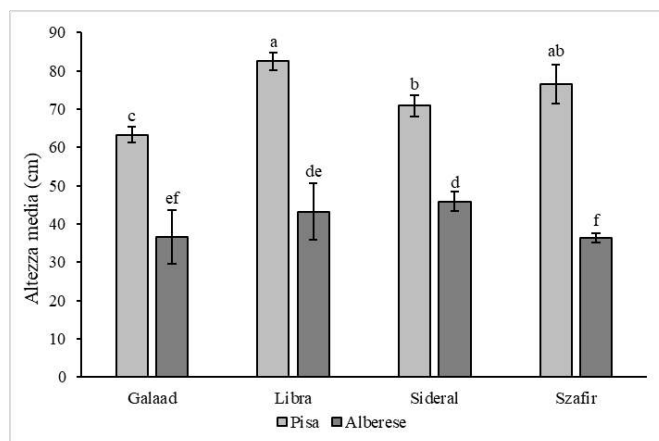


Figura 24. Effetto dell'interazione genotipo x ambiente sull'altezza (cm) delle piante e sul numero di steli per m² nella prova a semina primaverile realizzata nel primo anno di attività (2019). Le barre rappresentano il valore medio di tre repliche $\pm$ ds. Valori seguiti dalla stessa lettera non sono statisticamente differenti per $P < 0,05$.

Come riportato in Figura 25, ad Alberese non sono state osservate differenze statisticamente significative riconducibili alla varietà, nel numero di capsule per stelo. Al contrario a Pisa Sideral ha prodotto molte meno capsule rispetto alle altre varietà (-43% rispetto a Galaad e Libra, -52% rispetto a Szafir), mantenendo invariato nei due luoghi il numero di capsule prodotte. Ad Alberese (Figura 25), le quattro varietà hanno prodotto lo stesso numero di semi per capsula (circa quattro), con valori sempre statisticamente inferiori rispetto a Pisa, dove la varietà Libra ha prodotto il numero più elevato di semi per capsula, con valori confrontabili con quelli di Sideral. Rispetto a Libra, a Pisa, in Galaad e Szafir è stato osservato un abbassamento di tale parametro rispettivamente del 12,8% e 19,1%.

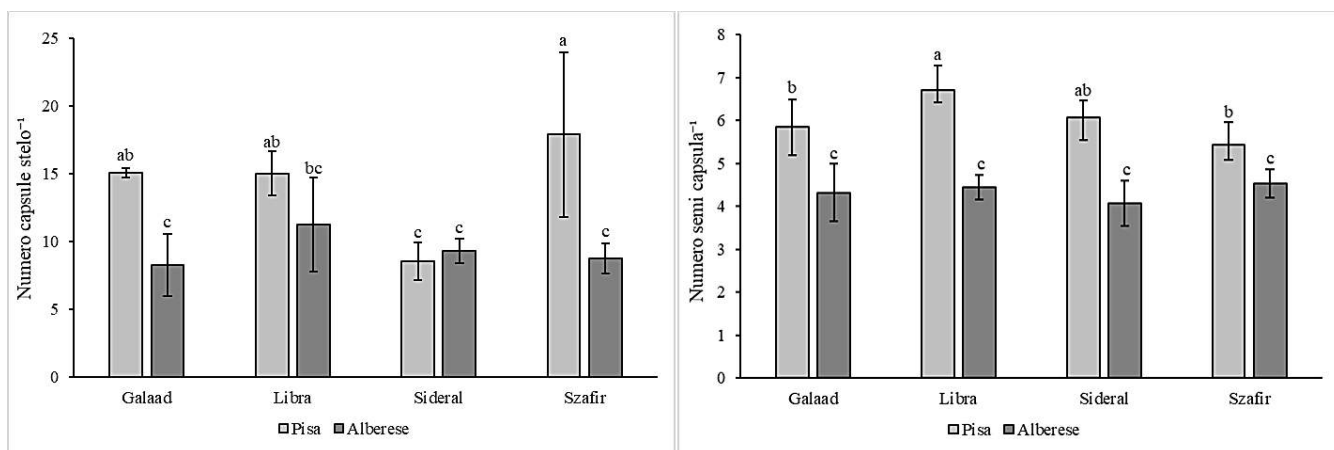


Figura 25. Effetto dell'interazione genotipo x ambiente sul numero di capsule per stelo e sul numero di semi per capsula nella prova a semina primaverile realizzata nel primo anno di attività (2019). Le barre rappresentano il valore medio di tre repliche $\pm$ ds. Valori seguiti dalla stessa lettera non sono statisticamente differenti per $P < 0,05$.

Infine, Galaad è stata l'unica varietà per la quale il peso dei 1000 semi è stato influenzato dall'ambiente di coltivazione (Figura 26), con un incremento del 40,5% a Pisa rispetto ad Alberese; le altre varietà non hanno mostrato differenze significative in funzione dell'ambiente di coltivazione. Szafir ha mostrato un peso dei 1000 semi superiore a Libra e Sideral, sia a Pisa che Alberese, mentre rispetto a Galaad tale aumento si è visto registrato ad Alberese.

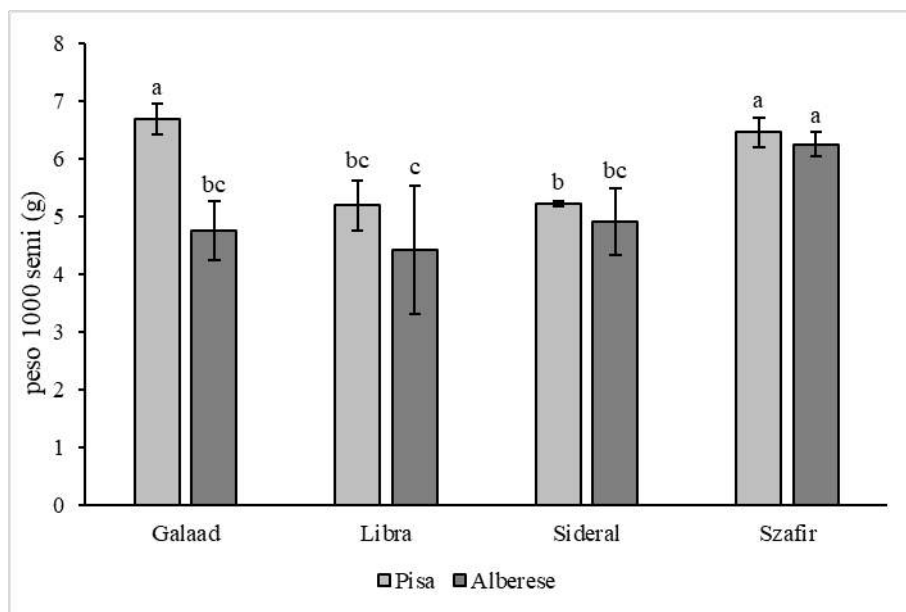


Figura 26. Effetto dell'interazione genotipo x ambiente sul numero peso di 1000 semi (g) nella prova a semina primaverile realizzata nel primo anno di attività (2019). Le barre rappresentano il valore medio di tre repliche $\pm$ ds. Valori seguiti dalla stessa lettera non sono statisticamente differenti per $P < 0,05$.

1.2.5. Principali risultati ottenuti nel secondo anno di coltivazione

Nella Figura 27 è riportata la durata del ciclo di sviluppo delle varietà di lino messe a confronto nei due ambienti di coltivazione, mentre in Tabella 16 le somme termiche per le principali fenofasi. Da ricordare come al CiRAA è stata realizzata una semina primaverile, mentre ad Alberese una semina invernale per le stesse motivazioni descritte per la prova di fertilizzazione organica. Inoltre, rispetto all'annata precedente, è stata inserita nel confronto anche la varietà Kaolin.

Presso il CiRAA, le temperature maggiormente favorevoli dovute ad una semina più tardiva (55 giorni) e un'umidità del terreno più elevata dovute ad una differente piovosità (Figure 2 e 5), hanno permesso un accorciamento del periodo necessario all'emergenza completa della coltura di circa 38 giorni. La durata in giorni del ciclo riproduttivo è sovrapponibile nelle due località, mentre il ciclo vegetativo è stato mediamente più lungo (di circa otto giorni) a Rottaia. Ad Alberese non sono state osservate differenze fenologiche rilevanti nelle cinque varietà, mentre a Rottaia, la varietà Galaad si è dimostrata più precoce delle altre e la varietà più tardiva è risultata essere Sideral, confermando le osservazioni del 2019. Libra, Szafir e Kaolin hanno avuto cicli di sviluppo sostanzialmente sovrapponibili.

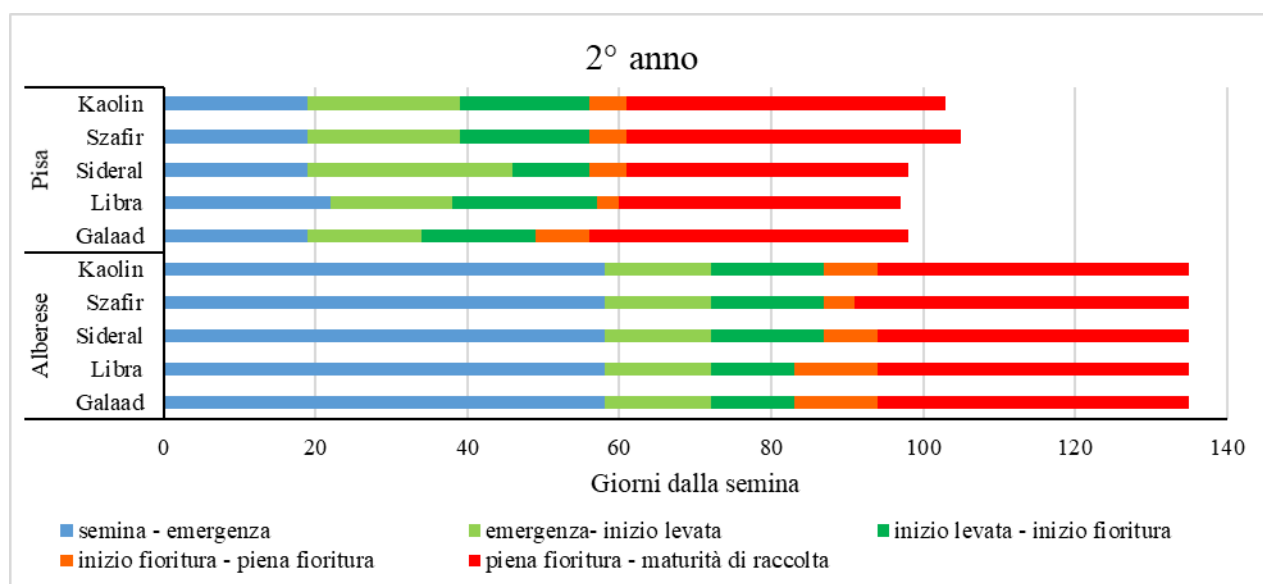


Figura 27. Durata in giorni delle principali fasi di sviluppo delle varietà di lino a confronto in semina primaverile nei due siti sperimentali nel secondo anno (2020) di prova.

Tabella 16. Somme termiche ($T_{base} = 5^{\circ}C$) nelle principali fasi di sviluppo delle varietà di lino a confronto in semina primaverile nei due siti sperimentali nel secondo anno (2020) di prova.

	Pisa					Alberese				
	Galaad	Libra	Sideral	Szafir	Kaolin	Galaad	Libra	Sideral	Szafir	Kaolin
	GDD ($^{\circ}C$)									
Semina – emergenza	161,6	190,0	161,6	161,6	161,6	255,9	255,9	255,9	255,9	255,9
Emergenza – inizio levata	172,8	196,8	341,7	238,6	238,6	112,2	112,2	112,2	112,2	112,2
Inizio levata – inizio fioritura	214,8	271,6	139,9	243,0	243,0	103,2	103,2	146,5	146,5	146,5
Inizio fior. – piena fioritura	94,0	44,5	73,1	73,1	73,1	132,4	132,4	89,1	48,1	89,1
Piena fioritura – maturazione	687,9	614,8	614,8	736,7	736,7	641,3	641,3	641,3	682,3	641,3
Ciclo vegetativo*	387,6	468,4	481,5	481,5	481,5	215,4	215,4	258,7	258,7	258,7
Ciclo riproduttivo**	781,8	659,3	687,9	809,8	809,8	773,7	773,7	730,4	730,4	730,4
Totale ciclo***	1330,9	1318,5	1330,9	1452,8	1452,8	1245,1	1245,1	1245,1	1245,1	1245,1

*dall'emergenza all'inizio della fioritura; ** da inizio fioritura alla maturazione; ***dalla semina alla maturazione

In figura 28, sono mostrate la resa in seme e l'indice di raccolta. Per questi due parametri, il sito di coltivazione, la varietà e l'interazione tra i due fattori di variabilità ha giocato un ruolo chiave nel definire le performances produttive del lino. In tutte le varietà testate, la produzione granellare (Figura 28) è stata significativamente più elevata a Pisa rispetto ad Alberese, con un incremento massimo osservato in Sideral del 325,8 % ed un incremento minimo in Kaolin dell'86,0%. Nella prova condotta al CiRAA, la resa maggiore è stata raggiunta da Galaad, mentre Libra ha mostrato il valore produttivo

più basso. Ad Alberese, invece, Szafir e Kaolin sono risultate le varietà più produttive, mentre le rese in seme inferiori sono state ottenute da Libra e Sideral. L'indice di raccolta nelle varietà Libra, Szafir e Kaolin è stato maggiore ad Alberese (Figura 28), mentre per Sideral non ci sono state differenze tra i luoghi di coltivazioni e in Galaad è risultato maggiore a Rottaia.

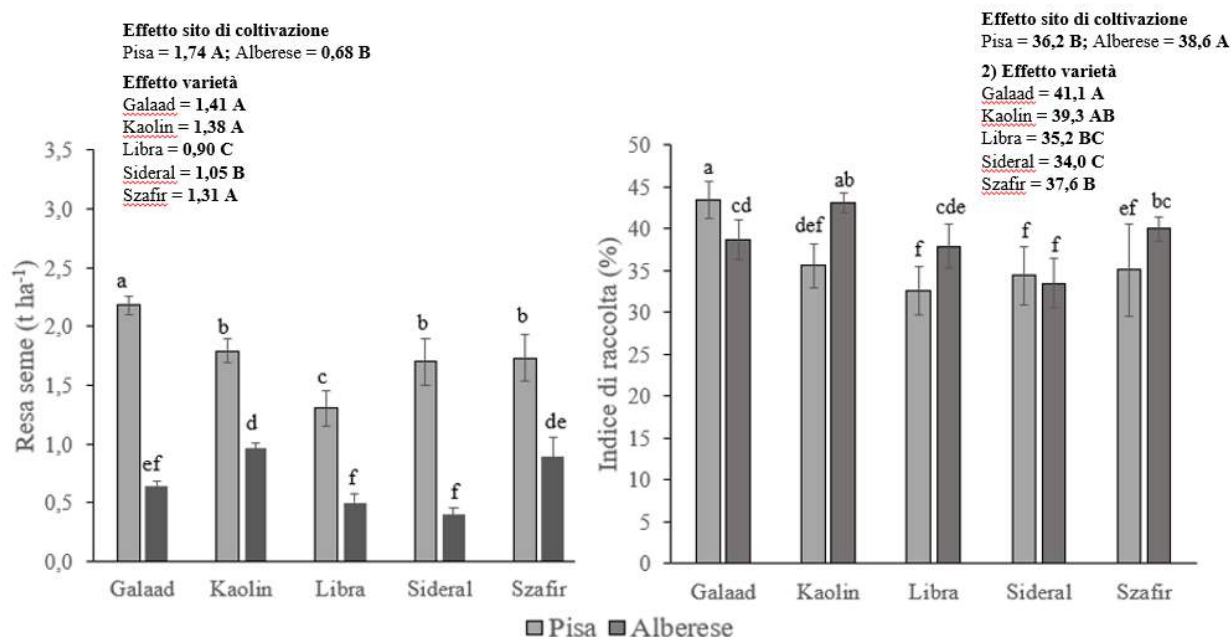


Figura 28. Effetto dell'interazione "genotipo x ambiente" sulla resa in seme (t ha⁻¹) e sull'indice di raccolta della prova condotta nel secondo anno di attività (2020).

In tabella 17, si riportano le rese in steli e pula; come già osservato nell'annata precedente, l'ambiente di coltivazione è risultato essere significativo nell'influenzare tali produzioni, con rese superiori a Pisa. La resa in pula è risultata variare significativamente anche in funzione della varietà, con Libra che si è caratterizzata per i valori più bassi. Per questi due caratteri non sono state evidenziate interazioni luogo x varietà statisticamente significative.

Tabella 17. Effetto dell'ambiente di coltivazione e della varietà sulla resa in steli e pula della prova condotta nel secondo anno di attività (2020).

	Resa steli (t ha ⁻¹)			Resa pula (t ha ⁻¹)		
	Pisa	Alberese	Media varietà	Pisa	Alberese	Media varietà
Galaad	1,97 ± 0,33	0,72 ± 0,08	1,35	0,89 ± 0,09	0,27 ± 0,03	0,58 A
Libra	2,04 ± 0,47	0,62 ± 0,02	1,33	0,64 ± 0,17	0,20 ± 0,02	0,42 B
Sideral	2,43 ± 0,75	0,56 ± 0,08	1,49	0,95 ± 0,16	0,23 ± 0,05	0,59 A
Szafir	2,30 ± 0,69	0,95 ± 0,27	1,63	0,94 ± 0,17	0,37 ± 0,10	0,65 A
Kaolin	2,41 ± 0,38	0,87 ± 0,03	1,64	0,86 ± 0,01	0,40 ± 0,01	0,63 A
Media sito	2,23 A	0,74 B		0,86 A	0,29 B	

I risultati sono valori medi di 3 repliche $\pm$ ds. L'analisi della varianza a 2 vie è stata utilizzata per valutare l'effetto dell'ambiente di coltivazione, la varietà e la loro reciproca interazione. Valori seguiti da lettere differenti sono statisticamente differenti per $P < 0,05$ (lettere maiuscole: effetto della varietà o del sito di coltivazione; lettere minuscole: effetto dell'interazione Sito x Varietà).

Nei seguenti grafici sono riportati le componenti della resa per le quali è emersa un'interazione statisticamente significativa tra luogo di coltivazione e varietà. Nella Figura 29 si osserva come, nell'anno 2020, le piante delle varietà Libra, Szafir e Kaolin abbiano sviluppato a Pisa una taglia maggiore rispetto ad Alberese, mentre per Galaad e Sideral non sono state osservate differenze significative tra i due luoghi di coltivazione. L'andamento nella produzione di ramificazioni nel secondo anno di sperimentazione risulta simile a quello già osservato nel 2019, con la varietà Sideral che presenta il numero maggiore di steli per unità di superficie, in special modo per le piante coltivate presso il CiRAA. La varietà Libra ha, in entrambi i luoghi, evidenziato il numero di steli inferiore.

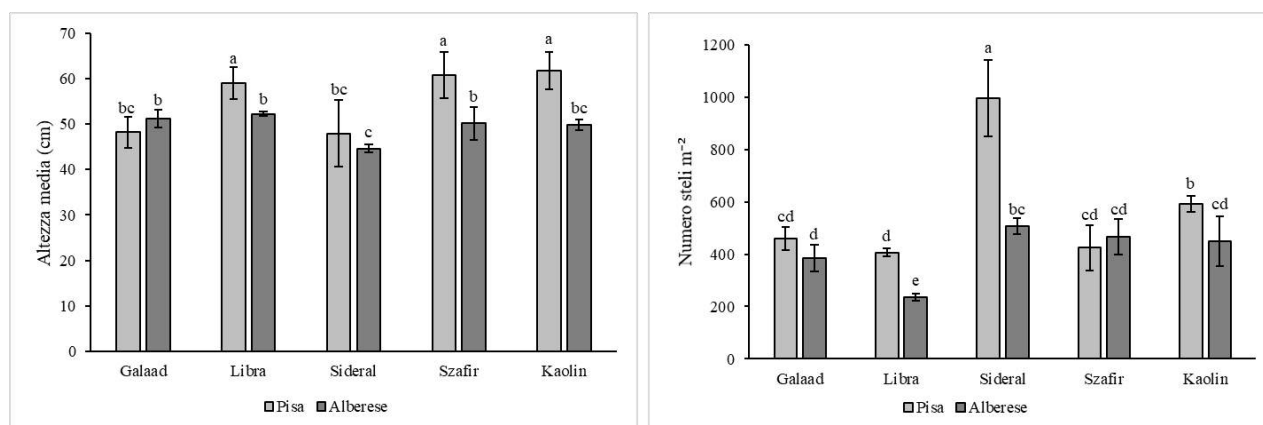


Figura 29. Effetto dell'interazione "genotipo x ambiente" sull'altezza delle piante (cm) e sul numero di steli a pianta nella prova condotta nel secondo anno di attività (2020). Le barre rappresentano il valore medio di tre repliche $\pm$ ds. Valori seguiti da lettere differenti sono statisticamente differenti per $P < 0,05$.

Riguardo al numero di capsule fertili prodotte da ogni stelo (Figura 30), il comportamento delle varietà ha seguito lo stesso andamento dell'anno precedente (Figura 25), sebbene nel 2019 si fossero contate le capsule totali senza differenziare quelle fertili e quelle sterili. La varietà Kaolin, introdotta nell'anno 2020, ha mostrato un comportamento diverso rispetto agli altri genotipi, producendo un maggior numero di capsule fertili (+33,4%) presso il sito di Alberese. La percentuale di capsule sterili (Figura 30) è risultata influenzata dal sito di coltivazione solo per la varietà Libra, che ad Alberese ha prodotto il 12,1 % in meno di capsule sterili.

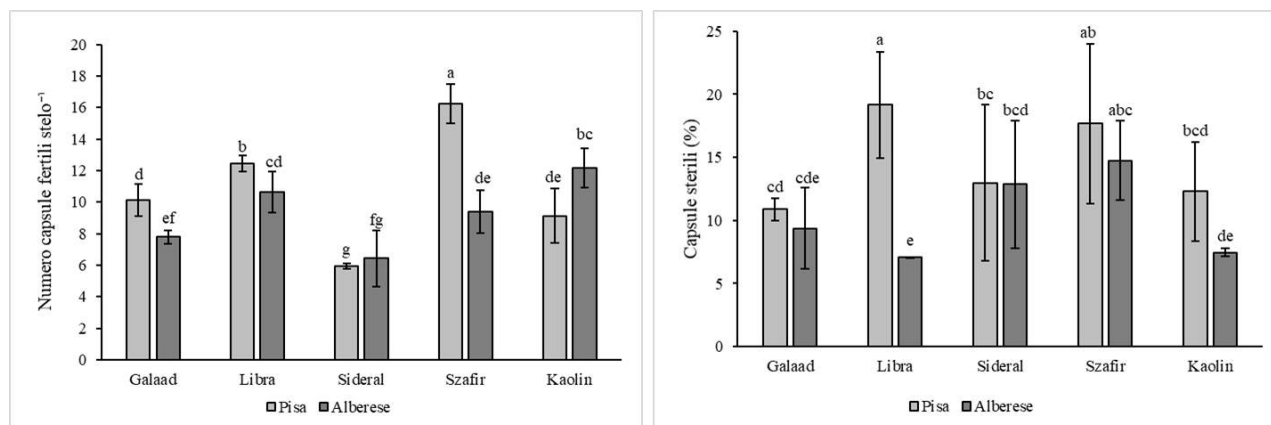


Figura 30. Effetto dell'interazione "genotipo x ambiente" sul numero di capsule fertili per stelo e sulla percentuale di capsule fertili nella prova condotta nel secondo anno di attività (2020). Le barre rappresentano il valore medio di tre repliche $\pm$ ds. Valori seguiti da lettere differenti sono statisticamente differenti per $P < 0,05$.

Nella Figura 31 è riportato il numero di semi per capsula che, tranne per la varietà Libra, è risultato superiore a Pisa. In relazione la peso dei 1000 semi (Figura 31), per Galaad, Sideral e Kaolin, la coltivazione ad Alberese ha comportato un abbassamento statisticamente significativo di tale parametro (rispettivamente del 10,5%, 3,5 % e 3,0%), mentre nessuna differenza è stata osservata per Libra e Szafir nei due ambienti. In entrambi i siti sperimentali, i valori più elevati sono stati raggiunti da Galaad, mentre la varietà che ha avuto il peso dei 1000 semi inferiore è sempre stata Sideral.

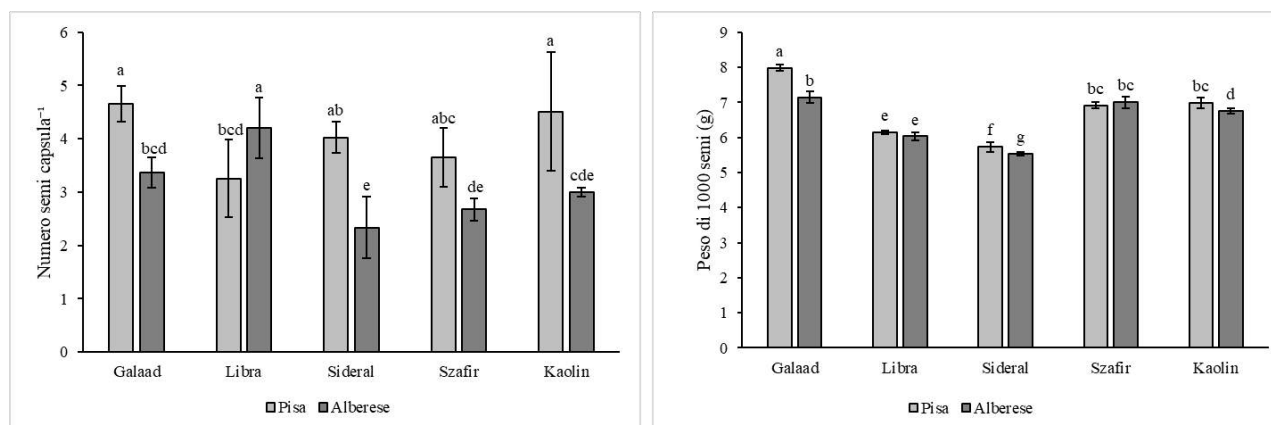


Figura 31. Effetto dell'interazione "genotipo x ambiente" sul numero di semi per capsula e sul peso dei mille semi (g) nella prova condotta nel secondo anno di attività (2020). Le barre rappresentano il valore medio di tre repliche $\pm$ ds. Valori seguiti da lettere differenti sono statisticamente differenti per $P < 0,05$.

1.2.6. Principali risultati ottenuti nel terzo anno di coltivazione

A differenza di quanto osservato per la prova di concimazione, l'eccezionale piovosità avvenuta a Pisa nell'inverno 2020 non ha provocato il fallimento della prova varietale, e i danni provocati alle parcelle sono stati marginali e limitati. In entrambi i siti di coltivazione, la varietà Sideral è risultata

la più tardiva tra quelle testate (Figura 32), tardività particolarmente accentuata ad Alberese, dove la fioritura è iniziata mediamente 24 giorni dopo le altre varietà. Il giorno 08/04/2021, ad Alberese si è verificata una gelata tardiva, con temperature minime che hanno raggiunto -3 °C; in corrispondenza di questa data le varietà Kaolin, Szafir, Libra e Galaad avevano iniziato la fioritura, mentre la varietà Sideral era ancora in fase vegetativa. L'abbassamento termico è stato registrato anche presso i campi del DISAAA-a, dove tuttavia la temperatura non è scesa sotto gli 0°C.

Nell'ultimo anno di sperimentazione, presso Alberese tutte le varietà hanno raggiunto la maturità di raccolta con una somma termica sensibilmente superiore (circa 400 GDD) rispetto a quelle registrate negli anni precedenti; mentre presso Pisa, soltanto nella varietà Libra è stato osservato un sensibile aumento (circa 200 GDD) delle somme termiche rispetto agli anni precedenti (Tabella 18).

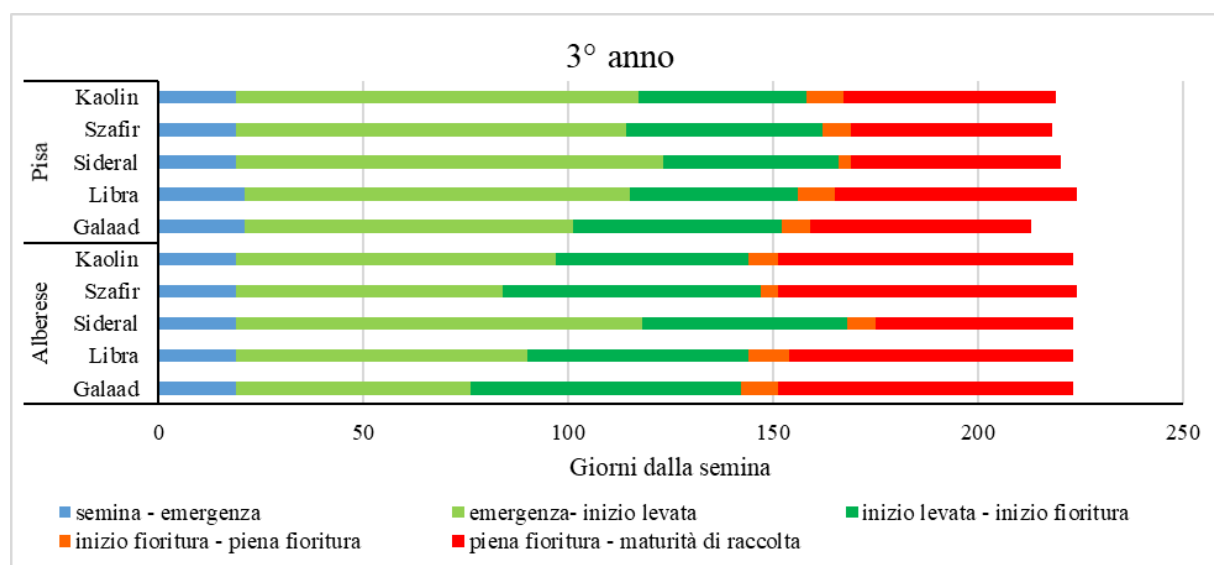


Figura 32. Durata in giorni delle principali fasi di sviluppo delle varietà di lino a confronto in semina autunnale nei due siti sperimentali nel terzo anno (stagione 2020/2021) di prova.

Tabella 18. Somme termiche ($T_{base} = 5^{\circ}C$) nelle principali fasi di sviluppo delle varietà di lino a confronto in semina autunnale nei due siti sperimentali nel terzo anno (stagione 2020/2021) di prova.

	Pisa					Alberese				
	Galaad	Libra	Sideral	Szafir	Kaolin	Galaad	Libra	Sideral	Szafir	Kaolin
	GDD (°C)									
Semina - emergenza	147,8	147,8	134,3	134,3	134,3	144,0	144,0	144,0	144,0	144,0
Emergenza – inizio levata	303,4	377,2	437,5	386,7	401,8	228,0	308,2	441,2	260,8	332,5
Inizio levata – inizio fior.	275,5	229,8	249,0	268,5	231,7	341,8	279,7	309,4	348,2	255,4
Inizio fior. – piena fioritura	46,1	57,3	28,0	59,3	61,4	52,9	57,4	75,4	13,8	34,8
Piena fior. - maturazione	593,9	730,6	640,3	604,3	632,3	889,6	867,0	686,4	889,6	889,6
Ciclo vegetativo*	579,0	607,0	686,5	655,2	633,5	569,9	588,0	750,6	609,0	588,0
Ciclo riproduttivo**	640,0	787,9	668,3	663,6	693,7	942,6	924,5	761,8	903,4	924,5
Totale ciclo***	1366,8	1542,8	1489,1	1453,2	1461,6	1656,5	1656,5	1656,5	1656,5	1656,5

*dall'emergenza all'inizio della fioritura; ** da inizio fioritura alla maturazione; ***dalla semina alla maturazione.

Similmente a quanto osservato nel primo anno, durante il terzo anno di sperimentazione, non sono state osservate differenze statisticamente significative dipendenti dalla varietà testata sulla resa in seme delle piante di lino (Figura 33), mentre differenze significative si sono osservate in funzione del sito di coltivazione. In particolare, nella prova condotta a Pisa è stato osservato un incremento di resa in seme medio del 28% rispetto alla prova di Alberese. In relazione all'indice di raccolta (Figura 33), per le varietà Libra, Sideral e Kaolin, non si sono osservate differenze significative tra Pisa ed Alberese, mentre Galaad e Szafir hanno mostrato un HI significativamente più elevato nell'areale pisano.

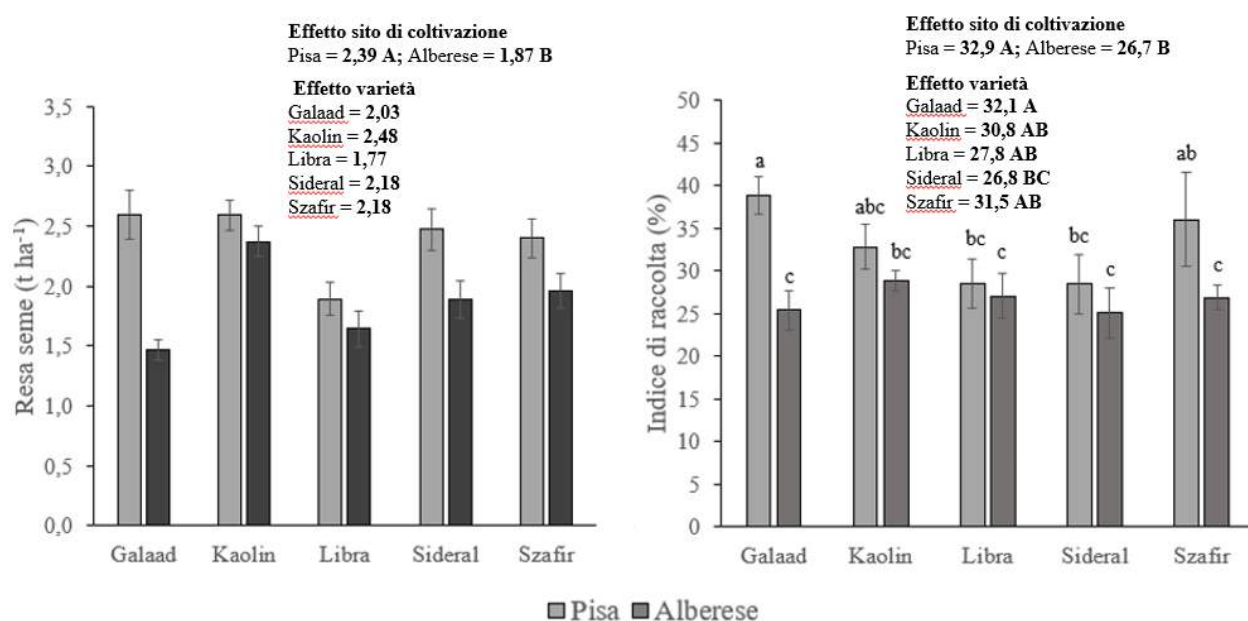


Figura 33. Effetto dell'interazione "genotipo x ambiente" sulla resa in seme ($t\ ha^{-1}$) e sull'indice di raccolta della prova condotta nel terzo anno di attività (stagione 2020/2021).

Tra le varietà, non sono state osservate differenze varietali nella produzione di biomassa vegetativa (pula e steli), mentre il differente sito di coltivazione ha influito esclusivamente sulla produzione di pula, che è stata maggiore (+34%) ad Alberese (Tabella 19).

Tabella 19. Effetto dell'ambiente di coltivazione e della varietà sulla resa in steli e pula della prova condotta nel terzo anno di attività (2020-2021).

	Resa steli ($t\ ha^{-1}$)			Resa pula ($t\ ha^{-1}$)		
	Pisa	Alberese	Media varietà	Pisa	Alberese	Media varietà
Galaad	$3,42 \pm 1,22$	$3,42 \pm 0,97$	3,42	$0,72 \pm 0,37$	$0,94 \pm 0,07$	0,83
Libra	$4,12 \pm 1,63$	$3,58 \pm 0,51$	3,85	$0,72 \pm 0,31$	$0,88 \pm 0,14$	0,80
Sideral	$5,15 \pm 0,42$	$4,38 \pm 1,23$	4,76	$1,04 \pm 0,23$	$1,21 \pm 0,17$	1,13
Szafir	$3,63 \pm 0,88$	$4,27 \pm 0,69$	3,95	$0,66 \pm 0,23$	$1,07 \pm 0,05$	0,86
Kaolin	$4,61 \pm 0,87$	$4,80 \pm 1,27$	4,71	$0,68 \pm 0,10$	$1,03 \pm 0,24$	0,86

Media sito	4,19	4,09	0,77 B	1,03 A
------------	------	------	--------	--------

I risultati sono valori medi di 3 repliche $\pm$ ds. L'analisi della varianza a 2 vie è stata utilizzata per valutare l'effetto dell'ambiente di coltivazione, la varietà e la loro reciproca interazione. Valori seguiti da lettere differenti sono statisticamente differenti per $P < 0,05$ (lettere maiuscole: effetto della varietà o del sito di coltivazione; lettere minuscole: effetto dell'interazione Sito x Varietà).

Confermando i risultati ottenuti gli anni precedenti, la varietà con la maggiore produzione di steli è stata Sideral (Figura 34), tuttavia, a differenza di quanto osservato negli anni precedenti, è stata tendenzialmente osservata una maggiore produzione di steli ad Alberese, questo potrebbe dipendere da un certo grado di moria di piante presso Pisa provocata dalle abbondanti piogge invernali. Anche in relazione alla taglia della pianta, altezze maggiori sono state registrate ad Alberese ed il valore più basso in assoluto è stato determinato per Galaad coltivata a Pisa.

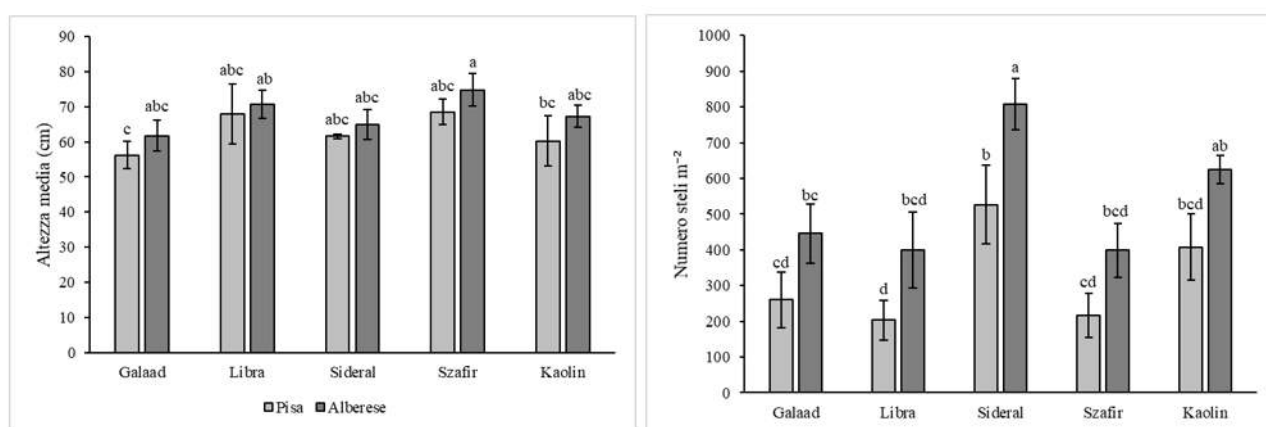


Figura 34. Effetto dell'interazione "genotipo x ambiente" sull'altezza delle piante (cm) e sul numero di steli a pianta nella prova condotta nel terzo anno di attività (2020-2021). Le barre rappresentano il valore medio di tre repliche $\pm$ ds. Valori seguiti da lettere differenti sono statisticamente differenti per $P < 0,05$.

Tra le piante coltivate ad Alberese, non sono state osservate differenze significative tra le cinque varietà nel numero di capsule per stelo (Figura 35). Questo parametro è stato sempre superiore a Pisa, anche se non in maniera statisticamente significativa per Sideral e Kaolin. Rispetto all'anno precedente la percentuale di capsule sterili (Figura 35) è diminuita significativamente nelle piante coltivate a Pisa, senza mostrare differenze significative tra varietà. Al contrario nelle piante coltivate ad Alberese, questo parametro è tendenzialmente aumentato. Uno dei motivi che potrebbero aver influito su tale parametro ad Alberese, è il ritorno di freddo avvenuto l'08/04/2020 in prossimità della fioritura.

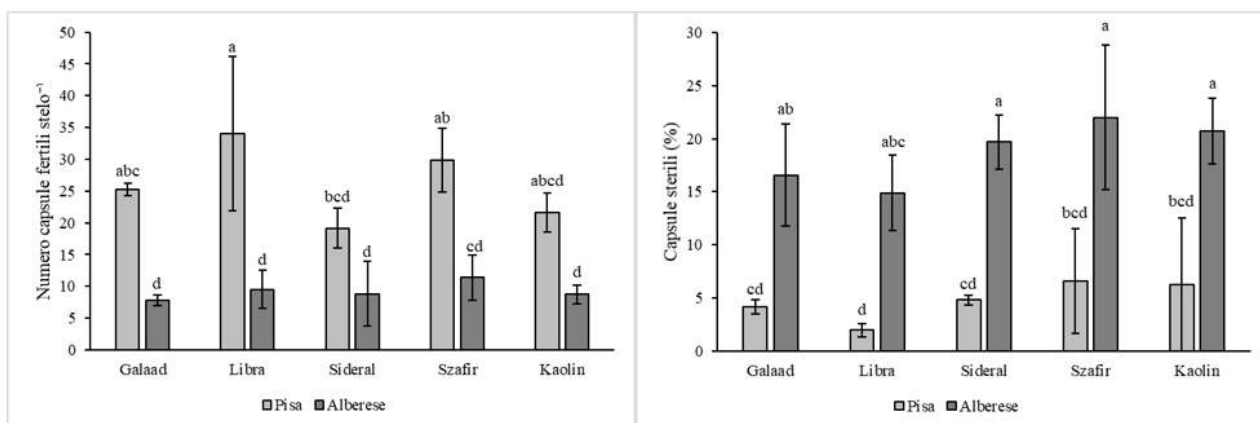


Figura 35. Effetto dell'interazione "genotipo x ambiente" sul numero di capsule fertili per stelo e sulla percentuale di capsule sterili (%) nella prova condotta nel terzo anno di attività (2020-2021). Le barre rappresentano il valore medio di tre repliche $\pm$ ds. Valori seguiti da lettere differenti sono statisticamente differenti per $P < 0,05$.

Nel 2021, l'unica varietà per la quale è stata osservata una differenza significativa tra i luoghi di coltivazione, nel numero di semi per capsula (Figura 36), è stata Libra, dove le piante coltivate ad Alberese hanno prodotto mediamente tre semi in più per capsula rispetto alle piante coltivate a Pisa. Per il terzo anno si conferma come i valori migliori di peso dei 1000 semi siano quelli della varietà Galaad, seguita da Kaolin (Figura 36). I valori inferiori sono stati misurati ancora una volta nelle varietà Libra e Sideral. In generale il valore del peso dei 1000 semi è stato mediamente inferiore di circa il 9% nelle piante coltivate ad Alberese.

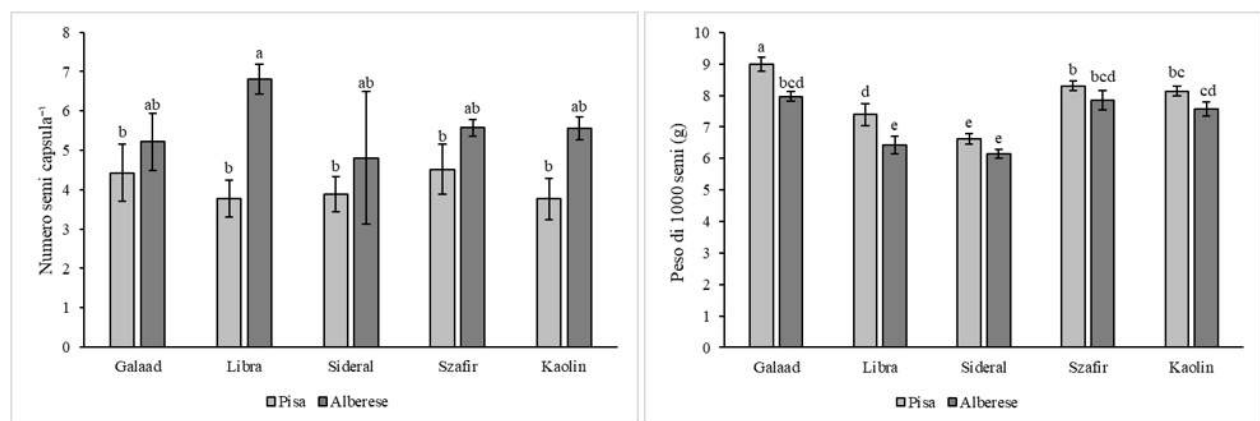


Figura 36. Effetto dell'interazione "genotipo x ambiente" sul numero di semi per capsula e sul peso di 1000 semi (g) nella prova condotta nel terzo anno di attività (2020-2021). Le barre rappresentano il valore medio di tre repliche $\pm$ ds. Valori seguiti da lettere differenti sono statisticamente differenti per $P < 0,05$.

I risultati ottenuti, nei tre anni di sperimentazione, dalle prove di fertilizzazione organica e da quelle di confronto varietale hanno contribuito alla definizione di linee guida di buona pratica agricola e di raccolta per il lino da olio, riportate nell'allegato I alla presente relazione.

1.3. Ottimizzazione dei protocolli di coltivazione e definizione di linee guida di buona pratica agricola e di raccolta per il crambe

Al fine di valutare l'introduzione del crambe nei sistemi agricoli toscani e di definire le linee guida di buona pratica agricola per questa coltura, con particolare riferimento al metodo di produzione organo-biologico, sono state allestite prove di coltivazione di pieno campo presso il CiRAA (43°40'33"N, 10°18'41" E, 1 m.s.l.m.). Per l'individuazione dell'epoca di semina ottimale nell'ambiente di riferimento, la sperimentazione ha riguardato il confronto tra epoche di semina differenziate (primaverile vs autunnale) in regime di coltivazione biologico.

L'unica varietà testata è stata Mario, non avendo trovato in commercio nessun'altra varietà per predisporre una prova di confronto varietale.

La semina primaverile è stata realizzata nel marzo del 2019, ad inizio progetto, mentre nel periodo autunnale, l'alta piovosità verificatasi a Pisa ha fatto saltare la prevista semina autunnale del crambe. Nella primavera del 2020, inoltre, a seguito delle restrizioni dovute all'emergenza pandemica da Covid-19, non si è potuto procedere con la prova a semina primaverile. Nell'autunno 2020, infine, è stata effettuata la semina in epoca autunnale seguita, nel marzo 2021, da quella in epoca primaverile.

1.3.1. Caratterizzazione pedo-climatica del sito di coltivazione

La prova è stata effettuata su terreni di bonifica caratterizzate da suoli di tipo alluvionale tipici della bassa valle dell'Arno, con tessitura perlopiù franca e caratterizzati da una falda freatica piuttosto superficiale. Si è proceduto, prima dell'allestimento della prova, ad effettuare le analisi fisico-chimiche del terreno che avrebbero ospitato la coltura e la cui caratteristiche sono riportate in Tabella 20. L'andamento termo-pluviometrico delle diverse annate è riportato in Figura 1 e 3 del paragrafo 1.1.

Tabella 20. Caratteristiche chimico-fisiche dei terreni su cui è stata effettuata la coltivazione di crambe (profilo 0-30cm).

		2019	2021
pH		8,1	8,2
ECe	μS/cm	96,9	53,7
N tot	‰	1,3	0,9
S.O.	%	2,0	1,5
P Olsen	ppm	9,1	3,4
Calcare totale	‰	63,4	75,3
Calcare attivo	%	3,0	1,8
CSC	meq 100 g ⁻¹	9,0	13,7
Sabbia	%	45,9	48,9
Limo	%	39,0	36,0
Argilla	%	15,1	15,1

1.3.2. Definizione delle caratteristiche biologiche, biometriche e produttive del crambe

Il monitoraggio del crambe nei due anni di coltivazione svolti presso i dispositivi sperimentali del CiRAA a Pisa e l'esecuzione dei campionamenti per la valutazione della sua potenzialità produttiva, sono stati effettuati con le stesse modalità descritte per il lino nel paragrafo 1.1.2. e alle quali si rimanda per i dettagli tecnico-analitici.

1.3.3. Impostazione delle prove per la valutazione dell'epoca di semina sulle performances agronomico-produttive del crambe

Nel primo anno di progetto la semina è stata effettuata il 24 marzo. Il grano duro ha sempre preceduto la coltivazione del crambe e la preparazione del terreno è consistita in una lavorazione principale autunnale (aratura a 30-35 cm), seguita da due passaggi con erpice a dischi e ad un ultimo passaggio con erpice rotante prima della semina. Nell'annata 2020-21 l'aratura del terreno è stata anticipata all'estate (agosto) in modo da poter procedere con le successive lavorazioni secondarie (2 passaggi con erpice a dischi) in settembre/ottobre, seguite da un ultimo intervento di affinamento del terreno con un passaggio di erpice rotante prima della semina. Sia nel 2019 che nell'annata 2020-2021, è stato distribuito un prodotto organico pellettato (2, 8% Norg; 2,5% P_2O_5 ; 3% K_2O ; 38% Corg; C/N 13) ed interrato con l'ultima erpicatura di affinamento del terreno. La semina è stata effettuata con seminatrice meccanica da grano, opportunamente regolata, con interfila di 15 cm, e impiegando una dose di seme pari a 15 kg ha^{-1} . Nell'annata 2020-21 la semina autunnale è avvenuta in data 12/11/2020 ma, anche in questo caso, così come per il lino della prova di fertilizzazione, le avverse condizioni meteo che hanno caratterizzato il periodo dicembre-gennaio, hanno determinato il fallimento della prova. L'impossibilità di effettuare le lavorazioni di preparazione nei mesi invernali, ha fatto sì che non si sia potuto ripetere la semina nel periodo invernale e si è, quindi, proceduto con la sola semina primaverile in data 11/03/2021.

1.3.4. Principali risultati ottenuti

In occasione dei sopralluoghi in campo effettuati durante l'intero ciclo di sviluppo, è stata annotata la fase fenologica in cui si trovavano le piante, in modo da individuare il raggiungimento dei principali stadi di sviluppo della coltura, quali: emergenza, raggiungimento stadio di rosetta, fioritura, inizio riempimento del seme e maturazione fisiologica delle piante (Figura 37).

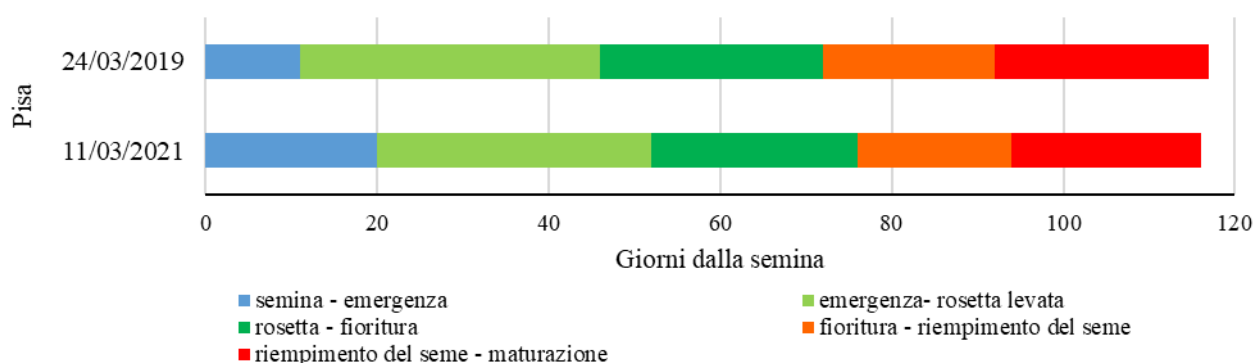


Figura 37. Durata in giorni delle fasi di sviluppo del crambe (var. Mario) di crambe la cui semina è stata effettuata a Pisa nelle date riportate nel grafico.

Sia nel 2019 che nel 2021, il crambe a semina primaverile ha concluso il ciclo in poco meno di 120 giorni. Le maggiori differenze si sono avute nel tempo necessario per l'emergenza delle plantule in quanto, nel primo anno, probabilmente a seguito di una semina più tardiva e, quindi, di temperature maggiori, il completamento dell'emergenza è avvenuto in 14 giorni contro i 20 registrati nel 2021. I GDD accumulati per il raggiungimento delle principali fasi fenologiche, riportati in Tabella 21, confermano che tra il 2019 e il 2021 ci sono stati solo 10 GDD di differenza.

Tabella 21. Somme termiche ($T_{base} = 5^{\circ}C$ secondo Meijer e Mathijssen, 1996) nelle principali fasi di sviluppo del crambe a semina primaverile a Pisa nel 2019 e nel 2021.

Fasi fenologiche	2019 GDD ($^{\circ}C$)	2021 GDD ($^{\circ}C$)
Semina - emergenza	96,7	106,7
Emergenza- rosetta	312,0	238,3
Rosetta - fioritura	284,0	254,0
Fioritura - riempimento del seme	346,9	258,7
Riempimento – maturazione del seme	455,3	395,0
Ciclo vegetativo*	692,7	598,9
Ciclo riproduttivo**	802,1	653,6
Totale ciclo***	1494,8	1252,5

*dall'emergenza alla fioritura; ** dalla fioritura alla maturazione; ***dalla semina alla maturazione

Dopo l'emergenza, per il resto del ciclo, il raggiungimento delle diverse fenofasi ha seguito un andamento simile in durata nei due anni (Figura 37), ma è risultato differenziarsi maggiormente per quanto concerne la somma termica. Il 2021, infatti, si è contraddistinto per una primavera più fresca, dal momento che, per il completamento del ciclo, i GDD accumulati sono stati nettamente meno (1252,5 nel 2021 rispetto al 1494,8 del 2019), nonostante la durata del ciclo sia differenziata di poco un solo giorno (Tabella 21 e Figura 37).

In entrambi gli anni di prova sono state riscontrate problematiche relative all'attacco da parte di fitofagi, soprattutto riconducibili all'attacco operato sulle giovani piantine, da parte delle altiche

(*Phyllotreta nemorum*). Questa specie, allo stadio adulto, ha dimensioni comprese tra i 3 e i 4 mm (Figura 38) e la sua individuazione sulle piante non è semplice, in quanto, una delle caratteristiche di questo insetto, è l'estrema mobilità.



Figura 38. Giovane pianta attaccata da altica (sx) e adulto di altica (sx).

Questi coleotteri attaccano le foglie delle giovani piantine producendo rosure a finestra sui lembi fogliari fino, nei casi più estremi, portarle alla morte (Figura 39).

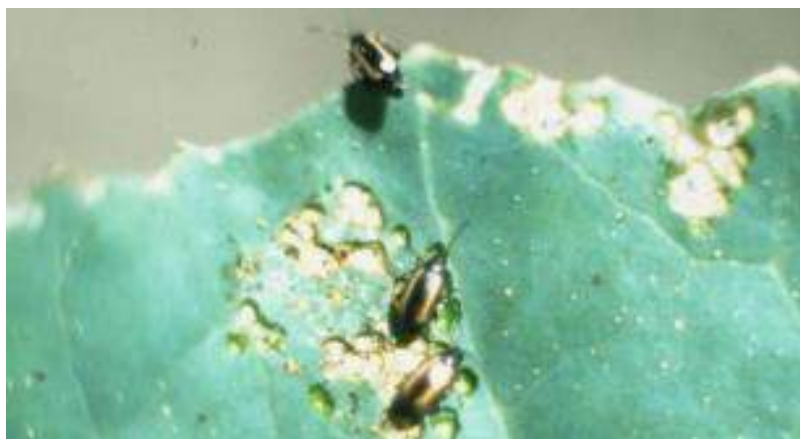


Figura 39. Erosione dei lembi fogliari causati dall'altica *Phyllotreta nemorum*.

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.

La maturazione del seme è avvenuta in modo piuttosto scalare e la raccolta è stata effettuata con mietitrebbia il 05/07/2019 e 19/07/2021, rispettivamente nel primo e nel terzo anno di progetto. È da evidenziare che la capacità della coltura di non perdere le siliquette per disarticolazione anche dopo la maturazione, consente di poter intervenire con la raccolta anche in una fase più avanzata del ciclo, sebbene sia sempre opportuno intervenire appena le condizioni lo consentano (umidità e maturazione del seme). È da ricordare, inoltre, che questa crucifera si caratterizza per produrre delle siliquette indeiscenti contenenti un unico seme sferico che viene equiparato al vero proprio seme, sebbene non lo sia in termini botanici. Per quanto riguarda le rese in “seme” (Figura 40), i risultati ottenuti a Pisa mostrano come la coltura sia soggetta a forte variabilità produttiva in quanto, sebbene la rese abbiano raggiunto valori soddisfacenti nel 2021 (pari a 1,9 t/ha), nel 2019 si era attestata su valori significativamente inferiori, raggiungendo un valore pari a 0,7 t/ha. Nessuna differenza significativa è stata riscontrata nell’indice di raccolta, che si è attestato su valori superiori al 33% nei due anni di prova, come mostrato in Figura 40.

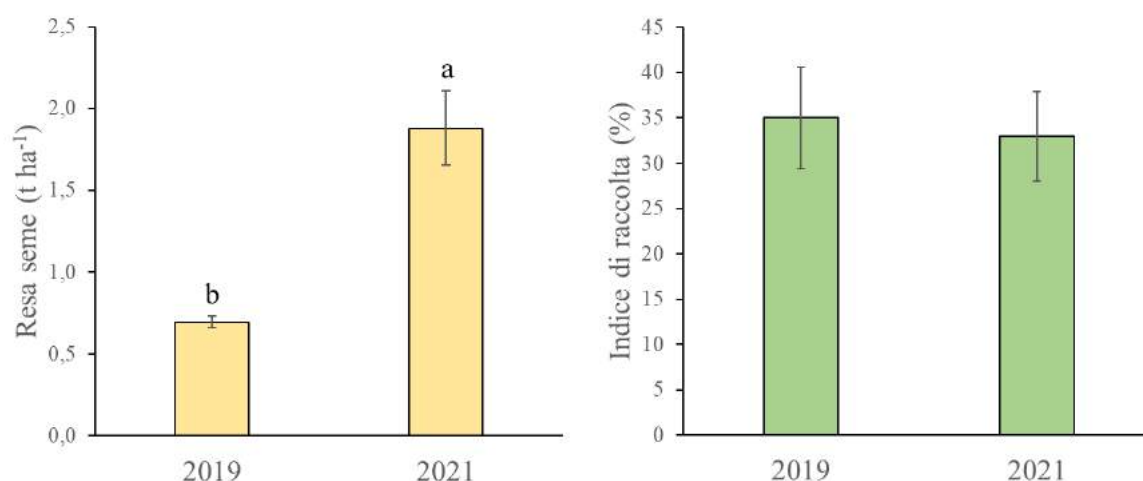


Figura 40. Resa in “seme” e indice di raccolta del crambe in semina primaverile presso il CiRAA nel 2019 e nel 2021.

Per quanto riguarda gli altri parametri biometrici e le componenti della resa (Tabella 22), le maggiori differenze si sono riscontrate nel numero di piante sull’unità di superficie e sul numero di semi a pianta che, insieme, hanno contribuito alla forte variabilità riscontrata nella produzione di seme nei due anni di coltivazione a Pisa.

Tabella 22. Caratteristiche biometriche e principali componenti della resa del crambe varietà Mario in semina primaverile presso il CiRAA.

	Altezza media (cm)	Numero piante m ⁻²	Numero “semi” pianta ⁻¹	Peso 1000 “semi” (g)	Resa steli (t ha ⁻¹)
2019	66,9 ± 4,2	50,2 ± 6,8 b	201,8 ± 37,5 b	6,87 ± 0,02	1,3 ± 0,2 b
2021	69,7 ± 5,7	63,1 ± 7,6 a	428,3 ± 67,3 a	6,95 ± 0,03	3,7 ± 0,3 a

I risultati sono valori medi di 4 repliche ± ds. L'analisi della varianza è stata utilizzata per valutare l'effetto dell'anno. Valori seguiti da lettere diverse sono statisticamente differenti per P<0,05.

I risultati ottenuti nelle prove svolte presso il CiRAA hanno contribuito alla definizione di linee guida di buona pratica agricola e di raccolta per il crambe, riportate nell'allegato I alla presente relazione.

1.4. Ottimizzazione dei protocolli di coltivazione e definizione di linee guida di buona pratica agricola e di raccolta per il girasole altissimo oleico

La valutazione della risposta produttiva del girasole ad altissimo contenuto di acido oleico rispetto a metodi innovativi di coltivazione biologica è stata effettuata mediante la realizzazione di prove in campo su parcelle di grandi dimensioni, realizzate presso i dispositivi sperimentali di TeReTo. In questo caso il trasferimento dell'innovazione ha riguardato principalmente la fertilizzazione organica. Per il girasole, infatti, così come per il lino da olio, sono stati testati i prodotti a base di concimi organici "bioattivatori" (tesi Bioattivatori) a confronto con un testimone non trattato (tesi Testimone), come riportato nel dettaglio in Tabella 23.

Tabella 23. Denominazione del trattamento nell'ambito della sperimentazione, nome commerciale, epoca di distribuzione, caratterizzazione chimica, dose e apporti di nutrienti dei prodotti usati nella sperimentazione.

distribuzione, caratterizzazione chimica, dose e apporti di nutrienti dei prodotti usati nella sperimentazione.											
	Epoca	Nome commerciale	C/N	N _{org}	P ₂ O ₅	K ₂ O	C	Dose	Apporti totali		
							org	distribuita	N _{org}	P ₂ O ₅	K ₂ O
										kg ha ⁻¹	
Testimone	Nessun trattamento										
Bioattivatori	Pre semina	Humipromoter	7	3	3		31	400			
	Alla semina	Euroactiv Agro		4,3				1,5			
	Levata*	Amminostim Bio		6			20	3	13	12	1,2
		Biokalium		2,5		6		10			
	Fioritura*	Eurobor		5				3			
		Biokalium		2,5		6		10			

*trattamenti fogliari

Humipromoter: miscela di concimi organici NP – letame essiccato + panelli + pollina essiccata

Euroactiv Agro: prodotti e sottoprodotti di origine vegetale – panelli; prodotto microgranulato da distribuire direttamente nella tramoggia della seminatrice insieme al seme

Amminostim Bio: miscela di concimi organici azotati – borlanda fluida + epitelio animale idrolizzato; prodotto liquido

Biokalium: borlanda fluida; prodotto liquido

Eurobor: miscela di concimi organici azotati – acido borico + borlanda fluida + epitelio animale idrolizzato; prodotto liquido

1.4.1. Caratterizzazione pedo-climatica del sito di coltivazione

Le principali caratteristiche chimico-fisiche dei terreni su cui sono state effettuate le coltivazioni di girasole nel 2019 e nel 2020 sono riportate in Tabella 24. L'andamento termo-pluviometrico è riportato in Figura 41.

Tabella 24. Caratteristiche chimico-fisiche dei terreni di TeReTo (profilo 0-30cm) nei due anni di coltivazione del girasole.

Parametro	2019	2020
pH	8,1	8,0
ECe µS/cm	n.d.	n.d.

N tot	‰	1,1	1,0
S.O.	%	1,9	1,7
P Olsen	ppm	9,0	9,3
Calcare totale	‰	137,0	135,2
Calcare attivo	%	5,0	4,7
CSC	meq 100 g-1	37,2	39,3
Sabbia	%	85,0	82,4
Limo	%	1,3	2,4
Argilla	%	13,7	15,2

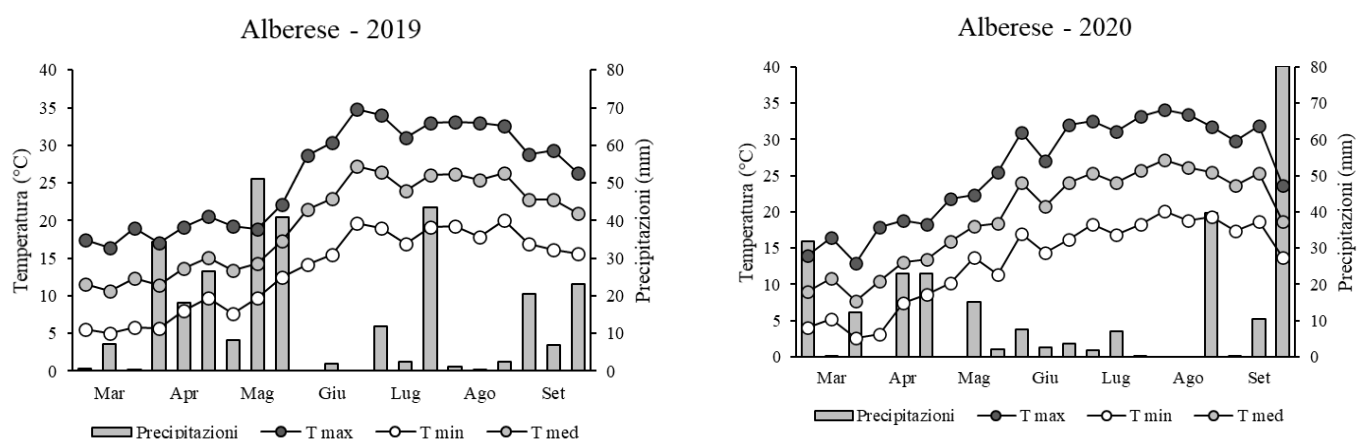


Figura 41. Andamento termo-pluviometrico ad Alberese (GR) nel 2019 (sinistra) e 2020 (destra).

1.4.2. Definizione delle caratteristiche biologiche, biometriche e produttive del girasole

Il monitoraggio del girasole nei due anni di coltivazione svolti presso i dispositivi sperimentali di TeReTo ad Alberese è stato effettuato dai tecnici del CiRAA e dei professionisti della Società TreeLabPisa S.r.l., con le modalità e con gli obiettivi descritti per il lino nel paragrafo 1.1.2.

La caratterizzazione fenologica delle colture è stata condotta in accordo alla scala proposta da Schneiter e Miller (1981). Per ciascuna fase sono stati calcolati i GDD necessari al raggiungimento della stessa, usando la formula del NOAA già descritta nel paragrafo 1.2. La T_0 in questo caso è stata assunta pari a 6°C (secondo quanto riportato da Leon *et al.*, 2001) e la T_{0max} è stata fissata a 30°C. Al raggiungimento della fase di maturazione degli acheni, in data 10/09/2019, sono stati effettuati campionamenti distruttivi, prelevando otto repliche random per ciascuna tesi. Ciascuna replica era costituita dall'intera porzione epigea delle piante presenti su una superficie pari ad 1 m² di terreno. Per ciascuna replica sono state scelte cinque piante rappresentative dell'intera parcella, e di ciascuna è stata misurata l'altezza e il diametro orizzontale e verticale della calatide. L'area della calatide è stata determinata utilizzando la formula:

$$\text{Area calatide} = \pi \times \text{raggio}_{\text{verticale}} \times \text{raggio}_{\text{orizzontale}}$$

Successivamente sono stati separati gli acheni dalla calatide e di ciascun componente (fusti + foglie, acheni, calatidi vuote) è stato misurato il peso fresco; si è successivamente proceduto nella

determinazione del peso secco di ciascuna componente pesandone un campione dopo essiccazione in stufa (70°C) al raggiungimento del peso costante. Sugli acheni è stato determinato il peso dei 1000 semi utilizzando la metodologia prevista dal DM 22/12/1992. L'indice di raccolta della sostanza secca è stato ottenuto tramite l'applicazione della stessa formula già descritta per il lino. Infine, è stato calcolato il numero medio di acheni per calatide.

1.4.3. Impostazione delle prove per la valutazione dell'epoca di semina sulle performances agronomico-produttive del girasole

Nel primo anno di progetto, l'ibrido di girasole utilizzato nella prova è stato Toscana CS (Caussade), scelto dal capofila tra le linee che si distinguono per la buona stabilità produttiva anche in terreni marginali. Il precedente colturale è stato il frumento tenero e la preparazione del terreno, molto semplificata, è consistita in un passaggio di erpice a dischi, seguito da un passaggio con erpice rotativo prima della semina. L'interramento del concime organico pellettato nella tesi Bioattivatori è avvenuto con l'ultima erpicatura prima della semina. I trattamenti con il fertilizzante liquido, nella tesi Bioattivatori, sono stati effettuati in data 11/06/2019 e 08/07/2019.

La due tesi a confronto (Bioattivatori e testimone) sono state seminate in due parcelle adiacenti, di superficie pari a 1000 m², in data 8/04/2019, adottando un investimento di 75000 semi ha⁻¹ (corrispondenti ad una dose pari a 4,7 kg ha⁻¹). I trattamenti con il fertilizzante liquido, nella tesi Bioattivatori, sono stati effettuati in data 11/06/2019 e 08/07/2019.

Nel 2020 la semina, avvenuta il 4 aprile del 2020, ha riguardato l'ibrido P64 HE 133, utilizzando la stessa densità di semina e la stessa tecnica colturale usata l'anno precedente per il testimone non concimato e che equivale alla tecnica comunemente impiegata presso l'ente TeReTo nella coltivazione di girasole aziendale.

1.4.4. Principali risultati ottenuti nel 2019

In Tabella 26 sono riportati le fasi fenologiche corrispondenti alle date dei sopralluoghi effettuati alle prove e i relativi i GDD accumulati. Si osserva come non vi siano differenze nel raggiungimento delle principali fasi fenologiche, in funzione della strategia di fertilizzazione adottata. Nonostante lo sviluppo omogeneo della coltura e la scarsa presenza di fallanze, durante la coltivazione è stata osservata un'importante infestazione di rapicelle (*Sinapis arvensis*) (Figura 42) e, a fioritura, sono stati evidenziati sulle foglie sintomi di attacchi peronosporici (la varietà Toscana CS è resistente ai ceppi 100-304-703-710 di *Plasmopara halstedii*). Nelle Figure 43 e 44 sono riportati dettagli del girasole in fase di fine fioritura e maturazione degli acheni.

Tabella 26. Fasi fenologiche e somme termiche al momento dei sopralluoghi alle prove di coltivazione di girasole (var. Toscana CS) presso Alberese, in funzione della fertilizzazione organica.

Data rilievo	12/06	20/06	04/07	19/07	10/09
GDD (°C)	649,8	782,6	1039,3	1310,3	2270,5
Durata (giorni)	65	73	87	102	155
Fase fenologica* Testimone	R1	R2	R3	R5,9 – R6	R9
Fase fenologica* Bioattivatori	R1	R2	R3	R5,9 – R6	R9

*R1: l'infiorescenza, avvolta nelle brattee, diventa visibile; R2: l'internodo subito sotto la calatide si allunga di 0,5-2cm sopra la foglia più vicina; R3: l'internodo sotto la gemma riproduttiva continua ad allungarsi, portando l'infiorescenza a più di 2 cm dalle foglie corrispondenti; R5: inizio antesi, questa fase è divisa in sottofasi corrispondenti alla % di fiori dischiusi (R5,9=90%); R6: antesi completata, i fiori esterni perdono turgidità e appassiscono; R9: le brattee diventano gialle e marroni, buona parte del retro della calatide diventa marrone.

**Figura 42.** Infestazione di *Sinapis* spp. su girasole (20/06/2019)

Come riportato nelle Tabelle 27 e 28, per nessuno dei caratteri analizzati è stato osservato un effetto significativo della fertilizzazione. Sia per il Testimone che per la tesi Bioattivatori, le rese ottenute sono in linea con i risultati produttivi mediamente ottenibili nell'areale di riferimento, e quantificabili nell'ordine delle 2,2-2,3 t ha⁻¹ di acheni tal quali (6,1% umidità).

Il peso dei 1000 semi, per entrambe le tesi, è risultato tendenzialmente più basso rispetto ai valori ottimali attesi (40-60 g).

Tabella 27. Caratteristiche biometriche del girasole alto oleico (Toscana CS) nelle due tesi a confronto, in prova presso Alberese nel primo anno di coltivazione (2019).

	Area calatide	Altezza piante	Numero acheni
	cm ²	cm	n. calatide ⁻¹
Testimone	121,98 ± 9,17	105,40 ± 4,93	765,69 ± 137,83

Bioattivatori	116,23 ± 24,45	102,38 ± 5,20	663,59 ± 212,85
	n.s.	n.s.	n.s.

I risultati sono valori medi di 8 repliche ± ds. L'analisi della varianza è stata utilizzata per valutare l'effetto della fertilizzazione. Valori seguiti da lettere differenti sono statisticamente differenti per $P < 0,05$.

Tabella 28. Caratteristiche produttive del girasole alto oleico (Toscana CS) nelle due tesi a confronto, in prova presso Alberese nel primo anno di coltivazione (2019).

	Resa steli t s.s. ha ⁻¹	Resa acheni t s.s. ha ⁻¹	Residui calatidi t s.s. ha ⁻¹	Indice di raccolta %	Peso 1000 semi g
Testimone	1,99 ± 0,42	2,18 ± 0,37	0,97 ± 0,20	42,53 ± 5,02	39,22 ± 3,46
Eurovix	2,02 ± 0,44	2,07 ± 0,82	1,16 ± 0,41	38,07 ± 7,61	38,42 ± 10,97
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

I risultati sono valori medi di 8 repliche ± ds. L'analisi della varianza è stata utilizzata per valutare l'effetto della fertilizzazione. Valori seguiti da lettere differenti sono statisticamente differenti per $P < 0,05$.



Figura 43. Girasole a fioritura quasi terminata (19/07/2019).



Figura 44. Girasole in fase di maturazione (10/09/2019).

1.4.5. Principali risultati ottenuti nel secondo anno (2020)

In Tabella 29 sono riportati le fasi fenologiche corrispondenti alle date dei sopralluoghi effettuati alle prove ed i relativi i GDD accumulati.

Tabella 29. Somme termiche, giorni dalla semina e fasi fenologiche al momento dei sopralluoghi alle prove di coltivazione di girasole (P64 HE 133) presso Alberese nel 2020.

Data rilievo	15/05	22/05	01/06	07/06	14/06	21/06	28/06	05/07	15/07	15/09
GDD (°C)	375,2	464,5	598,1	712,25	832,0	945,3	1076,9	1219,5	1421,2	2706,8
Durata (giorni)	40	47	57	63	70	77	84	91	101	163
Fenofase*	V8	V10-V12	R1	R2	R3-R4	R5,3-R5,5	R5,6	R5,9	R6	R9

*V1-V12: 1-12 foglie vere; R1: l'infiorescenza, avvolta nelle brattee, diventa visibile; R2: l'internodo subito sotto la calatide si allunga di 0,5-2cm sopra la foglia più vicina; R3: l'internodo sotto la gemma riproduttiva continua ad allungarsi, portando l'infiorescenza a più di 2 cm dalle foglie corrispondenti; R5: inizio antesi, questa fase è divisa in sottofasi corrispondenti alla % di fiori dischiusi (R5,9=90%); R6: antesi completata, i fiori esterni perdono turgidità e appassiscono; R6: fine della fioritura; R9: le brattee diventano gialle e marroni, buona parte del retro della calatide diventa marrone.

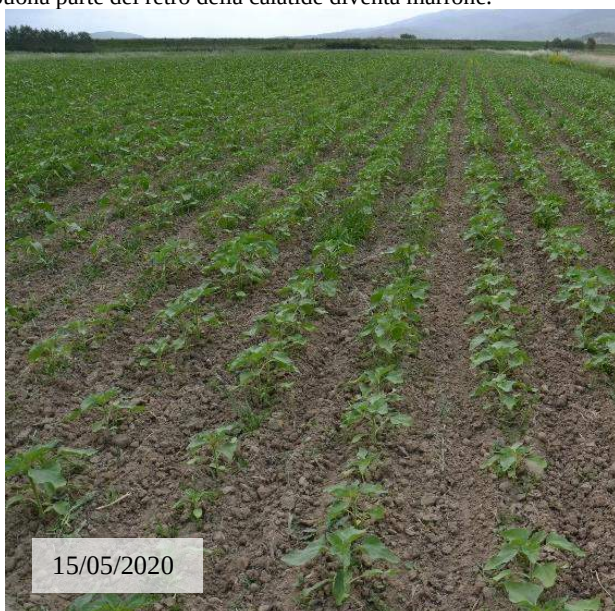




Figura 45. Fenologia del girasole P64 HE 133 in alcuni dei sopralluoghi effettuati nel 2020.

Nelle tabelle 30 e 31, sono riportati i principali risultati ottenuti nell'annata 2020 del girasole alto oleico (ibrido P64 HE 133) coltivato presso l'azienda TeReTo.

Tabella 30. Caratteristiche biometriche del girasole alto oleico (P64 HE 133) in prova presso Alberese nel secondo anno di coltivazione (2020).

Area calatide (cm ²)	Altezza piante (cm)	Numero acheni calatide ⁻¹
134,11 ± 11,20	119,69 ± 9,54	675,21 ± 128,86

Tabella 31. Caratteristiche produttive del girasole alto oleico (P64 HE 133) in prova presso Alberese nel secondo anno di coltivazione (2020).

Resa steli (t ha ⁻¹ s.s.)	Resa acheni (t ha ⁻¹ s.s.)	Residui calatidi (t ha ⁻¹ s.s.)	Indice di raccolta (%)	Peso 1000 semi (g)
1,34 ± 0,11	1,87 ± 0,19	1,46 ± 0,12	40,03 ± 3,88	39,00 ± 1,00

Infine, in Figura 46 è riportato il confronto tra i risultati ottenuti l'anno precedente per l'ibrido Toscana CS, con quelli del secondo anno relativi all'ibrido P64 HE 13, relativamente alla resa in acheni, HI e peso dei 1000 semi. Il confronto suggerisce come, nell'ambiente considerato, Toscana CS possa essere più produttivo in termini di resa in acheni, sebbene si caratterizzi per un minor peso dei 1000 semi.

Va comunque sottolineato come le condizioni meteorologiche nei due anni si sono distinte soprattutto per quel che riguarda le precipitazioni occorse nel periodo estivo. In particolare, il mese di luglio 2019 si è caratterizzato per una maggiore quantità di pioggia, particolarmente concentrata nella terza decade del mese. Questo periodo, in cui le piante si trovano in fase di piena fioritura – antesi completa (da R3 a R6), è sicuramente una fase critica importante nella coltivazione del girasole. Durante la fioritura, infatti, si determina il numero di semi per calatide (importante componente della resa) e la pianta è particolarmente sensibile allo stress idrico.

I risultati ottenuti nelle prove di fertilizzazione organica svolte presso i dispositivi sperimentali di TeReTo hanno contribuito alla definizione di linee guida di buona pratica agricola e di raccolta per il girasole, riportate nell'allegato I alla presente relazione.

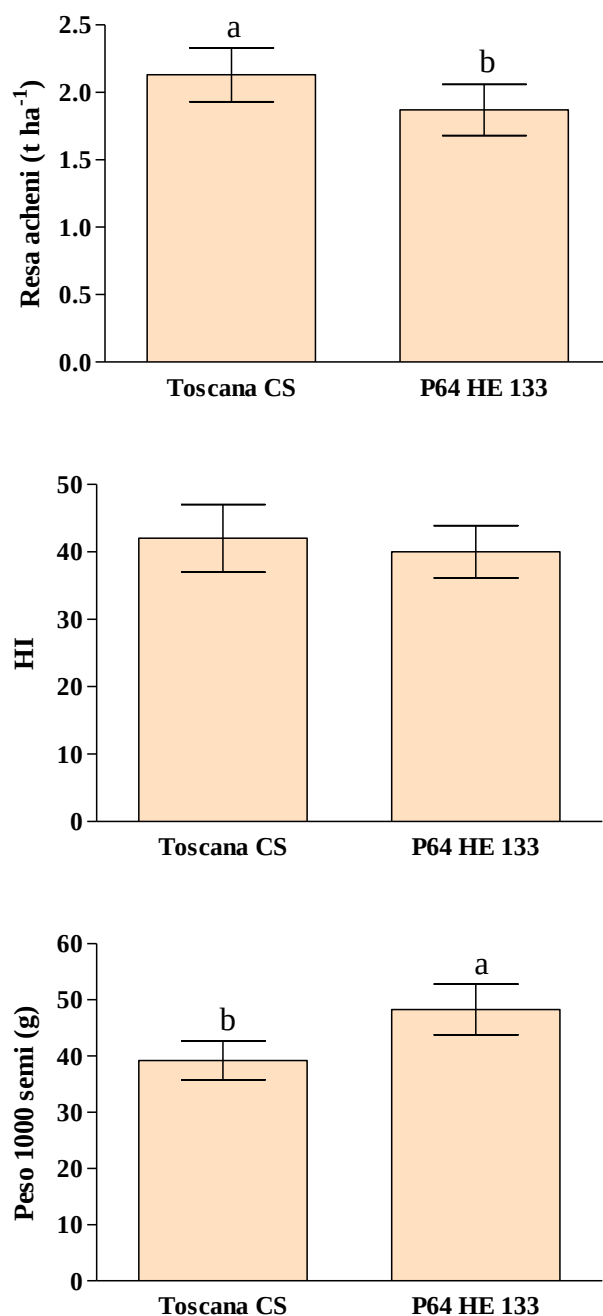


Figura 46. Confronto tra Toscana CS e P64 HE133 coltivate in biologico, rispettivamente nel 2019 e nel 2020, presso Alberese (GR).

1.5. Creazione di mappe di vocazionalità e previsionali per girasole e lino

La sub-azione ha previsto, grazie ad una convenzione di ricerca con la società Tellus, la realizzazione di mappe di vocazionalità e previsione per il lino e il girasole alto oleico, al fine di fornire strumenti di supporto a livello regionale per la determinazione degli areali vocati, in base alle caratteristiche pedoclimatiche del territorio, e la pianificazione di alcuni interventi colturali in base alle rese potenziali attese, quali scelta dell'epoca ottimale di semina.

Le attività e gli studi condotti sono riportate nell'allegato II alla presente relazione.

2. AZIONE 3.2 – Controllo di qualità lungo la filiera

Nell'ambito del progetto SIC OLEAT, lo scopo dell'azione 3.2. è stato il controllo di qualità lungo la filiera, dalla coltivazione alla produzione di seme, prendendo in considerazione non solo le prove condotte dai ricercatori del CiRAA presso i propri dispositivi sperimentali e quelli in atto presso la provincia di Grosseto (Terre Regionali Toscane), ma anche quelle degli altri partners agricoli coinvolti. Il gruppo di lavoro del CiRAA, in collaborazione con i professionisti della società TreeLabPisa S.r.l. (tramite convenzione stipulata *ad hoc* nell'ambito del progetto), ha quindi monitorato lo sviluppo delle colture anche nelle aziende partner del progetto. Questa attività ha previsto:

(i) monitoraggio continuo e costante delle coltivazioni durante le principali fasi di sviluppo e accrescimento attraverso sopralluoghi periodici, al fine di verificare l'instaurarsi di eventuali malattie o attacchi di parassiti e/o stress abiotici, con particolare attenzione alla competizione con la flora infestante. Scopo del monitoraggio è stato anche quello di verificare l'effettiva applicabilità/adattabilità delle agrotecniche trasferite agli agricoltori, in relazione all'areale di riferimento;

(ii) monitoraggio delle colture durante la fase riproduttiva, mediante sopralluoghi aziendali più frequenti, al fine di verificare l'andamento del processo di accumulo dell'olio nel seme e l'azione di effetti biotici e abiotici durante questa fase critica del processo produttivo.

Inoltre, un ulteriore obiettivo dell'azione 3.2, è stata la valutazione delle caratteristiche qualitative delle produzioni- derivanti da tutte le prove di coltivazione realizzate nell'ambito del SIC-OLEAT - sia per quanto riguarda l'olio ottenibile (contenuto in olio del seme, valutazione della composizione acidica e del contenuto in proteine grezze) che dei residui ottenibili dal processo estrattivo (panello). La resa in olio è stata determinata sia attraverso metodologia ANKOM nel laboratorio chimico del CiRAA che attraverso metodologia NIR, in collaborazione con il soggetto capofila. La composizione acidica è stata valutata attraverso indagine gas-cromatografica dai ricercatori del CiRAA.

Il pannello di lino residuo dell'estrazione è stato analizzato in termini di contenuto in proteine totali, olio residuo e sua composizione acidica, nonché in relazione alla presenza di molecole bioattive di particolare interesse dal punto di vista nutraceutico/salutistico, quali i polifenoli totali e attività antiossidante. Le analisi sopra descritte sono state svolte presso i laboratori del CiRAA.

2.1. Monitoraggio presso le aziende agricole partner del progetto

Nell'anno 2019, presso l'Azienda Agricola Musu Giuseppe e Francesco S.S.A. sono stati seminati 20 ettari di girasole alto oleico, ibrido P64HE133 (Pioneer). La coltivazione è stata effettuata in convenzionale in successione alla coltivazione di cereali. La preparazione del terreno è stata effettuata con un primo passaggio di arieggiatore in estate (30 cm di profondità-agosto 2018); a marzo 2019 è stato effettuato un primo passaggio con preparatore in modo da affinare il terreno e, contemporaneamente, incorporare del concime fosfo-potassico di base (misto-organico). A fine marzo 2019 è stato realizzato un secondo passaggio con preparatore per il controllo meccanico della flora infestante seguito, nella seconda decade di aprile, da un terzo passaggio per un ulteriore controllo meccanico delle malerbe e spianatura del terreno. A maggio, in prossimità delle semine, distribuzione di 90 unità di azoto (urea), seguita da erpicatura con erpice rotante per ultimo affinamento del letto di semina. Le semine sono avvenute con seminatrice pneumatica di precisione con interfila di 75 cm, tra il 12 e il 15 maggio 2019. In abbinamento alla semina è stato distribuito un prodotto microgranulato per il controllo degli insetti terricoli. Per il controllo chimico delle infestanti è stato applicato Glifosate in presemina e S-Metolachlor in pre-emergenza.

L'andamento termo-pluviometrico della stagione e le principali caratteristiche chimico-fisiche del terreno su cui è stata effettuata la coltivazione di girasole nel 2019 sono riportate rispettivamente in Figura 47 e Tabella 32. In Tabella 33, invece, sono mostrate le principali fasi fenologiche e le somme termiche relative della coltura, mentre nelle Figure 48-50 alcune immagini dello stato della coltura al raggiungimento delle fasi fenologiche principali del ciclo biologico del girasole.

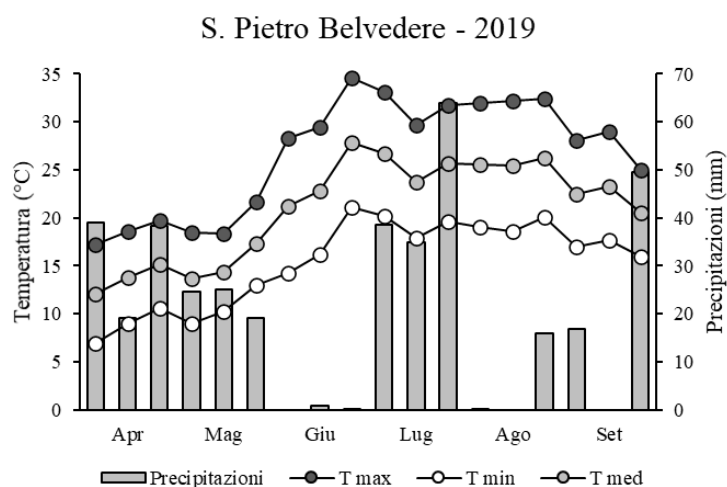


Figura 47. Andamento termo-pluviometrico a S. Pietro Belvedere durante il ciclo del girasole nel 2019.

Tabella 32. Caratteristiche chimico-fisiche del terreno dell'azienda Musu su cui è stata effettuata la coltivazione di girasole.

Parametro		2019
pH		8,3
ECe	µS/cm	59,7
N tot	‰	1,2
S.O.	%	1,7
P Olsen	ppm	6,3
Calcare totale	‰	54,5
Calcare attivo	%	2,3
CSC	meq 100 g ⁻¹	12,04
Sabbia	%	39,3
Limo	%	41,5
Argilla	%	19,2

Tabella 33. Fasi fenologiche e somme termiche al momento dei sopralluoghi alle prove di coltivazione di girasole.

Data rilievo	17/06	02/07	23/07	09/08	17/09
GDD (°C)	484,6	809,9	1231,3	1580,5	2369,5
Durata (giorni)	36	51	72	89	128
Fase fenologica*	V7/V8	R2	R5.2-R5.7	R5.9-R6	R9

*V7-8: 7 e 8 foglie vere; R2: l'internodo subito sotto la calatide si allunga di 0,5-2cm sopra la foglia più vicina; R5: inizio antesi, questa fase è divisa in sottofasi corrispondenti alla % di fiori dischiusi (R5,2=20%); R6: antesi completata, i fiori esterni perdono turgidità e appassiscono; R6-R7: la parte del retro della calatide inizia ad ingiallire; R9: le brattee diventano gialle e marroni, buona parte del retro della calatide diventa marrone.

**Figura 48.** Girasoli in fase V7 il 17/06/19 (sinistra) e in fase R2 il 02/07/19 (destra) presso l'Azienda Musu nel 2019.



Figura 49. Girasoli in fase di fioritura (23/07/19) presso l'Azienda Musu nel 2019.



Figura 50. Girasoli in fase di maturazione il 17/09/19 (sinistra) e dettaglio della calatide (destra) presso l'Azienda Musu nel 2019.

In fase di maturazione (17/09/2019) sono stati effettuati campionamenti distruttivi prelevando le piante presenti su 8 aree di dimensione nota.

In Tabella 34 sono riportate le caratteristiche biometriche e produttive delle piante di girasole coltivate presso l'Azienda Musu, rilevate con i metodi già descritti nel paragrafo 2.2.

Tabella 34. Caratteristiche produttive e biometriche e principali componenti della resa del girasole alto oleico (P64 HE 133) coltivate presso l'Azienda Musu nel 2019.

Parametro	
Resa acheni (t ha ⁻¹ s.s.)	3,71 ± 0,19
Resa steli (t ha ⁻¹ s.s.)	4,73 ± 0,09
Residuo calatidi (t ha ⁻¹ s.s.)	1,73 ± 0,41
Indice di raccolta (%)	38,52 ± 1,16
Numero piante m ⁻²	7,23 ± 0,81
Numero acheni calatide ⁻¹	1383,88 ± 441,66
Peso 1000 acheni (g)	53,59 ± 3,81
Area calatide (cm ²)	254,68 ± 24,05

Per l'anno 2019-2020, presso l'Azienda Agricola Musu Giuseppe e Francesco, è stata effettuata la coltivazione del lino (varietà Kaolin), in semina autunnale (22/10/2019). La lavorazione principale del terreno è consistita in una ripuntatura a 40 cm (luglio 2019) effettuata dopo la raccolta del grano alla quale sono seguiti, a settembre, passaggi con preparatore ed erpice rotante. La semina è stata effettuata con seminatrice da grano a file distanti 15 cm e impiegando 40 kg/ha di seme. La concimazione è stata effettuata in copertura (marzo-aprile) con urea e nitrato ammonico distribuendo 50 unità di azoto ad ettaro in totale. Per il controllo chimico delle infestanti è stato effettuato un intervento in post emergenza con propaquizafop e Cletodim. L'andamento termo-pluviometrico nel periodo interessato dalla coltivazione nell'areale di Fauglia è riportato in Figura 51, mentre in Tabella 35 la durata in giorni e le somme termiche delle principali fenofasi. Infine, nelle Figure 52, 53 e 54 sono mostrate le immagini della coltura in fase di levata, prefioritura e riempimento del seme.

Fauglia - 2019

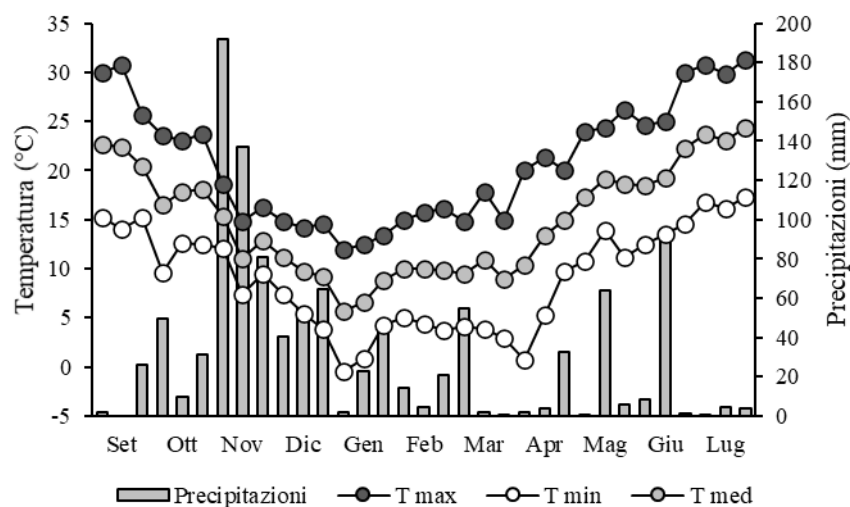


Figura 51: Andamento termo-pluviometrico a Fauglia durante il ciclo del lino Kaolin a semina autunnale nell'annata 2019-2020.

Tabella 35. Somme termiche ($T_{base} = 5^{\circ}C$) nelle principali fasi di sviluppo del lino Kaolin a semina autunnale presso l'azienda Musu a Fauglia nel 2019-2020.

Fasi fenologiche	Durata (giorni)	GDD ($^{\circ}C$)
Semina – Inizio levata	85	525,6
Inizio levata – Inizio fioritura	86	402,7
Inizio fioritura – Fine fioritura	38	413,9
Fine fioritura – Maturità di raccolta	24	341,5
Ciclo vegetativo*	171	928,3
Ciclo riproduttivo**	62	755,4
Totale ciclo***	233	1683,7

*dalla semina all'inizio della fioritura; ** da inizio fioritura alla maturazione;

***dalla semina alla maturazione



Figura 52. Lino in fase di levata il 24/01/20 (sinistra) e in fase di fioritura il 14/04/20 (destra).



Figura 53. Lino in fase di prefioritura il 19/03/20 (sinistra) e in fase di riempimento del seme il 08/05/20 (destra).



Figura 54. Lino in fase di riempimento del seme il 25/05/20 (sinistra) e dettaglio dei semi maturi in data 11/06/20 (destra).

In Tabella 36 sono riportate le principali caratteristiche biometriche e produttive della varietà Kaolin coltivata nel primo anno di prova presso l'azienda Musu. I dati osservati hanno mostrato una buona performance produttiva del lino da olio nell'areale considerato, con valori di resa in seme dell'ordine di 1 t/ha e un peso di mille semi molto simile ai valori medi indicati per tale coltura, ad indicare una corretta maturazione ed un appropriato riempimento del seme.

Tabella 36. Caratteristiche produttive e biometriche e principali componenti della resa del lino da olio varietà Kaolin a semina autunnale presso l'azienda Musu a Fauglia nel 2019-2020.

Parametro	
Numero steli m ⁻²	723,0 ± 245,8
Altezza piante (cm)	56,6 ± 4,2
Resa semi (t ha ⁻¹ s.s.)	0,93 ± 0,12
Resa steli (t ha ⁻¹ s.s.)	2,22 ± 0,32
Resa pula (t ha ⁻¹ s.s.)	0,36 ± 0,03
Indice di raccolta (%)	26,5 ± 2,4
Numero capsule fertili stelo ⁻¹	7,65 ± 1,89
Numero semi capsula ⁻¹	3,07 ± 0,54
Peso 1000 semi (g)	6,32 ± 0,13
Capsule sterili (%)	13,5 ± 2,3

2.1. Valutazione delle caratteristiche qualitative delle produzioni

2.1.1. Valutazione delle caratteristiche qualitative nel lino da olio in funzione della fertilizzazione organica e dell'ambiente di coltivazione

Nel lino da olio, il tipo di fertilizzazione organica ha influenzato significativamente, sia il contenuto in olio del seme che quello in proteine. In Figura 55 si riportano il contenuto in olio e in proteine della prova di fertilizzazione realizzata nella prima stagione di coltivazione (anno 2019) presso Alberese. Valori significativamente più bassi di contenuto in olio sono stati osservati nel seme di piante fertilizzate con bioattuatori (mediamente -7,6% rispetto a testimone e ammendante biologico tradizionale), mentre i livelli più alti di proteine nel seme di piante non fertilizzate.

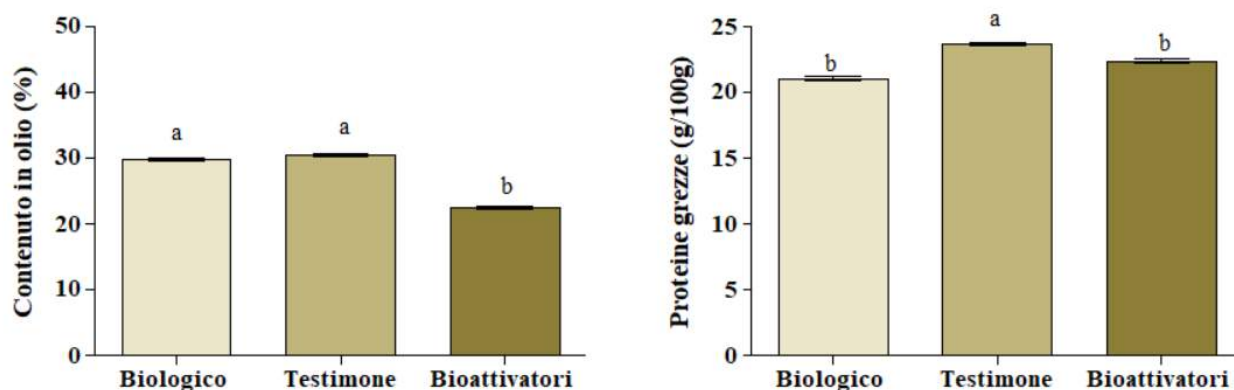


Figura 55. Effetto della fertilizzazione organica sul contenuto in olio (g/100g) e proteine (g/100g) dei semi di lino, var. Libra, in semina primaverile presso Alberese (GR) nel primo anno di prova (2019).

Anche nella prova realizzata presso il CiRAA, valori significativamente più elevati di proteine sono stati osservati nella tesi non concimata, mentre il contenuto in olio maggiore nella tesi trattata con bioattuatori e nel testimone (Figura 56).

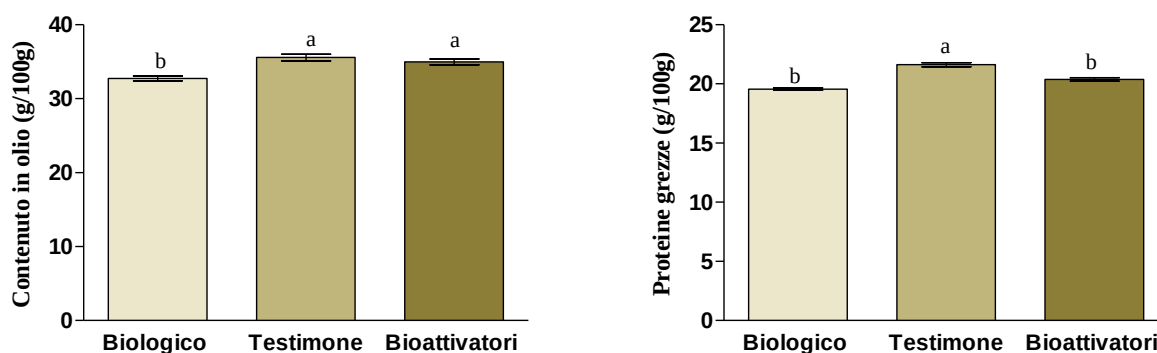


Figura 56. Effetto della fertilizzazione organica sul contenuto in olio (g/100g) e proteine (g/100g) dei semi di lino, var. Libra, in semina primaverile presso il CiRAA nel primo anno di prova (2019).

Confrontando, attraverso un'analisi della varianza a due vie, l'effetto della fertilizzazione, del sito di coltivazione e dell'interazione tra i due fattori di variabilità (Figura 57), è possibile notare come il maggior contenuto in olio si sia registrato nelle piante coltivate nelle condizioni pedo-climatiche della pianura pisana e, in questo ambiente, i quantitativi maggiori di olio sono stati osservati nel seme delle piante non fertilizzate e in trattate con bioattuatori.

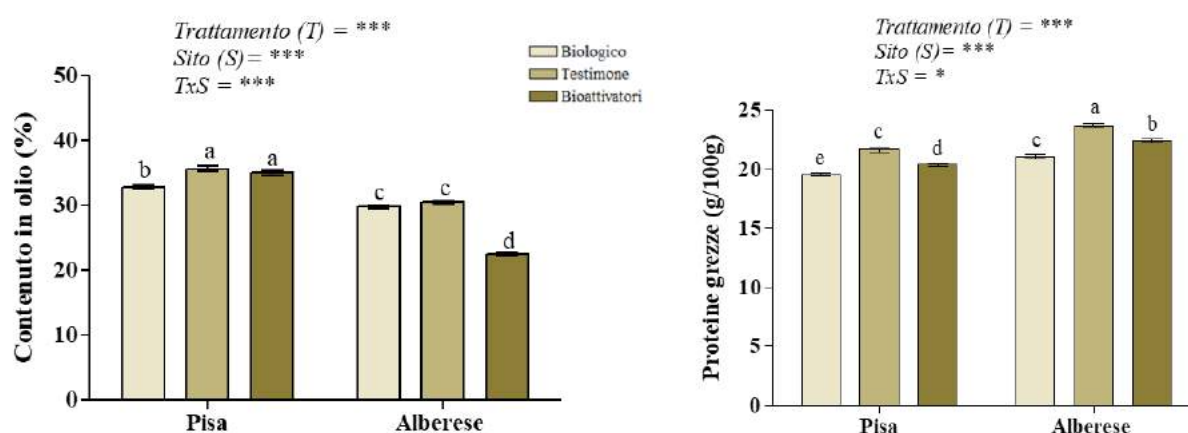


Figura 57. Effetto del trattamento (T), del sito di coltivazione (S) e dell'interazione TxS sul contenuto in olio (g/100g) e proteine (g/100g) dei semi di lino, var. Libra, in semina primaverile nel primo anno di prova (2019).

Ad Alberese, invece, la prova con bioattuatori si caratterizzava per il più basso quantitativo di olio. Differentemente al contenuto in olio, il contenuto in proteine dei semi delle piante coltivate ad Alberese è risultato, in linea generale, maggiore rispetto a quanto osservato per la coltura realizzata presso il CiRAA ed i valori maggiori, in accordo all'andamento del contenuto in olio, si sono riscontrati nei semi delle piante non fertilizzate e fertilizzate con bioattuatori. Questi risultati suggeriscono come l'effetto fertilizzante sia strettamente correlato anche alle caratteristiche pedo-climatiche del sito di coltivazione.

Nel secondo anno di sperimentazione, sia a Pisa che ad Alberese, le concentrazioni di olio e proteine nel seme (Tabelle 37 e 38), non sono state influenzate dalla fertilizzazione.

Tabella 37. Contenuto in olio (g/100g s.s.) e proteine (g/100g s.s.) in semi di lino, var. Libra, in semina primaverile presso il CiRAA nel secondo anno di prova (2020).

	Olio (g/100g s.s.)	Proteine grezze (g/100g s.s.)
Biologico	48,19 ± 1,79 a	22,88 ± 1,19 a
Testimone	49,11 ± 0,67 a	21,94 ± 0,81 a
Bioattuatori	47,98 ± 1,78 a	21,75 ± 1,50 a
<i>Significatività</i>	n.s.	n.s.

I risultati sono valori medi di 3 repliche $\pm$ ds. L'analisi della varianza è stata utilizzata per valutare l'effetto della fertilizzazione. Valori seguiti dalla stessa lettera non sono statisticamente differenti per $P < 0,05$.

Tabella 38. Contenuto in olio (g/100g s.s.) e proteine (g/100g s.s.) in semi di lino, var. Libra, in semina invernale presso Alberese, nel secondo anno di prova (2020).

	Olio (g/100g s.s.)	Proteine grezze (g/100g s.s.)
Biologico	47,93 $\pm$ 1,78 a	23,44 $\pm$ 1,19 a
Testimone	48,17 $\pm$ 0,66 a	23,63 $\pm$ 0,88 a
Bioattivatori	48,41 $\pm$ 0,72 a	22,19 $\pm$ 1,50 a
<i>Significatività</i>	n.s.	n.s.

I risultati sono valori medi di 3 repliche $\pm$ ds. L'analisi della varianza è stata utilizzata per valutare l'effetto della fertilizzazione. Valori seguiti dalla stessa lettera non sono statisticamente differenti per $P < 0,05$.

Infine, anche nel terzo anno di sperimentazione (dati solo per la prova realizzata ad Alberese), il tipo di fertilizzante organico applicato non ha prodotto un effetto statisticamente significativo né sul contenuto in olio né sul contenuto in proteine del seme (Figura 58).

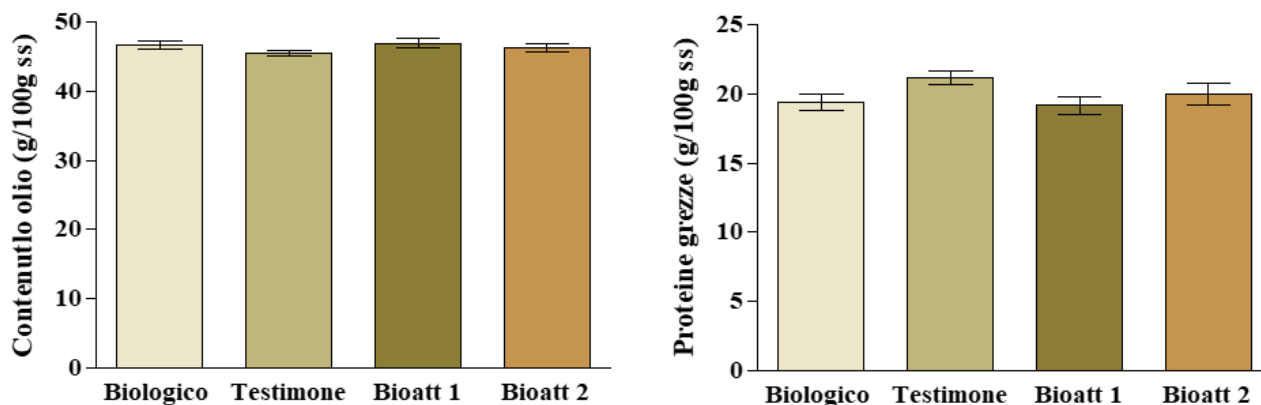


Figura 58. Effetto della fertilizzazione organica sul contenuto in olio (g/100g) e proteine (g/100g) dei semi di lino, var. Libra, in semina autunnale presso Alberese (GR) nel terzo anno di prova (stagione 2020-2021).

Un altro risultato interessante ottenuto dai tre anni di coltivazione, è che, nell'ambiente della Maremma grossetana, anticipando l'epoca di semina all'autunno, è possibile ottenere incrementi del contenuto in olio, accompagnato da una conseguente riduzione del contenuto in proteine (Figura 59).

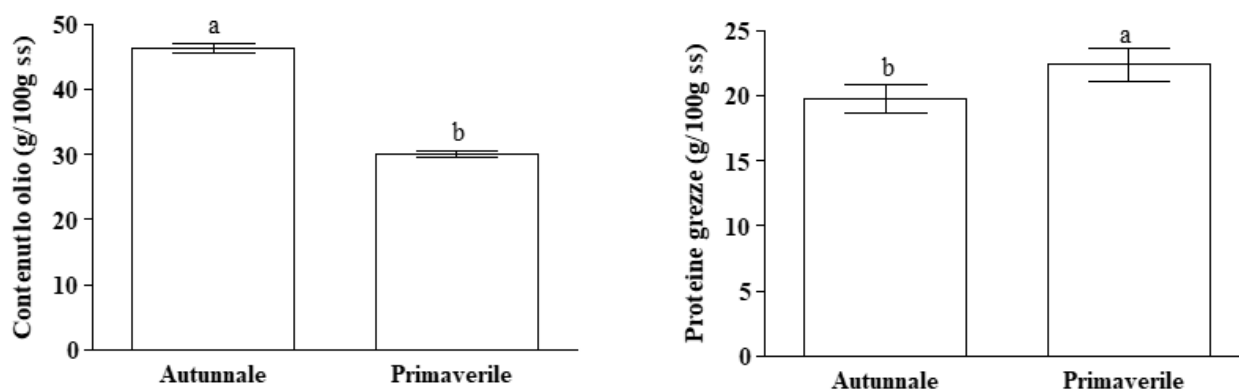


Figura 59. Confronto tra epoche di semina (primaverile e autunnale) sul contenuto in olio e proteine nel lino da olio, var. Libra, in prova presso Alberese (GR). I valori sono stati mediati sul trattamento (strategie differenziate di fertilizzazione organica).

La strategia di fertilizzazione, inoltre, ha influenzato significativamente anche la composizione in acidi grassi (Tabelle 39 e 40). Nelle prove condotte al CiRAA (Tabella 39), è stato osservato un incremento significativo del contenuto in acido oleico (C18:1c9) nei semi delle piante non fertilizzate, sia in termini assoluti (+15,6% rispetto all'ammendante biologico e + 20,7% rispetto ai bioattivatori per i valori t.q.), che relativi (+14,3% rispetto all'ammendante biologico e +18,4% rispetto ai bioattivatori per i valori espressi su 100 g di acidi grassi). Essendo l'acido oleico, l'acido monoinsaturo più rappresentato, tale incremento ha fatto registrare anche un aumento del quantitativo totale di acidi grassi monoinsaturi (MUFA) nel testimone rispetto alle tesi fertilizzate. Per gli altri parametri analizzati non sono state osservate differenze statisticamente significative.

Ad Alberese (Tabella 40) non sono state osservate differenze statisticamente significative nella composizione acidica dell'olio, in funzione della fertilizzazione organica.

La composizione dei semi di lino ha subito variazioni a seconda dell'area di coltivazione delle piante: il rapporto $\omega 6/\omega 3$ è passato mediamente da 0,30 per le piante coltivate a Pisa a 0,38 per quelle coltivate ad Alberese e, contestualmente, è stato osservato un abbassamento significativo del livello di insaturazione degli acidi grassi dal CiRAA ad Alberese, con il rapporto PUFA/SFA che è passato rispettivamente da 7,95 a 6,86.

Tabella 39. Composizione in acidi grassi principali (espressa come g/100 g di acidi grassi e come g/100 g di seme tal quale) dei semi di lino in funzione della fertilizzazione organica nelle prove condotte in semina primaverile presso il CiRAA nell'anno 2019.

	g/100 g acidi grassi			g/100 g di tal quale		
	Biologico	Testimone	Bioattivatori	Biologico	Testimone	Bioattivatori
C16:0	5,87 ± 0,20	5,77 ± 0,04	5,76 ± 0,36	2,86 ± 0,03	2,85 ± 0,11	2,78 ± 0,17
C16:1c9	0,08 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,04 ± 0,00	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,01
C17:0	0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00
C18:0	3,00 ± 0,07	3,10 ± 0,03	2,98 ± 0,17	1,46 ± 0,03	1,53 ± 0,09	1,44 ± 0,08
C18:1c9	14,36 ± 0,40 B	16,41 ± 0,77 A	13,86 ± 0,36 B	7,00 ± 0,50 B	8,09 ± 0,01 A	6,70 ± 0,16 B
C18:1c11	1,27 ± 0,03	1,32 ± 0,03	1,22 ± 0,08	0,62 ± 0,04	0,64 ± 0,06	0,59 ± 0,03
C18:2c9c12	16,60 ± 0,13	16,58 ± 0,33	16,19 ± 1,06	8,08 ± 0,41	8,17 ± 0,21	7,82 ± 0,49
C18:3c9c12c15	57,76 ± 0,22	56,20 ± 0,39	55,19 ± 3,17	28,12 ± 1,11	27,73 ± 1,46	26,67 ± 1,46
SFA*	9,27 ± 0,31	9,27 ± 0,05	9,15 ± 0,56	4,51 ± 0,05	4,57 ± 0,23	4,42 ± 0,26
MUFA**	15,77 ± 0,42 B	17,85 ± 0,71 A	15,21 ± 0,45 B	7,68 ± 0,54 B	8,79 ± 0,07 A	7,35 ± 0,20 B
PUFA***	74,86 ± 0,11	73,27 ± 0,06	71,86 ± 4,24	36,44 ± 1,52	36,15 ± 1,69	34,72 ± 1,92
$\omega 6/\omega 3$	0,29 ± 0,00	0,30 ± 0,01	0,30 ± 0,00	0,29 ± 0,00	0,30 ± 0,01	0,30 ± 0,00
PUFA/SFA	8,08 ± 0,25	7,90 ± 0,03	7,86 ± 0,02	8,08 ± 0,25	7,90 ± 0,03	7,86 ± 0,02

*SFA = acidi grassi saturi; **MUFA = acidi grassi monoinsaturi; *** PUFA = acidi grassi polinsaturi

Tabella 40. Composizione in acidi grassi principali (espressa come g/100 g di acidi grassi e come g/100 g di seme tal quale) dei semi di lino in funzione della fertilizzazione organica nelle prove condotte in semina primaverile presso Alberese nell'anno 2019.

	g/100 g acidi grassi			g/100 g di tal quale		
	Biologico	Testimone	Bioattivatori	Biologico	Testimone	Bioattivatori
C16:0	6,17 ± 0,09	5,88 ± 0,37	5,42 ± 0,77	2,20 ± 0,04	2,54 ± 0,02	2,59 ± 0,23
C16:1c9	0,11 ± 0,02	0,10 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,00	0,04 ± 0,00
C17:0	0,05 ± 0,00	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00
C18:0	3,64 ± 0,05	3,63 ± 0,22	3,34 ± 0,05	1,30 ± 0,02	1,57 ± 0,01	1,60 ± 0,16
C18:1c9	16,38 ± 0,18	15,57 ± 0,86	15,04 ± 3,24	5,84 ± 0,10	6,72 ± 0,01	7,19 ± 1,17
C18:1c11	1,30 ± 0,03	1,30 ± 0,04	1,17 ± 0,14	0,46 ± 0,01	0,56 ± 0,01	0,56 ± 0,04
C18:2c9c12	18,79 ± 0,23	19,27 ± 0,75	17,13 ± 3,21	6,70 ± 0,12	8,32 ± 0,13	8,19 ± 1,11
C18:3c9c12c15	50,33 ± 2,34	49,04 ± 3,34	47,19 ± 6,63	17,95 ± 0,94	21,16 ± 0,29	22,59 ± 1,98
SFA*	10,37 ± 0,13	10,05 ± 0,61	9,24 ± 1,38	3,70 ± 0,07	4,34 ± 0,03	4,40 ± 0,40
MUFA**	17,86 ± 0,17	17,03 ± 0,92	16,34 ± 3,40	6,37 ± 0,10	7,35 ± 0,00	7,81 ± 1,22
PUFA***	69,62 ± 2,56	68,81 ± 4,12	64,79 ± 9,94	24,83 ± 1,06	29,69 ± 0,16	31,01 ± 3,12
ω6/ω3	0,38 ± 0,01	0,40 ± 0,01	0,37 ± 0,02	0,38 ± 0,01	0,40 ± 0,01	0,37 ± 0,02
PUFA/SFA	6,71 ± 0,17	6,85 ± 0,01	7,01 ± 0,03	6,71 ± 0,17	6,85 ± 0,01	7,04 ± 0,07

*SFA = acidi grassi saturi; **MUFA = acidi grassi monoinsaturi; *** PUFA = acidi grassi polinsaturi.

Queste osservazioni possono essere messe in relazione alle differenze che, tra i due ambienti, si sono verificati per i principali fattori ambientali, qualità temperatura, disponibilità idrica e radiazione intercettata, nonché dalla disponibilità di azoto. Questi fattori, infatti, sono in grado di influenzare fortemente la composizione in acidi grassi dell'olio. In particolare, la temperatura è il fattore con maggiore effetto sulla composizione, regolando l'attività dell'enzima $\Delta 12$ -desaturasi (o FAD2) che catalizza la reazione di desaturazione dall'acido oleico in acido linoleico e, successivamente, in acido linolenico, e dunque ne modifica il rapporto nell'olio. L'attività della $\Delta 12$ -desaturasi è stimolata dalle basse temperature (10°C), inibita dalle alte temperature (30 °C) e rapidamente ripristinata non appena la temperatura torna sotto i 25°C. Durante la fase di accumulo dell'olio con temperature vicine ai 30°C, come quelle registrate ad Alberese, si registra un incremento dell'acido oleico e la contemporanea riduzione del linoleico. Con temperature inferiori ai 25°C si ha, al contrario, una riduzione del contenuto di acido oleico a seguito di una maggiore attività dell'enzima che porta ad un accumulo dei PUFA (acidi grassi polinsaturi), proprio come osservato nella prova condotta presso il CiRAA.

2.1.2. Valutazione delle caratteristiche qualitative nel lino da olio in funzione della varietà e dell'ambiente di coltivazione

Nel secondo anno di sperimentazione, con semina primaverile a Pisa ed invernale ad Alberese, il contenuto in proteine del seme variava significativamente solo in funzione del sito di coltivazione con contenuti significativamente maggiori ad Alberese. La quantità di olio, invece, è stata influenzata dalla varietà (Tabella 41). In particolare, Sideral si è contraddistinta per il contenuto minore di grassi,

mentre Libra è risultata la varietà con il più alto tenore lipidico, seguita da Kaolin, Galaad e Szafir hanno raggiunto risultati intermedi.

Tabella 41. Effetto dell'ambiente di coltivazione e della varietà sul contenuto in proteine e olio del seme nella prova condotta nel secondo anno di attività (2020).

	Contenuto in proteine grezze (g/100g)			Contenuto in olio (g/100g)		
	Pisa	Alberese	Media varietà	Pisa	Alberese	Media varietà
Galaad	20,69 ± 1,06	23,50 ± 1,12	23,50	46,94 ± 1,03	45,63 ± 0,99	46,28 B
Libra	21,63 ± 1,50	23,06 ± 1,13	23,06	48,23 ± 1,41	48,61 ± 0,84	48,42 A
Sideral	22,25 ± 2,00	25,31 ± 0,94	25,31	43,83 ± 1,48	43,03 ± 0,74	43,43 C
Szafir	22,50 ± 0,25	23,06 ± 0,81	23,06	45,06 ± 0,27	46,37 ± 0,30	45,71 B
Kaolin	20,44 ± 1,69	22,56 ± 1,44	22,56	47,16 ± 1,56	47,29 ± 1,08	47,23 AB
Media sito	21,50 B	23,50 A		46,24	46,18	

I risultati sono valori medi di 3 repliche ± ds. L'analisi della varianza a 2 vie è stata utilizzata per valutare l'effetto dell'ambiente di coltivazione, la varietà e la loro reciproca interazione. Valori seguiti da lettere differenti sono statisticamente differenti per $P < 0,05$ (lettere maiuscole: effetto della varietà o del sito di coltivazione; lettere minuscole: effetto dell'interazione Sito x Varietà).

A differenza di quanto osservato nel secondo anno, durante il 2021 (con semina autunnale in entrambi i siti di riferimento) sono emerse differenze significative imputabili alla varietà nel contenuto di proteine grezze nella granella di lino, con le concentrazioni maggiori misurate in Sideral, Galaad e Szafir; mentre Kaolin è risultata la varietà con il minore tenore proteico (Tabella 42). Ancora una volta, il contenuto di proteine medio è risultato maggiore a Pisa rispetto ad Alberese. Similmente a quanto osservato nel 2020, la varietà con il maggior contenuto lipidico è Libra, con una percentuale d'olio superiore del 1,4% a Kaolin, del 3,8% a Szafir e Galaad, e del 6,7% rispetto a Sideral. Nella determinazione di tale parametro, è stata osservata anche un'influenza dell'ambiente di coltivazione: a Pisa le piante hanno sviluppato un contenuto lipidico mediamente superiore del 2,8% rispetto ad Alberese (Tabella 42).

Tabella 42. Effetto dell'ambiente di coltivazione e della varietà sul contenuto in proteine e olio del seme nella prova condotta nel terzo anno di attività (stagione 2020-2021).

	Contenuto in proteine grezze (g/100g)			Contenuto in olio (g/100g)		
	Pisa	Alberese	Media varietà	Pisa	Alberese	Media varietà
Galaad	21,31 ± 1,13	22,50 ± 1,12	21,91 A	46,65 ± 0,93	44,81 ± 0,90	45,73 B
Libra	21,19 ± 1,15	20,56 ± 1,06	20,88 AB	50,38 ± 1,35	48,79 ± 0,77	49,59 A
Sideral	21,94 ± 2,00	23,69 ± 0,94	22,81 A	44,77 ± 1,43	42,21 ± 0,70	43,49 C
Szafir	20,64 ± 0,25	22,19 ± 0,81	21,44 AB	47,78 ± 0,28	45,62 ± 0,27	46,70 B
Kaolin	19,06 ± 1,69	20,38 ± 1,31	19,72 B	50,16 ± 1,55	46,81 ± 1,00	48,48 A
Media sito	20,84 B	21,86 A		47,95 A	45,65 B	

I risultati sono valori medi di 3 repliche ± ds. L'analisi della varianza a 2 vie è stata utilizzata per valutare l'effetto dell'ambiente di coltivazione, la varietà e la loro reciproca interazione. Valori seguiti da lettere differenti sono statisticamente differenti per $P < 0,05$ (lettere maiuscole: effetto della varietà o del sito di coltivazione; lettere minuscole: effetto dell'interazione Sito x Varietà).

Infine, in Figura 60, è riportato l'effetto del sito di coltivazione (S), della varietà (V) e dell'interazione SxV sul contenuto in proteine grezze, olio e fibra del seme di lino da olio coltivato in semina autunnale nel terzo anno di sperimentazione.

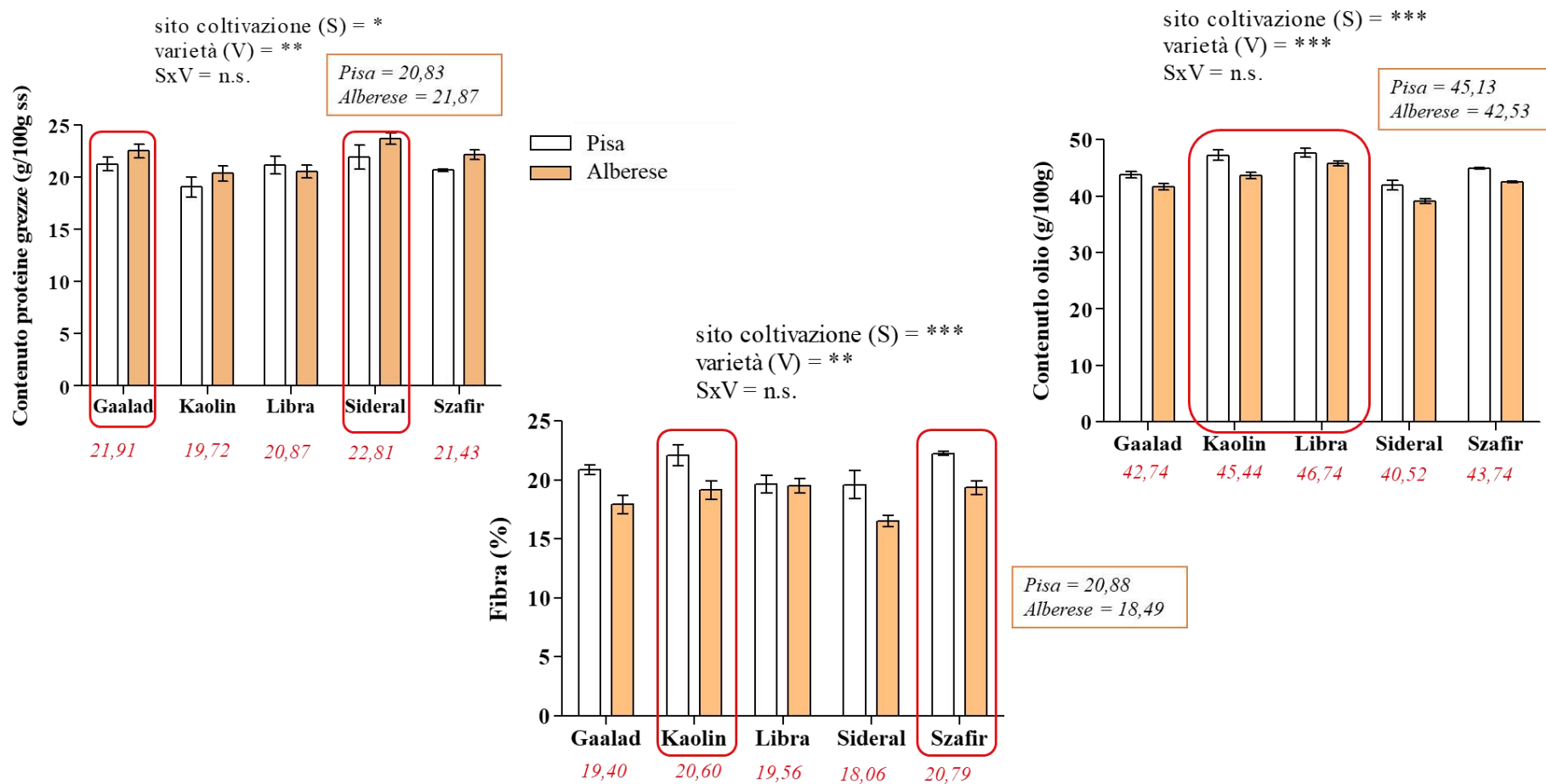


Figura 60. Effetto del sito di coltivazione (S), della varietà (V) e dell'interazione SxV sul contenuto in proteine grezze, olio e fibra del seme di lino da olio coltivato in semina autunnale nel terzo anno di sperimentazione.

2.1.3. Valutazione delle caratteristiche qualitative del pannello di lino

Al fine di valorizzare il pannello di lino per possibili applicazioni non solo nel settore zootecnico, ma anche in quello nutraceutico e cosmetico, il pannello di lino è stato analizzato in termini di contenuto di proteine, olio e composizione in acidi grassi (Tabella 43). Il pannello di lino è stato ottenuto dopo estrazione dell'olio mediante spremitura a freddo presso l'impianto di estrazione dell'azienda Savi Italo, soggetto capofila della Mis. 16.2, e finemente macinato e conservato a -20° C in contenitore sottovuoto sigillato fino all'esecuzione delle analisi.

Tabella 43. Caratterizzazione chimica e fisica del pannello di lino: sostanza secca (g/100g); proteine grezze (g/100g); contenuto in olio (g/100g); acidi grassi principali (percentuale relativa). I valori sono la media $\pm$ SD ($n = 3$).

Sostanza secca (g/100g)	90,61 $\pm$ 0,09
Proteine grezze (g/100g)	29,21 $\pm$ 0,93
Olio (g/100g)	4,41 $\pm$ 0,55
Ceneri (g/100g)	0,86
Composizione acidica dell'olio (% sul totale)	
Acido Palmitico C _{16:0}	7,68 $\pm$ 0,24
Acido Palmitoleico C _{16:1c9}	0,10 $\pm$ 0,03
Acido Eptadecanoico C _{17:0}	0,14 $\pm$ 0,02
Acido Stearico C _{18:0}	3,65 $\pm$ 0,13
Acido Oleico C _{18:1c9}	20,44 $\pm$ 0,89
Acido Linoleico C _{18:2n-6}	16,32 $\pm$ 1,10
Acido Eicosanoico C _{20:0}	0,19 $\pm$ 0,02
Acido alfa-linolenico C _{18-3n3}	49,96 $\pm$ 3,63
Acido beenico C _{22:0}	0,20 $\pm$ 0,03
Acido Lignocerico C _{24:0}	0,23 $\pm$ 0,03
TOT Acidi grassi saturi - SFA	12,07 $\pm$ 0,95
TOT Acidi grassi monoinsaturi - MUFA	21,43 $\pm$ 0,84
TOT Acidi grassi polinsaturi - PUFA	66,50 $\pm$ 4,22

I risultati ottenuti mostrano come il pannello di lino, residuo dall'estrazione dell'olio, si caratterizzi per un buon contenuto in proteine, una percentuale buona di olio ed una interessante composizione di acidi grassi, con una prevalenza di acidi grassi polinsaturi, rappresentati principalmente da acidi grassi ω -3 (acido α -linolenico, C_{18:3}) e ω -6 (acido linoleico, C_{18:2}). Questi acidi grassi vengono definiti essenziali (AGE) in quanto modulano funzioni essenziali per la vita a livello cellulare, ma non potendo essere sintetizzati autonomamente dal nostro organismo, è necessario introdurli con la dieta. Pertanto, il pannello di lino può rappresentare a pieno titolo un buon veicolo di acidi grassi benefici per la salute umana. Non solo, ma il pannello di lino risulta essere anche una buona fonte di

molecole ad attività antiossidante, come polifenoli e flavonoidi, e si caratterizza per un a buona attività anti-radicalica e antiossidante (Tabella 44). Per la determinazione di questi parametri, campioni di pannello sono stati estratti con metanolo all'80% (v/v), sonicati per 30 minuti a T ambiente e centrifugati per 15 minuti a 3500 rpm. Il surnatante così ottenuto è stato filtrato con filtri a siringa (0,45 µm) e conservati a 4°C fino ai successivi saggi spettrofotometrici. Il contenuto in fenoli totali è stato determinato attraverso la procedura del Folin-Ciocalteu ed i risultati sono stati espressi come milligrammi di acido gallico equivalenti (GAE) per grammo di pannello (s.s.). Il contenuto in flavonoidi totali, invece, è stato valutato secondo il metodo colorimetrico del cloruro di alluminio ed i risultati espressi come mg di catechina equivalenti (CAE) per grammo di pannello. Infine, l'attività antiossidante è stata saggiata sia attraverso il saggio del DPPH che attraverso il test ABTS. I risultati, ottenuti con entrambi i test, sono stati espressi in micromoli di Trolox Equivalenti (TE) per grammo di pannello (peso secco).

Tabella 44. Caratterizzazione fitochimica del pannello di lino: contenuto in fenoli totali, flavonoidi totali e attività antiradicalica (test del DPPH e antiossidante (Test ABTS). I valori sono la media $\pm$ SD ($n = 3$).

Fenoli tot (mg GAE/g PS)	7,40 $\pm$ 0,41
Flavonoidi tot (mg CAE/g PS)	0,90 $\pm$ 0,03
Attività anti-radicalica (µmol TE/g PS)	17,49 $\pm$ 0,77
Attività antiossidante totale (µmol TE/g PS)	8,60 $\pm$ 0,02

Al fine di identificare i singoli composti bioattivi presenti nel pannello di lino e responsabili dell'attività antiossidante misurata, i ricercatori del CiRAA hanno condotto analisi in HPLC (cromatografia liquida ad alta pressione). I risultati hanno evidenziato come il pannello di lino sia una buona fonte di lignani (in particolare di SDG, secoisolariciresinolo diglucoside), di flavonoidi quali l'erbacetina diglucoside e di acidi idrossicinnamici quali i glucosidi dell'acido *p*-cumarico e l'acido ferulico (Figura 61).

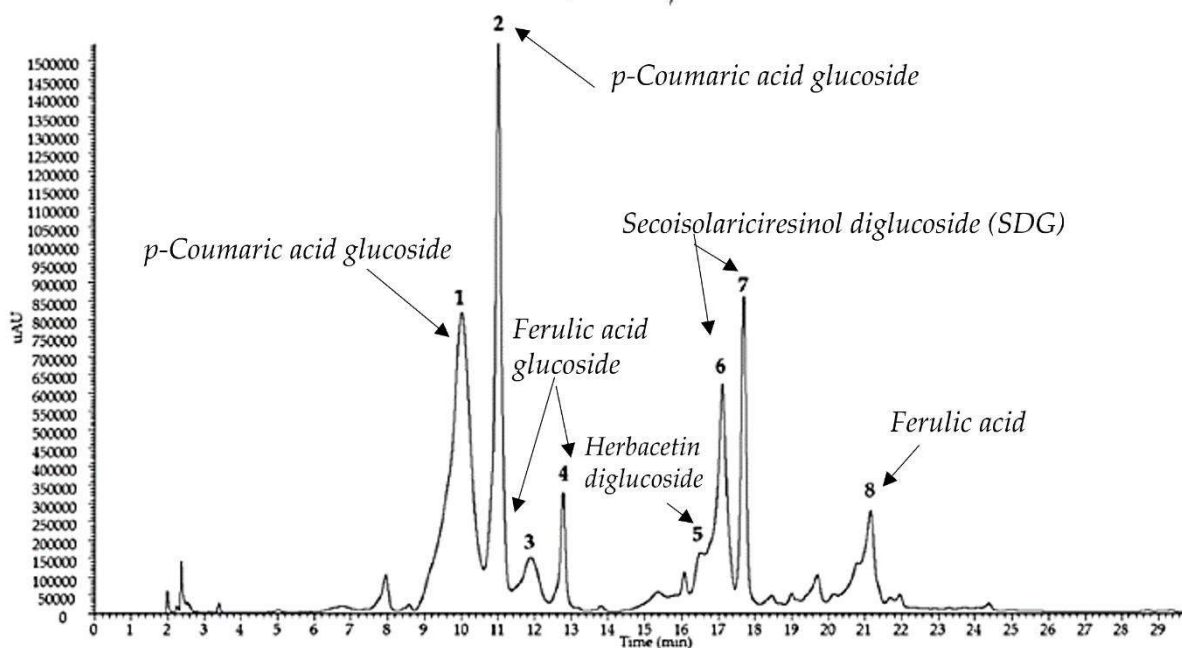


Figura 61. Profilo in HPLC–PDA/UV rilevato alla lunghezza d’onda di 280 nm.

I composti fenolici (flavonoidi e acidi fenolici) sono riconosciuti come importanti metaboliti secondari in grado di prevenire diverse patologie, come le malattie cardiovascolari e neurodegenerative e il cancro. I polifenoli presentano, infatti, un'interessante attività antiossidante grazie alla loro capacità trasferire un atomo di idrogeno o un elettrone, agendo così da agenti riducenti, oltre che dalla loro capacità di chelare ioni metallici e inibire l'attività delle ossidasi. Inoltre, l'SDG, uno dei più rappresentativi costituenti monomerici della macromolecola dei lignani, ha dimostrato possedere molte attività biologiche quali proprietà antiossidanti e antinfiammatorie e svolgere un ruolo nella prevenzione delle malattie croniche, come patologie cardiovascolari e sindrome metabolica.

Pertanto, le indagini condotte hanno evidenziato come, grazie alla sua interessante composizione chimica, i pannelli di lino possono essere valorizzati con ingredienti funzionali nell'alimentazione umana come fonte di antiossidanti. Al tempo stesso, tenendo conto delle crescenti problematiche ambientali, l'uso di questi coprodotti e la possibilità di recuperare componenti dall'elevato valore aggiunto possono rappresentare uno strumento sostenibile per la riduzione dello smaltimento dei rifiuti e per sviluppare nuovi alimenti/ingredienti funzionali rispettosi dell'ambiente.

2.1.4. Valutazione delle caratteristiche qualitative del crambe

A livello qualitativo differenze significative si sono riscontrate nel contenuto in olio del seme, che, nel 2021, ha raggiunto una concentrazione media significativamente più bassa (pari a 17,9%) di quella ottenute nel primo anno di sperimentazione (27,7%), come evidenziato in Figura 62. In entrambi gli anni, comunque, questo parametro si è attestato sui valori molto bassi, inferiori anche a quanto riscontrato in letteratura per questa coltura. In tabella 45 è riportata la composizione acidica dell'olio ottenuto nei due anni di coltivazione.

Nessuna differenza significativa è stata invece registrata nel contenuto di proteine del seme (Figura 62).

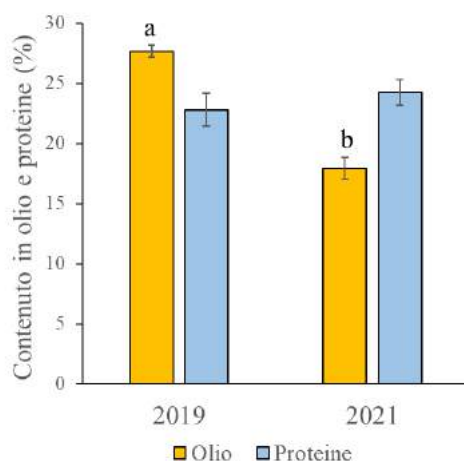


Figura 62. Contenuto in olio e proteine del crambe in semina primaverile presso il CiRAA nel 2019 e nel 2021.

Tabella 45. Composizione acidica (%) dell'olio di crambe in semina primaverile presso il CiRAA nel 2019 e nel 2021.

Acidi grassi (%)		2019	2021
Palmitico	C 16:0	2,60 ± 0,26	4,03 ± 0,11
Stearico	C 18:0	1,03 ± 0,06	1,10 ± 0,00
Oleico	C 18:1	18,97 ± 0,65	17,55 ± 0,14
Linoleico	C 18:2	8,80 ± 0,30	14,03 ± 0,67
γ linolenico	C 18:3	-	-
α linolenico	C 18:3	5,83 ± 0,25	8,65 ± 0,00
Arachidico	C 20:0	0,87 ± 0,06	0,88 ± 0,04
Gadoleico	C 20:1	4,13 ± 0,06	5,03 ± 0,67
Eicosadienoico	C 20:2	-	-
Arachidonico	C 20:4	-	-
Beenico	C 22:0	2,10 ± 0,26	1,73 ± 0,04
Erucico	C 22:1	53,50 ± 0,26	43,63 ± 1,24
Lignocerico	C 24:0	0,70 ± 0,00	0,68 ± 0,04
Nervonico	C 24:1	1,43 ± 0,06	1,15 ± 0,07

Dalla composizione acidica, risulta evidente l'elevato contenuto di acido erucico. L'utilizzo del solo acido erucico purificato dopo saponificazione del trigliceride porta alla produzione di erucamide

(C₂₂H₄₃NO), noto negli ultimi anni per la produzione di nylon e altri materiali “plastici” da fonte rinnovabile. L’erucamide, quando aggiunto alla plastica, agisce come lubrificante, riducendo il coefficiente di attrito. Può trovare applicazione anche nel settore del *food packaging*.

Ricordiamo, inoltre, come il pannello di crambe si caratterizzi per un contenuto di proteine dell’ordine di 25-28%, costituite principalmente da lisina e metionina. Inoltre, si ritrova un buon contenuto in fibre, tannini, inositolo e glucosinolati, rappresentati questi ultimi principalmente da epi-progoitrina e neoglucobrasicina. La presenza dei glucosinolati nel pannello è una limitazione all’uso del prodotto come fonte alimentare, perché sono composti tossici dopo l’idrossilazione e devono essere rimossi nel caso in cui il pannello venga utilizzato nel settore *feed*.

2.1.5. Valutazione delle caratteristiche qualitative del girasole alto-oleico

I semi di girasole provenienti sia dalle prove condotte presso i dispositivi sperimentali di TeReTo (Alberese, GR) che dalle coltivazioni realizzate presso l’azienda agricola Musu sono stati analizzati per quanto riguarda la presenza di umidità, acidità libera, contenuto in olio e composizione acidica dei principali acidi grassi (Tabella 46 e Figure 63).

Tabella 46. Contenuto in olio (g/100g s.s.) e proteine (g/100g s.s.) in semi girasole coltivati ad Alberese (TeReTo) e Santo Pietro Belvedere (Musu) nel 2019 e 2020.

	Olio (g/100g s.s.)	Acidità libera (%)	Umidità (%)
TeReTo 2019 Toscana CS – Tesi Testimone	39,85 ± 0,74	2,68 ± 0,15	5,72 ± 0,11
TeReTo 2019 Toscana CS – Tesi Bioattivatori	39,13 ± 0,45	2,86 ± 0,41	5,97 ± 0,13
TeReTo 2020 P64 HE 133 Biologico	41,35 ± 0,88	3,06 ± 0,14	6,92 ± 0,18
Musu 2019 P64 HE 133 Convenzionale	40,26 ± 0,36	2,94 ± 0,16	6,13 ± 0,11

Composizione acidica olio girasole HO

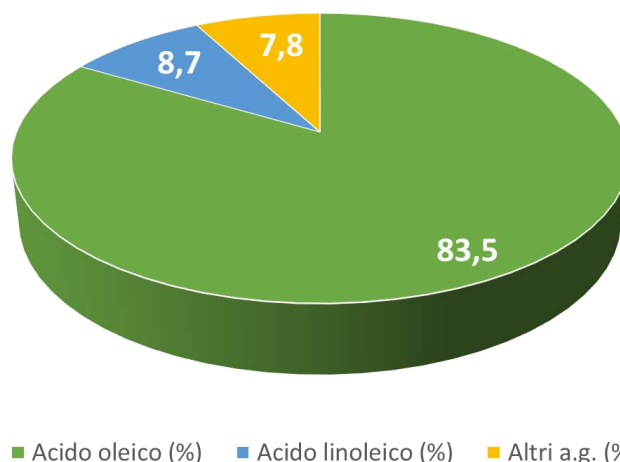


Figura 63. Composizione acidica dell'olio di girasole alto oleico - Musu 2019 varietà P64 HE 133.

Da sottolineare come l'acido oleico sia senza dubbio il più importante acido grasso monoinsaturo, capace di conferire peculiarità interessanti agli alimenti che ne sono ricchi. L'elevata stabilità - che si traduce in un'alta resistenza al calore e all'ossidazione - migliora la conservabilità di questi alimenti, li preserva dall'irrancidimento e li rende particolarmente adatti alla frittura. Oggi si registra un forte interesse da parte dell'industria alimentare, che può disporre di un parziale sostituto ad altri grassi vegetali (es. olio di palma), con oli più resistenti all'ossidazione e all'irrancidimento, più stabili alla cottura e più sani per il consumatore. Se comparata ad una dieta ricca di acidi grassi saturi, un'alimentazione ricca di acido oleico favorisce il mantenimento della normale fluidità del sangue e riduce la quota di colesterolo associata alle lipoproteine a bassa densità (LDL o colesterolo cattivo). Inoltre, la filiera del girasole alto oleico può offrire una significativa premialità rispetto alle produzioni convenzionali, grazie a innovative destinazioni dell'acido oleico, non più limitato al solo utilizzo in campo alimentare. Infatti, le sue potenzialità nel campo dei biomateriali sostenibili di origine vegetale, potrebbe rappresentare la nuova frontiera della crescita del mercato italiano del girasole. La filiera della trasformazione è sempre più attenta all'origine delle materie prime e vi è sempre più la necessità urgente di disporre di un prodotto di qualità, tracciabile e certificato, che rappresenta uno strumento importantissimo per preservare e valorizzare le produzioni agricole italiane e quelle toscane, in particolare.

3. AZIONE 3.3 - Valutazione tecnico-scientifica e verifica di fattibilità delle tecniche colturali innovative trasferite alle aziende di produzione

Tale attività è stata realizzata mediante:

- (i) monitoraggio delle coltivazioni a livello aziendale da parte dei ricercatori del CiRAA e dei consulenti alla ricerca;
- (ii) incontri e scambi di informazioni con gli imprenditori agricoli coinvolti nelle filiere in creazione;
- (iii) analisi dei risultati e dei contenuti ottenuti dallo svolgimento delle attività di cui alle misure 3.1 e 3.2.

I sopralluoghi ed i rilievi realizzati nel corso del progetto, e riportati nei capitoli precedenti, hanno avuto l'obiettivo di collaudare e verificare l'efficacia delle tecniche innovative proposte in relazione al contesto delle aziende aderenti; di misurarne gli effetti sulla quantità e la qualità delle produzioni; di valutarne la sostenibilità a scala di *“real field”*.

I ricercatori del CiRAA, attraverso l'elaborazione dei dati raccolti, hanno ottenuto importanti informazioni sulle più opportune strategie di produzione in relazione all'ambiente pedo-climatico di riferimento e alla tipologia delle colture.

Questa attività ha consentito di valutare il grado di adeguatezza tecnico-scientifica delle attività proposte e delle modalità di realizzazione delle stesse con conseguente monitoraggio/acquisizione ed elaborazione dei risultati e definizione di un modello di *best practices* (vedi allegato I alla presente relazione).

Questa azione finale è risultata di fondamentale importanza ai fini del trasferimento delle innovazioni e della loro conseguente applicabilità nel contesto territoriale di riferimento, ma anche per accrescere il potenziale umano, il capitale fisico e la qualità della produzione agricola derivante, allo scopo ultimo di migliorare la competitività e l'efficienza aziendale.

Bibliografia

- Leon A.J., Lee M., Andrade F.H. 2001. Quantitative trait loci for growing degree days to flowering and photoperiod response in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Theoretical and Applied Genetics, 102(4), 497-503.
- O'Connor B.J., Gusta L.V. 1994. Effect of low temperature and seeding depth on the emergence of seven flax (*Linum usitatissimum* L.) cultivars. Canadian Journal of Plant Science, 74(2), 247-253.
- Schneider A.A., Miller J.F. 1981. Description of sunflower growth stages. Crop Science, 21(6), 901-903.
- Smith J.M., Froment M.A. 1998. A growth stage key for winter linseed (*Linum usitatissimum*). Annals of Applied Biology, 133(2), 297-306.
- Società Italiana della Scienza del Suolo - S.I.S.S. 1985. Sezione 10: Interpretazione dei Risultati. In "Metodi normalizzati di analisi del suolo". Goldberg L.F., Arduino E. Edagricole, Bologna, 89-100.

Azione 4 - Coltivazione oleaginose a livello aziendale

L'azienda agricola Musu dispone attualmente di una superficie totale di circa 336 ettari condotti in affitto. La superficie totale si attesta mediamente intorno ai 400 ettari.

L'ordinamento colturale prevalente è connesso alla coltivazione di cereali, proteoleaginose e foraggiere con metodo convenzionale. L'uso del suolo è il seguente (dati PCG 2021):

[37373] AZ. AGR. MUSU GIUSEPPE E FRANCESCO S.S.		
Coltivazioni fino al 15 maggio		
Codice	Occupazione del suolo	Area
655	ARBORETO CONSOCIABILE (CON COLTIVAZIONI ERBACEE)	2191
544	CECE	489929
651	COLTIVAZIONI ARBOREE SPECIALIZZATE	2473
003	COLZA	695882
226	CORIANDOLO	104639
562	ERBA MEDICA	8400
122	FAGIOLO	46634
005	GIRASOLE	272675
002	GRANO (FRUMENTO) DURO	107814
587	GRANO (FRUMENTO) TENERO	1247778
420	OLIVO	1361
666	SEMINATIVI	2434
004	SOIA	65667
693	SORGO	152297
214	SUPERFICI AGRICOLE RITIRATE DALLA PRODUZIONE	169299
Totale		3369473

L'azienda agricola Musu ha svolto, secondo il metodo di produzione convenzionale, la coltivazione delle colture oleaginose oggetto della proposta, secondo pratiche di coltivazione condivise in itinere con il partner scientifico CIRAA e con il personale tecnico incaricato dal capofila (Evandro Marcucci). Presso l'azienda sono state allestite coltivazioni di lino e di girasole alto oleico:

- 20 Ha girasole con semina a primavera 2019 e raccolto fine estate 2019
- 20 Ha lino con semina autunnale 2019 e raccolto estate 2020
- 20 Ha girasole con semina a primavera 2021 e raccolto fine estate 2021

Grazie alla proroga del progetto è stato possibile allestire anche un terzo ciclo produttivo con il girasole 2021.

INQUADRAMENTO TERRITORIALE E LOCALIZZAZIONE DEGLI APPEZZAMENTI

Figura 1 – Mappa appezzamenti a **girasole** 2019
Capannoli Fg 13 e 16

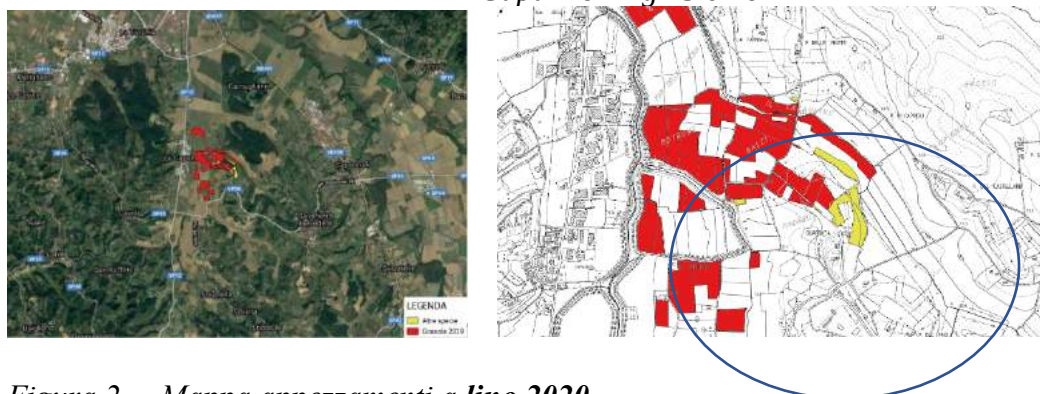
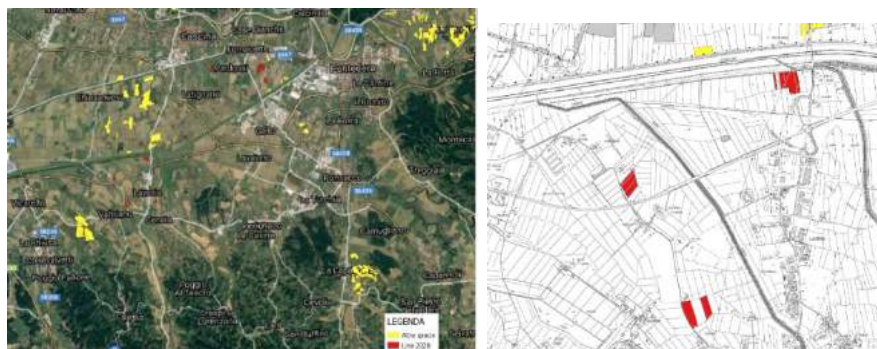


Figura 2 – Mappa appezzamenti a **lino** 2020
Crespina Fg 1, 4, 5



Pontedera Fg 7 e 20

Cascina Fg 44

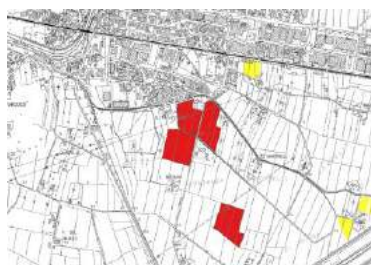
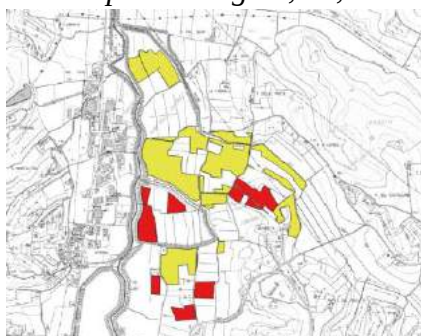
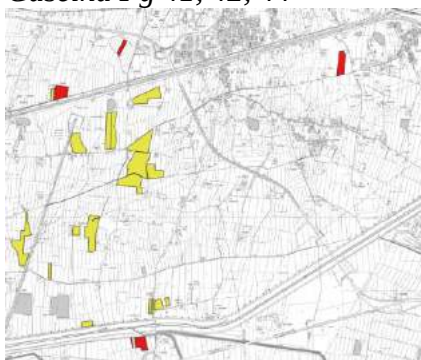
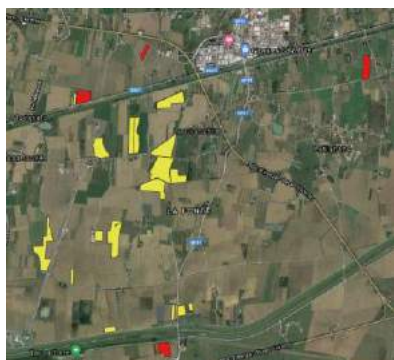


Figura 3 – Mappa appezzamenti a **girasole** 2021

Capannoli Fg 13, 16, 17



Cascina Fg 41, 42, 44

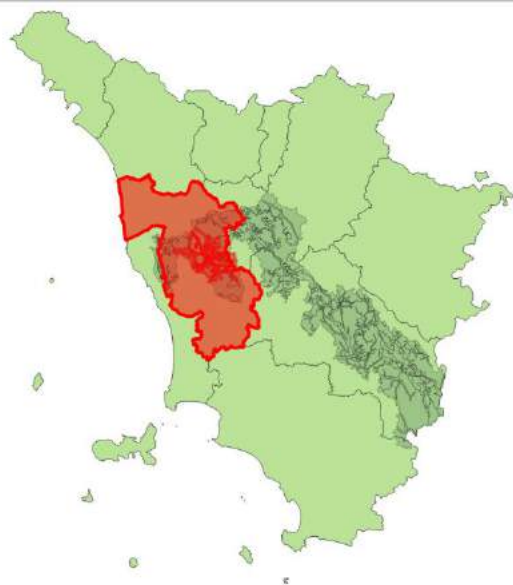


PEDOLOGIA GENERALE DELL'AREA



Legenda della Carta dei suoli in scala 1:250.000 della Toscana

Soil Region 61.3 - Colline su sedimenti pliocenici e pleistocenici



Unità Cartografica Sigla	Suoli Nome, sigla STS e frequenza	Descrizione	Classificazione Soil Taxonomy	WRB
ERA1_PER1	Era ERA1 molto frequenti	Suoli profondi, a profilo Ap-Bw(g), da non ghiaiosi a scarsamente ghiaiosi, da franco limoso argilloso ad argilloso limoso in profondità, da moderatamente a fortemente calcarei, da debolmente a moderatamente alcalini, da moderatamente ben drenati a piuttosto mal drenati. Frequente presenza di caratteri vertici.	<i>Vertic Haplustepts, fine, mixed, thermic (2.003)</i>	<i>Gleyi Vertic Cambisols (1.998)</i>
	Perignano PER1 frequenti	Suoli profondi, a profilo Ap-C, non ghiaiosi, da franchi a franco sabbiosi, calcarei, moderatamente alcalini, generalmente non o scarsamente strutturati, con possibili modeste concentrazioni carbonatiche in profondità, ben drenati.	<i>Typic Xerofluvents, coarse-loamy, mixed, calcareous, thermic (2.003)</i>	<i>Calcaric Fluvisols (1.998)</i>

PEDOPAESAGGI



Catalogo delle nuove tipologie pedologiche del Bacino dell'Arno



Suoli Fondo dell'Era EDEI fase tipica

ORIGINE DEI DATI
- Rilevamenti pedologici dell'Autorità del Bacino dell'Arno (2010).

LOCALITÀ TIPICA:
Fondo dell'Era, Pesciol (PT)

DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE
Fondovalle, pianeggiante o leggermente ondulato; non depositi alluvionali attuali o recenti in prevalenza argillosi, limosi o franchi con sabbie.

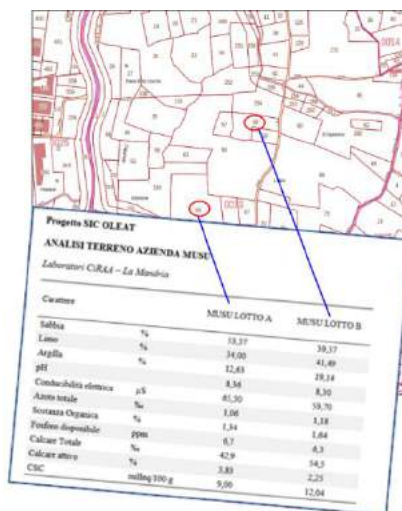
CARATTERI DEI SUOLI
Suoli molto profondi, a profilo Ap-Cg, non ghiaiosi, a texture da franco argilloso limoso ad argilloso, molto calcarei, moderatamente alcalini, piuttosto mal drenati.

ORIZZONTI PRINCIPALI E RANGE DI VARIABILITÀ
Sequenza caratteristica degli orizzonti genitici: Ap-Cg.L. l'orizzonte Ap è di colore grigio (SY5/1), ha spessore di circa 50 cm e spesso minimo; la texture è di argilloso limoso ad argilloso e l'effervescenza all'RTCT è violenta; la reazione è moderatamente alcalina, è molto calcarea, mediamente dotata in sostanza organica e lo scheletro è assente. Al di sotto dell'Ap si possono trovare più suborizzonti (g, di colore generalmente, da bruno grigiastro scuro (2.5Y 4/2) a oliva (5Y 5/4); lo spessore può essere superiore a 100 cm e presenta molte variazioni di colore grigio (SY5/1-2, SY5/6); l'aspetto è massivo, la texture franco limoso argillosa, l'effervescenza all'RTCT è violenta e la reazione è da moderatamente a fortemente alcalina; è molto calcarea e lo scheletro è assente.

QUALITÀ DEI SUOLI E PROBLEMATICHE DI GESTIONE E DI CONSERVAZIONE
Suoli ideali alla coltivazione, ma con limitazioni intense, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere specialistiche conservative. La loro posizione morfologica li predispone ad un rischio di inondazione da occasionale a frequente (tanto che si rendono necessarie antiche sistemazioni idraulico-agrarie). Le principali limitazioni sono dovute al rischio di erosione, alla tessitura talora franco limoso argillosa o argilloso limoso, al dosaggio piuttosto elevatissimo e alla conseguente scarsa aereazione. Per quanto concerne le caratteristiche strutturali, inoltre, tali suoli si contraddistinguono per la consistenza idraulica solida da bassa a molto bassa con prevalenza del fillo in senso orizzontale, per l'assenza di fillo, per una capacità di saturazione delle piogge basse. La capacità di trattenere o restituire i potenziali inquinanti è molto alta. Sono suoli spesso pesanti, con un rischio elevato di diventare soffocanti per il drenaggio piuttosto difficoltoso, l'apportabilità bassa e l'assenza di una buona struttura. Il rischio di erosione superficiale è assente mentre prevalgono i fenomeni di deposizione idrica. Il rischio d'incremento in superficialità è basso.

CARATTERIZZAZIONE CHIMICO-FISICA DEI SUOLI

I suoli possono essere caratterizzati in base alle analisi storiche disponibili in azienda:



Comune	Campione	pH	AZOTO TOTALE (KJELDAHL) mg/kg (su s.s.)	RAPPORTO CARBONIO/AZOTO	SOSTANZE ORGANICHE % p/p (su s.s.)	CALCARE ATTIVO % p/p (su s.s.)	CALCARE TOTALE % p/p (su s.s.)	CAPACITÀ DI SCAMBIO CATIONICO meq/100 g	FOSFORO ASSIMILABILE mg/kg (su s.s.)	POTASSIO SCAMBIABILE mg/kg (su s.s.)	Sabbia % p/p (su s.s.)	Limo % p/p (su s.s.)	Argilla % p/p (su s.s.)
Calcinaia	Calcinaia Fg 21	7,9	1,4	7,12	1,7	1,25	2,36	32,2	65,5	237	40,4	35,4	24,2
Cascina	Cascina Fg52	8	1,2	7,56	1,51	5	6,69	24,4	68,1	182	66,4	21,9	11,7
Cascina	Cascina Fg25	7,97	1,5	8,07	2,15	3,75	4,72	27,6	102	235	34,8	32,5	32,7
Cascina	Cascina2013	8,1	1	7,6	1,31	3,1	8,8	14,4	30	105	42,3	39,6	18,1
Cascina	Cascina Cartamo2011_2012	8,04	1,09	11,6733	2,19	2	24		6,53		49,2	27,5	23,3
Castelfranco d/s	Castelfranco d/s 35_194	8,01	1,1	8,96	1,68	1,25	1,57	37,6	68,5	295	33,3	43,8	22,9
Collesalveti	Collesalveti Fg36P33	8,1	1,1	6,94	1,32	11,3	13	25,9	57,7	121	64,2	25,8	10
Collesalveti	Collesalveti 6_3	8,02	1,6	6,96	1,95	3,75	4,33	34,9	47,5	290	20,1	31,8	48,1
Fauglia	Fauglia 4_348	8	1,4	7,76	1,88	2,5	5,91	34,3	88,1	230	47,8	32,7	19,5
Fauglia	Fauglia2013	8	1,1	8,7	1,64	1,8	7,6	12,1	75	100	53	31,3	15,7
Pontedera	Pontedera 7_39	7,98	1,5	7,84	2,06	3,75	7,09	26,1	103	353	40,6	37,2	22,2
S. Maria a.m.	S. Maria a.m. 26_448	7,96	2,1	8,81	3,19	1,25	1,57	36,9	48	262	22,5	32,9	44,6
S. Maria a.m.	S. Maria a.m. 39_363	8,04	1,3	7,55	1,67	2,5	3,54	36,1	75	239	61,6	22,2	16,2
S. Maria a.m.	S. Maria a.m.2013	8,2	1,2	8,6	1,78	1,8	3,4	17,1	106	160	43	35,9	21,1
Capannoli	Capannoli	8,02	0,12	8,33	1,76	6,25	7,09	28,6	36,4	172	50,2	35,8	14

Di seguito le analisi di controllo più recenti eseguite dal partner CIRAA:

Parametro	2019
pH	8,3
EC _e	μS/cm 59,7
N tot	% 1,2
S.O.	% 1,7
P Olsen	ppm 6,3
Calcare totale	% 54,5
Calcare attivo	% 2,3
CSC	meq 100 g ⁻¹ 12,04
Sabbia	% 39,3
Limo	% 41,5
Argilla	% 19,2

Inoltre, sulla scorta della cartografia pedologica disponibile su Geoscopio, elaborata con il software QGIS sovrapponendo a questa i layer relativi agli scarichi ARTEA del piano colturale grafico 2019-2020-2021, si considerino, per gli appezzamenti interessati, i seguenti aspetti:

1. la capacità d'uso e la fertilità generale
2. la fertilità chimica degli orizzonti superficiali

Capacità d'uso e fertilità dei suoli

(Fonte: Geoscopio Regione Toscana –elaborazione QGIS)

Girasole 2019



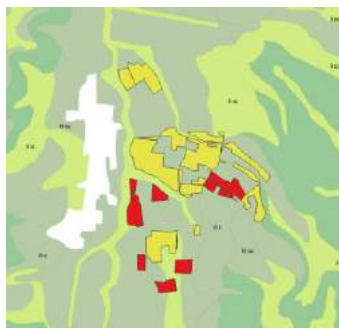
Classe III - Suoli che presentano severe limitazioni, tali da ridurre drasticamente la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative

Lino 2020



Classe I - Suoli che presentano pochissimi fattori limitanti il loro uso e che sono quindi utilizzabili per tutte le colture
Classe II - Suoli che presentano moderate limitazioni che richiedono una opportuna scelta delle colture e/o moderate pratiche conservative
Classe III - Suoli che presentano severe limitazioni, tali da ridurre drasticamente la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative

Girasole 2021



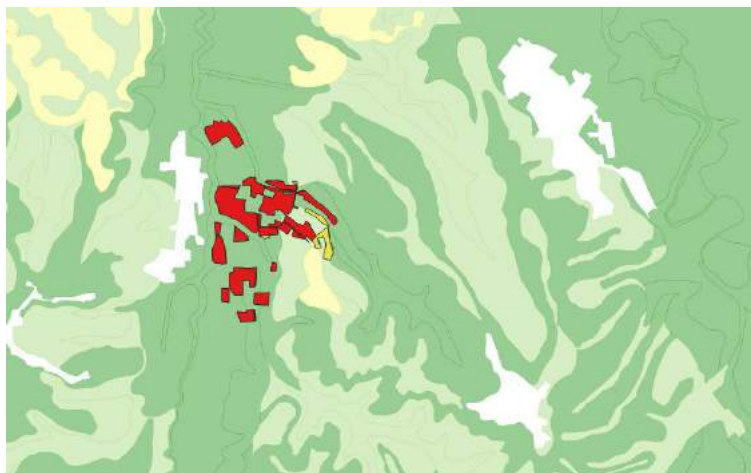
Classe III - Suoli che presentano severe limitazioni, tali da ridurre drasticamente la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative



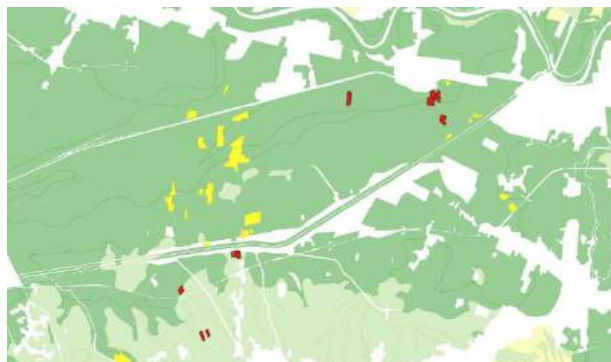
Classe I - Suoli che presentano pochissimi fattori limitanti il loro uso e che sono quindi utilizzabili per tutte le colture
Classe II - Suoli che presentano moderate limitazioni che richiedono una opportuna scelta delle colture e/o moderate pratiche conservative
Classe III - Suoli che presentano severe limitazioni, tali da ridurre drasticamente la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative

Fertilità chimica degli orizzonti superficiali
(Fonte: Geoscopio Regione Toscana –elaborazione QGIS)

Girasole 2019



Lino 2020



Girasole 2021



LEGENDA



Attività colturali svolte

Campagna di raccolta Girasole 2019

Periodo	Operazioni
<i>Agosto 2018 Terza decade</i>	Dopo la raccolta del grano, il terreno era stato lavorato con un arieggiatore alla profondità di 30 cm (attività extra-progettuale)
<i>Marzo 2019 Prima decade</i>	Primo passaggio con un preparatore in modo da assicurare una lavorazione superficiale del terreno e, contemporaneamente, incorporazione del concime fosfo-potassico di base (misto-organico)
<i>Marzo 2019 Terza decade</i>	Secondo passaggio con preparatore per il controllo meccanico della vegetazione infestante
<i>Aprile 2019 Seconda decade</i>	Nuovo intervento con preparatore per ulteriore controllo meccanico e spianatura del terreno
<i>Maggio 2019 Seconda decade</i>	Distribuzione, in prossimità delle semine, di 80-90 unità di azoto, seguita da erpicatura con erpice rotante. Nuova spianatura con erpice rotante per ultimo affinamento del letto di semina. Semina (dal 12 al 15 maggio) con seminatrice di precisione e contemporanea distribuzione di prodotto biostimolante (con microgranulatore applicato alla seminatrice)
<i>Maggio 2019 Seconda decade</i>	Distribuzione diserbo in pre-emergenza (selettivo per il girasole) Monitoraggio e interventi di controllo preventivo e contrasto degli attacchi da parte di piccioni (Columba livia), fino al completamento della fase cotiledonare
<i>Giugno 2019 Prima decade</i>	Monitoraggio della coltura
<i>Settembre 2019 Prima decade</i>	Raccolta con mietì-trebbiatrice con testata da girasole. Resa media 26 q/ha

Condizioni generali della coltura 2019:

Emergenza ritardata per calo temperature nel periodo (sotto le medie stagionali). Presenza di fallanze per danni da piccioni.

Campagna di raccolta Lino 2020

Periodo	Operazioni
Agosto 2019 Terza decade	Dopo la raccolta del grano, anche nel caso del lino il terreno è stato lavorato con un arieggiatore alla profondità di 30 cm
Settembre 2019 Prima decade	Primo passaggio con un preparatore in modo da assicurare una lavorazione superficiale del terreno e, contemporaneamente, incorporazione del concime fosfo-potassico di base (misto-organico)
Ottobre 2019 Terza decade	Secondo passaggio con preparatore per il controllo meccanico della vegetazione infestante
Ottobre 2019 Terza decade	Nuovo intervento con preparatore per ulteriore controllo meccanico e spianatura del terreno
Ottobre 2019 Terza decade	Prima erpicatura con erpice rotante. Nuova spianatura con erpice rotante per ultimo affinamento del letto di semina. Semina con seminatrice pneumatica
Aprile 2020 Prima decade	Concimazione azotata di copertura (50 unità di azoto)
Aprile 2020 Seconda decade	Monitoraggio della coltura
Agosto 2020 Seconda/Terza decade	Raccolta con mietitrebbiatrice con testata da grano. Resa media 8,5 q/ha

Condizioni generali della coltura 2020:

Abbondanti infestazioni di graminacee (loietto). Problemi di fibrosità della pianta con resistenza al taglio durante la raccolta

Campagna di raccolta Girasole 2021

Periodo	Operazioni
Agosto 2020 Terza decade	Il terreno con residui colturali della coltura precedente è stato lavorato con un arieggiatore alla profondità di 30 cm
Marzo 2021 Seconda/Terza decade	Primo passaggio con un preparatore in modo da assicurare una lavorazione superficiale del terreno Secondo passaggio con preparatore per il controllo meccanico della vegetazione infestante Nuovo intervento con preparatore per ulteriore controllo meccanico e spianatura del terreno Diserbo pre-semine con 4 kg/ha di formulato dissecante (solo su 7,5 Ha nelle zone più attaccate da infestanti vivaci e perennanti)
Aprile 2021 Prima decade	Distribuzione con interrimento, in prossimità delle semine, di 90 unità di azoto, seguita da erpicatura con erpice rotante. Nuova spianatura con erpice rotante per ultimo affinamento del letto di semina. Semina con seminatrice di precisione
Maggio 2021 Seconda decade	Diserbo in pre-emergenza (selettivo per il girasole) Monitoraggio e interventi di controllo preventivo e contrasto degli attacchi da parte di piccioni (Columba livia), fino al completamento della fase cotiledonare
Maggio 2021 Terza decade	Concimazione di copertura con 80 unità
Settembre 2021 Seconda decade	Raccolta con testata da girasole. Resa media 21 q/ha

Condizioni generali della coltura 2021:

Semina ripetuta per grave attacco di piccioni. La semina tardiva e ulteriori attacchi di piccioni hanno determinato la comparsa di fallanze. Le gelate tardive sono state la causa di una stentata partenza vegetativa della coltura (aiutata con azoto in copertura). Complessivamente le rese sono risultate inferiori alle medie storiche

Mezzi tecnici impiegati

I mezzi tecnici utilizzati sono sementi, diserbanti e concimi, rivalutati durante le fasi progettuali, per tipologia e dosi di impiego, in funzione delle reali condizioni pedo-agronomiche, delle condizioni agro-meteo nonché delle esigenze della coltura.

Nei prospetti a seguire sono dettagliati i mezzi tecnici che è stato possibile portare in rendicontazione per limiti di budget:

Sementi:

Tipo	Coltura	Ha	kg/ha	kg tot
Seme lino	Lino 2020	20	48,75	975

Tipo	Coltura	Ha	dosi/ha	dosi tot
Seme girasole	Girasole 2019	20	1,05	21

Diserbanti:

Prodotto	Coltura	Ha	kg/ha	kg tot
Rondup Ultramax	Girasole 2021	7,5	4	30

N.B. impiego parziale del disseccante solo su infestanti vivaci

Prodotto	Coltura	Ha	lt/ha	lt tot
Dual Gold	Girasole 2019	10	1,25	12,5
Dual Gold	Girasole 2021	20	1,25	25

Fertilizzanti:

Prodotto	Coltura	Ha	q/ha	q tot
Urea	Girasole 2021	20	2	40
Nitrato ammonico	Girasole 2021	20	3	60
Nitrato ammonico	Lino 2020	10	2	20

N.B. per scongiurare eventuali carenze nelle campagne 2019 e 2020 alla semina si è provveduto a incorporare nel terreno concime fosfo-potassico di base (misto organico) non rendicontato.

Azione 5. Trasformazione

Il dipendente Marcucci Evandro ha svolto le seguenti attività:

Tabella 7 – Attività del personale interno – azione 5

Attività
Organizzazione logistica del post-raccolta: ricevimenti, stoccaggi e trasporti delle granelle verso il centro di trasformazione (con identificazione dei lotti trasportati)
Esecuzione campionamenti di granelle (per ogni lotto consegnato dal produttore agricolo)
Analisi rapide dei parametri di qualità delle granelle, su ciascun campione rilevato, effettuate con dispositivo elettronico al centro di stoccaggio
Registrazione dati derivanti da analisi rapide
Conservazione campioni presso il centro di stoccaggio
Trasporto campioni al laboratorio centro di trasformazione aziendale

Tabella 8 – Parametri di qualità rilevati in fase di accettazione del girasole

Specie/Anno	Umidità media (%)	Impurità medie (%)	Peso specifico medio (kg/hl)
Girasole			
2019	8,87	0,47	40,27
2020	7,71	0	40,13
2021	8,19	n.a.	39,78
Girasole Bio			
2019	9,4	3,5	40,4
2020	7,9	3,55	42
2021	11,1		38,5

Figura 14 – Girasole stoccato su piarda al centro di stoccaggio di Cascina (agosto 2019)



Figura 15 – Fasi del campionamento e analisi rapida del girasole al centro di stoccaggio di Cascina



2 – impostazione dispositivo e analisi rapida



3 – analisi in laboratorio con dispositivo GAC2000



I dati rilevati alle analisi rapide (per un totale di **522 campioni analizzati su tre campagne di raccolta**) sono stati immediatamente scritti dall'operatore sullo scontrino di pesata e, in seguito, registrati su foglio elettronico:

Figura 16 – Scontrino di pesata



Figura 17 – Estratto foglio dati campionamenti sul campo

Codice partecipante	Denominazione impresa cedente	Data	Prodotto	Quantità pesata(kg)	Umidità	Impurità	Peso specifico
A13.1	AZ. AGR. MUSU GIUSEPPE E FRANCESCO S.S.	14/09/2019	Girasole	10.920	7,10	0,00	35,70
A13.1	AZ. AGR. MUSU GIUSEPPE E FRANCESCO S.S.	17/09/2019	Girasole	8.880	6,70	0,00	38,00
A13.1	AZ. AGR. MUSU GIUSEPPE E FRANCESCO S.S.	17/09/2019	Girasole	8.920	8,00	0,00	37,00
A13.1	AZ. AGR. MUSU GIUSEPPE E FRANCESCO S.S.	18/09/2019	Girasole	9.620	6,8	0,00	38,30
A13.1	AZ. AGR. MUSU GIUSEPPE E FRANCESCO S.S.	18/09/2019	Girasole	7.820	8,00	0,00	37,00
A13.1	AZ. AGR. MUSU GIUSEPPE E FRANCESCO S.S.	18/09/2019	Girasole	8.820	8,90	0,00	36,00
A13.1	AZ. AGR. MUSU GIUSEPPE E FRANCESCO S.S.	19/09/2019	Girasole	8.960	7,60	0,00	37,10
A13.1	AZ. AGR. MUSU GIUSEPPE E FRANCESCO S.S.	19/09/2019	Girasole	9.360	7,60	0,00	37,10
A13.1	AZ. AGR. MUSU GIUSEPPE E FRANCESCO S.S.	19/09/2019	Girasole	9.300	8,80	0,00	38,30
A13.1	AZ. AGR. MUSU GIUSEPPE E FRANCESCO S.S.	20/09/2019	Girasole	7.680	6,50	0,00	40,00
A13.1	AZ. AGR. MUSU GIUSEPPE E FRANCESCO S.S.	20/09/2019	Girasole	9.720	6,50	0,00	40,00

Per ogni lotto accettato è stata conservata un'aliquota come contro-campione:

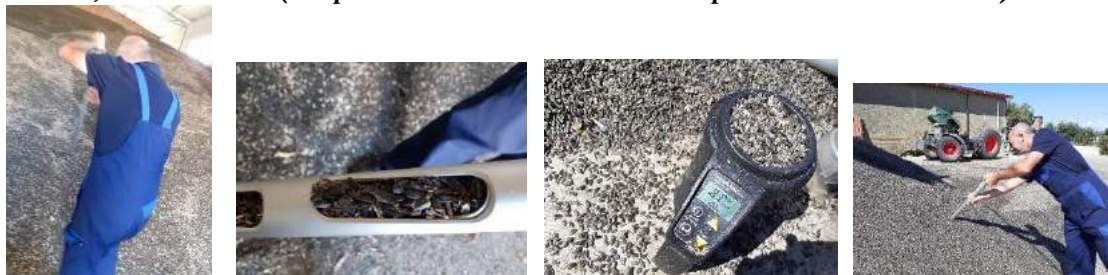
Figura 18 –Campioni conservati presso il laboratorio di Cascina



Figura 19 – Stoccaggio in magazzino (Cascina, settembre 2020)



Figura 20 – Campionamenti in magazzino e su piarda + analisi girasole
Cascina, settembre 2020 (campionamento con sonda e analisi rapida con Mini GAC PLUS)



Cascina, settembre 2021



Figura 21 – Carico automezzi per trasporto al centro di trasformazione di Fiorenzuola



Nell'impianto di Fiorenzuola il carico, all'arrivo, viene pesato e sondato. Attraverso la sonda si preleva un campione rappresentativo del carico, sul quale, dopo una prima analisi visiva, si eseguono analisi immediate di umidità e peso specifico. Lo stesso campione viene poi analizzato con lo strumento NIRS DA 1650 per calcolare anche il quantitativo (%) di grassi. Viene poi calcolato sempre attraverso il NIRS il quantitativo di acido oleico e linoleico presente nell'olio ottenuto dal seme del campione (attraverso un mini frantoio). Questo serve per verificare se l'olio è altoleico o linoleico.

Figura 22 – Sonda automatica nel centro di Fiorenzuola

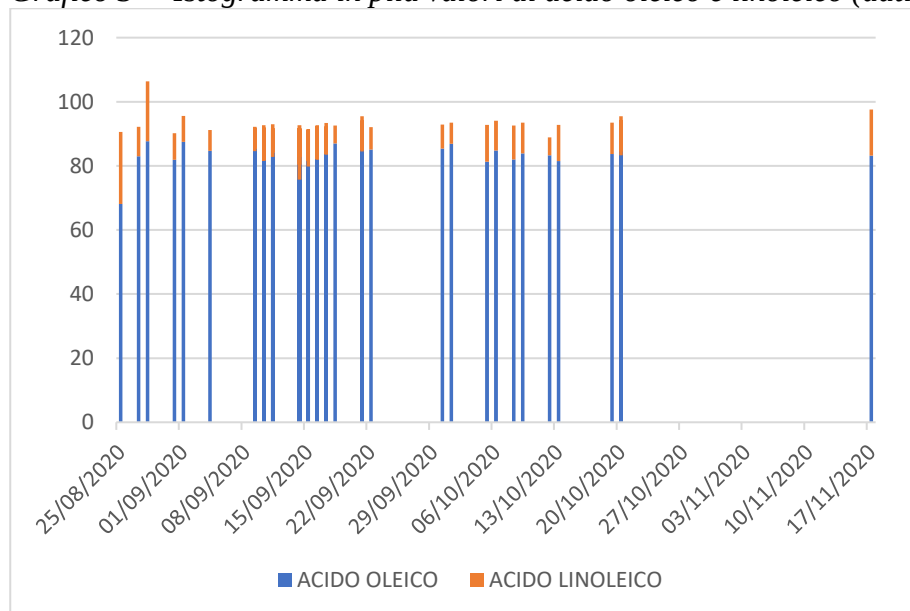


Su richiesta del partner CIRAA, relativamente ai lotti di granelle ricevuti dalla Toscana (filiera SOLEAT – campagna 2020) sono stati registrati su foglio elettronico e forniti al partner scientifico i valori relativi a un totale di **53 campioni**, al fine di supportare l'ente di ricerca impegnato sulla valutazione qualitativa dei semi oleosi.

Figura 23 – Estratto foglio dati analisi nel laboratorio interno di Fiorenzuola d'Arda (PC)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
MATERIA PRIMA	DATA DDT	DDT	KG	Umidità %	Impurità %	peso specifico	GRASSI %	ACIDO OLEICO	ACIDO LINOLEICO
GIRASOLE LINOLEICO	25/08/2020	229/E	29.670	8,2	2,0	38,0	39,87	68,1	22,52
GIRASOLE ALTOLEICO	27/08/2020	230/E	31.560	12,1	3,8	40,7	30,78	82,96	9,24
GIRASOLE ALTOLEICO	28/08/2020	231/E	33.420	10,8	2,0	33,5	36,01	87,64	18,69
GIRASOLE ALTOLEICO	31/08/2020	232/E	31.920	12,4	2,0	41,1	34,87	81,9	8,29
GIRASOLE ALTOLEICO	31/08/2020	233/E	12.960	12,0	2,0	42,5			
GIRASOLE ALTOLEICO	01/09/2020	236/E	12.600	12,2	10,0	32,6	44,1	87,5	8,1
GIRASOLE ALTOLEICO	04/09/2020	237/E	26.200	10,1	3,0	29,8	43,2	84,7	6,5
GIRASOLE ALTOLEICO	09/09/2020	238/E	30.560	11,0	2,0	40,2	41,75	85,36	6,48
GIRASOLE ALTOLEICO	09/09/2020	239/E	32.440	12,2	2,0	34,8	44,3	85,9	5,4

Grafico 3 – Istogramma in pila valori di acido oleico e linoleico (dati 2020)



Su un totale di 53 campioni analizzati sono risultati 50 campioni con tenore in acido oleico superiore all'80%, limite che rappresenta lo standard comunemente accettato per definire commercialmente "alto oleico" un olio di girasole.

Il carico dopo essere stato analizzato e approvato, viene indirizzato a scaricare in una delle 3 buche di scarico (a seconda del magazzino in cui verrà stoccato il prodotto). Alle materie prime viene attribuito un lotto al momento del ricevimento indicando il *nome e numero del*

magazzino o silo e data del primo ingresso della tipologia di MP, utilizzando il formato: mag-ggmmaa.

Ad esempio: **M4-200821**

Perciò il lotto di una MP sarà formato dal magazzino di posizionamento della merce e dalla data del primo ingresso della materia prima che ha creato il lotto.

All'entrata in magazzino le MP vengono identificate da una scheda di accettazione (modulo MD01) sul quale sono riportate le seguenti informazioni:

- nella prima parte, i dati relativi al trasporto: nome prodotto, peso, lotto, data ingresso, nome del fornitore, numero e tipo di documento.
- nella seconda parte, i dati relativi alle caratteristiche qualitative della materia prima, secondo le analisi effettuate internamente al momento dello scarico.
- nella terza parte, altre informazioni relative alla presenza di ulteriore documentazione ed il giudizio di idoneità della merce.

Al prodotto finito il lotto viene attribuito con *nome e numero del magazzino o silo o cisterna e la data del primo giorno di produzione del PF*, nel formato: mag-ggmmaa.

Ad esempio: **C6-080921.**

Perciò il lotto di un PF può essere costituito da più giornate di produzione, a seconda della quantità di materia prima da lavorare.

Figura 24 – Buca di scarico e stoccaggio in magazzino a Fiorenzuola d'Arda (PC)



Per l'ottenimento del prodotto finito, il seme viene mandato nell'impianto di spremitura dove avviene l'estrazione dell'olio che verrà poi stoccato in cisterne esterne.

Figura 25 – Impianto di spremitura e cisterne di stoccaggio



Infine, come previsto, presso laboratori esterni sono state effettuate analisi multiresiduali per la ricerca di **prodotti fitosanitari**, compreso il **glifosate**, ed altre analisi qualitative su oli di girasole e lino, su semi di girasole, su pannelli. I rapporti di prova completi sono riportati in allegato.

Figura 26 – Estratti analisi multiresiduali olio di girasole e lino

		RAFFORZO DI PROVA DATA: 04/06/2020 COMMITTENTE: SAVI ITALO S.R.L. Loc. San Protasio, 171 29010 Fiorenzuola D'Arda PC	
RAFFORZO DI PROVA DATA: 04/06/2020 COMMITTENTE: SAVI ITALO S.R.L. Loc. San Protasio, 171 29010 Fiorenzuola D'Arda PC		RAFFORZO DI PROVA DATA: 04/06/2020 COMMITTENTE: SAVI ITALO S.R.L. Loc. San Protasio, 171 29010 Fiorenzuola D'Arda PC	
RAFFORZO DI PROVA DATA: 04/06/2020 COMMITTENTE: SAVI ITALO S.R.L. Loc. San Protasio, 171 29010 Fiorenzuola D'Arda PC		RAFFORZO DI PROVA DATA: 04/06/2020 COMMITTENTE: SAVI ITALO S.R.L. Loc. San Protasio, 171 29010 Fiorenzuola D'Arda PC	

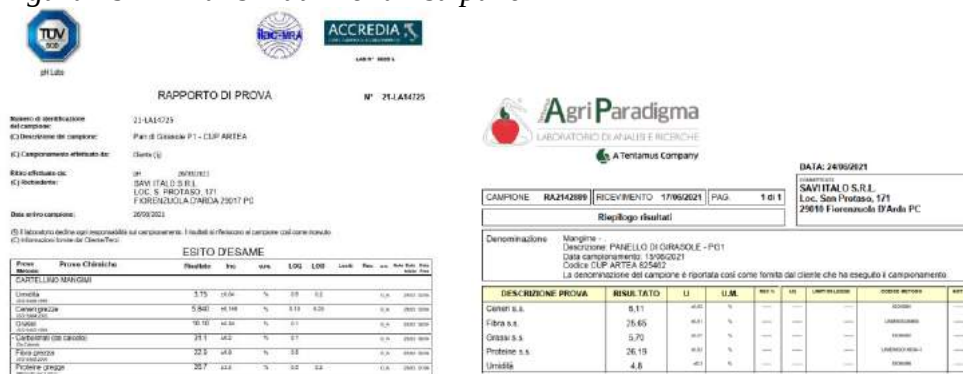
Figura 27 – Analisi qualitative

		RAFFORZO DI PROVA DATA: 04/06/2020 COMMITTENTE: SAVI ITALO S.R.L. Loc. San Protasio, 171 29010 Fiorenzuola D'Arda PC	
RAFFORZO DI PROVA DATA: 04/06/2020 COMMITTENTE: SAVI ITALO S.R.L. Loc. San Protasio, 171 29010 Fiorenzuola D'Arda PC		RAFFORZO DI PROVA DATA: 04/06/2020 COMMITTENTE: SAVI ITALO S.R.L. Loc. San Protasio, 171 29010 Fiorenzuola D'Arda PC	
RAFFORZO DI PROVA DATA: 04/06/2020 COMMITTENTE: SAVI ITALO S.R.L. Loc. San Protasio, 171 29010 Fiorenzuola D'Arda PC		RAFFORZO DI PROVA DATA: 04/06/2020 COMMITTENTE: SAVI ITALO S.R.L. Loc. San Protasio, 171 29010 Fiorenzuola D'Arda PC	

Figura 28 – Analisi qualitative su semi

		RAFFORZO DI PROVA DATA: 14/10/2020 COMMITTENTE: SAVI ITALO S.R.L. Loc. San Protasio, 171 29010 Fiorenzuola D'Arda PC	
RAFFORZO DI PROVA DATA: 14/10/2020 COMMITTENTE: SAVI ITALO S.R.L. Loc. San Protasio, 171 29010 Fiorenzuola D'Arda PC		RAFFORZO DI PROVA DATA: 14/10/2020 COMMITTENTE: SAVI ITALO S.R.L. Loc. San Protasio, 171 29010 Fiorenzuola D'Arda PC	
RAFFORZO DI PROVA DATA: 14/10/2020 COMMITTENTE: SAVI ITALO S.R.L. Loc. San Protasio, 171 29010 Fiorenzuola D'Arda PC		RAFFORZO DI PROVA DATA: 14/10/2020 COMMITTENTE: SAVI ITALO S.R.L. Loc. San Protasio, 171 29010 Fiorenzuola D'Arda PC	

Figura 29 – Analisi nutrizionali su panelli



In aggiunta alle analisi previste in fase iniziale, sempre su richiesta del partner CIRAA, nel laboratorio aziendale sono state effettuate analisi NIR (*Near Infrared Reflectance: Riflettanza nel Vicino Infrarosso*) su campioni di lino derivanti dalle prove parcellari (Fig. 30). Si allegano i rapporti di prova delle analisi effettuate su **42 campioni**.

Figura 30 – Analisi NIR su lino derivante da prove parcellari CIRAA

Informazioni del campione	
Strumento	NIRS DA1650 91762496 Savi Italo
Prodotto	Lino seme
Ora analisi	14:28:53
Data analisi	05-10-2021
Nome campione	1
Cup id	29700,29700
Cup type	2502
Parametro	Valore
Umidità	7.37 %
Proteine TQ	21.94 %
Grasso TQ	38.77 %
Fibra TQ	15.13 %
Ceneri TQ	3.75 %

Altre analisi (Figura 31) sono state effettuate su campioni di semente e della granella derivata nelle aziende Musu (convenzionale) e Rinnovamento (bio) nella campagna 2020, per la verifica di ***purezza varietale con marcatori molecolari*** presso il laboratorio di ricerca e analisi sementi (LaRAS) dell'Università di Bologna - Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari (DISTAL). Il laboratorio è riconosciuto dall'ISTA (Association International Seed Testing) e ha basato la sperimentazione su ***marker molecolari di frumento e mais con metodica accreditata da ISTA, non essendo disponibile oggi in Italia un accreditamento specifico per il girasole***.

L'analisi attraverso marcatori molecolari si configura come ***strumento innovativo a supporto del sistema di rintracciabilità della filiera SOLEAT***.

Figura 31 – Analisi di purezza varietale con marcatori molecolari

**LABORATORIO di RICERCA e ANALISI SEMENTI - LaRAS**

Viale Fanin, 40 - 40127 Bologna (BO) - ITALY - Tel. 051/2096250 - Fax 051/2096252
email: laras.analisesementi@unibo.it - http://dipsa.unibo.it/laras/laras.php

ACCREDITED TO THE INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA) - LABORATORY MEMBER ITDL0100



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
DEFINITION OF SCIENCE & TECHNOLOGY
AGRICULTURE

INDICATO DAL RICHIEDENTE - STATED BY APPLICANT	
Senza responsabilità del laboratorio - Without responsibility of the laboratory	
Specie - species Helianthus annuus - GIRASOLE	Nome del richiedente - Name of applicant
Varietà - variety Anno Raccolta 2020 - Filiera SOLEAT	
Lotto - lot HE 133	
Descrizione - description	
Kg Verbale campionamento n. - Sampling report no.	
Provenienza - provenance Campione fatto presso Azienda Agric. MUSU	SAVI ITALO SRL
	VIA SAN PROTASO, 171
	29017 - FIORENUOLA D'ARDA (PC)
Analisi - tests PurVar.	

INFORMAZIONI - INFORMATION

Laboratorio che rilascia il certificato Testing and issuing laboratory	Laboratorio di Ricerca e Analisi Sementi - LaRAS DISTAL - Università di Bologna Viale Fanin, 40 40127 Bologna, IT-Italy [ITDL0100]			
Campionato da Sampling by	N			
Marca del lotto Marks of lot	N	Stato del certificato Status of Certificate		
Sigillo del lotto Seal of lot	N	ORIGINALE		
Numero dei contenitori Number of containers	N	Data di campionamento Date of sampling	Data di ricevimento del campione Date sample received	Numero d'analisi Test number
	N		2021-04-09	2021-11-23
				1574

RISULTATI D'ANALISI - ANALYSIS RESULTS

SPECIE - SPECIES (Nome scientifico - Scientific name): **Helianthus annuus**

PUREZZA VARIETALE:

Verifica dell'identità e della purezza genetica di un lotto di granella di girasole mediante confronto con il seme della varietà 'HE133' fornito dal committente.

Tessuto fogliare campionato e liofilizzato dal laboratorio. DNA estratto da 88 individui del campione in esame, e da 32 individui del testimone 'HE133'.

Marcatori SSR in formato multiplex: Set2 (S1, marcatori M1-M5) e Set3 (S2, marcatori M1-M6).

Dei 32 individui del testimone 'HE133', 31 hanno prodotto profili leggibili. Di essi, 28 sono risultati identici tra loro. Degli 88 individui del campione in esame, 87 hanno prodotto profili leggibili. Di essi 85 sono risultati uguali tra loro. I due rimanenti tuttavia hanno mostrato alleli presenti anche nel testimone. Pertanto, nel complesso, la purezza genetica è risultata pari al 100%.

Bologna - Italy	2021-11-23
Luogo e paese - Place and country	Data - Date

Definizioni per la Ricerca di semi estranei.
Test completo: esame di un quantitativo di seme uguale a quello indicato nella tabella 2A, colonna 5, delle Regole ISTA, con segnalazione di tutte le specie riscontrate. Test limitato: esame in cui solo quelle specie richieste sono segnalate. Test ridotto: esame di un quantitativo di seme inferiore a quello indicato nella tabella 2, colonna 5, delle Regole ISTA.

Definitions for Other seeds number.
Complete Test: examination of the full quantity of seed shown in Table 2A, column 5, of the ISTA Rules in which all other species found to occur are reported. Limited Test: examination in which only those species designated by the applicant are reported. Reduced Test: examination of a quantity of seed less than that shown in Table 2A, column 5, of the ISTA Rules.



Responsabile Scientifico (Prof. Alberto Vicari)
LABORATORIO DI RICERCA E ANALISI SEMENTI (LaRAS)
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
Firma - Signature

RICADUTE ECONOMICHE DEL PROGETTO DI COOPERAZIONE

Il trasferimento delle tecniche agronomiche, ottimizzate su tre campagne agrarie e adattate ai diversi comprensori produttivi della regione, potenziate da uno studio di vocazionalità incentrato ad hoc sulle due colture principali a scala regionale, rende oggi praticabili le colture oleaginose con migliori prospettive in termini di risultati produttivi, trasformando le specie interessate in colture appetibili dal punto di vista economico.

L'innovazione di prodotto sotto il profilo varietale, della tracciabilità delle partite e della standardizzazione dei requisiti qualitativi, finalizzata alla produzione di oli vergini e alto oleici per il settore alimentare ed industriale, nonché l'abbondante materiale tecnico-divulgativo e scientifico prodotto, hanno aperto la strada al possibile sviluppo di nuove strategie di marketing nel settore commerciale di riferimento.

L'aumentato livello di conoscenza delle tecniche e dei processi, sia da parte degli agricoltori, sia da parte del capofila trasformatore, rappresenta un nuovo e valido strumento operativo, essenziale per affrontare e gestire le minacce sfruttando le opportunità della filiera, ottimizzando la catena di custodia a partire dalla produzione sementiera fino alla commercializzazione del prodotto finito.

Infine, l'approfondimento dell'analisi multiresiduale, nutrizionale e qualitativa su un numero elevato di campioni di materie prime, prodotti e coprodotti della filiera, ha consentito una verifica a posteriori dell'impatto e dell'efficacia degli input chimici durante la fase di produzione primaria e i conseguenti riflessi sulla qualità e commerciabilità dei prodotti finiti.

RICADUTE AMBIENTALI DEL PROGETTO DI COOPERAZIONE

L'indagine territoriale di dettaglio, condotta sulla SAU di un gruppo di aziende test fortemente rappresentative della filiera, lo studio di vocazionalità a copertura regionale con analisi climatica di lungo periodo, l'analisi approfondita delle interazioni genotipo x ambiente e la sperimentazione agronomica triennale condotta nei punti chiave del territorio regionale hanno fornito nuovi strumenti di successo per il conseguimento e mantenimento dei seguenti risultati ambientali:

- ottimizzato l'impiego di input chimici con minore impatto diretto sulla qualità del suolo, delle acque e dell'aria
- contrasto alla desertificazione nelle aree marginali, da valorizzare con le colture di minore diffusione (es. lino e crambe)
- adattamento, specifico e varietale, ai cambiamenti climatici con previsione, a lungo termine, di mitigazione degli stessi
- ottimizzazione della logistica e dei trasporti lungo la filiera e conseguente riduzione dei consumi energetici

COSTI DI REALIZZAZIONE DEL PROGETTO

	1	2	3	4	5	TOTALE
VOCI DI SPESA	Savi Italo	CIRAA	Musu	Pian del Volpi	Confagricoltura	
1. Spese generali (fideiussione, costituzione ATS, ...)						€ 0,00
2. Investimenti immateriali	€ 25.000,00	€ 35.802,00		€ 2.000,00	€ 3.904,00	€ 66.706,00
3. Personale	€ 25.000,00	€ 44.088,81	€ 2.000,00	€ 8.000,00	€ 4.462,00	€ 83.550,81
4. Missioni e trasferte		€ 121,80				€ 121,80
5. Beni di consumo e noleggi		€ 9.121,29	€ 8.000,00			€ 17.121,29
6. Prototipi di macchinari e attrezzature (in toto)						€ 0,00
7. Macchinari e attrezzature, software/hardware (solo ammortamento)						€ 0,00
Totale	€ 50.000,00	€ 89.133,90	€ 10.000,00	€ 10.000,00	€ 8.366,00	€ 167.499,90

ALLEGATI

1. Linee guida di buona pratica agricola per Lino da olio, Girasole, Crambe
2. Analisi della vocazionalità del territorio toscano alla coltivazione di girasole e lino.

Cascina, 14 gennaio 2022