



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTA' DI AGRARIA

Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali

Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie Agrarie

TESI DI LAUREA

RISPOSTA MORFO-FISIOLOGICA E PRODUTTIVA DEL COLZA (*B. napus* L. var. *oleifera*) A DOSI CRESCENTI DI AZOTO

Relatore: Ch.mo Prof. Giuliano Mosca

Correlatore: Dott. ssa Federica Zanetti

Dott. Enrico Rampin

Laureando: Davide Prando

ANNO ACCADEMICO 2010-2011

1.1.14. MIGLIORAMENTO GENETICO	53
1.1.15. RIDUZIONE DEGLI INPUT IN COLTURE OLEAGINOSE	54
1.2.16. UTILIZZI DELL'OLIO DI COLZA	57
1.2.17. IL BIODIESEL	59
1.2.17.1. <i>Caratteristiche del biodiesel</i>	60
1.2.19. USI NON ENERGETICI DELL'OLIO DI COLZA	63
2. SCOPO DELLA TESI.....	65
3. MATERIALI E METODI	67
3.1. ANDAMENTO CLIMATICO	67
3.2. IL TERRENO	69
3.3. PROTOCOLLO SPERIMENTALE	70
3.3.1. LAVORAZIONI DEL TERRENO	73
3.4. RILIEVI IN CAMPO	74
3.5. ANALISI DI LABORATORIO	76
3.5.1. DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI AZOTO (<i>Kjeldahl</i>)..	76
3.5.2. DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO IN OLIO (<i>Soxhlet</i>).....	77
3.5.3. DETERMINAZIONE DELL'UMIDITA' RELATIVA DEI SEMI..	78
4. RISULTATI E DISCUSSIONE	79
4.1 BIOMASSA ACCUMULATA	79
4.2 CONTENUTO DI AZOTO NELLA BIOMASSA	83
4.3 ASSORBIMENTO DI AZOTO	87
4.4 RESA IN SEME	90
4.5 HARVEST INDEX	92
4.6 PESO UNITARIO DEL SEME.....	94
4.7 PRODUZIONE DI OLIO	95
4.8 TENORE IN PROTEINA GREZZA NEL SEME.....	98
4.9 EFFICIENZA DI ASSORBIMENTO DELL'AZOTO	100
4.10 EFFICIENZA D'USO DELL'AZOTO	102
4.11 BILANCIO APPARENTE DELL'AZOTO.....	105
4.12 NITROGEN HARVEST INDEX.....	106

5. CONCLUSIONI	109
6. BIBLIOGRAFIA.....	113

Riassunto

Negli ultimi anni le politiche energetiche dei paesi industrializzati si sono orientate verso un incremento delle energie rinnovabili a causa dell'aumento del prezzo dei combustibili fossili e in vista del loro esaurimento in un futuro non troppo lontano. Una motivazione ancor più stringente, tuttavia, è legata sia all'impatto negativo che i combustibili fossili hanno sul clima (la loro combustione ha determinato una crescita del tasso di CO₂ e di altri gas a effetto serra nell'atmosfera), sia agli impegni presi nell'ambito del 'Protocollo di Kyoto', in cui tutti i paesi si sono posti come obiettivo la riduzione delle emissioni di CO₂ nell'atmosfera. Tra le fonti rinnovabili, le bioenergie possono contribuire alla mitigazione dell'effetto serra poiché le emissioni derivanti dalla loro combustione sono bilanciate dalla CO₂ fissata attraverso il processo fotosintetico.

A seguito, quindi, degli obblighi imposti dal trattato di Kyoto, la ricerca agronomica si muove verso due direttrici, massimizzare le produzioni attraverso l'utilizzo di varietà ben adattate all'ambiente di coltivazione, e fare il minimo ricorso a 'input' energetici esterni, come le concimazioni o i trattamenti fitosanitari.

Un sostituto interessante dei prodotti petroliferi risulta essere il biodiesel, un combustibile naturale derivato da processi di raffinazione dell'olio vegetale ottenuto dalla coltivazione di specie oleaginose, come il colza. Questa coltura è stata di recente introdotta, o meglio, reintrodotta nell'areale di coltivazione italiano a seguito di un rinnovato interesse nei confronti delle sue attitudini produttive.

A livello europeo molte ditte sementiere si sono interessate a questa oleaginosa, selezionando le cultivar con i migliori caratteri, dal punto di vista della produzione in granella, resa in olio, adattabilità ambientale, dimensione e struttura delle piante. Accanto alle classiche varietà a libera impollinazione, caratterizzate da produzioni intermedie, costo contenuto del seme e una buona capacità di adattamento alle più svariate condizioni ambientali, si stanno diffondendo rapidamente gli ibridi CHH (Composite Hybrid Hybrid) con

distinzione tra gli ibridi a taglia normale e gli ibridi semi-nani. Questi, a fronte di un costo del seme molto più elevato, sono in grado di raggiungere produzioni importanti sia in granella che in olio.

Nella prova oggetto di studio sono state messe a confronto tre cultivar di colza, un ibrido semi-nano (PR45D01), un ibrido a taglia normale (Excalibur) ed una varietà a libera impollinazione (Viking). Questi genotipi sono stati valutati in risposta a quattro differenti livelli di concimazione (0-50-100-150 N) che differiscono fra loro per la quantità di azoto apportata in copertura.

Le prove si sono tenute in pieno campo con semina autunnale durante l'annata 2008-2009, presso l'Azienda Agraria sperimentale "L. Toniolo" in località Legnaro (PD). Le colture sono state seguite in campo tramite rilievi periodici e i diversi campioni sono stati analizzati, poi, nei laboratori dell'Università di Padova.

Le analisi dei dati hanno permesso di valutare principalmente l'effetto cultivar e l'effetto concimazione azotata. La sperimentazione ha messo in evidenza l'elevata produttività di Viking per quel che riguarda la produzione di biomassa dimostrando, inoltre, la sua capacità di assorbire grandi quantità di azoto dal terreno indifferentemente dalla tesi di concimazione. Questa varietà inoltre, vista la capacità di assorbimento, è caratterizzata da una concentrazione di proteina nel seme più elevata rispetto alle altre cultivar in prova. PR45D01, essendo un ibrido a taglia ridotta, ha accumulato quantità inferiori di biomassa con il vantaggio però di ottenere un Harvest Index superiore per la maggior incidenza del seme prodotto sul totale della pianta. La ridotta dimensione della pianta inoltre ha permesso una concentrazione di azoto al suo interno superiore perché, rispetto alle altre varietà, a parità di N assorbito la diluizione dell'elemento sul vegetale è inferiore per PR45D01. Questo ibrido ha fornito risultati soddisfacenti per quasi tutti i parametri considerati, mostrando attitudini produttive intermedie. I risultati più interessanti però si sono osservati in Excalibur che è risultato molto performante per quel che riguarda la resa in seme, il contenuto in olio e la quantità totale di olio prodotto per unità di superficie, rispetto a PR45D01 e Viking. Excalibur presenta pure un'efficienza di assorbimento ed un'efficienza

d'uso dell' N nettamente superiore alle altre cultivar in prova e dimostrandosi quindi un ibrido ben adattato all'areale di coltivazione italiano.

Valutando invece l'effetto della concimazione azotata si nota come la tesi 150 N, con il massimo apporto di azoto, presenti per la maggior parte dei parametri considerati valori superiori rispetto le altre tesi. In particolare i valori superiori riguardano la quantità di biomassa prodotta, la concentrazione e l'assorbimento di azoto della pianta, il peso unitario e la resa in seme, inoltre valori superiori sono stati osservati per quanto riguarda il Nitrogen Harvest Index (quantità di azoto assorbito traslocato nel seme) ed il contenuto di proteina grezza presente nel seme. La tesi 0 N ha presentato valori opposti rispetto a 150 N, talvolta però superiori per quel che riguarda l'Harvest Index (per la minor quantità di biomassa che permette di produrre), il contenuto di olio nel seme (aumenta al diminuire della quantità di N assorbito) ed infine presenta valori superiori nell'efficienza d'uso dell'azoto (N essendo assorbito in quantità inferiori, viene traslocato in maggior misura nel seme). Per quel che riguarda il livello di concimazione quindi, i valori superiori nelle analisi effettuate si sono riscontrati nelle tesi di concimazione estreme, mentre le tesi 50 e 100 N hanno presentato valori intermedi.

In conclusione, tali risultati sembrano incoraggiare la coltivazione del colza invernale da olio basata su una scelta varietale ibrida abbinata all'utilizzo di tecniche colturali *low-input*, che prevedano la riduzione delle concimazioni azotate. Particolarmente idoneo alla coltivazione nella Pianura Padana risulta essere Excalibur, ibrido (CHH) a taglia normale e fertilità maschile completamente ristorata ed elevate performance produttive, con livelli di concimazione azotata in copertura di 50-100 kg di N ha⁻¹.

Abstract

In recent years energetic policies of industrialized countries aim to diversify the energy supply promoting, renewable energies utilization in response to the rise of fossil fuel prices and the possible stock depletion in the near future. An even more important motivation of renewable energies application is related to the negative impact of fossil fuels on climate changes (due to their CO₂ and other GHG emissions on the atmosphere), and also to keep the criteria subscribed by many country with the “Kyoto Protocol”. Among renewable sources, bioenergies are particularly interesting for mitigating green house effect since their emissions after burning compensate the CO₂ fixed through photosynthesis process.

An interesting substitute of fossil fuels is biodiesel, a natural fuel derived from esterification of vegetal oil synthesized in seeds of different crops, such as soybean and oilseed rape. Oilseed rape is rapidly increasing its acreage in Italy due to the renewed interest on its productive attitudes, in terms of both seeds and oil. At European level, where oilseed rape is the most diffused oil crop, many seed companies are selecting new genotypes with increased seed yield, oil content and environmental adaptability. Nowadays, together with traditional open pollinated varieties, new CHH hybrids (Composite Hybrid Hybrid) with different shoot sizes (normal size or semi-dwarf), are available on the market. These are promising higher yields, seed and oil, but their seeds are much more expensive than those of traditional varieties.

In this study 3 different genetic types of winter oilseed rape (open pollinated variety – Viking- , CHH normal size – Excalibur- and CHH semi-dwarf – PR45D01 -) were compared in response to 4 different N spring fertilizations (0, 50, 100, 150 N).The trial has been set in open field at the experimental farm “L. Toniolo” of University of Padova in Legnaro, during 2008-2009.The crops have been monitored during the whole cycle and several samplings have been done to determine growth and status of plants. Results were statistically analyzed by ANOVA (P<0.05) to highlight main effects “cultivar” and “N fertilization”.

Viking demonstrated to be highly productive in term of shoot biomass and also reached the highest N absorption values (kg ha^{-1}), irrespectively to the N rate applied. Probably related to its high N absorption, the open pollinated variety also showed the highest values of protein content in the seeds with respect to the two hybrids. PR45D01, being a semi-dwarf hybrid, accumulated significantly lower shoot biomass and this was related to an increased harvest index, if compared to the other genotypes, in relation to its high seed yield. Shorter plants were also characterized by higher N concentration in shoot (%). This semi-dwarf hybrid showed satisfactory results almost for any considered parameter, demonstrating a good adaptability to the trial environment. The most interesting results were found for Excalibur, that reached the significantly highest yield in terms of both seed and oil, if compared to Viking and PR45D01. Excalibur showed also a high efficiency of absorption and use of N, significantly higher than those of the other two genotypes.

Considering the N dose, the highest rate, 150N, was associated to the highest values of many considered parameters, such as: shoot biomass, N concentration and absorption, seed weight, seed yield, Nitrogen Harvest Index and protein content of seeds. As expected the results for unfertilized control were opposite than those now presented for the highest N dose, but a significantly higher oil content was revealed not applying N in spring. Also the N use efficiency of control plots were higher than that of fertilized ones. The intermediate rates of N, 50 and 100 N, appeared as the most equilibrated.

In conclusion, our results recommend to cultivate winter oilseed rape adopting a low input management, reducing N spring fertilization. Particularly suitable for sowing in North-East Italy seemed the CHH Excalibur, showing high productive performances associated with average doses of nitrogen ($50\text{-}100 \text{ kg ha}^{-1}$).

1. INTRODUZIONE

1.1. II COLZA

Famiglia: *Brassicaceae* (*Cruciferae*)

Genere: *Brassica*

Specie: *Brassica napus* L. var. *oleifera* Metzg

Italiano: Colza

Inglese: Rapeseed

Francese: Colza

Tedesco: Raps

Spagnolo: Colza



Il nome Colza deriva dall'olandese "koolzad", il cui significato è "seme di cavolo".

1.1.1. STORIA E DIFFUSIONE

Il colza, allo stato spontaneo, era originariamente presente in Europa e in alcune regioni Nord africane. L'addomesticamento assieme al ravizzone pare sia iniziato quando il valore del seme, rinvenuto come comune malerba nei seminativi dei cereali, cominciò ad essere apprezzato. Le due specie, si presume, siano state coltivate per l'olio in quei Paesi dove non erano ancora diffusi l'olivo ed il papavero. A causa della difficoltà di distinguere i semi appartenenti alle due specie, poco si sa circa la distribuzione geografica distinta per ciascuna coltivazione. Le più antiche testimonianze si trovano in alcuni scritti sanscriti indiani risalenti al periodo compreso tra il 1500e il 200 a.C. La letteratura

giapponese riporta che la specie colza fu introdotta in Giappone dalla Cina e dalla Corea circa 2000 anni or sono.

Si suppone che la coltura si sia diffusa in Europa nel XIII secolo, ma qualche Autore è del parere che ciò non sia avvenuto prima del XVII secolo. Nel Nord Europa, nel tardo Medio Evo, l'olio era certamente impiegato nell'illuminazione pubblica e privata, mentre in epoca moderna, con lo sfruttamento dei derivati del petrolio ed infine del gas naturale, l'olio di colza è entrato in forte competizione con gli altri oli tipici dei Paesi tropicali e subtropicali (palma e palmisto).

È provato che l'Olanda alla fine del 1700 era l'unico Paese europeo che coltivava colza per granella, la coltura si diffuse in Germania e poi nel resto dell'Europa.

In Canada, uno degli attuali maggiori esportatori mondiali, la coltura fu introdotta negli ultimi anni '40 con il proposito di ricavare olio per alimentare i motori marini. Successivamente la seconda guerra mondiale cambiò in maniera drastica la situazione colturale in diverse parti del mondo: in Europa, ad esempio, la coltivazione si espanse ulteriormente in seguito alla generale carenza di olio.

Nell'attuale scenario internazionale le zone di maggiore coltivazione sono principalmente dislocate in India, Cina, Pakistan e nel già citato Canada, mentre in Europa i Paesi più interessati risultano essere quelli nord-orientali, dove la coltura è ben adattata: Germania, Francia, Polonia, Gran Bretagna, Repubblica Ceca, Danimarca, Svezia e più di recente la Russia.

Nel 2000 la superficie mondiale copriva 26,8 milioni di ettari (presentando una produzione di circa 40,2 milioni di tonnellate di granella e circa 12,4 milioni di t di olio), mentre la superficie dei terreni investiti a colza nel 2008 si aggira attorno ai 31 milioni di ettari (di cui più di un quinto riguarda il colza biotec). In Europa la produzione unitaria si aggira sulle 2,6 t ha⁻¹ con rese in grassi totali del 42%. Si raggiungono però anche punte di 3,5-4 t ha⁻¹, con il 45% di olio.

In Italia all'inizio degli anni '70, quando il problema della tossicità dell'acido erucico presente nell'olio è stato portato in modo clamoroso all'attenzione dell'opinione pubblica, la coltura corse il rischio di scomparire. Tale fenomeno

però non ha coinvolto il resto dell'Europa dove il colza rappresenta ancora oggi circa il 30% dell'intera produzione di semi oleosi. (Toniolo e Mosca, 2001).

A livello mondiale il colza rappresenta la specie oleaginosa a ciclo annuale più coltivata dopo soia e cotone, mentre a livello nazionale si colloca al terzo posto tra le colture oleaginose per superficie coltivata e produzione, preceduto da soia e girasole. Le tre specie occupano il 99,7% della superficie coltivata per la produzione di olio.

I terreni coltivati in Italia hanno fatto osservare considerevoli aumenti negli ultimi anni in quanto l'olio prodotto dalla spremitura dei semi può essere utilizzato per scopi sia alimentari che energetici. La coltura risulta anche interessante come alternativa ai cereali autunno-vernini, con il vantaggio di una maturazione più precoce e la possibilità di un eventuale secondo raccolto.



Grafico 1. Produzione Italiana di colza dal 2006 al 2010. Dati ISTAT.

Le superfici italiane destinate a colza negli ultimi anni hanno fatto registrare incrementi considerevoli passando dai 3.535 ha⁻¹ del 2006 ai 24.545 ha⁻¹ del 2009 e con un successivo leggero calo nel 2010 (*Grafico 1*). Le produzioni di seme (t/ha) di norma si aggirano sulle 2,2 t ha⁻¹ in media, con valori minimi di 1,7 t ha⁻¹ (2006) e valori massimi di 2,6 t ha⁻¹ (2008) (*Tabella 1*)

Anno	ton/ettaro
2006	1,7
2007	2,1
2008	2,6
2009	2,1
2010	2,5
	Media 2,2

Tabella 1- Variazioni dal 2006 al 2010 delle rese unitarie (t/ha) di seme prodotto.

1.1.2. CARATTERISTICHE BOTANICHE

Il colza appartiene alla famiglia delle *Brassicaceae*, genere *Brassica*. Si è originato spontaneamente dall'incrocio tra *B. campestris* (rapa; $2n=20$) e *B. oleracea* (cavolo; $2n=18$) (Toniolo e Mosca, 2001). L'incrocio tra le due specie, seguito da fortuito raddoppio cromosomico, ha prodotto una nuova specie con corredo $2n=38$. Il colza coltivato è una pianta erbacea annuale. La famiglia *Brassicaceae* comprende 350 generi e più di 2500 specie coltivate o spontanee. Queste possono essere coltivate come ortaggi, foraggere, a fini ornamentali o per la produzione di seme da olio.

La distinzione tra le varietà viene fatta in base al ciclo produttivo, ne esistono infatti di due tipologie:

- tipi autunno-primaverili o non alternative: queste varietà per raggiungere lo stadio di induzione a fiore necessitano di accumulare una certa quantità di basse temperature, pertanto devono essere seminate a fine estate. Si accrescono fino allo stadio di rosetta e verso la fine dell'inverno ottiene la vernalizzazione;

- tipi primaverili o alternativi: al contrario delle precedenti queste varietà per l'induzione a fiore non necessitano di basse temperature quindi si possono seminare in primavera, ottenendo però una produzione in granella e un contenuto in olio inferiori a quelli tipici delle varietà autunno-primaverili.

In Italia si raggiungono ottimi risultati con le varietà autunnali però nel Meridione si possono registrare difficoltà di vernalizzazione dovuti alle

temperature miti quindi talvolta si usano le varietà semi-alternative o le primaverili.

In base al contenuto di acido erucico e glucosinolati si distinguono quattro tipi:

- A "doppio alto": alto tenore di acido erucico e glucosinolati;
- B "0": a basso tenore di acido erucico;
- C "00": con un contenuto quasi nullo di acido erucico e non più di 1-5 µm di glucosinolati per grammo di farina disoleata;
- D "000": basso tenore di acido erucico e glucosinolati e basso tenore in fibra.

La normativa comunitaria prescrive, già dal 1990, l'assenza totale di acido erucico dall'olio estratto e di glucosinolati dalle farine ad uso zootecnico.

1.1.3. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE

Il colza è una pianta erbacea, annuale. **L'apparato radicale** è fittonante, non molto profondo che si espande soprattutto nei primi 35-40 cm di suolo.

Il fusto eretto e ramificato normalmente raggiunge un'altezza di 1,50-1,80 m e differenzia circa 20 foglie; nei primissimi stadi si presenta molto raccorciato, rappresentato da una rosetta di foglie, mentre in quelli successivi i palchi fogliari superiori si distanziano (levata).

Le foglie sono di colore verde glauco (ricoperte di pruina), semplici e con disposizione alterna. Sulla stessa pianta sono presenti due tipi di foglie: quelle basali (picciolate, lobate, lirato-pennatosette con ampio lobo terminale) e quelle superiori (sessili, intere, oblunghe, parzialmente amplessicauli).

I fiori sono ermafroditi, presentano 4 sepali e 4 petali disposti a croce e sono gialli (più di rado bianchi). L'ovario è bicarpellare. I fiori sono riuniti in gruppi di 150-200 elementi, a formare un grappolo alla sommità del fusto.

La fioritura è scalare ed acropeta, procede cioè dalla base verso l'apice dei vari rami dell'infiorescenza, e dura circa un mese (30-35 giorni.).

La fecondazione: l'autofecondazione è prevalente con parziale presenza di fecondazione incrociata (30%) da pronubi e atmosferili.



Figura 1. Immagini di colza in diverse fasi fenologiche (da sinistra a destra): fase di levata e fioritura; silique in pieno sviluppo e inizio formazione semi; silique in deiscenza con fuoriuscita dei semi.

Il frutto è una siliqua di forma allungata, con falso setto, terminante con un piccolo rostro di saldatura tra le valve; porta da 12 a 15 semi. La deiscenza delle silique da sempre ha rappresentato un grave problema pratico, poiché la sgranatura alla raccolta comporta ingenti perdite di prodotto. Proprio per risolvere questo inconveniente sono state selezionate nuove varietà di colza che presentano un grado di indeiscenza sufficiente a consentire un certo ritardo nella raccolta senza eccessivo danneggiamento a carico della produzione (*Figura 1*).

Il seme è piccolo, sferico con diametro di 2 mm circa e peso di 3,5-5,5 mg; il tegumento è di colore variabile da rosso-bruno fino a nero. Il contenuto di materia grassa nei semi in media è pari al 41 % sul peso secco (s.s.) con picchi del 50 % di sostanza secca. Il seme contiene:

- 30-50 % di olio con varia composizione acidica,
- 21-24 % di proteine,
- 4-5 % di zuccheri,
- 7-11 % di fibra,
- ~0-1 % di tioglucosinolati.

1.1.4. FENOLOGIA

Il ciclo biologico del colza è di tipo autunno-primaverile. Seminato tra la metà e la fine di settembre, emerge dopo 10-15 giorni con le due foglie cotiledonari; successivamente emette nuove foglie fino a formare una rosetta (*Figura 2*). È proprio questo lo stadio (6-8 foglie, fittone di 15-20 cm e colletto del diametro di 6-7 mm) di massima resistenza al freddo: fino a diversi gradi sotto zero (-15 °C), purché non vi siano ristagni d'acqua.

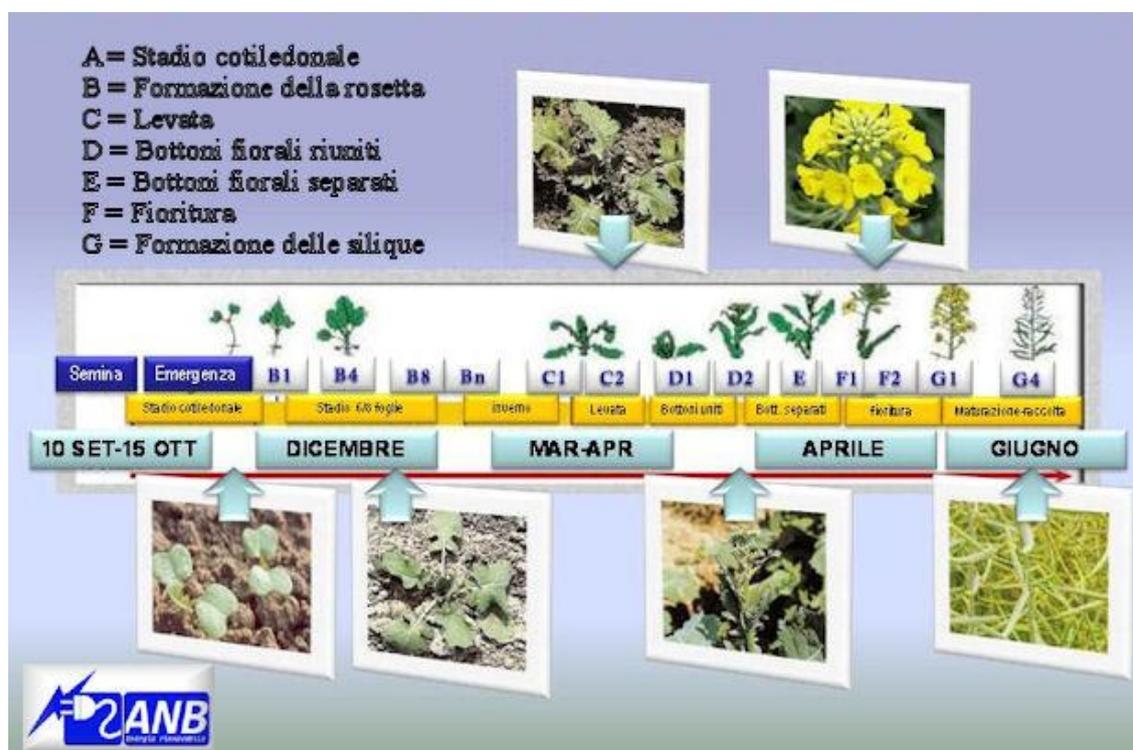


Figura 2. Stadi di sviluppo del Colza in funzione del periodo dell'anno.

Nel corso dell'inverno, avviene il viraggio dell'apice, pertanto il meristema apicale cessa di formare foglie per formare gli abbozzi floreali. È fondamentale che le varietà autunnali non entrino nella fase riproduttiva se non sono state sottoposte ad un periodo di vernalizzazione, che si realizza con la permanenza, per almeno 40 giorni, a temperature inferiori ai 10 °C.

Di norma la levata inizia verso la seconda metà di marzo, quando il fusto comincia il distanziamento dei palchi fogliari e sono visibili gli abbozzi dell'infiorescenza principale. Nella prima decade di aprile, nonostante la pianta non abbia ancora completato la fase vegetativa, inizia la fioritura; non è raro osservare sulla stessa infiorescenza la presenza contemporanea di boccioli fiorali, fiori in antesi e silique neoformate.

Dopo 30-40 giorni dalla fecondazione, i cotiledoni nei semi cominciano a accumulare sostanze di riserva: il contenuto di olio raggiunge il massimo valore dopo circa 60 giorni. Il seme giunge a maturazione dopo 80 giorni dalla fioritura. A maturità la pianta si presenta completamente defogliata e con la parte terminale dello stelo e delle ramificazioni coperte di silique ingiallite.

1.1.5. ESIGENZE PEDOCLIMATICHE

Il colza è una pianta microterma e lo zero di vegetazione si colloca a 6-8 °C. Questa coltura teme periodi siccitosi soprattutto durante le fasi di levata e fioritura. Il colza predilige climi temperati, umidi, non troppo soleggiati. La pianta, nel complesso, non è particolarmente esigente: predilige i terreni profondi, freschi, fertili e leggeri, si adatta a quelli argillosi, calcarei e torbosi, purché ben drenati.

Tollera deboli livelli di salinità mentre il valore ottimale del pH del terreno si aggira attorno a valori di 6,5-7.

Il colza quindi è una specie adattabile a diverse condizioni pedo-climatiche ed essendo in grado di valorizzare anche modesti input agronomici si può adeguare alla coltivazione anche su terreni marginali non idonei alle colture più tradizionali (Bordin, Guercini, 2007).

1.1.6. TECNICA COLTURALE

Dovendo ospitare una coltura a ciclo autunno-primaverile, per giunta molto sensibile ai ristagni idrici, è di particolare importanza curare la sistemazione idraulico-agraria dei terreni. I ristagni favoriscono gli attacchi di funghi verso le radici, riducono la resistenza delle piante alle basse temperature nel corso dell'inverno, non consentono alle radici di approfondirsi per le condizioni di asfissia del terreno saturo di acqua.

La preparazione del terreno è uno degli aspetti più delicati della tecnica colturale del colza: la realizzazione di un buon letto di semina è una condizione irrinunciabile per ottenere nascite pronte e uniformi da un seme piccolo come è quello del colza; se le lavorazioni sono fatte in modo esatto favoriscono la rapidità e la regolarità dell'emergenza, l'investimento, l'approfondimento e la distribuzione delle radici e di conseguenza il rifornimento in acqua e sostanze minerali.

Presupposto essenziale per riuscire a ottenere un terreno ben affinato è di lavorare il terreno senza creare una zollosità eccessiva che sarebbe poi estremamente difficile ridurre nel corso dell'estate, quando non ci si può avvalere del prezioso aiuto dell'alternanza di gelo e disgelo. Un'accortezza da porre in atto, ogni volta che è possibile, è di lavorare il terreno subito dopo la raccolta del frumento (visto che è questa la coltura che quasi sempre precede il colza), per evitare che l'aridità estiva dissecchi il suolo, il che porterebbe a un maggior sforzo per le trattrici e alla formazione di grosse zolle.

1.1.6.1. Avvicendamento

E' stato già accennato che il colza è una buona precessione per il frumento, cosa di non poco conto nelle aziende prive di irrigazione; tuttavia, la coltura non può ritornare con troppa frequenza sullo stesso terreno per problemi di ordine fitosanitario. Pertanto, è necessario che tra una coltura di colza e la successiva ci

sia un intervallo di almeno 4 anni per ridurre la pressione dei parassiti a livelli controllabili con costi ridotti.

Sempre per motivi sanitari il colza non deve seguire né precedere la barbabietola da zucchero, in quanto condivide con essa il nematode *Heterodera schachtii*; la stessa precauzione deve essere presa per altre due colture, girasole e soia, con le quali condivide il parassita fungino *Sclerotinia sclerotiorum*.

Il colza preferisce i terreni precedentemente utilizzati per frumento, mais, prato di graminacee o altre sarchiate. In caso di una rotazione di soli cereali l'inserimento del colza porta ad un miglioramento della struttura del terreno, interrompe il ciclo di varie malattie come la fusariosi e marciumi vari (*Pythium*; *Alternaria*) e facilita la lotta contro le malerbe.

Il terreno dopo colza presenta una buona struttura e, se sono state controllate le infestanti, risulta pulito dando così la possibilità di prepararlo per tempo per la coltura che segue o, in zone irrigue, per un intercalare estivo.

1.1.6.2. Preparazione del terreno

Una attenta ed accurata preparazione del terreno dà la possibilità alla pianta di svilupparsi sufficientemente prima dell'arresto della vegetazione per il sopravvenire dell'inverno (Toniolo e Mosca, 2001).

La lavorazione può essere quella tradizionale (aratura a 0,3 m e successivi affinamenti), oppure può essere effettuata mediante interventi di scarificazione e successive erpicature o con la lavorazione minima, senza che le produzioni ne risentano in modo significativo e con risparmio di tempo e combustibile.

Considerando che il colza ha un ciclo autunno-primaverile (periodo più piovoso dell'anno) e il suo apparato radicale non è molto profondo, l'aratura può essere piuttosto leggera (0,3 m); non è necessario spingersi a maggior profondità, specialmente quando è stata curata la sistemazione idraulica dei terreni. Per la scarificazione può essere utilizzato il *chisel*, raggiungendo la stessa profondità dell'aratura, ma con un risparmio di tempo e di energia e con un minor impatto ambientale (erosione, diminuzione della sostanza organica). La lavorazione

minima può essere realizzata con diversi attrezzi, a seconda di come si presenta il terreno; in questo caso, però, è necessario asportare la paglia, perché la sua presenza (anche quando fosse stata trinciata) porta ad una eccessiva macroporosità dello strato superficiale del terreno, con conseguente disseccamento delle radici delle giovani piante (*Figura 3*). Si ricorda, infine, che in terreni contenenti almeno il 20% di argilla, la minima lavorazione offre i migliori risultati, cioè quelle che si “autostrutturano”.

Obiettivo della lavorazione preparatoria e di quelle complementari, comunque effettuate, è la realizzazione di un letto di semina “fine”, ma senza eccessi per evitare la possibile formazione di crosta superficiale al momento dell’emergenza delle plantule; a questo scopo sarebbe auspicabile che la terra fine fosse frammista a grumi di terra di 30-40 mm di diametro.



Figura 3. Colza seminato su terreno preparato con la lavorazione minima (la paglia è stata asportata).

1.1.7. SEMINA

1.1.7.1. *Epoca di semina*

Nelle condizioni climatiche dell'Italia centro meridionale, la durata del ciclo colturale del colza a semina autunnale è intorno a 7 mesi (dalla seconda metà di ottobre alla fine di maggio-prima decade di giugno), e risulta sensibilmente influenzato dalla precocità delle varietà e dall'andamento climatico.

In Valle Padana il periodo di semina consigliato va dalla metà di settembre alla prima decade di ottobre. Semine più precoci possono dar luogo ad un accrescimento troppo vigoroso, mentre ritardando, le piantine non possono svilupparsi in modo ottimale prima dell'inverno e quindi essere soggette a scalzatura dal terreno per opera del gelo. In generale, se in autunno la temperatura è ancora elevata ed il terreno si presenta eccessivamente secco, è bene ritardare la semina onde evitare rischi di una scarsa germinazione e la formazione di piantine stentate facilmente attaccabili da insetti terricoli o dalle limacce.

In ambienti meridionali le varietà precoci che completano il periodo di maturazione prima dell'inizio del periodo siccitoso, riescono ad ottimizzare la fase di riempimento del seme; è da tener presente però, che in queste zone con inverni miti è possibile ritardare la semina dove non esistono pericoli di freddo intenso nelle prime fasi di sviluppo della coltura. Nel caso di semine tardive invece è opportuno orientarsi verso varietà precoci e aumentare la quantità di seme, per compensare le perdite da freddo, e tenere in considerazione che un eccessivo ritardo può determinare, nelle varietà invernali, problemi relativi al mancato soddisfacimento delle esigenze di vernalizzazione (De Mastro e Bona, 1998).

1.1.7.2. Distanza, profondità e densità di semina

In presenza di una sufficiente quantità d'acqua e di sostanze nutritive, la produzione dipende dalla energia solare che la pianta riesce ad intercettare nell'intero ciclo vegetativo e di conseguenza dalla fittezza delle piante, cioè dall'investimento.

Nel colza questo può variare in modo sensibile da 50 a 80 piante m^{-2} , senza che la produzione ne risenta in modo significativo. Un investimento regolare come intensità favorisce una maturazione precoce ed omogenea.

La dimensione del seme ed il tipo di seminatrice disponibile sono due fattori che condizionano la quantità di seme da impiegare: essa può variare da 2 a 5 kg ha^{-1} . Le quantità più basse sono usate per le varietà a seme piccolo, seminate in autunno con macchine di precisione pneumatiche. Le dosi più elevate possono interessare varietà a seme grande, a semina primaverile, con seminatrici a file.

Il diverso valore di investimento alla semina comunque non crea differenza nella produzione finale. La mancata influenza è principalmente dovuta ad una riduzione compensativa nel numero di silique per pianta mano a mano che si aumentano le piante/ m^2 (Toniolo e Mosca, 1986).

La semina viene effettuata a file continue, distanti 15-20 cm, con 10-12 kg ha^{-1} di seme, adottando una seminatrice da grano, alla profondità di 2-3 cm. Con l'impiego di seminatrici pneumatiche di precisione si può adottare la distanza tra le file fino a 45 cm e 2-2,5 cm sulla fila, riducendo la quantità di seme a 5-8 kg ha^{-1} (Tabella 2). L'interfila di 45 cm può consentire la sarchiatura meccanica, particolarmente efficace per un miglior controllo di infestanti crucifere, più difficili da eliminare con il diserbo chimico. Molto importante è assicurare una densità ottimale intorno a 40 piante m^{-2} alla raccolta, tenendo presente che, per effetto della competizione tra piante, il numero di ramificazioni e di silique per pianta sono sensibilmente influenzati dalla densità di semina.

Optando per semine a file più larghe è possibile eseguire una distribuzione localizzata dell'erbicida sulla fila, da integrare con la sarchiatura nell'interfila. (De Mastro e Bona, 1998).

Epoca di semina	10 settembre-10 ottobre	1 ottobre-31 Ottobre
Densità di semina	Ibrido: 70 piante/mq Op: 110 piante/mq	Ibrido: 90 piante/mq Op: 125 piante/mq
Interfila	Seminatrice pneumatica: 45cm Seminatrice da grano: 20 cm	
Distanza sulla fila	Ibrido (interfila 45 cm): 3cm Ibrido (interfila 20 cm): 6,5 cm Op (interfila 45 cm): 2 cm Op (interfila 20 cm): 4,5 cm	Ibrido (interfila 45 cm): 2,5cm Ibrido (interfila 20 cm): 5,5 cm Op (interfila 45 cm): 1,8 cm Op (interfila 20 cm): 4 cm
Quantità di seme	Ibrido 4,0-6,5 kg/ha	Op 6,0-6,5 kg/ha
Profondità di semina	2-3 cm	

Tabella 2. Parametri di riferimento per la semina del colza.

1.1.7.3. Scelta della semente

Il fatto che il colza sia una specie a fecondazione prevalentemente autogama non deve indurre, nel caso di varietà non ibride, a utilizzare semente prodotta in azienda, poiché si rischierebbero seri inconvenienti; primo fra tutti la probabile compromissione della facoltà germinativa, dato che i semi oleosi sono soggetti a rapido deterioramento, causato dall'ossidazione dei lipidi delle loro riserve.

Inoltre, in azienda sarebbe impossibile realizzare i trattamenti concianti e pellicolanti messi in atto dall'industria sementiera per proteggere i semi e le plantule dagli agenti patogeni e dagli insetti. Pertanto, il ricorso a semente certificata non deve essere messo in discussione.

1.1.7.4. *Scelta della varietà*

Il mercato sementiero per il colza, latente nel nostro Paese dalla fine degli anni 90, ha dovuto approvvigionarsi andando per lo più ad attingere a genotipi selezionati nell'Europa centrale (Germania, Francia, Danimarca) vera culla del *breeding* del colza invernale a livello mondiale.

I materiali ora disponibili sono assolutamente recenti e molto migliorati rispetto a quelli presenti anche solo pochi anni fa; il miglioramento genetico del colza è infatti in rapida evoluzione.

In particolare ogni ditta sementiera dispone di differenti tipologie di seme:

- *Varietà tradizionali (a libera impollinazione)*: sono quelle che generalmente sul mercato hanno prezzo più contenuto; la loro produttività è buona, soprattutto se ci si deve confrontare con un ambiente di coltivazione particolarmente ostile o comunque poco consono al colza.

Presentano un accrescimento decisamente meno vigoroso degli ibridi, ma le loro potenzialità produttive si attestano ugualmente tra le 3,5 e le 4 t/ha di seme secco.

I livelli di resa indicati possono essere raggiunti solo adottando un'ideale data di semina, che per il Nord Italia si può collocare nell'ultima settimana di settembre.

La possibilità di far slittare l'epoca di semina provoca spesso problemi di investimento della coltura.

Le semine primaverili, dove possibile, sono sconsigliabili considerato che i livelli di resa raggiungibili sono decisamente più contenuti. Oltretutto i tipi “*spring*” sono decisamente meno evoluti e la loro disponibilità sul mercato risulta più limitata.

- *Linee ibride composte (CHL → Composite Hybrid Line)*: o varietà associate, sono ottenute con mescolanza, nella fase produttiva, del seme di una linea maschiosterile (circa l'80%) e di una linea impollinante (circa il 20%). Il loro vantaggio produttivo è circa il 5-10% in più, rispetto le normali varietà, tuttavia se non si realizza la completa fecondazione

incrociata ci sarà una diminuzione del vigore ibrido e nessun incremento di resa. Per diminuire questo inconveniente si aumenta il numero di linee impollinanti nella varietà associata.

- *Ibridi a taglia normale (CHH → Composite Hybrid Hybrid)*: i genotipi ibridi, ottenuti da ciascuna casa sementiera con tecniche di maschio sterilità proprie, presentano fertilità maschile ristorata al 100%.

Producono piante vigorose che garantiscono il raggiungimento di rese in granella decisamente più elevate rispetto alle varietà tradizionali (Frauen et al., 2003; Budewig e Leon, 2003) o ai tipi *dwarf* o *semi-dwarf* (Sieling e Kage, 2007). Per contro, spesso, il loro seme risulta essere costoso.

L'accrescimento particolarmente vigoroso di questi materiali li rende idonei anche a semine ritardate, comunque non oltre i primi giorni di ottobre.

Il vantaggio competitivo dell'ibrido rispetto una varietà tradizionale risulta significativo solo in condizioni ottimali, mentre se coltivato in regimi di *low input* o in condizioni sfavorevoli tale vantaggio scompare del tutto. Le potenzialità produttive dei materiali più recenti, e ora disponibili sul mercato, raggiungono e superano senza problemi 4-4,5 t/ha di granella, sostanza secca (Mosca e Zanetti, 2007).

- *Ibridi di tipo nano o semi-nano (dwarf o semi-dwarf, CHH)*: sono quelli di più recente introduzione sul mercato italiano, si contraddistinguono per l'habitus vegetativo ridotto, gli internodi ravvicinati e un accrescimento più contenuto rispetto agli ibridi di statura standard.

Normalmente le potenzialità produttive dei tipi *dwarf* sono più limitate rispetto agli ibridi normali (-5, -10%) ma in particolari condizioni possono avere un buon vantaggio competitivo rispetto a questi ultimi dato che la loro taglia contenuta limita l'incidenza all'allettamento, che nel colza può causare consistenti perdite alla raccolta (fino al 20-30%).

Va ricordato che i tipi *dwarf* nel Nord Italia necessitano di semine precoci (dal 15 al 25 settembre) allo scopo di consentire alla pianta di formare un'adeguata rosetta di 4-6 foglie, con un pivot radicale robusto in grado di resistere allo scalzamento dovuto all'alternanza di gelo e disgelo invernali.

Le potenzialità produttive di questi ibridi vanno poste in relazione all'ambiente di coltivazione e possono raggiungere le 4 t/ha di seme (s.s.) (Mosca e Zanetti, 2007).

- *Le varietà transgeniche*: si ottengono con tecniche di ingegneria genetica, introducendo nelle linee pure uno o più caratteri d'interesse agronomico (geni presi da altre specie o da altri generi di piante), come resistenza a un erbicida, tolleranza a malattie e/o a insetti, ecc. Senza dubbio, sarebbe allettante per l'agricoltore diserbare una sola volta in post-emergenza con un erbicida totale, non doversi più preoccupare di controllare insetti e malattie, avere la possibilità di produrre oli con le caratteristiche richieste dall'industria, ecc., come promettono i costitutori degli organismi transgenici; tuttavia, prima di rendere disponibile questo materiale è necessario accertarsi se il loro impiego comporti rischi per l'uomo e per l'ambiente.

In Italia per il momento non è ancora possibile far uso di queste nuove varietà OGM, ampiamente coltivate in molteplici Paesi.

Una buona varietà di colza dovrebbe avere questi requisiti:

- elevata produttività in olio e proteina;
- olio con caratteristiche adeguate all'uso: alto contenuto in acido oleico, basso contenuto in acido linolenico, assenza di acido erucico, per gli oli alimentari; altissimo contenuto in acido erucico per certi oli ad uso industriale;
- contenuto in tioglucosinolati inferiore a $18 \mu\text{mol g}^{-1}$ di farina disoleata e basso contenuto in fibra dei semi, per una migliore utilizzazione della farina di estrazione nell'alimentazione del bestiame;
- resistenza o tolleranza alle avversità;
- indeiscenza delle silique;
- resistenza all'allettamento.

Come nella maggior parte delle colture, anche per il colza la scelta della varietà adatta all'ambiente di coltivazione è importante per conseguire risultati economicamente validi.

1.1.8. CONCIMAZIONE MINERALE

Scopo della concimazione è quello di integrare le riserve di elementi nutritivi del terreno per metterle a disposizione della coltura nelle quantità e nelle forme più adeguate ai fabbisogni della pianta; il tutto nel pieno rispetto dell'ambiente e della qualità del prodotto. In fatto di elementi nutritivi il colza è abbastanza esigente; ad esempio, ha maggiori fabbisogni rispetto al frumento, coltura a tutti nota, secondo quanto riportato nella *tabella 3*.

Presenta un apparato radicale fittonante molto esteso e contribuisce validamente ad arricchire il terreno di sostanza organica e di elementi nutritivi con l'abbondante massa dei suoi residui colturali.

Riferendoci ai soli elementi principali, per una produzione attesa di 3 t/ha di granella la coltura deve poter disporre di 180 kg ha⁻¹ di N, 75 kg ha⁻¹ di P₂O₅ e 300 kg ha⁻¹ di K₂O. Si tratta di quantitativi cospicui ma, inserendo la concimazione del colza nel bilancio di fertilizzazione della rotazione, si deve tenere conto che buona parte degli elementi prelevati dalla oleaginosa torna al terreno con i suoi residui: circa il 55% dell'azoto, il 50% del fosforo e fino al 90% del potassio; pertanto, rispetto ai fabbisogni calcolati, i quantitativi di elementi fertilizzanti effettivamente asportati con la granella sono molto più bassi: 80 kg di azoto, 40 kg P₂O₅ di e 30 kg di K₂O.

Per ottenere buone produzioni in seme, in terreni che dispongono già di una buona fertilità, sono consigliare le dosi di 120 kg/ha di N 80 kg/ha di P₂O₅ e 70 kg/ha di K₂O (*Toniolo e Mosca, 1986*) .

Elemento	Fabbisogni	
	Frumento	Colza
Azoto (N)	30	70
Fosforo (P ₂ O ₅)	15	25
Potassio (K ₂ O)	30	100
Zolfo (SO ₃)	5	25
Calcio (CaO)	8	50
Magnesio (MgO)	4	25

Tabella 3. Fabbisogni in elementi nutritivi di frumento e colza espressi in kg di elemento per tonnellata di granella prodotta.

L'intensità con la quale questi elementi sono assorbiti dalla coltura non è costante durante il ciclo biologico della pianta, ma varia con le diverse fasi fenologiche. Dall'emergenza delle piantine all'inizio dell'inverno (circa 60 giorni), il colza preleva intorno al 20% del suo fabbisogno in azoto e potassio e il 10%, circa, di fosforo. Nel corso dell'inverno l'assorbimento di elementi è quasi trascurabile. Dalla ripresa vegetativa (seconda metà di marzo) fino al completamento della fioritura (seconda metà di maggio) il prelevamento diventa intenso, interessando il 70%, circa, dell'azoto, del fosforo e dello zolfo e il restante 80% del potassio. Nella successiva fase di formazione e riempimento dei semi è prelevato il rimanente 10% dell'azoto e 20% del fosforo.

Quanto finora detto permette di stabilire le dosi di fertilizzante, le epoche di intervento e i tipi di concime da utilizzare per una razionale concimazione.

Nel determinare le dosi effettive da somministrare alla coltura bisogna tenere presenti sia i fabbisogni della coltura, sia l'insieme dei fattori di seguito riportati:

- la dotazione del terreno in elementi fertilizzanti (rilevabile con l'analisi chimica del terreno, da ripetere ogni 4-5 anni);
- la natura del suolo (rilevabile con l'analisi granulometrica, da effettuare *una tantum*);
- la preceSSIONE colturale (quantità e qualità dei residui colturali);
- andamento termo-pluviometrico dalla raccolta della coltura precedente al momento della concimazione (la temperatura influisce sulla mineralizzazione della sostanza organica, la pioggia sul dilavamento dell'azoto);
- lo stato del colza all'uscita dall'inverno (più è cresciuto, più azoto ha già assorbito);
- la varietà utilizzata (per quanto concerne la suscettibilità all'allettamento).

Le epoche di somministrazione (solo per l'azoto) debbono essere individuate in modo da seguire i fabbisogni della coltura, intervenendo sempre con leggero anticipo sul momento della richiesta.

Per il tipo di concime, quando non sussistono motivi che consigliano determinate scelte, conviene orientarsi verso quelli con l'unità fertilizzante a minor prezzo.

1.1.8.1. Fosforo

Il fosforo è un elemento di primaria importanza per la vita delle piante, a partire dalle prime fasi dell'accrescimento fino a quelle fondamentali della fioritura, fecondazione e fruttificazione. La carenza di fosforo si manifesta con foglie di colore verde pallido e margini arrossati (caratteristica specifica).

La dose da somministrare deve essere determinata in funzione della dotazione del terreno in fosforo assimilabile.

La dotazione di fosforo assimilabile del terreno può ritenersi normale quando soddisfa le necessità di tutte le colture della rotazione, a cominciare da quelle più esigenti, tra le quali può essere compreso il colza.

Considerando la scarsa mobilità di questo elemento, è bene interrarlo con la lavorazione principale per portarlo nello strato di terreno interessato dalla massa

delle radici. Ciò non sarebbe possibile quando il letto di semina per il colza dovesse essere preparato con la lavorazione minima o si optasse per la semina su terreno non lavorato; in questi casi si dovrà anticipare alla coltura che precederà l'oleaginosa anche la dose di fosforo prevista per quest'ultima.

Per i nostri terreni, solitamente con pH tra il neutro e l'alcalino, è consigliabile il perfosfato triplo (titolo 46-48%) che, tra l'altro, è il concime fosfatico con l'unità fertilizzante a più basso costo.

1.1.8.2. *Potassio*

Tra gli elementi nutritivi il potassio occupa un posto di primo piano. Pur non entrando nella formula dei costituenti biologicamente più importanti, è un elemento assolutamente indispensabile in quanto svolge l'azione di regolatore fisiologico in una grande quantità di processi biochimici attinenti alla produzione, alla qualità dei prodotti, alla resistenza alle avversità, ecc. Nella composizione chimica dei tessuti vegetali viene subito dopo l'azoto e prima del fosforo.

Le necessità del colza per il potassio sono molto elevate e il fabbisogno massimo si ha da poco prima a tutta la fioritura (fino a $3 \text{ kg ha}^{-1}\text{d}^{-1}$).

Le dosi da apportare debbono essere calcolate tenendo conto della dotazione del terreno in potassio scambiabile e della valutazione agronomica che l'analisi chimica dà di tale dotazione.

Per il colza il concime potassico da utilizzare è il solfato di potassio (titolo 48-52%), anche se più costoso rispetto al cloruro di potassio, perché contiene il 18% di zolfo, molto utile al colza, e adatto ai nostri terreni con pH tra il neutro e l'alcalino.

1.1.8.3. Azoto

L'azoto è l'elemento nutritivo che maggiormente influisce sulla produzione del colza favorendo il vigore vegetativo delle piante che si manifesta con un apparato fogliare ben sviluppato e con un'alta efficienza fotosintetica, premessa indispensabile per l'ottenimento di elevate produzioni. I fabbisogni della coltura sono particolarmente elevati, rispetto ad altre specie non leguminose, per la notevole presenza di sostanze proteiche nei semi. L'uso di fertilizzanti azotati, però, a differenza di quanto avviene con quelli fosfatici e potassici, richiede particolari attenzioni, soprattutto nello stabilire la dose ottimale da somministrare. Infatti, errori in difetto non consentirebbero alla coltura di esprimere tutte le sue potenzialità produttive; mentre gli eccessi potrebbero portare ad allettamenti, maggiore suscettibilità alle malattie, maggiore competizione da parte delle erbe infestanti (eventualmente presenti), con conseguente riduzione della produzione che si tradurrebbe in minore reddito per l'agricoltore. Inoltre, la notevole mobilità nel terreno di certe forme di azoto e il conseguente rischio di lisciviazione da parte dell'acqua piovana rende necessarie alcune precauzioni per la salvaguardia dell'ambiente (inquinamento delle falde acquifere da parte dell'azoto nitrico).

E' stato detto che per una produzione attesa di 3 t ha^{-1} la coltura deve poter disporre di 180 kg di azoto, ma si tenga ben presente che solo una parte di questo fabbisogno deve essere effettivamente soddisfatta con le concimazioni. Il colza, infatti, nel corso dell'autunno e dell'inverno assorbe qualche decina di unità di azoto (sufficienti per le sue esigenze) presenti nel terreno a seguito della mineralizzazione della sostanza organica del suolo durante l'estate e l'autunno (il colza si dimostra una ottima *catch crop*). Anche nel corso della primavera la sostanza organica mineralizza, ma l'azoto liberato non è sufficiente per i fabbisogni della coltura, diventati ormai elevati, pertanto si deve intervenire con i concimi minerali; la "gestione" della fertilizzazione azotata si baserà sull'equilibrio tra i fabbisogni della coltura e le forniture di azoto derivanti dal suolo e dai concimi.

Nello stabilire la dose tecnica dei concimi si deve tenere presente che non tutto l'azoto distribuito con la concimazione va a beneficio delle colture, ma può seguire destini diversi: assorbito dalla coltura, dilavato dalle acque, volatilizzato allo stato gassoso, immobilizzato temporaneamente con processi chimici, fisici e biologici, ecc.; pertanto, è necessario tenere conto dell'efficienza di assorbimento della concimazione aumentando adeguatamente la dose. Questa efficienza dipende dal tipo di terreno (argilloso o sabbioso), dall'andamento climatico (più o meno piovoso), dalla formulazione utilizzata (forma a pronto o a lento effetto), dalla modalità di distribuzione (tipo di frazionamento). Nei nostri ambienti, in terreni franco-argillosi e con distribuzioni frazionate a tutto campo, l'efficienza di assorbimento della concimazione azotata può essere stimata intorno al 75%.

Per evitare perdite per lisciviazione le dosi previste dovranno essere frazionate in 2-3 volte; il frazionamento in tre volte è raccomandato nel caso di dosi elevate (180 kg), in climi molto piovosi, quando le piante sono molto piccole e/o con apparato radicale poco sviluppato.

Eccessi azotati potrebbero portare inoltre a problemi di allettamento, maggiore suscettibilità alle malattie e maggiore competizione da parte di infestanti eventualmente presenti, con conseguenti riduzioni di produzione.

Oggigiorno si mira ad una riduzione degli input per cui la concimazione azotata, tenendo presente l'elevata richiesta di N del colza all'uscita dell'inverno, si aggirano attorno alle 80-100 unità ha^{-1} con il presupposto che il terreno presenti una buona disponibilità di questo elemento.

Per definire quindi una razionale concimazione azotata è bene effettuare una programmazione anticipata degli interventi da svolgere durante il periodo di sviluppo della coltura.

La concimazione azotata negli ultimi anni non prevede alcun intervento autunnale al fine di minimizzare i costi e ridurre al minimo le perdite di N per lisciviazione, a meno che:

- il terreno sia scarsamente dotato di azoto per carenza di sostanza organica o a causa dell'interramento di grandi quantità di residui ad alto

rapporto C/N (unificano con difficoltà), rimasti dalla coltura precedente (es.: paglia di frumento);

– l'accrescimento della coltura sia stentato a causa delle basse temperature per un ritardo nella semina e/o nell'emergenza.

In ogni caso la dose non deve superare i 30-40 unità di N ha⁻¹, da somministrare alla semina o in copertura autunnale perché altrimenti l'N andrebbe incontro a fenomeni di lisciviazione ed inquinamento delle falde.

Nel caso in cui alla fine dell'inverno la coltura sia debolmente sviluppata, si necessitano due concimazioni azotate:

– Un primo intervento precoce alla ripresa vegetativa, a fine gennaio inizio febbraio con apporto di N rapidamente utilizzabile dalla coltura per far sì che riprenda vigore; in questo caso si può apportare il 30-50% del suo fabbisogno che equivale a 40-50 unità di N ha⁻¹.

– Un secondo intervento invece, a metà marzo in corrispondenza dell'inizio di levata con le restanti 60-70 unità di N ha⁻¹; questo consente alla coltura di creare le giuste riserve energetiche per i processi di fioritura, allegagione, formazione delle silique e per la successiva formazione dei semi.

Se la coltura alla ripresa vegetativa si presenta lussureggiante e in salute, non la si deve concimare troppo precocemente altrimenti la si porterebbe a formare nuove foglie a scapito dei getti laterali. In questo caso quindi si può optare per un unico intervento di concimazione azotata verso la fine di febbraio con un concime che presenti N in parte a rapida cessione e in parte a lenta cessione, per favorire la disponibilità durante tutto l'arco di sviluppo della coltura; in questo caso si presenta quindi anche un risparmio economico dovuto ad un solo intervento.

Tuttavia in questo periodo, a causa dell'aumento continuo dei prezzi dei prodotti per l'agricoltura (concimi, diserbanti, trattamenti, gasolio ecc.), è di estrema importanza ottenere il massimo guadagno dalle colture minimizzando le spese in eccesso.

Nel caso delle concimazioni, si può ridurre la quantità di N da apportare in funzione di quanto ne sia già stato assorbito dalla coltura.

Una stima dell'azoto già prelevato la si può avere valutando l'accrescimento raggiunto dalle piante: più queste sono cresciute nel corso dell'inverno, più azoto avranno già assorbito e, quindi, minore sarà la quantità da somministrare in seguito.

La stima può essere effettuata seguendo un metodo "per pesata" e uno "per visuale".

A - *Metodo per pesata*: metodo che si può usare è quello messo a punto dal CETIOM (centro di ricerca francese) e si identifica col nome di "Règlette azote" (Cetiom, 1998); questo metodo cerca di stimare la giusta dose di azoto primaverile misurando la biomassa presente tramite pesata. Questo sistema è calibrato in diversi tipi di suoli della Francia ed è utilizzato con successo dagli agricoltori francesi.

Nell'appezzamento da concimare si scelgono minimo 2-3 aree di saggio, da 1 m² ciascuna, sulle quali si tagliano tutte le piante al colletto (solo verde) e si ottengono i valori di biomassa espressi in kg m⁻². In base al valore si procede nel fissare una resa obiettivo indicata dal metodo, ovvero se ottengo un valore di biomassa elevato si può fissare una resa elevata, mentre se le piantine sono stentate la resa sarà minore.

In seguito si fissa la tipologia di suolo, scegliendo tra terreno profondo o superficiale e sostanza organica presente.

Con questi dati attraverso una tabella si otterranno le unità di azoto da apportare per la resa che si desidera raggiungere.

Ciò significa che se il valore del peso fresco del saggio è elevato rispetto ad un altro campione con peso fresco minore, a parità di resa finale ci sarà una minor distribuzione di azoto nel terreno con peso fresco più alto.

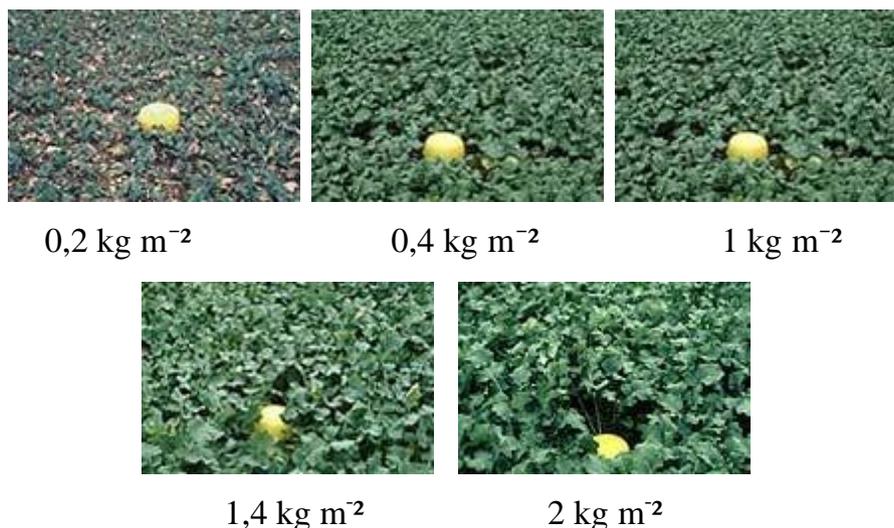


Figura 4. Parcelle di colza all'uscita dall'inverno. La determinazione della quantità di azoto da distribuire i copertura viene calcolata con il metodo "Règlette azote". Le immagini da sinistra a destra e dall'alto al basso presentano i pesi equivalenti/m², a fine inverno.

B – *Metodo per visuale*: metodo utilizzato dai coltivatori più esperti che riescono a capire il grado di assorbimento d'azoto a vista servendosi di un particolare strumento; questo oggetto che nella *Figura 4* appare di colore giallo serve solo a dare un punto di riferimento al coltivatore con il quale riuscirà a capire la grandezza della pianta e da qui poi scegliere le eventuali concimazioni da apportare alla coltura.

1.1.8.3.1. Assorbimento ed efficienza d'uso della concimazione azotata in colza

Il colza presenta un tasso di assorbimento azotato elevato anche durante le fasi invernali del ciclo colturale (120 kg/ha N; Zanetti et al., 2009). La spiccata capacità di organizzare l'azoto nella matrice organica permette di definire tale oleifera una specie *catch crop*. L'intensità con la quale l'azoto è assorbito dalla coltura non è costante durante il ciclo colturale, ma varia con le diverse fasi fenologiche; il periodo di accrescimento più intenso, che nel nostro ambiente si

verifica alla fine dell'inverno-inizio primavera, coincide con i maggiori assorbimenti (Ciricofolo et al., 2001).

La dinamica attraverso la quale il colza assorbe l'azoto risulta essenziale nella definizione di una adeguata concimazione azotata, la quale va calibrata anche in funzione dei reali fabbisogni della coltura e delle caratteristiche chimico-fisiche del terreno. Piani di concimazione ottimali permettono di massimizzare le potenzialità produttive della coltura agendo in maniera macroscopica su numerosi processi fisiologici. Un'adeguata nutrizione azotata favorisce la crescita vegetativa delle piante, promuovendo lo sviluppo di un apparato fogliare esteso contraddistinto da un'elevata efficienza fotosintetica. Tali effetti che costituiscono le premesse indispensabili per l'ottenimento di elevate produzioni, possono essere vanificati da una gestione errata della fertilizzazione azotata. Se errori in difetto non consentono alla coltura di esprimere tutte le sue potenzialità produttive, gli eccessi promuovono l'allettamento, una maggiore suscettibilità a fitopatie e ingenti perdite per lisciviazione della frazione nitrica.

In sistemi colturali basati sul colza, tali effetti sono in parte riconducibili anche alla bassa efficienza azotata che caratterizza tale oleifera. Di fatto l'elevato assorbimento azotato non corrisponde ad una spiccata capacità di traslocazione verso le strutture riproduttive della pianta (silique e semi). La bassa N-efficienza, oltre a compromettere la risposta produttiva della coltura, promuove l'applicazione di elevati apporti azotati in grado di pregiudicare la sostenibilità ambientale del sistema colturale. Nella letteratura scientifica l'efficienza azotata presenta numerose definizioni. La maggior parte di esse si rifà alla resa in seme raggiunta per unità di azoto fornita attraverso le operazioni di concimazione (eq. 1). Secondo questa equazione una cultivar è definita N-efficiente quando la sua risposta produttiva risulta elevata in condizioni azoto carenti. Questo parametro è fortemente legato ai fattori genetici e quindi, alla scelta varietale; in bibliografia è riscontrabile un'ampia varietà di dati per questo parametro sia tra genotipi primaverili che invernali (Graham, 1984; Sattelmacher et al., 1994).

La quantità di seme prodotta per unità di fertilizzante si basa su due componenti: la capacità da parte della coltura di assorbire l'azoto dal terreno e la

traslocazione dello stesso dalla biomassa ai semi. L'efficienza azotata è quindi legata all'efficienza di assorbimento (Eq. 2) e di utilizzo dell'azoto (Eq. 3). L'equazione 2 è definita come kg di N organicati nella biomassa per ciascuna unità di concime apportato. Tale parametro dipende sostanzialmente dalla morfologia dell'apparato radicale e dal suo sviluppo spaziale (espansione e approfondimento). Coerentemente con il ritmo di assorbimento azotato che il colza manifesta durante il proprio ciclo colturale, l'efficienza di recupero dell'azoto risulta particolarmente bassa durante le fasi invernali a causa dei bassi regimi termici e nelle epoche post-fiorali quando la competizione per gli assibilati tra radici e organi riproduttivi risulta elevata.

Dall'equazione 2 è derivabile l'uso apparente del concime (Eq. 4). Sottraendo dall'assorbimento azotato totale, quello realizzato in tesi non concimate è possibile escludere l'azoto messo a disposizione dal terreno, definendo la quantità di concime assorbito per unità di fertilizzante distribuito.

L'altra componente su cui dipende l'N efficienza della coltura è l'efficienza d'utilizzo dell'azoto (NUE: Nitrogen Use Efficiency, Eq. 3). Il NUE si definisce come la quantità di seme prodotta per unità di azoto assorbita dalla pianta. I processi fisiologici alla base di questa efficienza sono relazionati alla capacità di traslocazione dell'azoto assorbito dalle strutture vegetative della pianta verso le parti riproduttive. La mobilizzazione dell'azoto dalle foglie e dai fusti verso i semi risulta limitata e rappresenta il fattore che maggiormente limita il NUE del colza.

Eq. 1 *N-efficiency* = Resa seme/N fornito (Mg kg⁻¹)

Eq. 2 *N-uptake efficiency* = N assorbito / N fornito (kg kg⁻¹)

Eq. 3 *N-utilization efficiency* = Resa seme/N assorbito (kg kg⁻¹)

Eq. 4 *Apparent N-use* = (N assorbito – N assorbito nel controllo)/N fornito (%)

1.1.8.4. Zolfo

La presenza di composti solforati (tioglucosinolati) nella pianta e nei semi del colza rende il fabbisogno di zolfo di questa coltura particolarmente alto (25 kg per tonnellata di granella prodotta, ossia 75 kg per 3 t ha⁻¹); tuttavia, il ricorso alla concimazione solforica è giustificato solo in casi di accertata carenza, in quanto disponibilità oltre il fabbisogno portano a un aumento di tioglucosinolati nei semi, indesiderabile per una piena utilizzazione delle farine di estrazione nell'alimentazione del bestiame.

Quando effettivamente la concimazione solforica risulta necessaria si effettua alla comparsa dei sintomi di carenza, distribuendo una soluzione di 100-150 kg ha⁻¹ di solfato ammonico in 500 l di acqua (per evitare ustioni sulle piante).

La carenza di zolfo si manifesta con diversi sintomi sulle foglie più giovani che presentano la sommità scolorita e ingiallita, mentre le nervature rimangono verdi; in seguito queste foglie diventano rossastre e fragili. I sintomi fogliari sono, a volte, fugaci o poco evidenti; si palesano soprattutto nelle capezzagne, nei punti dove il terreno cambia pendenza e in tutte le zone dove difetta la mineralizzazione della sostanza organica.

La carenza di zolfo si manifesta anche alla fioritura con fiori scoloriti che abortiscono o formano silique vuote.

Nelle nostre zone raramente si verificano le condizioni per il manifestarsi di carenze di zolfo; comunque, considerando i forti consumi di questo elemento da parte del colza, è bene apportarlo, ma non attraverso apposite concimazioni solforiche, bensì con le normali concimazioni N P K, utilizzando concimi che contengono anche zolfo. Ad esempio: il solfato ammonico contiene, oltre al 20-21% di azoto, anche il 57% di SO₃, pertanto distribuendo 130 kg ha⁻¹ di questo concime si copre anche il fabbisogno di SO₃; lo stesso risultato può essere conseguito utilizzando 170 kg ha⁻¹ di solfato di potassio che contiene oltre al 48-52% di K₂O anche il 45% di SO₃.

1.1.9. LOTTA ALLE MALERBE

La lotta alle malerbe, come la preparazione del letto di semina, è di fondamentale importanza per la coltivazione del colza, che soffre molto la competizione delle infestanti soprattutto nel periodo iniziale di accrescimento. Le specie più frequenti ci sono Graminacee (*Alopecurus myosuroides*, *Avena sp.pl.*, *Phalaris sp.pl.* e *Lolium sp.pl.*) e Dicotiledoni (*Veronica sp.pl.*, *Stellaria media*, *Capsella bursa-pastoris*, *Galium aparina*) (Baldoni e Giardini, 2001). Altre famiglie che fungono da infestanti sono *Compositae* e *Poligonaceae* tra cui risultano molto temibili le Crucifere appartenenti alla stessa famiglia del colza (*Sinapis arvensis*, *Raphanus raphanistrum*, *Capsella bursa-pastoris*), le quali oltre a rendere più difficile il controllo per la selettività degli erbicidi, ha come grave conseguenza il possibili inquinamento del raccolto come seme crodo (seme che cade anticipatamente dalla piante e l'hanno successivo germina assieme alla mia coltura inquinando il prodotto; questo perché subisce una variazione nel profilo degli acidi grassi e alla presenza di glucosinolati nel pannello proteico derivante dall'estrazione dell'olio) (Meriggi e Catizone, 2001.).

I tipi di lotta che si possono attuare sono vari, possono essere di tipo agronomico, meccanico e chimico. I tipi di lotta agronomica riguardano una corretta scelta delle successioni, l'utilizzo di semente selezionata abbinata alla scelta della densità di semina, la pulizia dei fossi, capezzagne e scoline; tutte pratiche che normalmente riducono la diffusione delle infestanti ma spesso insufficienti. Pratiche molto utili risultano essere la falsa semina attuata due settimane prima per favorire l'emergenza delle infestanti con successiva erpicatura per la loro eliminazione e una sarchiatura meccanica effettuata in autunno (*Figura 5*).



Figura 5. Foto di sarchiatura su colza effettuata in autunno.

La lotta si effettua con un primo trattamento in presemina con Napropamide (45,8% di p.a. con dose di $1,8 \text{ l ha}^{-1}$) contro graminacee e dicotiledoni. In alternativa, per un trattamento in pre-emergenza viene utilizzato il Metazaclor (43,5% di p.a. con una dose di $2,5 \text{ l ha}^{-1}$) contro graminacee e dicotiledoni. Un secondo trattamento viene effettuato in post-emergenza, con diserbanti a prevalente azione gramminocida come Ciclossidim (21% di p.a. con una dose di 1 l ha^{-1}), Fenoxaprop-etile (12,5% di p.a. con $1,2 \text{ l ha}^{-1}$), Fluazifop-p-butile (13,3% di p.a. con $1,2 \text{ l ha}^{-1}$), Propaquizafop (9,7% di p.a. con $1,2 \text{ l ha}^{-1}$), Alossifop-R-metilestere (10,63% di p.a. con $1,8 \text{ l ha}^{-1}$); in post-emergenza contro dicoledoni invece si usa Clopyralid (9,5% di p.a. con 1 l ha^{-1}) (Meriggi e Catizone,2001).

Una corretta scelta degli avvicendamenti, l'uso di semente selezionata e un attenta pulizia di fossi, scoline e capezzagne aiutano sicuramente a ridurre i problemi dovuti alle erbe infestanti (Toniolo e Mosca, 1986).

1.1.10. LOTTA ALLE AVVERSITA'

Il colza durante il suo ciclo biologico può andare incontro a diversi stress di tipo abiotico ed abiotico, che causano perdite di resa più o meno elevate a seconda a seconda dell'intensità con cui si manifestano.

I fattori di origine abiotica normalmente riguardano gli eventi ambientali come carenze ed eccessi idrici, abbassamento delle temperature precoci o troppo tardivi ecc., eventi quindi che danneggiano fisicamente le piante.

Tra i fattori di tipo biotico invece abbiamo:

-Funghi

- *Alternaria brassicae* (alternariosi delle crucifere): è la più diffusa tra le malattie, può presentarsi dai primi stati di sviluppo fino alla formazione delle silique, la pericolosità dipende dall'andamento climatico (periodi caldi e piovosi) ed è maggiore dalla fioritura in avanti.

Si manifesta in genere con piccole macchie nere, alternate a zone chiare, poste sulle foglie, sui fusti e sulle silique su cui apporta il maggior danno, nei casi più gravi la malattia può portare alla morte le plantule. È opportuno seguire con attenzione lo sviluppo delle macchie e solitamente non si tratta finché non sono presenti le silique. Il momento ottimale per trattare con prodotti fungicidi è quando si hanno almeno 20 silique con 2,5 cm di lunghezza (*Figura 6*) (Toniolo e Mosca, 1986).



Figura 6. Danni di Alternaria brassicae su silique.

- *Sclerotinia sclerotiorum* (marciume molle): specie polifaga che attacca tra l'altro anche la soia ed il girasole. I primi sintomi appaiono sulle foglie quando la pianta perde i petali. L'attacco si ha a maggio e l'infezione è predominante all'ascella delle foglie dove più spesso si fermano i petali caduti, dopo di che la malattia progredisce nel picciolo e nel fusto; si manifesta sotto forma di marciume di colore grigio carico-verde che può ricoprirsi di peluria bianca (micelio del fungo) formando i corpi fruttiferi (apotecii) che liberano le spore (ascospore) disseminate ad opera del vento infettando le piante circostanti. Dopo la formazione del micelio all'interno del fusto si notano macchie nere che sono gli sclerozi che possono rimanere vitali nel terreno per nuove infestazioni.

La malattia è trasmessa dalle colture precedenti e la conseguenza evidente è il mancato passaggio di nutrienti per l'alimentazione della parte superiore della pianta (Toniolo e Mosca, 1986).

- *Phoma lingam* (cancro del fusto): il fungo che prende questo nome allo stato asessuato (*Leptosphaeria maculans* allo stato sessuato) causa dapprima macchie chiare tendenti al bianco con piccoli neri corrispondenti alle fruttificazioni che producono spore che contaminano le altre piante con gli schizzi d'acqua dovuti alla pioggia. Più avanti si formano necrosi al colletto che portano a lesioni più o meno gravi del fittone. Questi marciumi al colletto e sullo stelo portano in primavera a marcescenza del tessuto con mancata assimilazione ed in stadio avanzato all'allettamento.

Per la lotta si possono fare delle rotazioni evitando il ritorno per 4-5 anni della coltura e si possono utilizzare varietà resistenti (Toniolo e Mosca, 1986).

- *Plasmodiophora brassicae* (ernia delle crucifere): fitopatologia dovuta ad un fungo del terreno che attacca le radici di molte specie. I sintomi inizialmente consistono in un appassimento delle foglie in periodi di caldo e secco. Il fungo in autunno invade le radici e produce ingrossamenti a galle. Queste marciscono e lasciano nel terreno le spore che durano molti anni. La malattia porta generalmente ad una crescita

stentata sviluppandosi bene in terreni con ph acidi (5,5 circa) e che scolano male.

Le pratiche colturali sono le uniche vie per controllare la fitopatia come lunghe rotazioni ed eliminare le malerbe soprattutto le *cruciferae* per evitare che il fungo sopravviva (Toniolo e Mosca, 1986).

- *Cylindrosporium concentricum*: si manifesta sulle foglie dall'emergenza alla raccolta, ma attacca anche il fusto, i fiori e le silique e può causare perdite importanti. La lotta può essere chimica o per mezzo dell'adozione di varietà tolleranti, ma in ogni caso, per limitare l'inoculo primario, è importante interrare i residui colturali prima della nuova semina (Toniolo e Mosca, 1986).

-Insetti

- *Psylliodes chrysocephala* (altica del colza): è un coleottero che può causare molti danni. Gli adulti provocano erosioni sulla lamina fogliare ed alla base del fusto che ritardano la crescita o possono, se numerose, portare anche alla morte della pianta. L'attacco può avvenire in autunno e si potrà trattare quando tre piante su dieci presentano erosioni sui cotiledoni o sulle prime foglie vere già allo stadio di rosetta della pianta. Gli attacchi si possono avere anche alla ripresa vegetativa con gallerie sul picciolo e sul fusto principale ed all'ascella delle foglie. Si fa il trattamento quando più del 70% delle piante presentano almeno una galleria. Le larve sono certamente le più dannose, per precauzione è bene fare la geodisinfestazione localizzata alla semina con prodotti sistemici, oppure effettuare trattamenti insetticidi sulla vegetazione (*Figura 7*) (Toniolo e Mosca, 1986).



Figura 7. Foto di *Psylliodes chrysocephala* e relativi danni.

- *Ceuthorrhynchus assimilis* (punteruolo delle silique): è un coleottero grigio, la sua incidenza varia di anno in anno e gli attacchi più pericolosi si hanno nei luoghi dove la coltura è più affermata. Compare all'inizio della fioritura, le uova vengono deposte nelle silique che sono poi erose dalle larve. Per nutrirsi distruggono i bottoni fiorali e rodono le giovani silique. Quando non vi è più l'alimento le larve lasciano il frutto e vanno a ripararsi nel terreno dove passano l'inverno in residui legnosi o sulle siepi. Il livello di guardia del danno è considerato raggiunto quando sono presenti 1-2 coleotteri ogni 2 piante. Le larve distruggono i semi all'interno dei frutti (3-4 frutti in media). I fori prodotti sulle silique servono alla cecidomia per depositare le uova ed un buon controllo del punteruolo delle silique evita un'ulteriore infestazione di questo insetto (Toniolo e Mosca, 1986).
- *Dasyneura brassicae* (cecidomia delle crucifere): è una mosca marrone, difficile da riconoscere in campo; compare all'inizio della formazione dei frutti preceduta da forte infestazione di punteruolo delle silique. Il danno maggiore è causato quando il cecidomie trova delle aperture nelle silique causate effettuate dall'ingresso del punteruolo; le larve della mosca causano gonfiori, ingiallimenti e deiscenza prematura delle infruttescenze (Toniolo e Mosca, 1986).
- *Brevicoryne brassicae*: afide (pidocchio) grigio-verde che provoca infestazione alla fioritura o, in minor misura, in autunno. Con la sua presenza copre completamente le infiorescenze e le silique e crea danno quando è massima la sua presenza. Sulle foglie si formano macchie

clorotiche, e la nervatura centrale e le foglie intere si possono accartocciare. Provoca sottrazione di sostanze nutritive per suzione con disseccamento precoce delle parti della pianta dove gli afidi si sono colonizzati. È vettore di virus (Toniolo e Mosca, 1986).

- *Meligethes aeneus* (meligete delle crucifere): piccolo coleottero blu-nero di circa 2,5 mm di lunghezza. Compare durante lo stadio di bocciolo florale ed invade la coltura a fine marzo-inizio aprile e diventa più abbondante in maggio (*Figura 8*).

I danni provocati consistono in erosione del bocciolo e distruzione dell'ovario. Gli adulti divorano i bottoni per nutrirsi del loro polline, a fioritura si nutre del polline libero e quindi a fioritura non c'è più pericolo di danno. Le larve invece si alimentano di gemme e a maturità si impupano nel terreno. Il livello di guardia del danno è di 5-8 coleotteri per pianta ai bordi della coltura e 2-3 coleotteri per pianta nella coltura. Trattamento effettuato non dopo l'inizio della fioritura perché inutile in quanto il danno si ha in prefioritura (Toniolo e Mosca, 1986).



Figura 8. Foto di Meligethes aeneus.

Un altro problema può essere rappresentato dagli uccelli di cui alcune specie (verdoni e cardellini) sono ghiotte di semi di colza che, se coltivato su piccole superfici, può ritrovarsi completamente predato da stormi di volatili. La

questione probabilmente si risolve su superfici importanti dove il problema verrebbe diluito.

I batteri da cui può essere attaccata sono: *Erwinia carotovora* e *Xanthomonas campestris*. La maggior parte delle malattie virali più comuni sono il mosaico giallo. Un'accurata concia del seme, rotazioni non troppo corte e l'impiego di cultivar resistenti rappresentano validi metodi di lotta.

1.1.11. RACCOLTA

L'epoca e il tipo di raccolta devono permettere di conciliare al meglio diversi elementi quali la quantità di sostanza secca, i contenuti in olio e in umidità del seme e la qualità dell'olio (Toniolo e Mosca, 1986).

Se alla maturità si ha eccessiva deiscenza è bene anticipare la raccolta valutando però il contenuto in clorofilla che dovrà essere inferiore alle 25 ppm., altrimenti bisognerà effettuare delle rettifiche dell'olio che aggiungendosi alle spese di essiccazione elevate porterebbero ad un aumento eccessivo dei costi, per contro si avrà una eccessiva deiscenza con perdita di prodotto ecco perché si sono selezionate varietà migliorate con ridotta deiscenza.

Quando il contenuto di acqua dei semi è sceso intorno al 35% il colza ha raggiunto la maturazione fisiologica: da questo momento in poi non si avranno ulteriori aumenti di produzione, ma solo perdita di acqua; pertanto, potrebbe essere iniziata la raccolta. Tuttavia, l'intervento deve essere ritardato perché, anche potendo trebbiare il seme senza difficoltà, si otterrebbe un prodotto troppo umido che causerebbe seri inconvenienti, quali: conservazione impossibile senza essiccazione artificiale (maggiori costi), difficoltà nella estrazione e raffinazione dell'olio, qualità scadente dell'olio per eccessivo contenuto di clorofilla. Per una raccolta "in sicurezza" si deve aspettare che l'umidità dei semi scenda sotto il 14%; a questo stadio lo stelo è ancora verde (chiaro) nella metà inferiore, le silique e le ramificazioni sono completamente secche (*Figura 9*), mentre i semi hanno acquisito il tipico colore nero.



Figura 9. Colza a maturazione, pronto per la raccolta.

Di norma il colza viene raccolto con la mietitrebbiatrice da frumento, adottando alcune precauzioni:

- equipaggiare la mietitrebbiatrice con una barra di taglio verticale (sul divisore interno) per ridurre le perdite di semi per sgranatura;
- sempre con lo scopo di ridurre le perdite per sgranatura tenere l’aspo il più alto e arretrato possibile (sarebbe meglio se non toccasse le silique); quando ciò non fosse realizzabile, si dovrà regolare la rotazione dell’aspo in modo che la sua velocità periferica sia uguale a quella di avanzamento della macchina e tenere i denti rivolti in avanti;
- tagliare gli steli il più alto possibile per limitare la massa vegetale da introdurre nella macchina, così da alleggerire il lavoro del battitore e dei crivelli (migliore pulitura dei semi);
- ridurre la velocità di avanzamento della macchina a circa $2/3$ di quella adottata per il frumento e la velocità di rotazione del battitore;

- scegliere e regolare bene i crivelli per evitare al massimo le perdite di semi e allontanare il più possibile le impurità (quello inferiore deve essere a fori rotondi con 3-5 mm di diametro);
- regolare la ventilazione in funzione delle condizioni di raccolta (spesso si regola al minimo).

In zone ventose o soggette a temporali estivi è bene prendere in considerazione la raccolta in due tempi: falcia-andanatura, prima, e trebbiatura, poi. Questa pratica consente anche di raggiungere una maturazione più omogenea delle silique e di ridurre le perdite per sgranatura dei frutti posti sull'asse principale. Per la buona riuscita dell'operazione la fittezza della coltura dovrebbe essere superiore a 40-50 piante m² e la distanza tra le file non superiore a 0,35 m per poter sostenere l'andana.

La falcia-andanatura si esegue quando le silique virano al giallo e i semi dei frutti più bassi hanno acquisito un colore marrone scuro (l'umidità dei semi è tra il 35 e il 25%); l'altezza di taglio non dovrebbe essere inferiore a 0,5 m per favorire l'arieggiamento dell'andana, così da accelerare l'essiccamento delle silique ed evitare il loro contatto con il terreno. La ripresa dell'andana si effettua 1-2 settimane dopo, mediante una mietitrebbiatrice dotata di *pick-up*, quando l'umidità dei semi è intorno all'8-9%.

1.1.12. CONSERVAZIONE DEL PRODOTTO

Sarebbe opportuno che il prodotto fosse consegnato all'industria appena raccolto, così da evitare rischi di riscaldamento della massa con alterazione dell'olio (*Figura 10*). Quando ciò non fosse possibile bisogna prestare la massima cura nella conservazione del colza, adottando queste precauzioni:

- raccogliere un prodotto sano;
- raccogliere quando l'umidità dei semi è inferiore al 9%;
- eliminare le impurità (frammenti di pianta, semi rotti, semi di erbe infestanti, ecc.) perché costituiscono veicoli di umidità e focolai di riscaldamento;

- controllare la temperatura della massa per rilevare eventuali inizi di riscaldamento (se mai arieggiare).

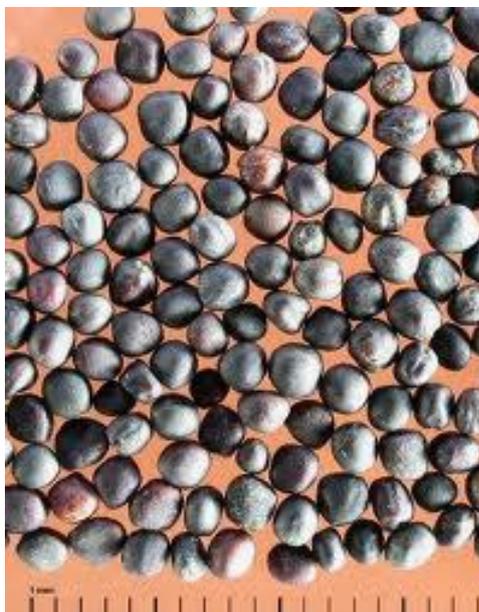


Figura 10. Semi di colza (Brassica napus var. oleifera).

1.1.13. REQUISITI PER LA COMMERCIALIZZAZIONE

Si riportano i parametri contenuti nel Disciplinare di Produzione Integrata:

- contenuto in olio: non inferiore al 38%,
- umidità dei semi: non superiore al 9%,
- impurità: non superiori al 5%,
- contenuto in glucosinolati: non superiore a 18 μmoli per grammo di farina disoleata.

1.1.14. MIGLIORAMENTO GENETICO

Il miglioramento genetico del colza è molto recente, se paragonato a quello delle altre colture, ed è stato attivato dalla scarsità di olio di semi venutasi a creare durante la seconda guerra mondiale.

In Europa il lavoro di miglioramento è stato realizzato soprattutto in Francia e Germania, oltre che in Polonia e Svezia, su materiali tipo “winter” ed in Canada su tipi “spring”. L’interesse si è rivolto particolarmente alle maggiori caratteristiche agronomiche quali la produzione di seme (per effetto dell’aumento sia del numero di semi per siliqua che del numero di silique) e di olio, la diminuzione della scalarità di fioritura, l’abbassamento della taglia, la resistenza all’allettamento, alle principali fitopatie e alla deiscenza delle silique (Baldoni e Giardini, 2001).

Per la possibilità di utilizzo a livello industriale dell’olio si sta cercando di aumentare la percentuale di acido erucico contenuto nel seme, esistono varietà denominate HEAR (*High Erucic Acid Rapeseed*) in cui il contenuto medio arriva al 46-49% (Mosca, 1998).

Le industrie però ne richiederebbero percentuali ancora più elevate per una maggiore efficienza di utilizzazione anche se per motivi biochimici non si può superare la soglia del 66% poiché la struttura del trigliceride dell’acido erucico si può posizionare solo nelle due posizioni esterne della molecola lasciando il posto ad un acido grasso più corto nella posizione centrale.

I nuovi prodotti entrati nel mercato sono ibridi a taglia bassa o semi-dwarf, una esclusiva categoria di ibridi di colza con sviluppo controllato della pianta, ottenuto attraverso il raccorciamento mirato degli internodi del fusto.

La nuova tecnologia assicura:

- Rese elevate;
- Una grande stabilità di pianta anche in condizioni di elevata fertilità dei terreni;
- Una maturazione molto uniforme;

- L'ottimizzazione delle operazioni di raccolta, riducendo le perdite e velocizzando i tempi di trebbiatura.

IN GENERALE GLI IBRIDI OFFRONO	
Migliore adattabilità ambientale	→ Rese più elevate e stabili nei differenti areali di coltivazione
Flessibilità nell'epoca di semina	→ In funzione delle caratteristiche dell'ibrido
Possibilità di ridurre la densità di semina	→ Sviluppo più regolare della pianta, maturazione più uniforme. Possibile la semina di precisione
Maggiori opportunità di effettuare la semina con minima lavorazione o su sodo	→ Riduzione dei costi
Emergenze più regolari e rapide	→ Minori fallanze, migliore controllo delle infestanti
Elevata resistenza al freddo	→ Minori diradamenti invernali
Rapida ripresa vegetativa a fine inverno	→ Copertura veloce del terreno con un miglior controllo delle infestanti
Fioriture uniformi	→ Maturazione più regolare e massima raccogliabilità
Maturazione uniforme	→ Migliore qualità fisica del seme

1.1.15. RIDUZIONE DEGLI INPUT IN COLTURE OLEAGINOSE

La semina precoce di *B. napus* rende questa coltura particolarmente adatta in successione al frumento. Se il terreno è sufficientemente libero da residui colturali, si possono adottare tecniche di minima lavorazione (estirpatura + erpicatura, o solo erpicatura), alle quali oggi convenientemente ci si orienta senza provocare sensibili riduzioni di resa, in sostituzione dell'aratura tradizionale, mentre la semina su sodo è di più difficile applicazione. L'aratura, eseguita ad una profondità di 0,35 m, rimane comunque il tipo di lavorazione più diffusa, seguita dalle lavorazioni complementari di estirpatura ed erpicatura per la completa preparazione del letto di semina, che deve risultare accurata in funzione delle ridotte dimensioni del seme (peso di 1000 semi: 4-5 g negli ibridi arriva a 8 g). il ricorso ad erpici rotanti azionati dalla p.d.p della trattrice, riduce notevolmente i tempi di lavorazione ma incide in modo significativo sui costi di coltivazione.

La semina si esegue generalmente con seminatrici universali da frumento, ad una profondità di 2-3 cm ed interfila di 30-35 cm, oppure con seminatrici di precisione a dischi con file di semina da 45 cm qualora si opti per il controllo

meccanico delle malerbe tramite sarchiatura. La densità di semina deve essere almeno doppia rispetto al numero di piante da ottenere alla raccolta (mediamente 20-30 piante m^2 , massimo 50 piante). Densità vicine al limite inferiore dell'intervallo ottimale, possibili per la notevole plasticità della pianta di colza, che compensa la minore densità con un maggior numero e sviluppo di ramificazioni del fusto, garantiscono anche una maggiore resistenza meccanica della pianta. In funzione del peso di 1000 semi, la dose ottimale oscilla tra 2 e 4 $kg\ ha^{-1}$ di seme, prediligendo le dosi più basse per i terreni più fertili e per i climi più piovosi ove l'allettamento è più frequente.

Le esigenze nutritive sono elevate; per una resa di 3 $t\ ha^{-1}$, i prelievi sono di 210 kg di N, 75 kg di P_2O_5 e 300 kg di K_2O , ma l'effettiva asportazione con la granella riguarda in maggior misura l'azoto con una quantità di circa 90-100 $kg\ ha^{-1}$, essendo contenuto in ragione del 3% nel seme. Sperimentazioni condotte presso l'azienda agraria sperimentale dell'Università di Padova per più anni hanno dimostrato che il colza è una vera e propria trappola per i nitrati, in grado di assorbire entro la fine dell'inverno fino a 60-80 $kg\ ha^{-1}$ di azoto. Più recentemente, nell'ambito di una sperimentazione svolta per due anni con più di 20 varietà, è stata verificata anche la possibilità di coltivare colza con modesti apporti di azoto, massimo 90 kg . Questo tipo di itinerario agronomico di "basso" input condurrebbe a rese di granella nettamente superiori a quelli ottenibili con dosi doppie di N, per la minore incidenza dell'allettamento e di marciumi che da questo ne derivano, soprattutto nelle annate caratterizzate da elevata piovosità primaverile (Zanetti et. al., 2003).

In un'oculata gestione della concimazione è prevedibile pertanto apportare 50-70 kg di P_2O_5 e di K_2O a pieno campo durante la preparazione del terreno in autunno. Per quel che riguarda l'azoto invece ultimamente si evitano le concimazioni azotate autunnali in quanto non portano ad un aumento di resa tale da rendere significativo l'intervento, permettendo così un maggiore sfruttamento dell'N presente nel terreno ed evitando eccessive lisciviazioni durante le piogge. Tuttavia si può effettuare un apporto di N in autunno se la coltura avesse problemi nello sviluppo dovuti a carenza dell'elemento oppure dovuti a crescite

stentate per ritardi nella semina. In questo caso si possono apportare 30-40 kg di N ha⁻¹, e se si decidesse di aumentare la dose, per ogni kg di N al di sopra del valore di 50 kg N ha⁻¹ la concimazione primaverile subirebbe un calo di quantità pari a 0,7 kg. Nel periodo primaverile, invece, si può optare per una o due concimazioni azotate a seconda dell'esigenze della coltura apportando 80-120 kg ha⁻¹ di N circa. Va segnalata infine, l'esigenza di zolfo di questa *Brassicacea*, normalmente soddisfatta dalle dotazioni del terreno e dagli apporti azotati in copertura con solfato ammonico, che si attesta in circa 70 kg ha⁻¹ di SO₃.

La fittezza di semina e la scarsa disponibilità di erbicidi di pre-emergenza (i.e., trifluralin, metazaclor) registrati per colza in Italia, suggeriscono l'opportunità di indirizzare il contenimento delle malerbe attraverso il controllo meccanico, con sarchiature da eseguire con terreno asciutto già a fine ottobre se l'andamento climatico autunnale è favorevole. Il controllo chimico di post-emergenza viene eseguito raramente per l'elevato sviluppo fogliare della coltura, utilizzando i p.a. dicotiledonici (i.e., metazaclor, clopyralid) e graminicidi (fluazifop-p-butile, haloxyfop-etossietile, cicloxidim, quizalofop etile isomero D).

La scarsa diffusione del colza in Italia ha messo queste colture finora al riparo dai numerosi potenziali parassiti, ben conosciuti invece in Francia, Germania e Gran Bretagna. Tra questi si segnalano gli attacchi fogliari causati dalle larve del dittero *Athalia rosae*, dalle larve di cavolaia (*Pieris brassicae*), e dall'altica (*Psylliodes chrysocephala*), controllabili attraverso l'uso di piretroidi. Sono possibili anche pesanti attacchi di limacce, in concomitanza con andamenti stagionali umidi e piovosi. Allo stadio di fioritura sono invece pericolosi gli attacchi di meligete (*Meligethes aeneus*) i cui adulti, nutrendosi a spese dei fiori, sono responsabili di significative cascole fiorali, ma per il quale la soglia di intervento chimico è relativamente elevata (adulti in massa su infiorescenze serrate) in ragione dell'elevata potenzialità fiorale del colza che va ben oltre la capacità produttiva.

L'assenza di varietà per ora resistenti alle malattie crittogame, in particolare *Sclerotinia sclerotiorum* e *Alternaria brassicae*, pone l'attenzione sull'adozione di una adeguata rotazione colturale che non preveda il ritorno del colza sullo

stesso terreno troppo frequentemente, così pure di girasole e soia, accomunate dalle medesime patologie fungine.

La coltura, sia al centro-nord, ma anche al sud Italia è in grado di completare il ciclo senza dover ricorrere all'irrigazione. La raccolta richiede una mietitrebbia da frumento munita anche di barra da taglio verticale per agevolare l'avanzamento nella fitta biomassa, e va eseguita tempestivamente per contenere il fenomeno naturale della deiscenza delle silique, causa di perdita di prodotto e dell'insorgenza di infestazioni di queste colture in successione.

In termini produttivi, la colza sembra ben sopportare itinerari agronomici di medio-basso input, che interessano un contenimento delle lavorazioni, della concimazione, la riduzione della dose di seme ed il controllo meccanico delle malerbe, soprattutto per le varietà tradizionali, come ha dimostrato un recente studio condotto presso l'Università di Padova (Zanetti et al., 2006). Gli ibridi hanno mostrato un maggiore potenziale produttivo ma, condizionatamente ad una buona disponibilità dei fattori produttivi, evidenziando un calo considerevole in condizioni di estensivizzazione colturale (-27% basso input vs. alto input).

1.2.16. UTILIZZI DELL'OLIO DI COLZA

Dall'estrazione dell'olio si ricava un residuo, chiamato pannello se deriva dall'estrazione dell'olio meccanica, o farine di estrazione, se questa è avvenuta con solventi chimici. Il residuo viene usato per l'alimentazione degli animali, è un alimento molto ricco di proteine (45-48%) e presenta un contenuto in amminoacidi ben bilanciato, ha una elevata percentuale in lisina e metionina, può competere con la soia nella miscelazione dei mangimi. Il pannello è usato principalmente per nutrire i bovini, ma anche per maiali e polli. Il sottoprodotto per l'alimentazione animale deve avere basso contenuto in glucosinolati che essendo fattori antinutrizionali causano disturbi del metabolismo per i monogastrici. Questi pannelli possono essere usati anche come costituenti di adesivi nel legno compensato o come fonti di amminoacidi isolati.

Gli oli vegetali presentano numerosi vantaggi rispetto agli oli derivati dal petrolio: dal punto di vista ecologico sono rinnovabili e non aumentano le immissioni di CO₂, sono biodegradabili e in poco tempo se dispersi nell'ambiente vengono completamente degradati, sono atossici e danno minori problemi nella manipolazione e nel loro impiego abbassando il rischio di problemi allergici e di salute agli operatori ed infine possono essere smaltiti con più facilità rispetto agli oli minerali.

Gli oli vegetali oltre che per la loro funzione di lubrificante possono essere utilizzati come adesivi, prodotti agrochimici, inchiostri, prodotti farmaceutici, carburanti, nastri magnetici, materie plastiche, solventi e tensioattivi.

L'utilizzazione indiretta dell'olio di colza, è rappresentata principalmente dalla produzione del "diestere" da impiegare quale carburante per motori diesel. In questo settore l'industria ha fino ad oggi utilizzato prevalentemente semi di colza dato il loro migliore rendimento ed il costo più contenuto sui mercati mondiali rispetto ad altri semi oleosi (soia e girasole). Infatti i semi di colza sembrano essere più indicati per la produzione del diestere per l'assenza di cattivi odori in fase di combustione probabilmente legata alla scarsa presenza di acido linolenico.

1.2.17. IL BIODIESEL

Gli oli vegetali non raffinati sono divenuti recentemente di grande interesse per il settore energetico grazie alla possibilità di essere utilizzati con buona efficienza per la produzione elettrica e alla disponibilità di grandi quantità di materia prima a prezzi interessanti sul mercato internazionale.

In alternativa all'utilizzo degli oli grezzi è possibile sottoporli ad un processo di raffinazione ulteriore, ottenendo un combustibile, il biodiesel, del tutto simile al gasolio fossile che però si differenzia da esso soprattutto perché è una fonte di energia rinnovabile.

Il biodiesel è un biocarburante costituito da una miscela di esteri metilici (metilesteri), prodotti mediante la conversione chimica degli oli e dei grassi animali e/o vegetali, ed è caratterizzato da un'elevata densità energetica (37 MJ kg⁻¹). Alcune caratteristiche (*Tabella 4*) rendono questo biocarburante affine al gasolio e ne consentono la sostituzione nei motori a ciclo Diesel. La sostituzione del gasolio con il biodiesel si riflette in importanti benefici ambientali.

In primo luogo le emissioni, rilasciate nel corso della combustione, presentano una qualità migliore di quella consentita dall'utilizzo del gasolio, soprattutto in termini di monossido di carbonio, particolato ed idrocarburi incombusti.

L'utilizzo del biodiesel, inoltre, considerando la fase di produzione, consente un risparmio netto nelle emissioni di anidride carbonica del 40-60%. Le materie prime impiegate per la produzione del biodiesel possono provenire dalle colture oleaginose dedicate o dalla raccolta differenziata degli oli alimentari esausti.

In Italia le principali colture oleaginose sono il girasole ed il colza. La soia riveste un'importanza inferiore, poiché i semi presentano un contenuto in olio piuttosto modesto, mentre risulta promettente il cavolo dell'Abissinia (*Brassica carinata*), adatto alle condizioni pedo-climatiche delle aree mediterranee.

Nel mondo la coltura oleaginosa a più larga diffusione è la palma da olio; la sua coltivazione, tuttavia, solleva delle problematiche di sostenibilità ambientale e di natura socio-economica.

Ad oggi il biodiesel è impiegato comunemente in miscela al 5% in volume con il gasolio. In Germania sono utilizzate formulazioni a percentuale superiore: 20% in volume nei motori non predisposti e puro nei motori predisposti.

PROPRIETA'	OLIO VEGETALE	DIESEL
Potere calorifico volumico [kJ/dm ³]	34300	36000
Potere calorifico massico [kJ /kg]	37400	42500
Densità [kJ / m ³]	916	830
Numero di Cetano	32-36	48-52
Punto di accensione	300°	90°
Viscosità a 20° [cSt.]	60	5
Acidità pH	< 7	>7
Velocità di fiamma [m/s]	< 0.2	>0.4
Polimerizzazione	Alta	Nessuna

Tabella .4 Differenti caratteristiche tra oli vegetali e diesel.

1.2.17.1. Caratteristiche del biodiesel

Il biodiesel è un biocarburante liquido prodotto attraverso una reazione di transesterificazione, processo nel quale un olio vegetale è fatto reagire in eccesso di alcool metilico, in presenza di un catalizzatore alcalino. Il prodotto finale è costituito da una miscela di alcuni (6-7) metilesteri che non contiene zolfo e composti aromatici; contiene invece ossigeno in quantità elevata (non meno del 10%) e può essere utilizzato come combustibile per autotrazione e riscaldamento, sia miscelato con gasolio che tal quale.

Il biodiesel, in Italia, è commercializzato soprattutto nel settore del riscaldamento, mentre come combustibile da autotrazione è impiegato prevalentemente da parte di aziende per il trasporto pubblico.

Il sottoprodotto che si ottiene dalla reazione di produzione è il glicerolo (comunemente conosciuto come glicerina), che, dopo essere stato raffinato, viene venduto alle industrie farmaceutiche e cosmetiche.

In confronto con il gasolio, il Biodiesel determina numerosi effetti positivi per l'ambiente:

- non contribuisce all'effetto serra poiché restituisce all'aria solo la quantità di anidride carbonica utilizzata da colza, soia e girasole durante la loro crescita;
- riduce le emissioni di monossido di carbonio (- 35%) e di idrocarburi incombusti (- 20%) emessi nell'atmosfera;
- non contenendo zolfo, il biodiesel non produce il biossido di zolfo, altamente tossico, e consente maggiore efficienza alle marmitte catalitiche;
- diminuisce, rispetto al gasolio, la fumosità dei gas di scarico emessi dai motori diesel e dagli impianti di riscaldamento (- 70%);
- non contiene sostanze pericolosissime per la salute quali gli idrocarburi aromatici (benzene, toluene ed omologhi) o policiclici aromatici;
- giova al motore grazie ad un superiore potere detergente che previene le incrostazioni;
- non presenta pericoli, come l'autocombustione, durante la fase di trasporto e di stoccaggio.
- è sicuro da maneggiare e da trasportare;
- può essere stoccato negli stessi serbatoi del diesel e pompato con gli usuali mezzi tranne che nelle giornate fredde, durante le quali bisogna usare riscaldatori dei serbatoi o agitatori;
- è completamente miscibile col diesel e ciò lo rende un additivo molto flessibile;
- essendo un prodotto ossigenato, migliora il completamento della combustione;
- è biodegradabile, cioè se disperso si dissolve nell'arco di pochi giorni, mentre gli scarti dei consueti carburanti permangono molto a lungo;

Caratteristiche fisiche e termodinamiche del biodiesel

CARATTERISTICHE	BIODIESEL
Viscosità a 40°C	Min 3,5 cSt Max 5,0 cSt
Massa volumica a 15°C	860 kg/m ³ -900 kg/m ³
Punto di infiammabilità	120°C
Punto di scorrimento	-13 °C
Residuo carbonioso Conradson (percentuale)	m/m 0,4
Acidità totale	mg KOH/g 0,5
Acqua	mg/kg 500
Ceneri (percentuale)	m/m 0,02
Zolfo	mg/kg 10
Fosforo	mg/Kg 10
Glicerina libera (percentuale)	m/m 0,025
Metanolo (percentuale)	m/m 0,2
Metilistere (percentuale)	m/m 98
Monogliceridi (percentuale)	m/m 0.80
Digliceridi (percentuale)	m/m 0.20
Trigliceridi (percentuale)	m/m 0.20
Contenuto di Estere (percentuale)	m/m 96
Numero di saponificazione	mg KOH/g 170
Numero di cetano	51
Potere calorifico inferiore (riscaldamento)	MJ/kg 35

Tabella 5. Caratteristiche fisiche e termodinamiche del biodiesel (Nota: nella tabella m/m indica il rapporto in massa).

Caratteristiche distintive del bio-diesel sono l'assenza di zolfo (*tabella 5*), di composti aromatici, la riduzione del particolato fine (PM10) e, infine, la riduzione dei gas a effetto serra, quantificabile nel risparmio di 2,5 tonnellate di anidride carbonica per ogni tonnellata di gasolio sostituita. Il biodiesel presenta inoltre elevata biodegradabilità.

1.2.19. USI NON ENERGETICI DELL'OLIO DI COLZA

L'uso degli oli vegetali e dei loro esteri per fini non energetici è molto vasto e non ancora completamente studiato. Di seguito sono descritte alcune possibili strade non energetiche già percorse o ancora da percorrere, alcune delle quali risultanti da uno studio americano sulle possibili, e sostenibili, utilizzazioni degli esteri dell'olio vegetale.

Adesivi: Gli esteri di oli vegetali possono rientrare nella composizione di numerosi adesivi anche se il settore è molto specializzato e difficilmente (almeno negli Stati Uniti) potrebbe richiedere prodotti di questo tipo. Viceversa appare più probabile un loro utilizzo come solventi per adesivi.

In ogni caso gli esteri possono essere utilizzati come reagenti nel processo produttivo degli adesivi o componenti per produrre adesivi.

Agrochimica: Nel settore agrochimico gli acidi grassi vegetali più che i loro esteri possono essere utilizzati come componenti di insetticidi per migliorare l'efficacia del principio attivo e diminuirne la fitotossicità.

Possono fungere anche come vettori di fitofarmaci in modo da consentirne un migliore dosaggio.

Inchiostri: Un'utilizzazione molto specifica degli esteri la si potrebbe avere nel settore degli inchiostri. Possono agire come vettori del pigmento, come leganti o per conferire particolari caratteristiche all'inchiostro.

Industria farmaceutica: Le proprietà emollienti degli esteri di acidi grassi vegetali, dovute alla loro struttura con una testa idrofila e una idrofoba, consentono diverse applicazioni nel campo della cosmesi. Possono anche essere utilizzati come vettori a lento rilascio per medicinali, così come componenti di cere aventi la medesima funzione.

Lubrificanti: I lubrificanti sono costituiti da un composto base di origine fossile (derivato dal petrolio) e da un pacchetto di additivi che conferiscono lubricità, minore corrosività e maggiore stabilità termica.

Gli esteri di oli vegetali possono essere utilizzati come composto base (sostituendo i derivati del petrolio) e avendo una maggiore lubrificabilità e quindi consentendo di eliminare o ridurre parte degli additivi.

Possono inoltre rientrare nella formulazione degli additivi per aumentare la lubrificabilità, la viscosità o la compatibilità fra gli stessi additivi. Possono inoltre essere utilizzati nell'industria della lavorazione dei metalli come lubrificanti e liquidi antiusura degli utensili.

Nastri magnetici: Un'applicazione molto specializzata degli esteri in qualità di solventi è quella relativa alla produzione dei nastri magnetici per registrazioni video e audio.

Plastiche e plastificanti: I plastificanti sono additivi utilizzati per modificare la fluidità delle plastiche durante la loro lavorazione e per aumentare la flessibilità dei polimeri. Come tali gli esteri di acidi grassi possono trovare impiego nella fabbricazione degli pneumatici, come additivi nella stabilizzazione degli elastomeri, come componenti biodegradabili delle plastiche.

Solventi: Il biodiesel si è dimostrato un efficace prodotto se utilizzato come solvente per la pulizia di ugelli e di parti metalliche, per eliminare tracce di adesivi e per rimuovere vernici. Alcuni esteri sono stati utilizzati come solventi anche nell'industria elettronica.

Le caratteristiche chimiche e fisiche del biodiesel possono però influenzarne le funzioni se utilizzato come solvente.

Ad esempio la sua bassa volatilità lo rende poco efficace contro i residui oleosi anche se esistono alcuni solventi a bassa volatilità come il d-limonene.

L'elevato Flash Point invece lo rende un solvente molto più sicuro rispetto ai comuni solventi organici alogenati.

Tensioattivi: Gli esteri di oli vegetali hanno numerose applicazioni come tensioattivi. Alcuni ad esempio sono utilizzati per preparare emulsioni acqua in olio ad uso alimentare, cosmetico o chimico; altri sono utilizzati nell'industria chimica per produrre fitofarmaci e erbicidi, e più in generale per creare e stabilizzare sospensioni di solidi.

2. SCOPO DELLA TESI

L'attuale scenario di coltivazione mondiale sta cambiando lentamente, diversi numerosi Paesi attuano ed indirizzano le loro produzioni agricole anche verso filiere di tipo agro-energetico.

L'utilizzo globale delle bioenergie, quindi, sta aumentando in misura esponenziale ed è trainato da fattori come l'ascesa dei prezzi dei combustibili fossili, il continuo aumento dei costi di produzione ed il susseguirsi di un andamento altalenante e poco remunerativo dei cereali che spingono gli agricoltori verso nuove fonti di guadagno. Considerato questo scenario unitamente alle attuali politiche energetiche, si presume che le bioenergie siano destinate a svolgere un ruolo sempre più importante nelle nostre società.

Un particolare e rinnovato interesse rispetto al passato lo si ha verso il colza (*Brassica napus* L. var. oleifera), coltura oleaginosa adatta anche a coltivazione in sistemi *low input*, in passato abbandonata, ed oggi ripresa in considerazione per le spiccate attitudini alla produzione oleifera, la quale risulta essere fondamentale per la produzione del biodiesel.

La salvaguardia dell'ambiente, le politiche agricole e gli andamenti dei mercati spingono, quindi, verso una minor riduzione dei consumi energetici in agricoltura, tra cui di fondamentale importanza risulta la riduzione dell'impiego dei fertilizzanti. Inoltre, le perdite per lisciviazione di azoto derivante da concimazione in eccesso, con conseguente inquinamento delle falde, sono uno dei principali inquinanti derivanti dall'agricoltura e per questo sono imposti dei limiti di legge dettati dalla Direttiva nitrati.

In tal senso (essendo l'azoto un indispensabile elemento fertilizzante per il colza), il presente lavoro di tesi ha come scopo quello di valutare, in un'ottica di riduzione degli input, le differenti risposte morfo-fisiologiche e produttive di diversi genotipi di colza "00" a itinerari colturali caratterizzati da una riduzione dell'apporto di azoto minerale in copertura.

La concimazione azotata è indispensabile per ottenere produzioni di seme elevate e stabili, idonee alla successiva trasformazione in biocarburanti, per cui risulta di estrema importanza valutare quali siano gli effetti dell'ottimizzazione della concimazione azotata in colza a destinazione biodiesel.

A tal scopo, tre differenti tipologie genetiche di colza invernale: un ibrido CHH semi-nano, un ibrido CHH a taglia normale ed una linea a impollinazione libera, sono sottoposti ad apporti azotati minerali di copertura decrescenti da 150 a 0 kg ha⁻¹ di N.

3. MATERIALI E METODI

Le prove sperimentali sono state svolte presso l'Azienda agraria sperimentale "L. Toniolo" dell'Università di Padova nel 2008/2009.

3.1. ANDAMENTO CLIMATICO

L'andamento climatico, osservato durante il ciclo della coltura tra settembre 2008 e giugno 2009, è risultato abbastanza simile all'andamento registrato nel periodo di riferimento(1992-2008), con alcune variazioni però dell'andamento pluviometrico e delle temperature per qualche mese (*Grafico 2*).

Osservando le temperature massime si nota come siano state pressoché simili al periodo di riferimento con valori leggermente superiori nei mesi di ottobre e maggio e leggermente inferiori in gennaio. Per quel che riguarda le temperature minime si sono osservati valori simili al periodo di riferimento fino a novembre, mentre poi le temperature sono state per tutto il ciclo, fino alla raccolta, superiori alla media.

Andando ad osservare poi le precipitazioni (*Grafico 3*) si nota come il periodo di studio sia stato caratterizzato da valori di piovosità superiori alla media (1992-2008) dal mese di novembre al mese di maggio, con precipitazioni quasi doppie nei bimestri novembre-dicembre e marzo-aprile. Nella fase iniziale e nella fase finale del ciclo colturale, invece, si notano valori inferiori rispetto la media di riferimento.

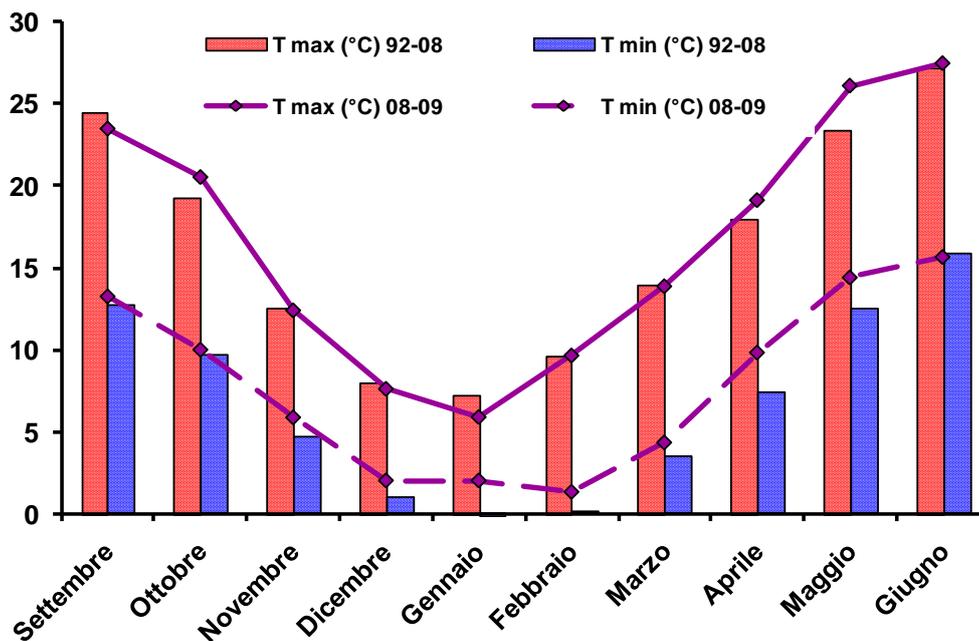


Grafico 2. Andamento delle temperature minime e massime (°C) tra settembre 2008 e giugno 2009 rispetto al periodo di riferimento 1992-2008. (Dati Arpav, 2009).

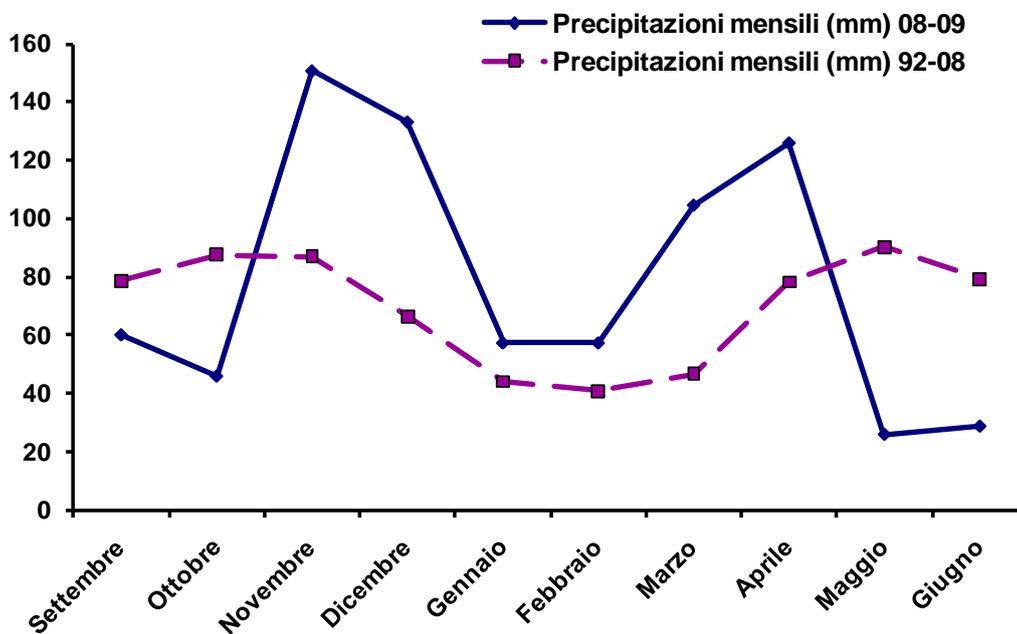


Grafico 3. Andamento delle precipitazioni (mm) tra settembre 2008 e giugno 2009 rispetto al periodo di riferimento 1992-2008. (Dati Arpav, 2009).

3.2. IL TERRENO

L'appezzamento su cui si sono svolte le prove presenta un terreno di tipo alluvionale, profondo, di medio impasto, con un buon contenuto in sostanza organica (S.O.), con una media capacità di scambio cationico (C.S.C.) ed un pH leggermente basico (*Tabella 6*).

Il terreno andando ad osservare la tabella a “triangolo per la determinazione della classe tessiturale” ed utilizzando i valori ottenuti dalla sua analisi, appare con un tessitura Franco-Limosa, ottima per la coltivazione del colza.

La falda freatica è mediamente superficiale e si attesta ad una profondità di 1-1,5 metri.

La sistemazione del terreno alla ferrarese e la giacitura pianeggiante favoriscono lo sgrondo delle acque in eccesso evitando fenomeni di ristagno idrico e permettendo un ottimale sviluppo della coltura, che, appartenendo alla famiglia delle *Brassicaceae*, soffre molto il ristagno idrico con fenomeni di marcescenza e moria delle piante ed ingenti perdite sulla quantità e qualità del prodotto finale.

Parametro	Valore
Sabbia (%)	23,9
Limo (%)	61,8
Argilla (%)	14,3
Classe di Tessitura	FL
S.O. (%)	1,60
pH	8,27
C.S.C. (ppm)	10,2
C/N	11,1
N totale (%)	0,084
P totale (ppm)	904
P assimilabile (ppm)	25
K scambiabile (ppm)	109
Solfati (ppm)	621
S (ppm)	207

Tab. 6- Analisi chimico-fisiche del terreno in prova.

3.3. PROTOCOLLO SPERIMENTALE

Le prove in campo, allestite per confrontare l'effetto di dosi crescenti di azoto su diversi genotipi di *B. napus*, prevedevano il confronto tra tre diversi genotipi 00 di colza in risposta a quattro differenti livelli di concimazione azotata distribuita in copertura.

I genotipi a confronto, ognuno con caratteristiche differenti, sono stati:

- PR45D01, un ibrido CHH semi-nano (*semi-dwarf*) a fertilità maschile completamente ristorata, ma ad habitus vegetativo ridotto (Pioneer);
- Excalibur, un ibrido CHH (*Composite Hybrid Hybrid*) a taglia normale e fertilità maschile completamente ristorata, (Dekalb);
- Viking, una varietà tradizionale a libera impollinazione (Npz-Lembke);

Le tesi a confronto prevedevano quattro diversi livelli di concimazione azotata di copertura nelle quantità di: 0; 50; 100; 150 kg/ha di N.

La prova è stata organizzata secondo uno schema sperimentale distributivo a split plot con tre repliche: il fattore “cultivar” nei parcelloni e il fattore “concimazione azotata” nelle parcelle (*Figura 11*).

La dimensione parcellare è stata di 5,4 m x 12 m corrispondente ad una superficie di 64,8 m², pari a 12 file colza seminate a 0,45 m. Le parcelle contigue erano spaziate da due metri di terreno mantenuto scerbato, mentre al variare del livello di concimazione la spaziatura era di 6 m. Queste distanze sono state dettate dalla necessità di operare con idonei mezzi agricoli necessari all'esecuzione delle normali operazioni colturali.

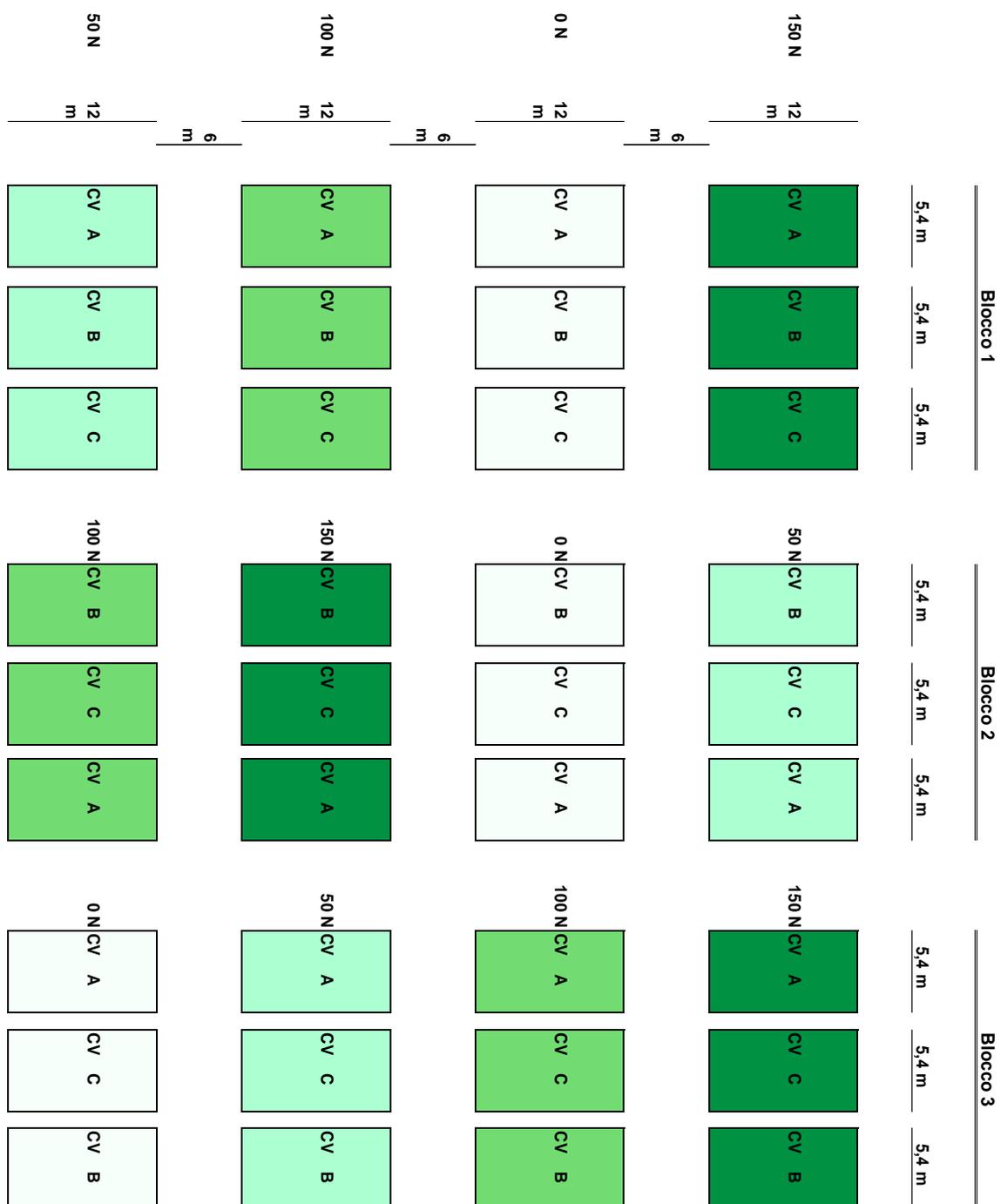


Figura 11. Schema sperimentale della prova, divisa in tre blocchi, il fattore "cultivar" nei parcelloni ed il fattore "concimazione azotata" nelle parcelle.

3.3.1. LAVORAZIONI DEL TERRENO

Le lavorazioni effettuate per la preparazione del terreno destinato alla prova sono state le seguenti:

- una discatura alla profondità di 15 cm circa;
- una estirpatura alla profondità di 20 cm;
- un passaggio di erpice rotante per affinare il terreno.

In presemina è stata effettuata una concimazione di base apportando un concime fosfo-potassico con 60 kg di fosforo e 60 di potassio (0-60-60 NPK), senza azoto. I concimi utilizzati in presemina sono stati:

- perfosfato triplo (48% P_2O_5) in quantità di 130 kg ha⁻¹;
- solfato potassico (50% K_2O) in quantità di 120 kg ha⁻¹;

La semina è avvenuta il 27/09/2008 utilizzando una seminatrice pneumatica di precisione (Monosem, mod. NG) con interfila di 45 cm e dischi di precisione da colza a 120 fori (diametro di 1,2 mm).

Per i 3 genotipi la densità di semina è rimasta invariata con 63 semi m⁻² e distanze sulla fila tra un seme e l'altro di 3,5 cm ed una profondità di 2,5 cm.

In data 17/10/2008 è stato effettuato un trattamento contro larve di nottua (*Mythimna unipunctata*) con Reldan 22 (chlorpiriphos metile 223,1 g/l) in ragione di 300 ml/ha più Karate Zeon (lambda cyalotrina 100 g/l) in ragione di 100 ml/ha, il tutto in 250 lt di acqua. La superficie totale da trattare era di circa 0,5 ha⁻¹ (4686 m²).

La concimazione in copertura è stata frazionata in due passaggi con l'apporto di solo azoto:

- La prima distribuzione è stata effettuata il 17/02/2009 con l'apporto di 100 unità di N come solfato ammonico (20,5% N) per la tesi 100 N e per la tesi 150 N e 50 unità di azoto per la tesi 50 N, nessun apporto è stato ovviamente eseguito nella tesi 0N.
- La seconda distribuzione invece è stata effettuata il 09/03/2009 sottoforma di nitrato ammonico (26% N) per apportare le restanti 50 unità di azoto nella sola tesi 150 N.

A maturazione è stata eseguita la raccolta (11/06/2009) mediante una mietitrebbiatrice parcellare.

3.4. RILIEVI IN CAMPO

Durante il ciclo di sviluppo della coltura sono stati effettuati vari prelievi della biomassa aerea della coltura, al fine di valutarne alcuni parametri idonei allo studio dell'accrescimento delle piante, in relazione ai diversi livelli di concimazione.

In particolare sono stati determinati: l'accumulo di biomassa, il contenuto in azoto delle piante, il numero di ramificazioni per pianta ed infine il numero di silique per pianta.

I prelievi, effettuati a cadenza settimanale dall'inizio della levata alla maturazione, hanno previsto l'individuazione di un'area di saggio, rimasta sempre invariata ed avanzando progressivamente verso l'interno della parcella in quanto i campionamenti, essendo di tipo distruttivo, prevedevano l'asporto delle piantine.

Tuttavia, per avere un'idea più precisa del periodo di campionamento rispetto allo stadio fenologico della pianta si è scelto di riferire i campionamenti alla scala internazionale BBCH.

La scala BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and CHemical Industry: Centro Federale di Ricerca Biologica, Ufficio federale di varietà vegetali e prodotti chimici industriali), è un sistema ideato per codificare uniformemente stadi fenologici di sviluppo analoghi, osservabili sia in specie monocotiledoni che dicotiledoni ed inoltre la sua struttura permette di racchiudere tutte le scale già esistenti. La scala BBCH, (è una scala centesimale) che si basa sulla scala di Zadoks (1974), è divisa in stadi di sviluppo primari e secondari. Ogni stadio viene indicato tramite un codice composto da due cifre.

L'intero ciclo biologico delle piante è suddiviso in dieci stadi di sviluppo principali indicati con i numeri da 0 a 9.

All'interno degli stadi principali possono essere individuati stadi secondari che definiscono momenti di sviluppo molto brevi. Come gli stadi principali sono indicati usando i numeri da 0 a 9, gli stadi secondari corrispondono ai rispettivi numeri ordinali o a valori percentuali. Dalla combinazione dei numeri degli stadi di sviluppo principali e secondari, risulta un codice composto da due cifre che permette di definire precisamente gli stadi di sviluppo fenologico per la maggior parte delle specie vegetali.

Per il colza i 10 stadi di crescita vengono così identificati:

- Stadio 0: germinazione;
- Stadio 1: sviluppo delle foglie;
- Stadio 2: formazione di germogli laterali;
- Stadio 3: accrescimento dello stelo;
- Stadio 5: emissione delle infiorescenze;
- Stadio 6: fioritura;
- Stadio 7: sviluppo dei frutti;
- Stadio 8: maturazione dei frutti e dei semi;
- Stadio 9: senescenza

La scala BBCH permette quindi una facile ed immediata comprensione dello stadio fenologico in cui si trova una qualsiasi coltura presa in considerazione.

Secondo questa scala internazionale i campionamenti di colza sono avvenuti in diversi stadi fenologici di sviluppo che corrispondono alle seguenti chiavi di identificazione BBCH:

- 39 → periodo in cui si hanno nove o più internodi allungati visibili;
- 60 → primi fiori aperti;
- 65 → piena fioritura: fiori aperti nel racemo principale, caduta dei petali più vecchi;
- 75 → 50% delle silique hanno raggiunto la dimensione finale;
- 85 → 50% delle silique mature e scure con semi secchi e duri;
- 99 → prodotto raccolto.

L'area di saggio rappresentativa fissata per ciascun campionamento aveva una superficie di 1 m² per ciascuna parcella in prova - per ogni campionamento

venivano prelevate, quindi, 36 aree di saggio - . La procedura di campionamento prevedeva:

- Le piante presenti nell'area di saggio (una fila lunga 2,22 m) venivano conteggiate, tagliate al colletto ed asportate per essere trasportate in azienda;
- Le piante poi sono state pesate per valutare il peso fresco;
- Messe in stufa a 105°C per 24 ore;
- E infine pesate nuovamente per valutare il peso secco dell'intero campione; parte di ciascun campione è stata quindi macinata per poter procedere alla successive analisi di laboratorio.

Alla raccolta sono state determinate le produzioni delle varie parcelle in prova, sono quindi stati prelevati dei campioni sia di seme che di paglie su cui eseguire le successive analisi per la determinazione del contenuto in azoto (Kjeldahl).

3.5. ANALISI DI LABORATORIO

Le analisi di laboratorio sono state eseguite presso il Dipartimento di Scienze Animali dell'Università degli Studi di Padova, utilizzando il metodo Kjeldahl.

3.5.1. DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI AZOTO *(Kjeldahl)*

Il protocollo di analisi prevede prima di tutto la pesata di un campione di materiale vegetale, precedentemente sminuzzato, di circa un grammo. Il campione viene posto in un provettone con una pastiglia di "Kjeltabs" e 20 ml di acido solforico concentrato.

I provettoni vengono poi posti nel digestore che, grazie alla presenza dell'acido e del calore (450°C per due ore), promuovono la digestione dell'azoto dalla forma organica a quella ammoniacale. Una volta che i campioni si sono raffreddati, vengono diluiti a 250 cc negli appositi matracci, e quindi titolati. Per la

titolazione è stata utilizzata la strumentazione “*FIA STAR 500*” della “*FOSS ITALIA s.p.a*”, che consente di leggere direttamente la percentuale di azoto del campione.

3.5.2. DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO IN OLIO (*Soxhlet*)

Sui campioni di seme, sono state eseguite delle analisi per determinare il contenuto in olio e valutare se, e in che modo, quest'ultimo variasse tra le diverse varietà e i diversi livelli di concimazione azotata.

Per far ciò è stata effettuata un'estrazione della frazione lipidica con solvente, mediante *metodo Soxhlet*.

Tale metodica estrae la materia grassa dalle matrici seminali, senza causare processi di idrolisi della stessa e rendendo quindi possibile una successiva determinazione di tipo quantitativo. Per separare l'olio dai tessuti dei semi è stato utilizzato come solvente l'etere etilico, un solvente organico adatto per estrarre sostanze poco volatili come l'olio di colza. La procedura che porta all'estrazione dell'olio parte dal prelevamento di campioni di seme del peso di circa 2 grammi. Questi campioni vengono finemente macinati e posti all'interno di particolari ditali in cellulosa. I ditali vengono quindi inseriti a gruppi di 6 in un estrattore *Soxtec System HT6-Tecator*.

Questo strumento è costituito da 6 colonne di estrazione operanti in maniera indipendente l'una dall'altra. Alla base di suddette colonne è presente una piastra termica sulla quale sono disposti 6 bicchieri metallici, in corrispondenza di ciascun ditale. Nei bicchieri vengono poste alcune piccole biglie di vetro, utili per mantenere fluido l'olio dopo l'estrazione, e 70 ml di etere etilico. Una volta in funzione la macchina, la piastra genera calore e riscaldando i 6 bicchieri metallici contenenti il solvente lo portano ad ebollizione. Per le prime 3 ore i ditali restano immersi nel solvente, in questa fase inizia l'estrazione dell'olio, che attraversando il ditale in cellulosa si deposita nel bicchiere con l'etere. Dopo 3 ore i ditali vengono sollevati, ma l'estrazione continua. L'etere infatti, a causa dell'elevata temperatura evapora, la risalita dei vapori termina al raggiungimento di un

condensatore ad acqua, posizionato nella parte superiore della colonna dove il brusco abbassamento di temperatura permette di condensare il solvente che, tornato allo stato liquido sgocciola nei ditali di cellulosa estraendo i residui di olio rimasto e trasportandolo in basso, dentro al bicchiere.

Questo processo si protrae per altre 2 ore, dopodiché viene chiuso un rubinetto del condensatore, in questo modo l'etere dopo essere evaporato si accumula nel condensatore e non ritorna nel bicchiere, lasciando quindi solo l'olio. Si lascia la piastra accesa per altri 40 minuti in modo da essere sicuri che tutto l'etere nel bicchiere sia evaporato, e si attende poi che l'olio si raffreddi e stabilizzi il suo peso. Si procede quindi alla determinazione della percentuale d'olio nei campioni, applicando la seguente formula:

$$(p2-p1/p)*(10000/100-Ur)$$

Dove: $p2$ = peso del bicchiere dopo estrazione;

$p1$ = peso del bicchiere prima dell'estrazione;

p = peso del campione tritato;

Ur = umidità relativa del campione di seme;

10000 = coefficiente di normalizzazione.

3.5.3. DETERMINAZIONE DELL'UMIDITA' RELATIVA DEI SEMI

L'umidità dei semi è stata ottenuta macinando 10 g di semi, che sono poi stati posti su dei supporti in metallo e posizionati all'interno di una stufa Brabender per un'ora a 105°C.

La stufa contiene una bilancia che, preventivamente tarata, consente di stimare la perdita di peso e di leggere direttamente il contenuto di umidità del campione.

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

I campionamenti e le analisi di laboratorio che si sono svolte in questa sperimentazione, hanno permesso di osservare e di comprendere diverse interazioni che si verificano tra l'azoto ed il colza.

Le analisi statistiche sono state effettuate tramite il programma informatico *Statgraphic Centurion XV*, sottoponendo i dati all'analisi della varianza dell'ANOVA e al test LSD, per un valore di $P \leq 0,05$.

4.1 BIOMASSA ACCUMULATA

Lo studio sulla biomassa accumulata è stato effettuato per comprendere meglio le differenti dinamiche di crescita in relazione agli effetti principali “cultivar”, “concimazione” e “stadio fenologico” di campionamento attraverso la misurazione del peso fresco e del peso secco.

Considerando il fattore principale “fase fenologica” è possibile osservare il trend di crescita della biomassa dalla fase di levata (BBCH 39) alla maturazione (BBCH 99). La cinetica di accumulo della biomassa è stata caratterizzata da un accentuato incremento di crescita nella fase di levata ed un incremento abbastanza ridotto e costante nella fase di piena fioritura, mentre tra la penultima e l'ultima fase c'è stato un trend esponenziale di crescita della biomassa (*Grafico 4*). Il primo picco di accumulo di biomassa verificatosi in levata è contraddistinto dall'allungamento degli internodi, mentre il secondo picco è contraddistinto dall'accrescimento e riempimento dei semi all'interno delle silique, per cui il valore di biomassa finale ottenuto nell'ultimo campionamento è dato dall'insieme di tutti i valori (peso dei semi più la biomassa delle paglie dell'intera pianta).

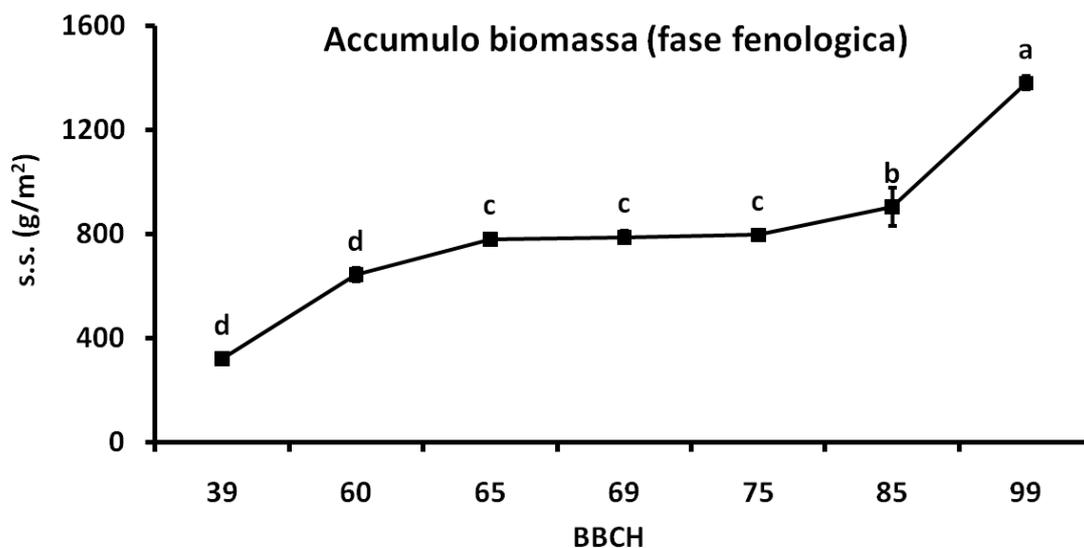


Grafico 4. Dinamica di accumulo della biomassa al variare della fase fenologica. Le barre verticali indicano l'errore standard ($P \leq 0,05$).

I dati così rilevati considerando come fattore principale la “fase fenologica” risultano essere significativi ($P \leq 0,05$).

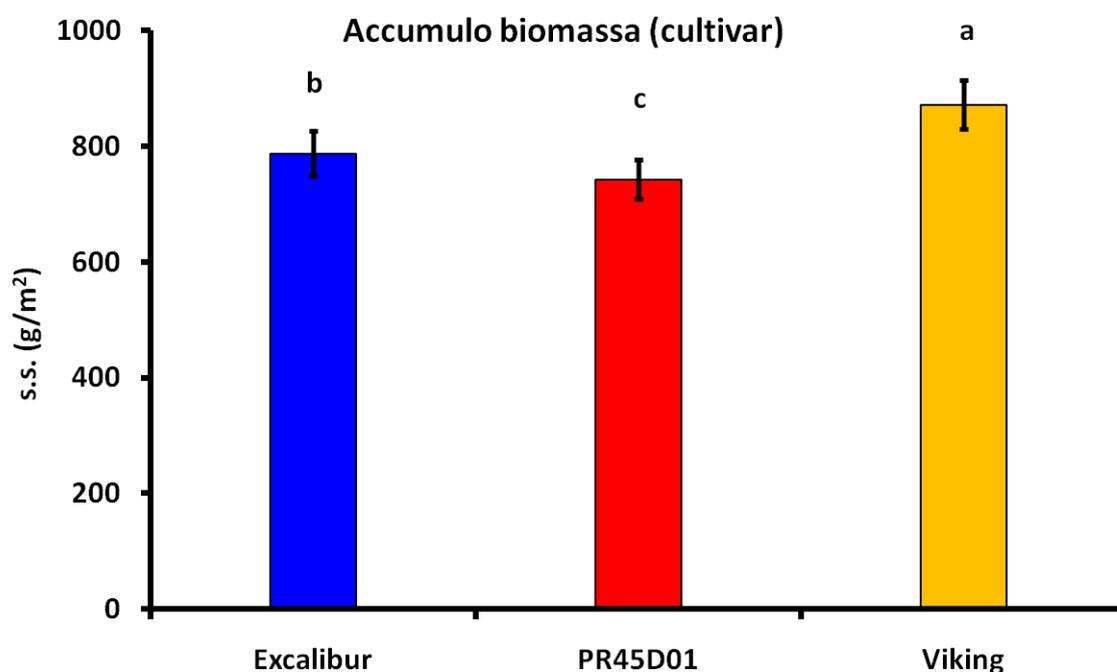


Grafico 5. Accumulo di biomassa al variare della cultivar. Le barre verticali indicano l'errore standard ($P \leq 0,05$).

Valutando l'accumulo di biomassa in relazione al fattore principale "Cultivar" (*Grafico 5*), si notano differenze significative ($P \leq 0,05$) tra tutti genotipi in prova ed appare evidente come "Viking" presenti valori di biomassa superiori rispetto alle altre due cultivar in prova. Il valore medio è presentato da "Excalibur" con 787 g/m^2 mentre "PR45D01" presenta il valore più basso con 742 g/m^2 , e questo può essere spiegato dalla taglia ridotta che caratterizza quest'ibrido semi-nano.

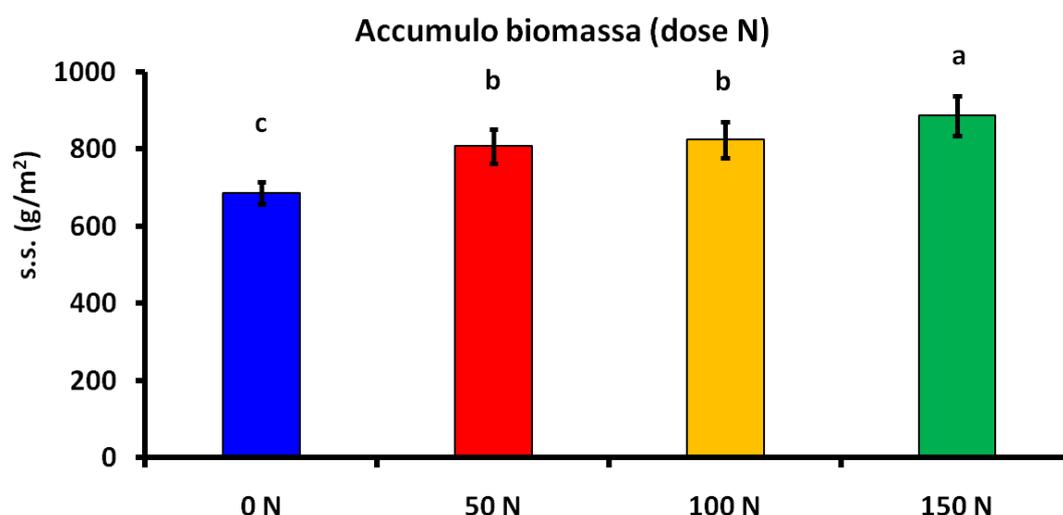


Grafico 6. Accumulo di biomassa al variare della concimazione azotata. Le barre verticali indicano l'errore standard ($P \leq 0,05$).

Osservando invece l'accumulo di biomassa in risposta al fattore "concimazione" le parcelle in prova caratterizzate dalla dose più elevata (150 N) presentano differenze significative ($P \leq 0,05$) con una quantità di biomassa accumulata superiore rispetto alle altre tesi (*Grafico 6*). La tesi 50 N e 100 N non si sono differenziate statisticamente tra loro con produzioni rispettivamente di 807 g/m^2 e 823 g/m^2 ; mentre differenze significative ($P \leq 0,05$), sono emerse tra la tesi 0 N, che presenta circa 1/4 in meno di biomassa prodotta (685 g/m^2) rispetto alla tesi con la massima concimazione azotata (150 N \rightarrow 886 g/m^2).

Svolgendo un'analisi statistica sulle interazioni tra i fattori principali, è risultata significativa per $P \leq 0,05$ l'interazione "Fase fenologica x Concimazione" (*Grafico 7*).

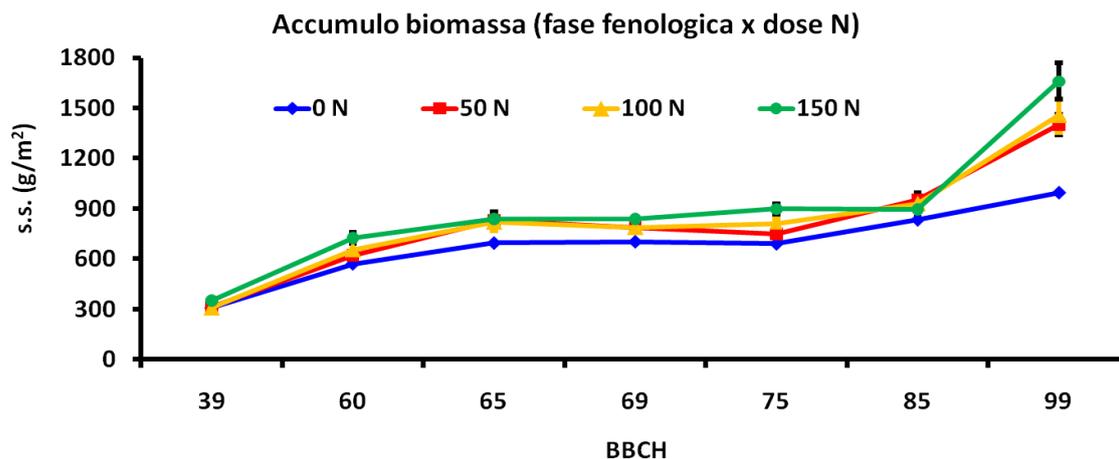


Grafico 7. Accumulo di biomassa considerando l'interazione tra fattori principali "fase fenologica x concimazione". Le barre verticali indicano l'errore standard ($P \leq 0,05$).

I maggiori accumuli di biomassa si sono registrati per la tesi 150 N in quasi tutta la lunghezza del ciclo della coltura con un trend di crescita omogeneo durante la fioritura e con un'impennata dei valori di accumulo in fase di maturazione. Nelle parcelle concimate con 50 e 100 unità di N, gli andamenti di crescita sono stati abbastanza simili ed altalenanti tra loro fino alla fase di maturazione dove, la tesi con la maggior quantità di azoto ha presentato un incremento dei valori lievemente superiore all'altra. Per quel riguarda la tesi 0N, come ci si poteva aspettare, l'accumulo di biomassa è stato inferiore in tutte le fasi del ciclo, inoltre dal *Grafico 7* si nota anche la mancanza del picco di crescita in prossimità della maturazione dei semi dovuto ad un probabile anticipo della senescenza che ha portato la coltura alla maturazione precoce.

Significativa per $P \leq 0,05$ è risultata anche l'interazione per i fattori principali "fase fenologica x cultivar" dove Viking ha presentato differenze significative ($P \leq 0,05$) con valori superiori rispetto agli altri due ibridi durante tutta la lunghezza del ciclo di sviluppo, questo può essere dovuto ad un maggior sviluppo (*Grafico 8*). PR45D01 ed Excalibur, invece, hanno presentato andamenti simili fino alla penultima fase (BBCH 85), da qui alla maturazione completa hanno presentato tra loro differenze statisticamente significative ($P \leq 0,05$) con

una crescita esponenziale superiore per Excalibur il quale ha quasi raggiunto valori finali paragonabili a quelli di Viking.

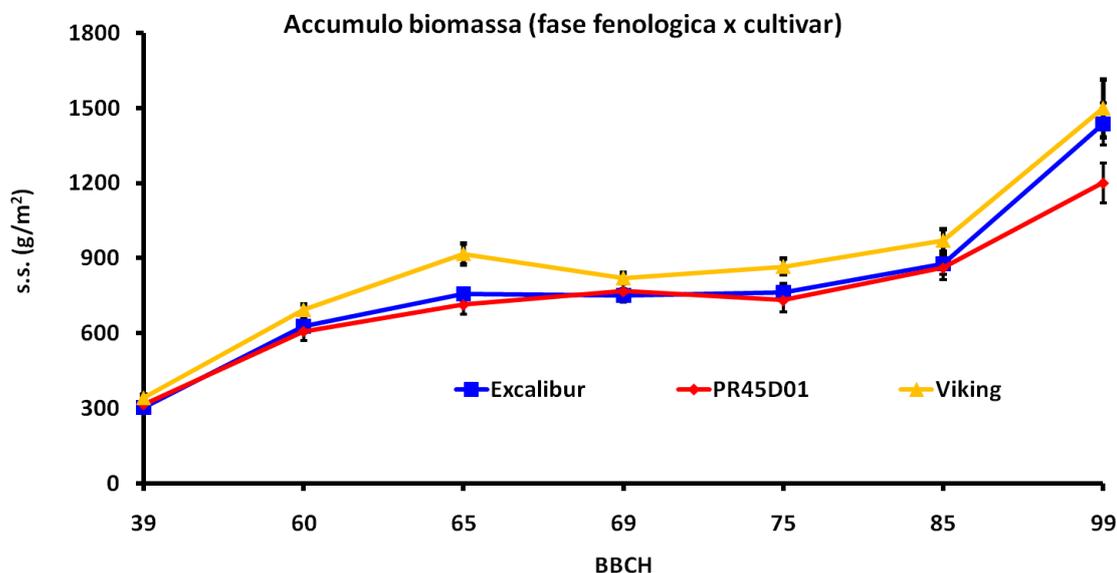


Grafico 8. Accumulo di biomassa prendendo in considerazione l'interazione tra fattori principali "fase fenologica x cultivar". Le barre verticali indicano l'errore standard ($P \leq 0,05$).

4.2 CONTENUTO DI AZOTO NELLA BIOMASSA

Il contenuto di azoto nella biomassa è stato rilevato attraverso analisi di laboratorio con il "Metodo Kjeldahl". Il tenore in azoto viene espresso come concentrazione di N (%) nella biomassa secca.

Considerando il fattore principale "fase fenologica" è possibile valutare la concentrazione di azoto presente nella biomassa prodotta durante tutte le fasi del ciclo di sviluppo. Dal Grafico 9 si nota come il decremento iniziale della concentrazione di azoto sia repentino nella fase di allungamento degli internodi (BBCH 39), successivamente la diminuzione appare più graduale fino alla fase di formazione delle silique (BBCH 75) ed un ulteriore picco di diminuzione lo si nota verso la fine del ciclo di sviluppo. Questa diminuzione della concentrazione di N nella pianta è dovuta principalmente al fatto che, man mano che la pianta cresce la quantità di azoto presente in essa viene diluita sul totale della biomassa.

I cali maggiori, infatti, sono osservati nella fase di levata, di riempimento e maturazione dei semi. Statisticamente i valori ottenuti presentano differenze significative per $P \leq 0,05$.

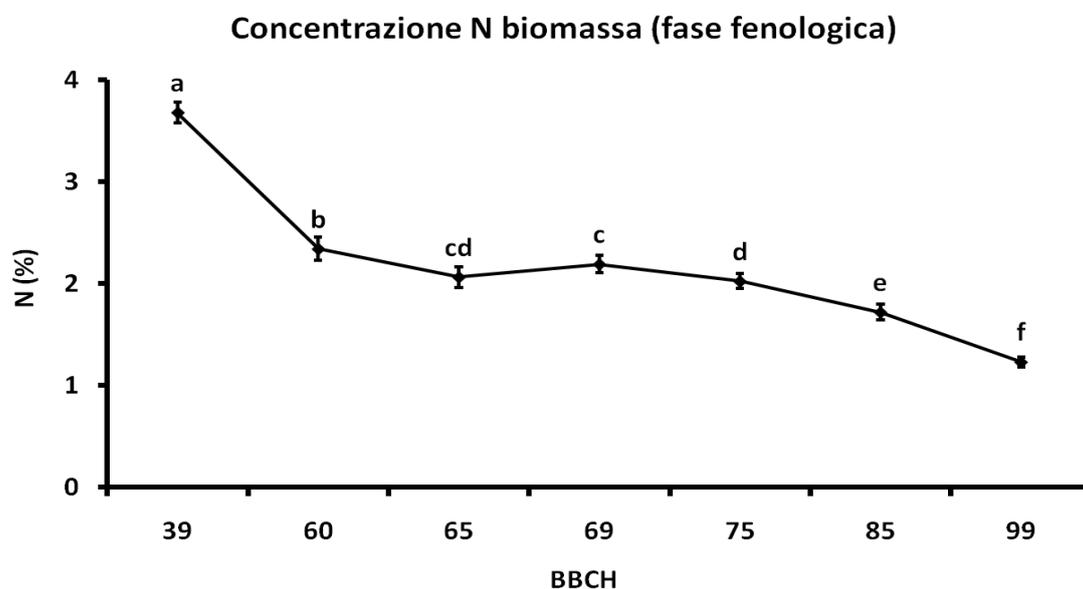


Grafico 9. Dinamica della concentrazione di azoto nella biomassa prodotta considerando il fattore principale “fase fenologica”. Le barre verticali indicano l’errore standard ($P \leq 0,05$).

Considerando il fattore principale “concimazione” le diverse tesi presentano tra loro differenze significative ($P \leq 0,05$). Osservando i valori ottenuti si notano incrementi lineari della concentrazione di azoto nella biomassa all’aumentare della dose di azoto (*Grafico 10*)

Questo trend di crescita della concentrazione di N nella biomassa prodotta è dovuto al fatto che la quantità di azoto assorbito dalle piante aumenta con la disponibilità del nutriente.

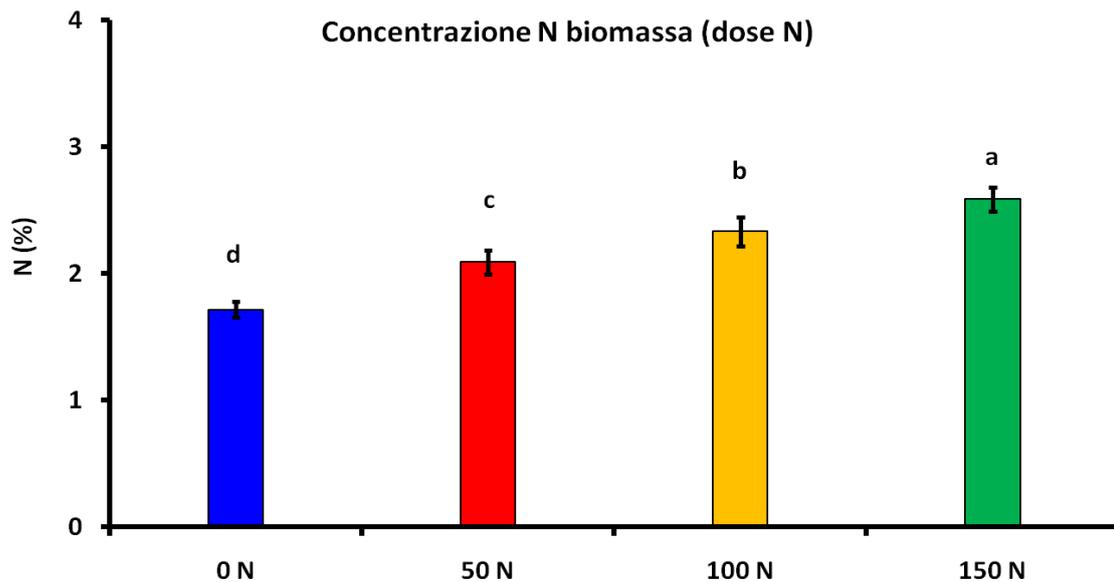


Grafico 10. Concentrazione di azoto sulla biomassa prodotta considerando il fattore principale “concimazione”. Le barre verticali indicano l’errore standard ($P \leq 0,05$).

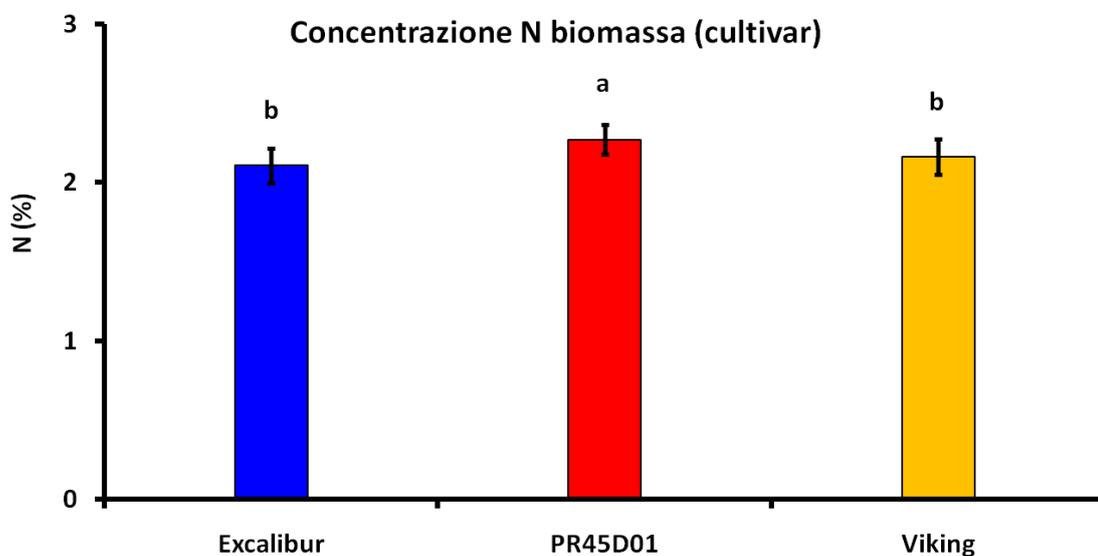


Grafico 11. Concentrazione di azoto nella biomassa prodotta considerando il fattore principale “cultivar”. Le barre verticali indicano l’errore standard ($P \leq 0,05$).

Considerando poi la concentrazione di azoto nella biomassa in relazione al fattore principale “cultivar”, si osservano differenze significative ($P \leq 0,05$) tra

PR45D01, Excalibur e Viking, mentre queste ultime due cultivar statisticamente non presentano differenze significative ($P > 0,05$) tra loro, l'ibrido semi nano raggiunge il valore più elevato. Come visto in precedenza la concentrazione di azoto diminuisce all'aumentare della biomassa prodotta, per cui PR45D01 essendo un ibrido a taglia ridotta presenta una concentrazione di azoto superiore rispetto gli altri due genotipi in prova (*Grafico 11*).

Effettuando un'analisi statistica sulle interazioni è stata definita significativa per $P \leq 0,05$ solo l'interazione "fase fenologica x concimazione" (*Grafico 12*). I valori stabilmente più bassi si sono avuti, come atteso, per la tesi 0N. Gli andamenti sono risultati abbastanza simili, ravvicinati e con qualche intersezione per le tesi 50 N e 100 N, tuttavia superiori per quest'ultima. I valori superiori si sono osservati per la tesi con la massima concimazione (150 N) durante tutte le fasi fenologiche tranne che per l'inizio della fase di levata. Questo valore anomalo, rispetto a quanto si è visto nelle fasi successive, è dovuto al fatto che non era ancora stato effettuato il completo apporto di azoto per la tesi 150 N, che al momento di campionamento aveva ricevuto la stessa concimazione della tesi 100 N.

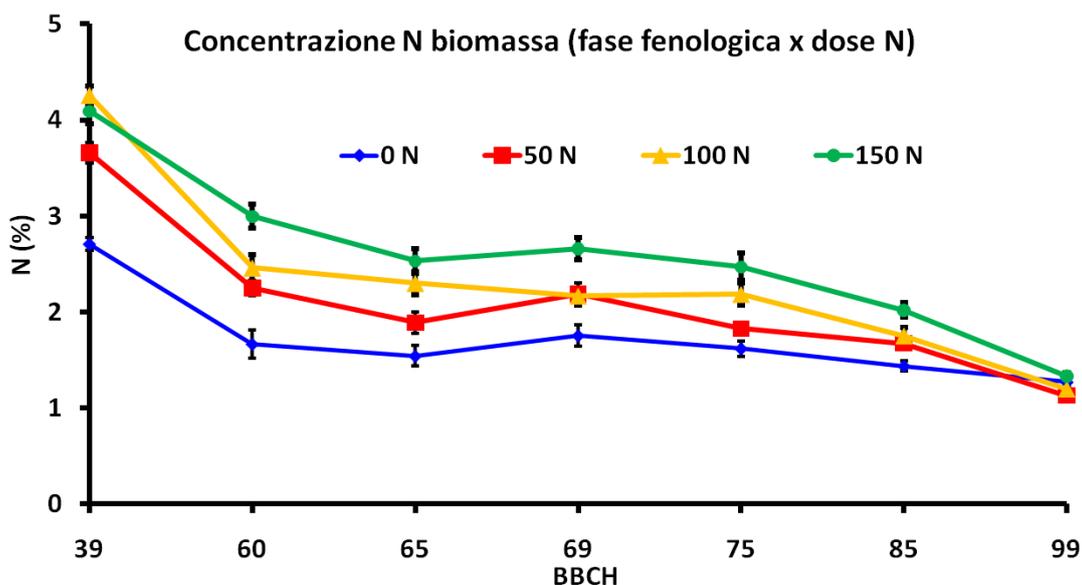


Grafico 12. Dinamica della concentrazione di azoto nella biomassa prodotta considerando l'interazione "fase fenologica x concimazione". Le barre verticali indicano l'errore standard ($P \leq 0,05$).

4.3 ASSORBIMENTO DI AZOTO

L'assorbimento di azoto esprime la quantità di N effettivamente assorbito dalla coltura per unità di superficie, espresso in kg/ha¹.

Considerando come fattore principale la “fase fenologica” i valori ottenuti presentano fra loro differenze statisticamente significative ($P \leq 0,05$). Il *Grafico 13* rappresenta le diverse quantità di N assorbite dalle piante nelle successive fasi fenologiche in rapporto alla biomassa prodotta. I valori subiscono un rapido incremento nella fase di levata (BBCH 39) dopo di che crescono in modo più lento fino a raggiungere il picco massimo nella fase di fine fioritura (BBCH 69), da qui in poi i valori di assorbimento risultano pressoché stabili. Questo andamento è dovuto al maggior fabbisogno in azoto della coltura nella fase iniziale in quanto sta accumulando biomassa per accrescersi in altezza, dalla fine fioritura in poi invece i valori di assorbimento sono costanti e stabili perché la coltura produce silique e semi e poi trasloca i sintetati per il loro successivo riempimento.

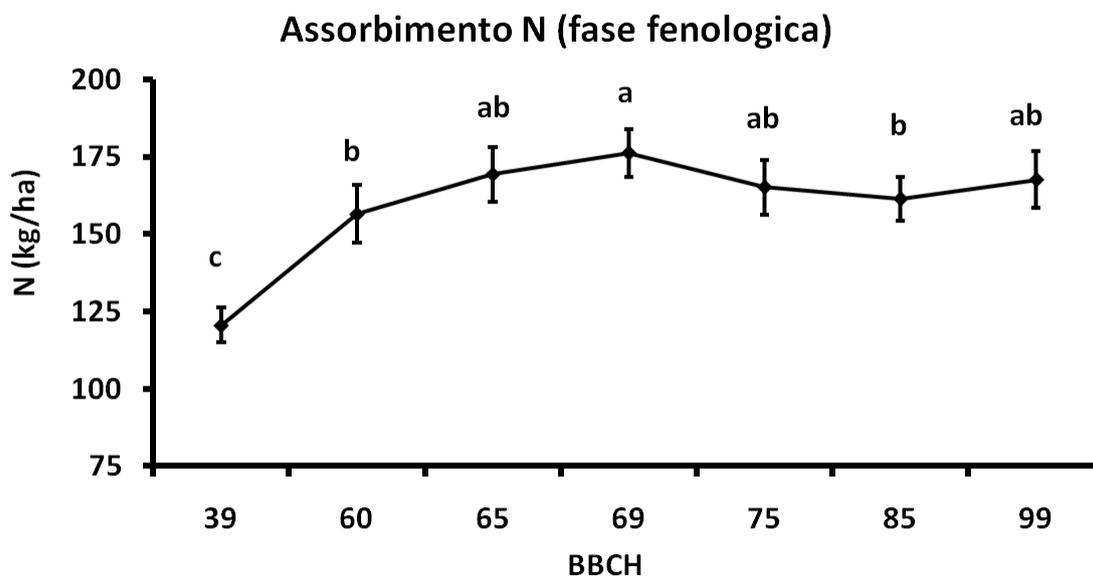


Grafico 13. Dinamica di accumulo dell'azoto considerando il fattore principale “fase fenologica”. Le barre verticali indicano l'errore standard ($P \leq 0,05$).

Osservando il *Grafico 14* relativo all'assorbimento azotato del colza considerando come fattore principale la "concimazione" si osservano differenze significative ($P \leq 0,05$) in tutte tesi. Quel che risulta interessante è che la coltura riesce ad assorbire elevate quantità di azoto anche nella tesi non concimata (0 N) con quantità asportate pari a 122 kg/ha^1 , i valori di assorbimento maggiori invece si raggiungono, però, nelle parcelle con le dosi superiori di N (150 N).

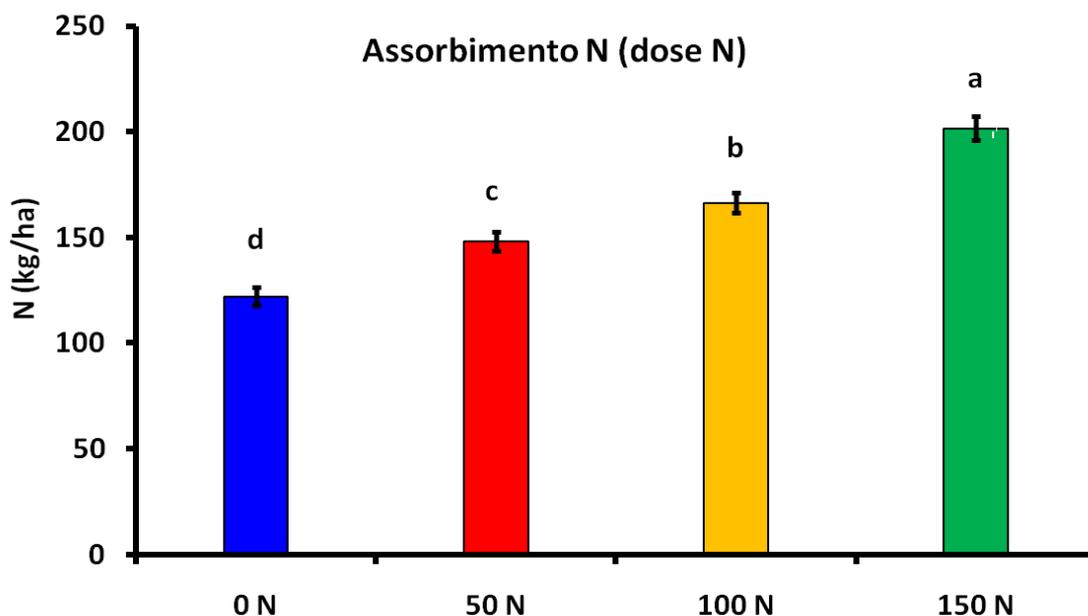


Grafico 14. Livelli di assorbimento dell'azoto considerando come fattore principale la "concimazione". Le barre verticali indicano l'errore standard ($P \leq 0,05$).

In termini di assorbimento azotato considerando come fattore principale la "cultivar" risulta essere la varietà Viking quella che presenta i valori significativamente più elevati rispetto agli altri due genotipi ($P \leq 0,05$) (*Grafico 15*). Questo significa che Viking ha la capacità di assorbire grandi quantità di azoto in relazione alla biomassa che produce.

Differenze statisticamente significative ($P \leq 0,05$) si osservano anche per PR45D01 ed Excalibur. PR45D01 probabilmente non riconducibili alle differenti biomasse prodotte, in quanto ibrido semi-nano, presenta valori di assorbimento di

azoto relativamente alti rispetto ad Excalibur in virtù della sua più elevata capacità di concentrazione dell'azoto.

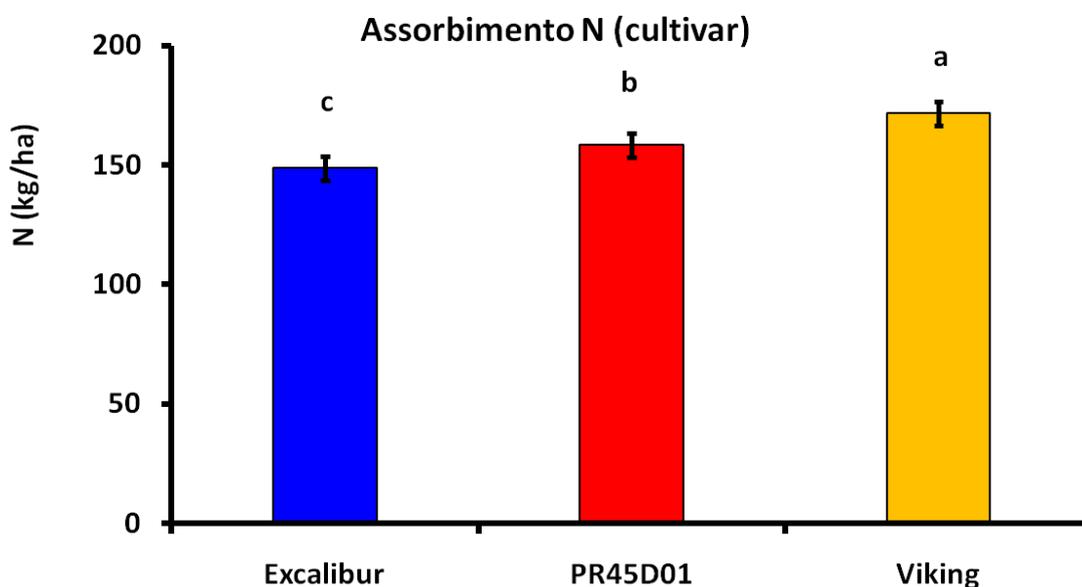


Grafico 15. Assorbimento di azoto in relazione alla biomassa prodotta considerando come fattore principale la “cultivar”. Le barre verticali indicano l'errore standard ($P \leq 0,05$).

Osservare il grafico relativo all'interazione tra “concimazione x cultivar” (*Grafico 16*), si notano i diversi assorbimenti di azoto delle varietà rispetto alle diverse tesi di concimazione. L'interazione tra questi due fattori presenta valori significativi ($P \leq 0,05$). Viking si presenta come la cultivar con il maggior assorbimento azotato in tutte le tesi di concimazione con produzione di biomassa superiore rispetto le altre due varietà. PR45D01, invece, presenta valori simili nelle tesi di concimazione 50 e 100 N mentre i valori minimi e massimi si osservano nelle tesi di concimazione estreme. Per quel che riguarda Excalibur si notano i valori costanti di crescita riguardanti l'assorbimento di azoto in relazione alla tesi di concimazione, questo ci fa capire che è un ibrido in grado di modulare bene la propria crescita in relazione alle disponibilità ambientali, in quanto, se manca l'azoto questo limita la capacità di esportazione mentre se c'è buona disponibilità dell'elemento spinge sull'assorbimento incrementando così l'accumulo di biomassa per la crescita.

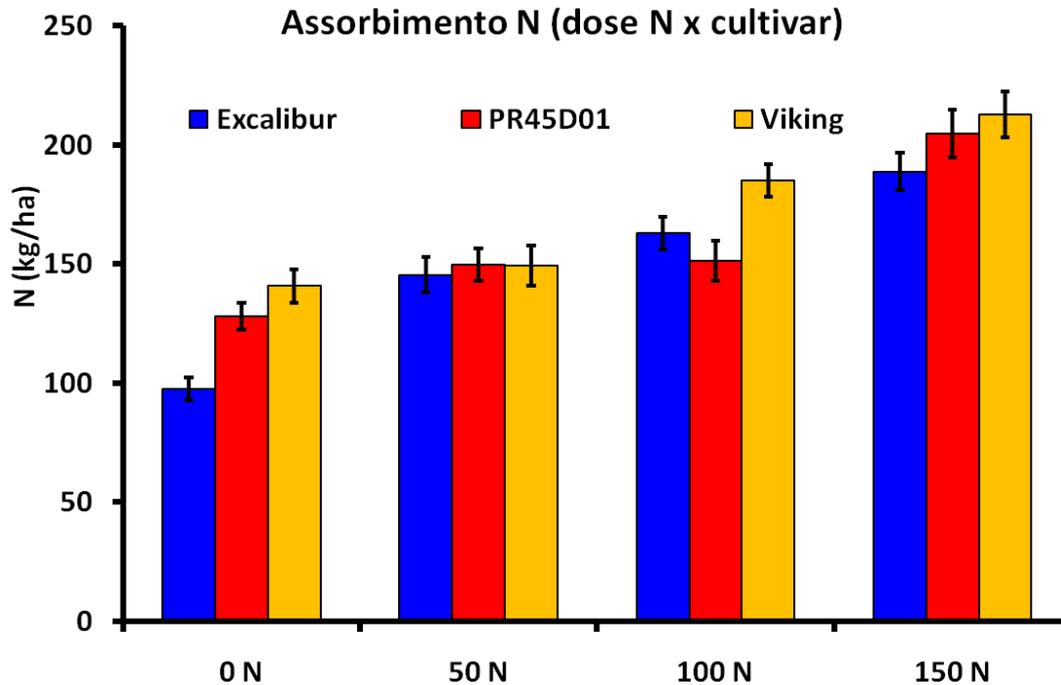


Grafico 16. Medie degli assorbimenti di azoto in relazione alla biomassa prodotta considerando l'interazione "concimazione x cultivar". Le barre verticali indicano l'errore standard ($P \leq 0,05$).

4.4 RESA IN SEME

La stima della resa in seme è stata effettuata attraverso campioni di seme derivanti sia dalla raccolta meccanica delle singole parcelle che da campioni di seme ottenuti da aree di saggio di 1m^2 .

Determinata l'umidità relativa di ciascun campione di seme è stata determinata la resa granellare in sostanza secca espressa come tonnellate per unità di superficie.

L'analisi statistica di tale parametro con fattore principale "cultivar" non ha dato risultati significativi, però il valore del P calcolato si è avvicinato molto al valore di significatività attestandosi a 0,0569. Di fatto quindi è ipotizzabile una differenziazione produttiva tra i genotipi in prova con Excalibur che, nonostante i valori relativi all'assorbimento di azoto siano stati medio-bassi, è risultato il più performante (3,64 t/ha s.s.) rispetto a Viking e PR45D01 (3,34 t/ha s.s. e 3,37 t/ha) (Grafico 17).

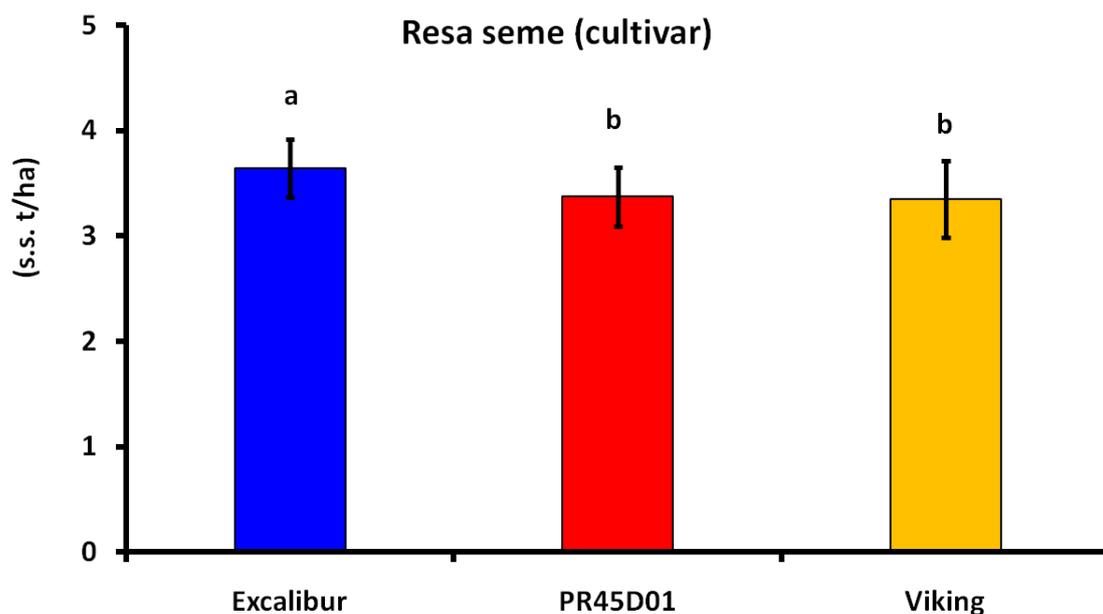


Grafico 17. Medie dei valori di resa in seme considerando il fattore principale “cultivar”. Le barre verticali indicano l’errore standard ($P \leq 0,05$).

Analogamente a quanto osservato tra le cultivar, anche il fattore “concimazione” potrebbe essere considerato significativo con un P calcolato uguale a 0,12. Come ci si aspettava la tesi 150 N ha fornito le rese più elevate con 3,62 t/ha di s.s. superando di 0,13 t/ha la concimazione 100 N e di 0,18 e 0,39 t/ha le concimazioni 50 e 0N, rispettivamente (Grafico 18). Interessante è l’uniformità di seme prodotta nelle tesi 100 e 50 N, le quali non essendosi differenziate dal punto di vista statistico, promuoverebbero una riduzione della concimazione primaverile.

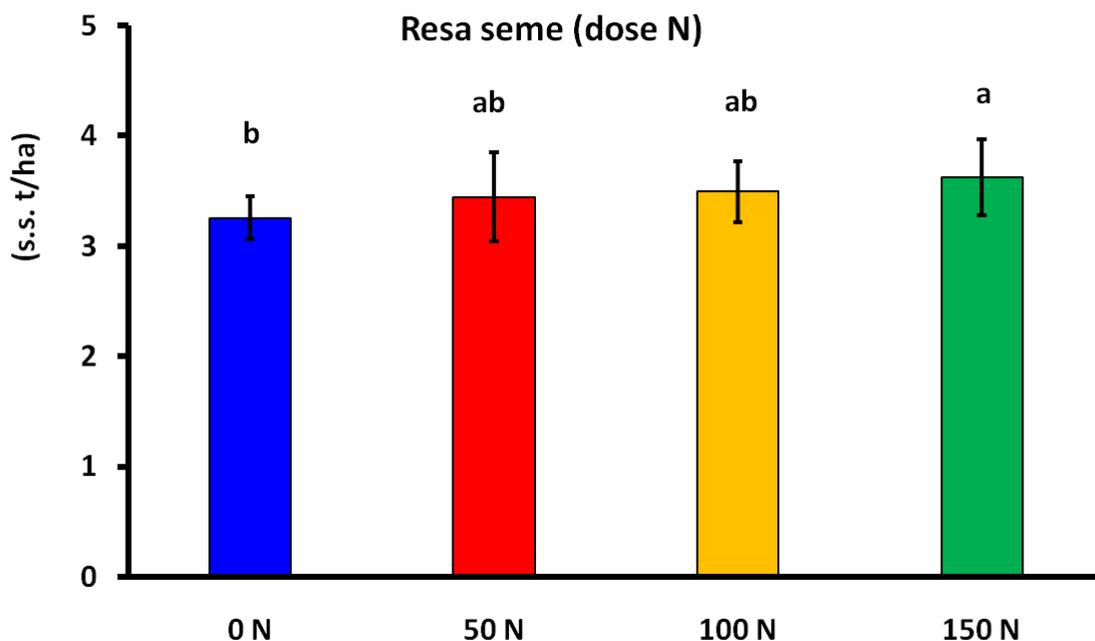


Grafico 18. Medie dei valori di resa in seme considerando il fattore principale “concimazione”. Le barre verticali indicano l’errore standard ($P \leq 0,05$).

4.5 HARVEST INDEX

La valutazione dell’indice di raccolta nelle aree saggio ha prodotto risultati statistici significativi. Essi riguardano principalmente l’effetto principale cultivar e concimazione. Non sono risultate dall’analisi statistica interazioni rilevanti.

L’analisi statistica considerando come effetto principale la “cultivar” è risultata con valori significativi ($P \leq 0,05$) per PR45D01 il quale ha raggiunto il valore di HI più elevato (0,29) rispetto gli altri due genotipi in prova i quali statisticamente non si sono differenziati fra loro per $P \leq 0,05$ (Grafico 19). Come era atteso PR45D01 ha dimostrato un HI superiore, in quanto, essendo un ibrido a taglia ridotta, a parità di resa, avendo un habitus vegetativo ridotto l’indice di raccolta è superiore.

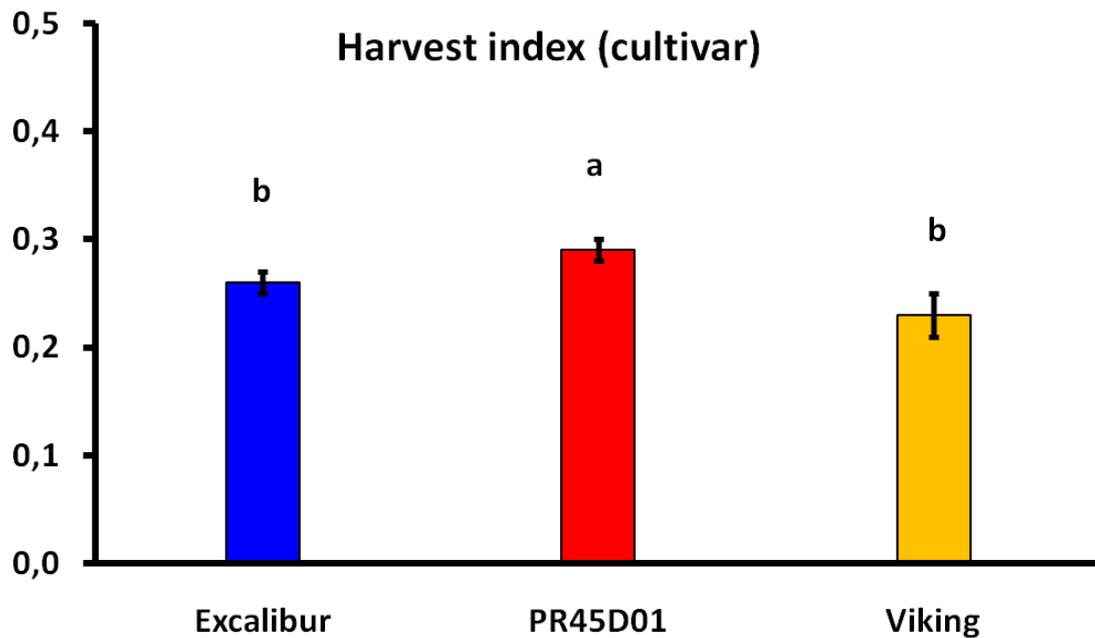


Grafico 19. Variazione di HI al variare della cultivar. Le barre verticali indicano l'errore standard ($P \leq 0,05$).

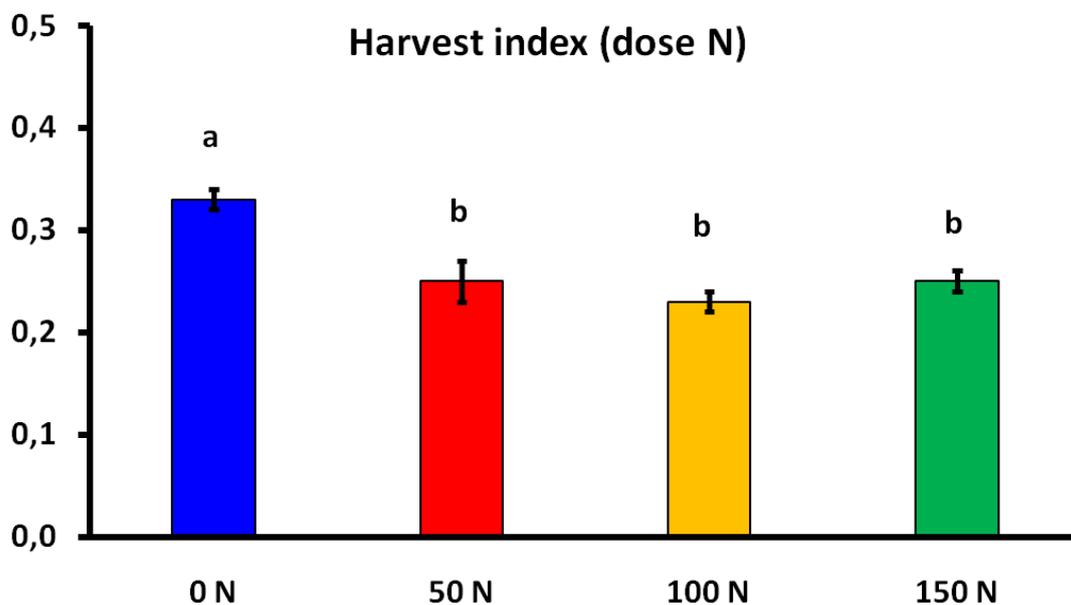


Grafico 20. Variazione di HI al variare della concimazione azotata. Le barre verticali indicano l'errore standard ($P \leq 0,05$).

Anche per quel che riguarda le variazioni di HI in relazione al fattore principale “concimazione” si sono ottenute differenze significative ($P \leq 0,05$) con i valori ottenuti nella tesi 0 N più elevati rispetto alle altre tesi, che statisticamente non si

sono differenziate tra loro (*Grafico 20*). Questo maggior HI per 0 N (0,33) è dovuto principalmente al fatto che in mancanza di azoto la coltura è stata caratterizzata da uno sviluppo vegetativo ridotto con minor biomassa prodotta.

4.6 PESO UNITARIO DEL SEME

E' stato misurato, inoltre, il peso unitario dei semi, espresso in mg, in relazione alla cultivar e al livello di concimazione azotata.

Per quel che riguarda l'effetto principale "cultivar" statisticamente non si sono ottenute differenze significative ($P > 0,05$) tra le varietà in prova (*Grafico 21*). Tuttavia valori superiori si possono riscontrare in Excalibur che presenta un peso unitario del seme di 4,28 mg. I valori di PR45D01 invece sono di 4,24 mg mentre Viking presenta un peso unitario di 4,10 mg.

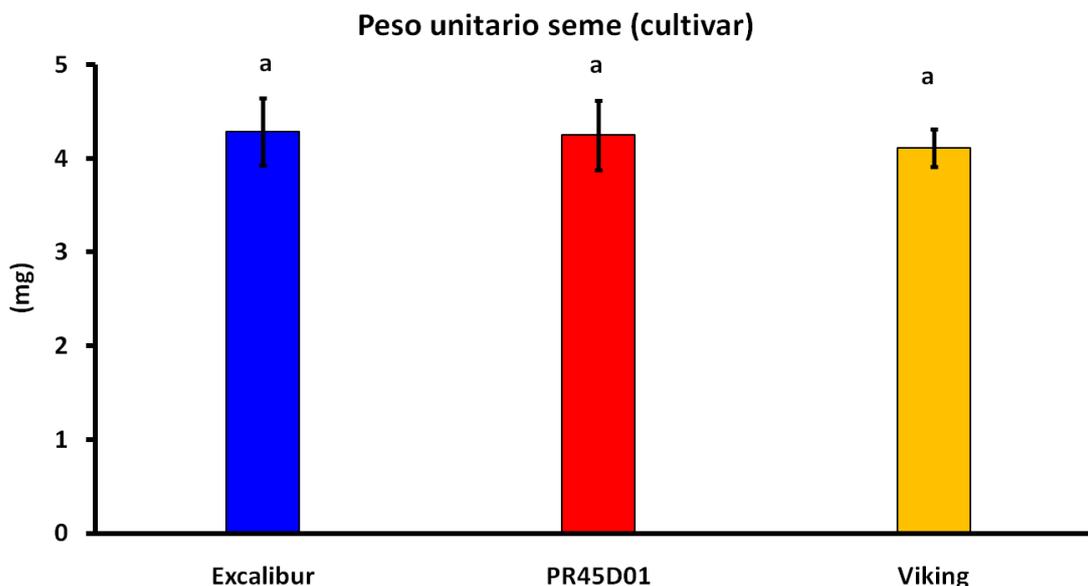


Grafico 21. Peso unitario del seme in relazione al fattore principale "cultivar". Le barre verticali indicano l'errore standard ($P \leq 0,05$).

Analizzando, invece, il peso unitario del seme e considerando come fattore principale la "concimazione" si notano differenze significative ($P \leq 0,05$) con i valori più elevati raggiunti nella tesi 150 N rispetto alle altre tesi di

concimazione. Questo valore superiore può essere dovuto al maggior accumulo di s.s. all'interno del seme per un maggior assorbimento di N nelle fasi successive alla fioritura con un peso unitario finale di 4,53 mg, rispetto ai 4,00 mg della tesi 0 N, 4,12 mg della tesi 50 N e 4,19 mg della tesi 100 N le quali statisticamente non si sono differenziate tra loro (*Grafico 22*).

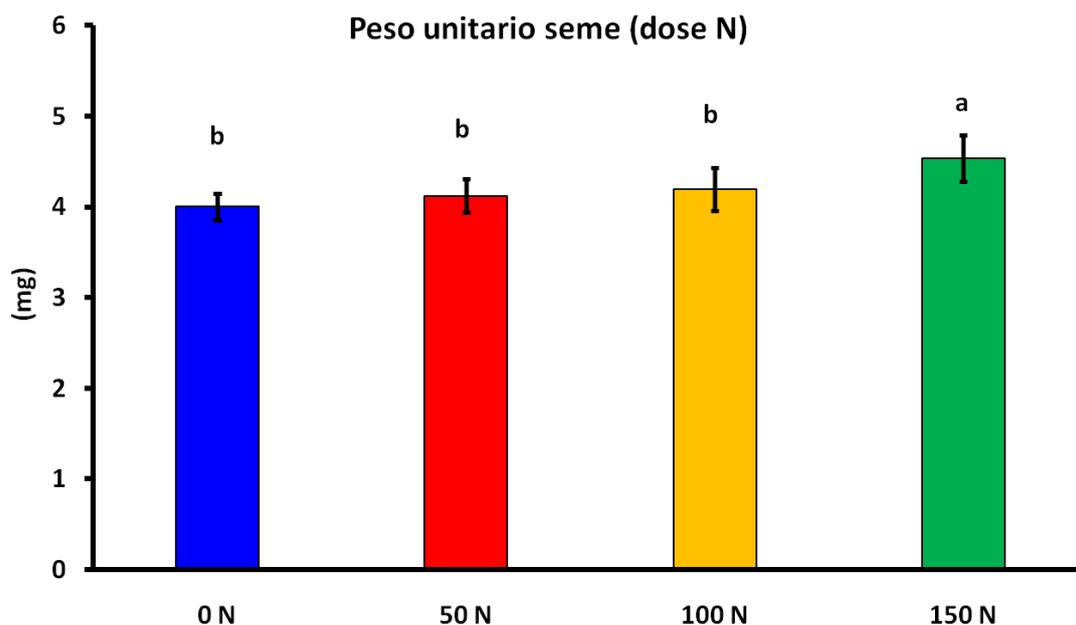


Grafico 22. Peso unitario del seme in relazione al fattore principale “concimazione”. Le barre verticali indicano l’errore standard ($P \leq 0,05$).

4.7 PRODUZIONE DI OLIO

Sulla granella raccolta sono state eseguite delle analisi di laboratorio per determinare il contenuto in olio. Dal confronto tra la concentrazione in olio delle varie cultivar (*Grafico 23*) sono emerse delle differenze significative ($P \leq 0,05$) con Excalibur che ha raggiunto i tenori statisticamente più elevati.

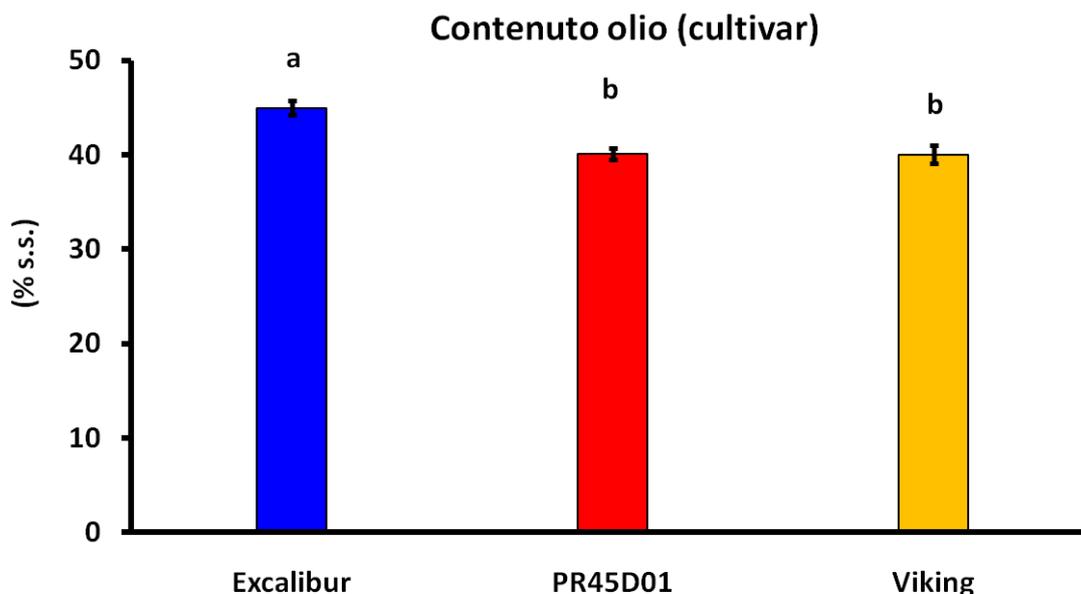


Grafico 23. Concentrazione in olio nel seme in relazione alla cultivar. Le barre verticali indicano l'errore standard ($P \leq 0,05$).

Il seme di Excalibur presenta un contenuto in olio del 44,95 % (s.s.) per cui risulta essere una cultivar che risponde bene all'ambiente di coltivazione con una produzione elevata di olio. Il contenuto in olio del seme di PR45D01 e Viking invece statisticamente non si sono differenziati tra loro con una produzione in olio rispettivamente di 40,10 % e 40,03 % .

Per quel che riguarda la concentrazione in olio inoltre si sono rilevate differenze statisticamente significative per $P \leq 0,05$ in relazione al fattore principale "concimazione". I valori del contenuto in olio inferiori, come atteso, sono stati registrati nella tesi 150 N (39,22%) in quanto la concentrazione di olio nel seme diminuisce all'aumentare della concimazione azotata con un incremento del tenore in proteina grezza nei semi. Dunque, analizzando le altre tesi di concimazione, il contenuto in olio aumenta con la riduzione della concimazione azotata come dimostrano i valori del 41,48%, 42,56% e 43,51% rispettivi delle tesi 100, 50 e 0 N (*Grafico 24*).

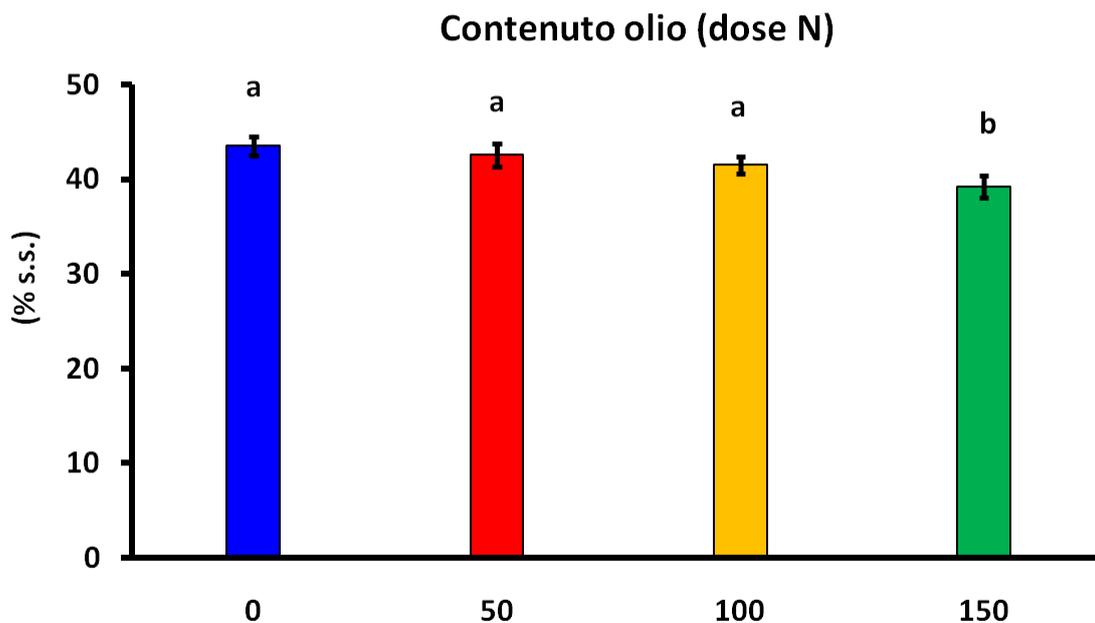


Grafico 24. Concentrazione in olio nel seme in relazione alla tesi di concimazione . Le barre verticali indicano l'errore standard ($P \leq 0,05$).

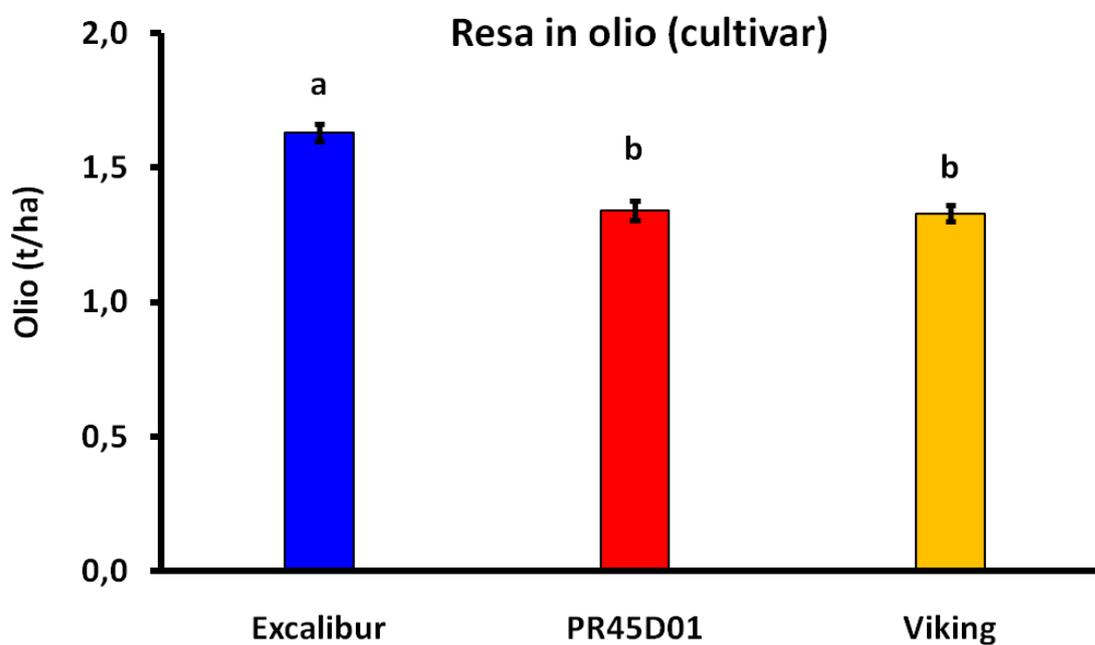


Grafico 25. Resa in olio in relazione alla cultivar. Le barre verticali indicano l'errore standard ($P \leq 0,05$).

Moltiplicando la resa in granella, ottenuta dalla raccolta di pieno campo, per la concentrazione di olio è stato possibile ottenere la resa in olio della coltura, espressa in tonnellate di olio per unità di superficie (ha).

Relativamente al fattore principale “cultivar”, la resa in olio ha evidenziato differenze significative ($P \leq 0,05$) per Excalibur rispetto alle altre due cultivar (*Grafico 25*). In virtù delle rese ottenute la quantità di olio prodotto da Excalibur è di 1,63 t/ha, superiore di 0,29 t/ha e 0,30 t/ha rispetto a PR45D01 e Viking. Questo dimostra come Excalibur sia in grado di gestire bene i fattori di produzione al fine di massimizzare le rese.

4.8 TENORE IN PROTEINA GREZZA NEL SEME

Un’ulteriore analisi che si è resa necessaria è stata la stima della concentrazione di proteina grezza nel seme in quanto di norma, questa è strettamente correlata al livello di concimazione azotata.

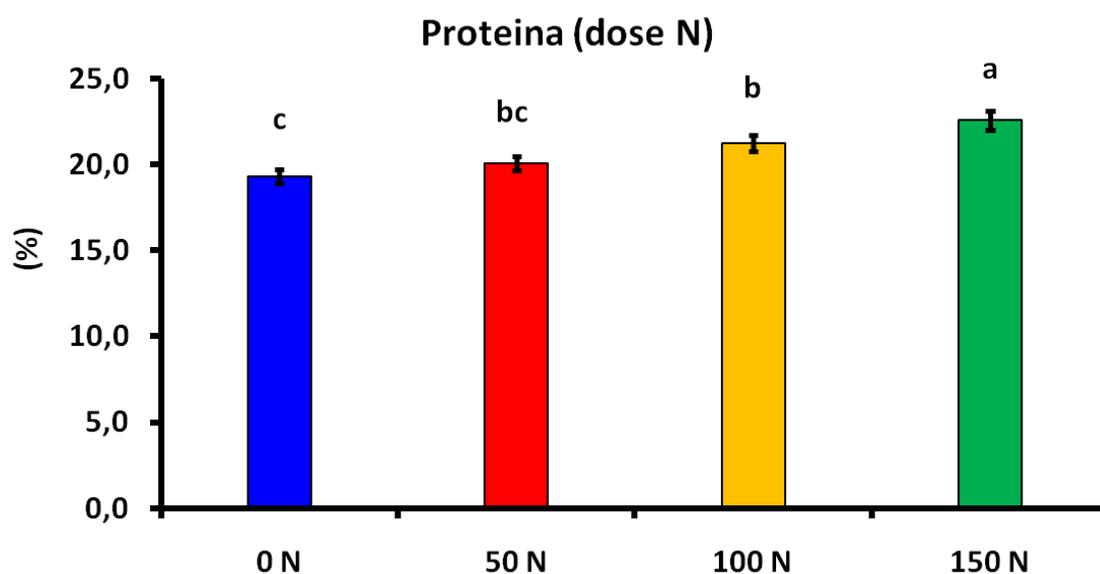


Grafico 26. Media dei valori del contenuto proteico nel seme considerando il fattore principale “concimazione”. Le barre verticali indicano l’errore standard ($P \leq 0,05$).

Il contenuto proteico del seme varia all'aumentare del livello di concimazione azotata ed analizzando i valori si osservano differenze significative ($P \leq 0,05$) (Grafico 26) considerando il fattore principale "concimazione". Il valore inferiore è stato evidenziato nella tesi 0 N ed è crescente all'aumentare della concimazione azotata, i dati quindi presentano differenze significative per $P \leq 0,05$ rispetto alla tesi 100 N e 150 N. La tesi 50 N invece si trova in una posizione intermedia tra 0 N e 100 N non presentando differenze statisticamente significative tra i loro valori. La tesi 100 N si comporta in modo analogo alla tesi 0 N pur avendo valori significativamente superiori. Differenze significative ($P \leq 0,05$) rispetto ai valori delle altre tesi di concimazioni sono evidenziate in 150 N.

Crescendo in modo proporzionale all'aumentare del livello di azoto nella pianta appare evidente che la tesi con la maggior quantità di proteine nel seme sia la tesi 150 N.

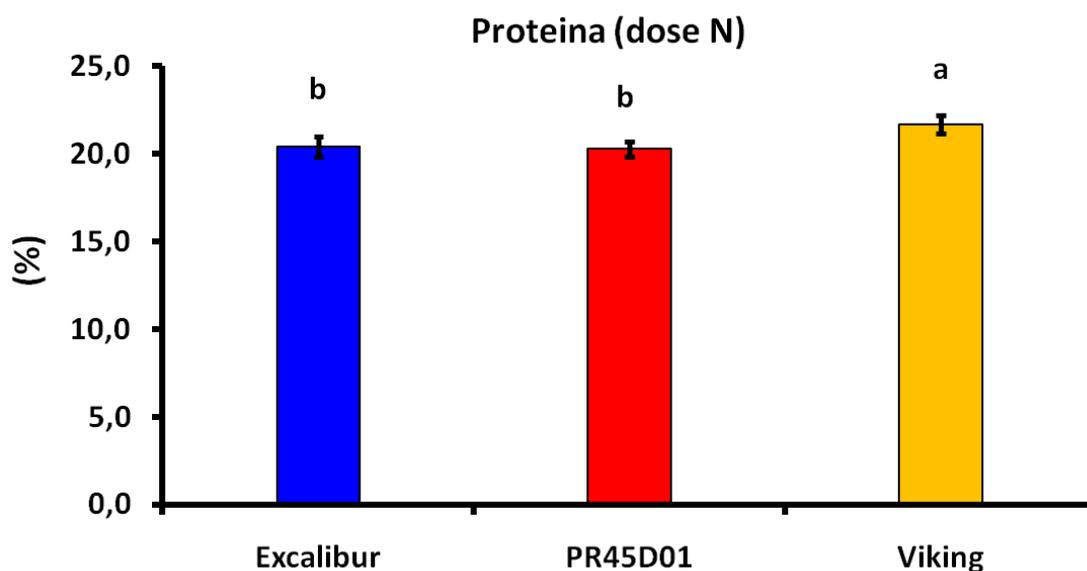


Grafico 27. Media dei valori del contenuto proteico nel seme considerando il fattore principale "cultivar". Le barre verticali indicano l'errore standard ($P \leq 0,05$).

Differenze significative nel contenuto in proteine nel seme ($P \leq 0,05$) si notano anche considerando come fattore principale la “cultivar”. Dal *Grafico 27* tra la varietà Excalibur e PR45D01 non si sono evidenziate differenze significative. Viking invece raggiunge valori significativamente più elevati ($P \leq 0,05$) rispetto agli altri due genotipi, questo è il risultato di un maggior assorbimento di azoto durante ciclo di sviluppo, tradotto in una quantità superiore di proteine nel seme a scapito del contenuto in olio che risulta essere presente in concentrazioni minime.

4.9 EFFICIENZA DI ASSORBIMENTO DELL’AZOTO

L’efficienza di assorbimento dell’azoto permette di valutare le reali capacità delle piante nell’assorbire l’azoto apportato con le concimazioni al netto delle quantità di N già presenti nel terreno. Questi valori vengono calcolati con la seguente equazione: $\frac{\text{kg di N assorbiti} - \text{kg di N assorbiti in 0 N}}{\text{kg di N forniti con la concimazione}}$ ed espressi in percentuale.

Effettuando un’analisi statistica sono state identificate differenze significative ($P \leq 0,05$) solamente per il fattore principale “cultivar”.

Una maggior efficienza di assorbimento dell’N la si trova solo in Excalibur, con valori quasi doppi rispetto a quelli ottenuti per PR45D01 e Viking. L’elevata efficienza di assorbimento per Excalibur (0,74) è dovuta principalmente alla capacità del genotipo di modulare il suo sviluppo vegetativo in condizioni di bassi input energetici quindi con un minor assorbimento di azoto, mentre, qualora la disponibilità del nutriente sia incrementata dalle concimazione azotate, aumenta l’accumulo di N con incremento dell’efficienza di assorbimento (*Grafico 28*).

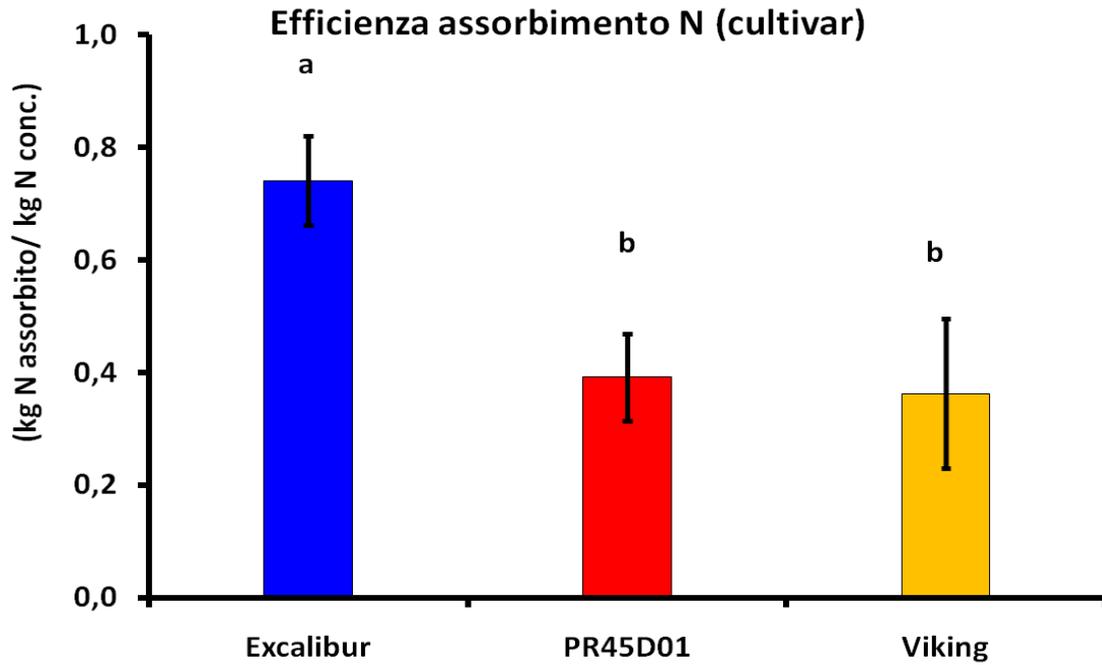


Grafico 28. Valori dell'efficienza di assorbimento di N in relazione al fattore principale "cultivar". Le barre verticali indicano l'errore standard ($P \leq 0,05$).

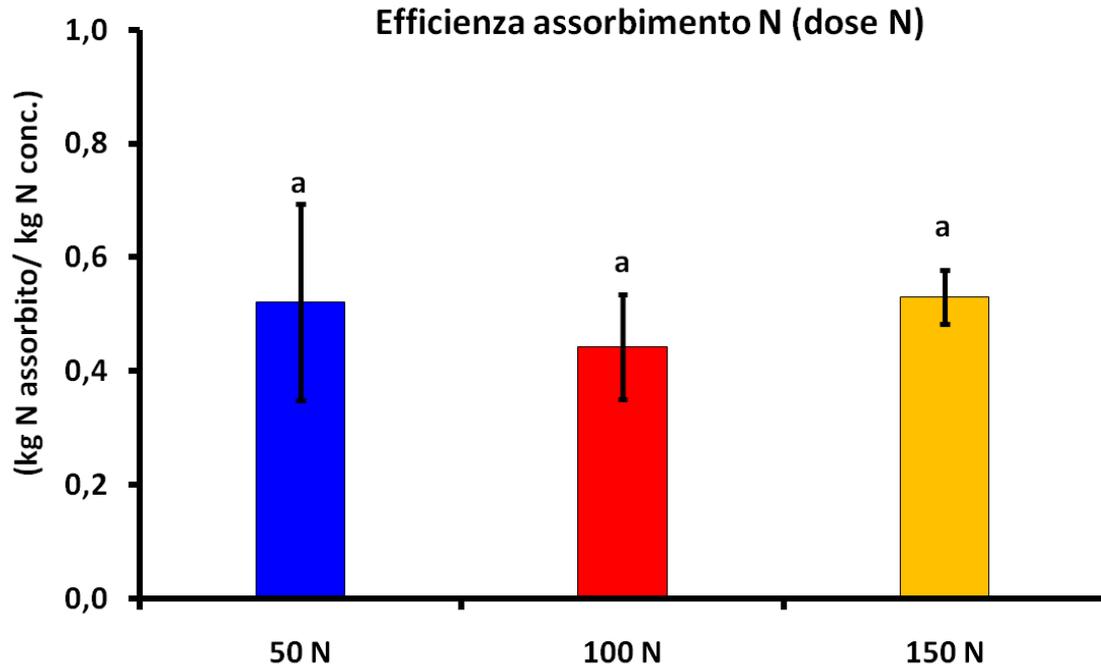


Grafico 29. Media dei valori dell'efficienza di assorbimento considerando il fattore principale "concimazione". Le barre verticali indicano l'errore standard ($P \leq 0,05$).

Come già detto in precedenza considerando il fattore principale “concimazione” non si sono riscontrate differenze significative tra i valori ottenuti nell’efficienza di assorbimento di azoto (*Grafico 29*).

4.10 EFFICIENZA D’USO DELL’AZOTO

I dati ottenuti relativi all’efficienza d’uso dell’azoto sono stati rilevati mediante il rapporto tra la quantità di seme prodotto e la quantità di azoto assorbito realmente dalle piante nella media di tutto il ciclo di sviluppo della coltura.

Dall’analisi statistica per il fattore principale “cultivar” si notano differenze significative ($P \leq 0,05$) per i valori di Excalibur nettamente superiori rispetto a PR45D01 e Viking (*Grafico 30*). I valori presentati da questo ibrido relativi all’efficienza d’uso dell’azoto sono imputabili ad una migliore capacità di utilizzare e destinare il nutriente assorbito, nelle fasi fenologiche finali, alla produzione di seme con incremento della resa. Questo ulteriore ottimo risultato ci permette di descrivere Excalibur come un genotipo ben adattato all’ambiente di coltivazione ed ai relativi fattori ambientali.

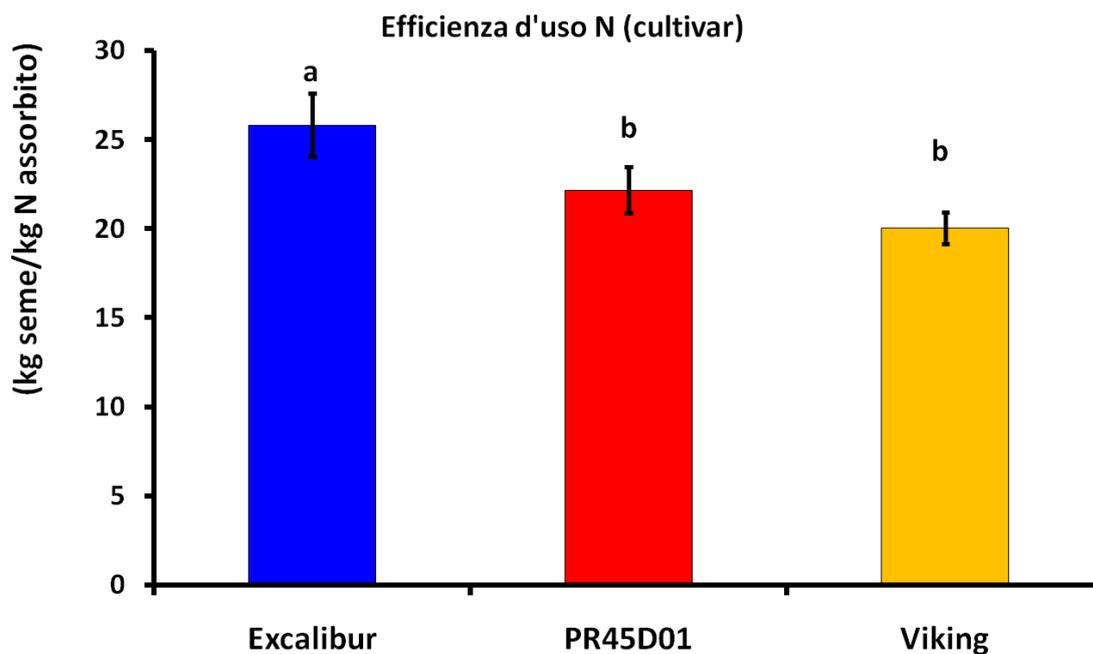


Grafico 30. Media dei valori relativi all'efficienza d'uso dell'azoto considerando il fattore principale "cultivar". Le barre verticali indicano l'errore standard ($P \leq 0,05$).

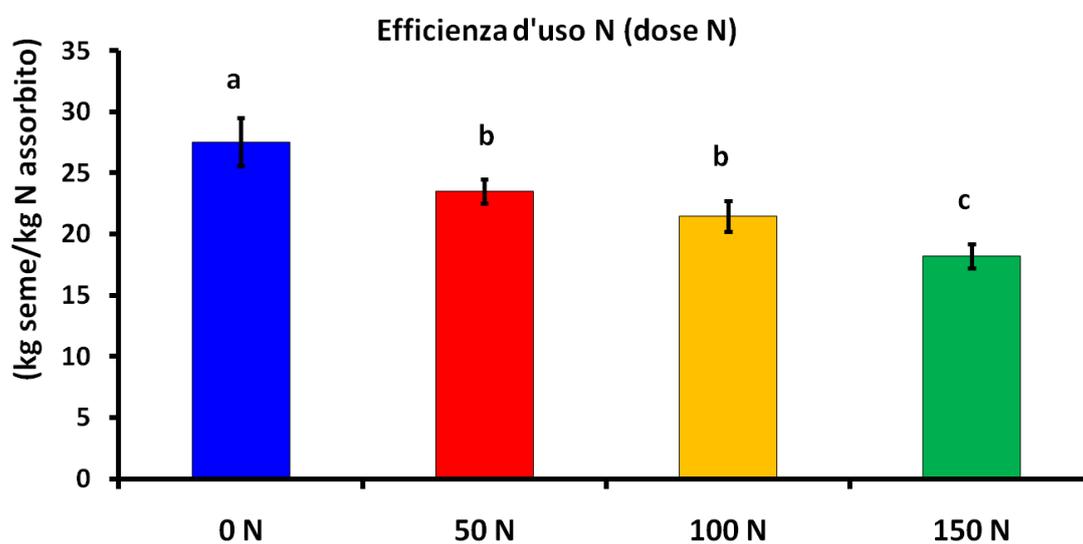


Grafico 31. Media dei valori relativi all'efficienza d'uso dell'azoto considerando come fattore principale la "concimazione". Le barre verticali indicano l'errore standard ($P \leq 0,05$).

Considerando invece il fattore principale “concimazione” si notano differenze significative ($P \leq 0,05$) tra le tesi estreme di concimazione, ovvero 0 N e 150 N, e le tesi intermedie 50 N e 150 N le quali statisticamente tra loro non presentano differenze nei valori (*Grafico 31*). Dal grafico si osserva quindi un calo dell’efficienza d’uso dell’N all’aumentare della dose di N apportata. L’andamento decrescente si spiega perché con l’aumentare della dose di N la pianta assorbe più azoto, ma la percentuale di N utilizzata per la produzione del seme diminuisce sempre più. Difatti i valori più elevati sono associati alla tesi 0 N con 27,53 kg di seme prodotto per ogni kg di azoto assorbito, il valore inferiore è presentato dalla tesi 150 N con solo 18,18 kg di seme mentre, le due tesi di concimazione 50 e 100 N presentano valori intermedi rispettivamente di 23,48 kg e 21,47 kg di seme prodotto.

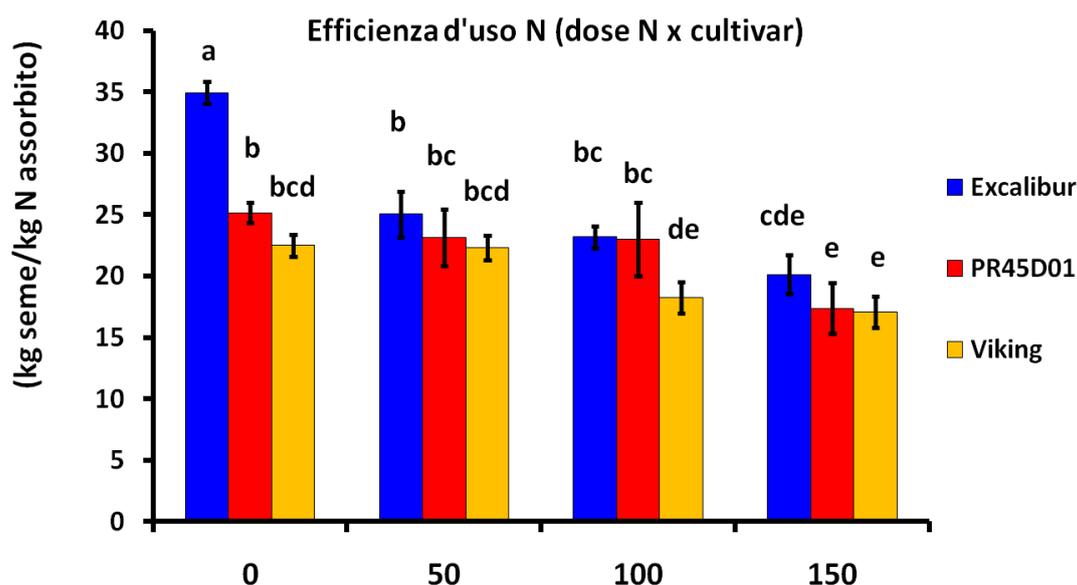


Grafico 32. Media dei valori dell’efficienza d’uso dell’azoto considerando l’interazione “concimazione x cultivar”. Le barre verticali indicano l’errore standard ($P \leq 0,05$).

Dall’analisi delle interazioni è emersa come significativa quella “concimazione x cultivar”, per $P \leq 0,05$. Dal *Grafico 32* si osservano valori differenti con un’efficienza d’uso molto elevata per Excalibur nella tesi 0 N ma valori superiori emergono rispetto le altre varietà anche nelle altre tesi di concimazione.

PR45D01, invece, presenta valori pressoché stabili nelle tesi intermedie con il valore più alto e più basso rispettivamente nelle tesi 0 N e 150 N. Viking invece si presenta come la cultivar con minor efficienza d'uso di azoto mostrando valori inferiori in tutte le tesi tranne che in 150 N dove presenta valori simili a PR45D01.

4.11 BILANCIO APPARENTE DELL'AZOTO

Tra i diversi parametri rilevati durante il ciclo del colza, in relazione alle differenti tesi di concimazione, risulta utile valutare anche la quantità effettiva di N asportato dall'intera biomassa vegetale, durante tutto il ciclo di sviluppo. In realtà si presume che l'N stoccato nei residui colturali ritorni comunque al terreno una volta che questi vengono interrato dopo la raccolta, mentre l'N effettivamente asportato è solo quello contenuto nel seme.

Dall'analisi statistica dei risultati sono emerse differenze significative ($P \leq 0,05$) solo per il fattore principale "concimazione". Dal *Grafico 33* si osservano i diversi quantitativi di azoto asportati dalla coltura, senza prendere in considerazione appunto le paglie, nelle diverse tesi di concimazione. La tesi che ha presentato le maggiori asportazioni, come atteso, è stata la 0 N con un valore di assorbimento pari a 100,5 kg/ha. Valori inferiori, ma comunque negativi, il che significa che il terreno dopo la coltivazione rimane depauperato, si sono ottenuti nella tesi 50 N e 100 N con asportazioni di 60,7 kg/ha e 18,6 kg/ha. Nella tesi 150 N invece i valori di assorbimento di azoto sono risultati positivi con un incremento della fertilità del terreno pari a 19,5 kg/ha di N, perché l'elevata concimazione azotata ha soddisfatto pienamente i fabbisogni nutritivi della coltura senza che questa andasse a prelevare l'N già presente nel terreno. Dal *Grafico 33* inoltre siamo in grado di comprendere effettivamente il significato della parola "catch crop" attribuita al colza il quale è in grado di assorbire N dal terreno e limitare le perdite per lisciviazione di questo elemento.

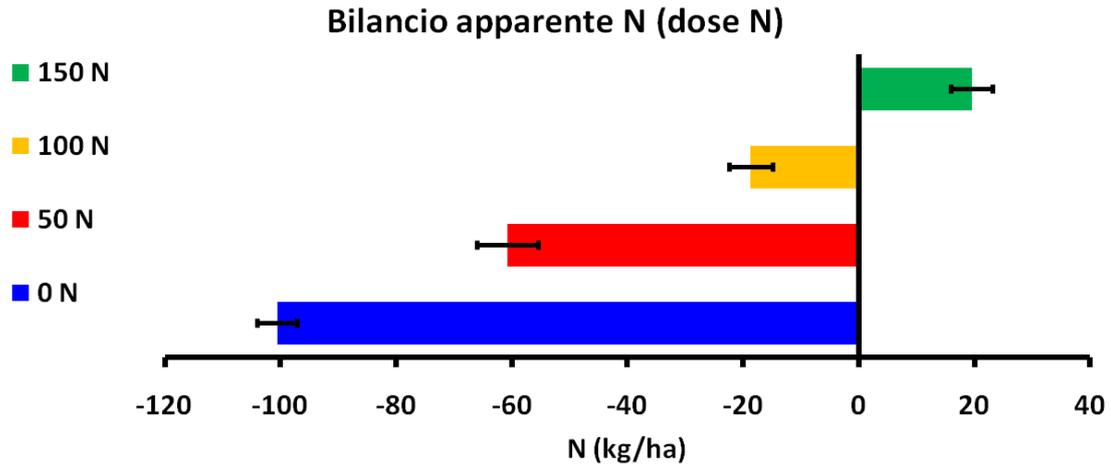


Grafico 33. Media dei valori delle asportazioni di N dal terreno considerando il fattore principale “concimazione”. Le barre orizzontali indicano l’errore standard ($P \leq 0,05$).

4.12 NITROGEN HARVEST INDEX

L’analisi di questo parametro permette di valutare quanto dell’azoto che la pianta assorbe viene effettivamente stoccato nel prodotto agrario utile (i.e., seme).

Valori statisticamente differenti ($P \leq 0,05$) sono stati ottenuti considerando come fattore principale la “concimazione” (*Grafico 34*). Le tesi di concimazione estreme, come previsto, hanno presentato valori nettamente differenti tra loro, mentre le due tesi intermedie 50 N e 100 N non si sono differenziate. Da questa analisi è facile comprendere il perché dei valori più elevati associati alla tesi 150 N, ovvero all’aumentare del livello di azoto disponibile nel terreno viene incrementato l’assorbimento che si traduce in una traslocazione maggiore di questo all’interno dei semi.

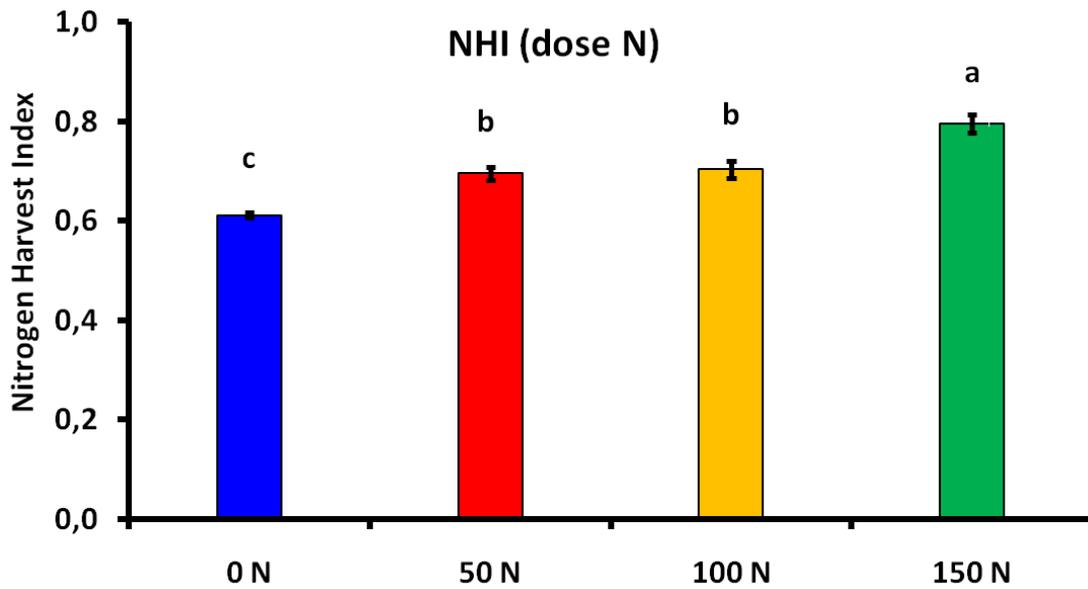


Grafico 34. Nitrogen Harvest Index, considerando il fattore principale “concimazione”. Le barre verticali indicano l’errore standard ($P \leq 0,05$).

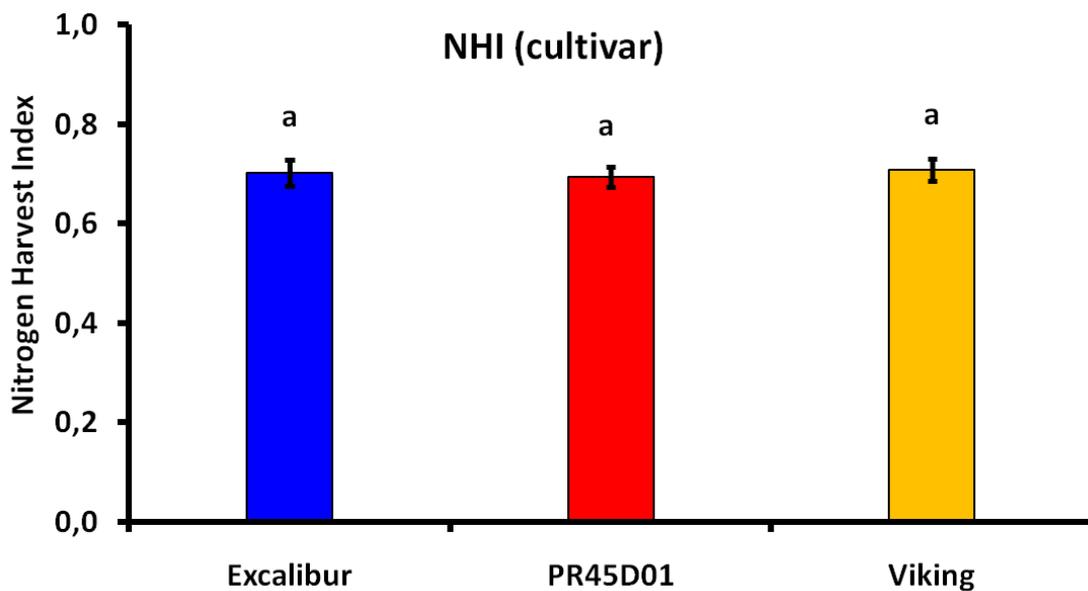


Grafico 35. Nitrogen Harvest Index, considerando il fattore principale “cultivar”. Le barre verticali indicano l’errore standard ($P \leq 0,05$).

Per quel che riguarda il NHI considerando il fattore principale “cultivar”, non si notano differenze significative ($P > 0,05$) (Grafico 35). La capacità di allocare N nei semi è quindi la medesima per tutte le cultivar in prova.

5. CONCLUSIONI

Il colza può essere considerato una coltura a basso input per quanto riguarda la lavorazione del terreno, la concimazione ed il controllo delle infestanti.

Per la sua coltivazione è quindi opportuno adottare accorgimenti di tecnica colturale mirati alla riduzione dei costi di produzione ed al conseguimento di un prodotto per la trasformazione in linea con le più recenti esigenze e regolamentazioni, per un'agricoltura rispettosa dell'ambiente.

A tale scopo, attraverso questa sperimentazione è stato possibile valutare la risposta morfo-fisiologica e produttiva di tre cultivar di colza invernale da olio in risposta a dosi crescenti di concimazione azotata primaverile.

Per quanto riguarda le cultivar in prova i risultati ottenuti sono stati soddisfacenti, ed hanno permesso di comprendere meglio le reali attitudini produttive dei genotipi studiati.

Osservando i dati dal punto di vista morfologico Viking risulta essere la cultivar con il maggiore vigore vegetativo ed in grado di accumulare elevate quantità di biomassa durante tutto il periodo di sviluppo. Valori nettamente inferiori sono stati ottenuti da PR45D01 il quale, avendo un portamento semi-nano e quindi un habitus vegetativo ridotto, ha accumulato minori quantità di biomassa. Valori intermedi invece sono stati osservati per Excalibur il quale, pur essendo un ibrido a taglia normale, ha dimostrato accumuli di biomassa inferiori a Viking. Il maggior vigore vegetativo dei genotipi a taglia normale quindi può essere dovuto principalmente ad uno sviluppo più elevato in altezza che si traduce in un HI (indice alla raccolta) inferiore rispetto a PR45D01. Osservando, poi, i dati relativi alla quantità di azoto assorbito in relazione alla biomassa prodotta è ancora Viking a presentare i valori più elevati, con valori intermedi per PR45D01 e minimi per Excalibur; tuttavia la concentrazione di N più elevata nella pianta la si trova nell'ibrido semi-nano, il quale presenta una diluizione inferiore del N per le ridotte dimensioni.

Nonostante abbia un Harvest Index basso, la resa in seme per Excalibur è elevata con 3,64 t/ha di seme, superando di circa il 10% le rese delle altre due varietà.

Dal punto di vista qualitativo, è sempre Excalibur a presentare la percentuale in olio nel seme superiore (44,95 %), tradotto quindi in una maggior quantità finale di olio prodotto ad ettaro (1,69 t/ha). PR45D01 e Viking, rispetto alle performances iniziali, presentano un contenuto in olio del seme (-5%) e una quantità di olio prodotto (-10%) inferiori rispetto ad Excalibur.

Valori superiori dell'efficienza di assorbimento e dell'efficienza d'uso dell'azoto sono stati riscontrati sempre in Excalibur, il quale si dimostra in grado di sfruttare al meglio l'azoto distribuito in copertura, mentre PR45D01 e Viking presentano valori bassi e per lo più simili.

La correlazione negativa tra il contenuto di proteine ed il contenuto in olio del seme, viene influenzata dalla quantità di azoto assorbita durante il ciclo di sviluppo della coltura. Excalibur come previsto, avendo avuto il maggior quantitativo di olio nel seme e ridotto accumulo di azoto, risulta avere un contenuto in proteine inferiore (20%), rispetto a Viking che raggiunge valori del 22% in corrispondenza di elevati assorbimenti di N. Tali processi di compensazione non sono avvenuti per PR45D01 il quale, presentando valori di azoto assorbito intermedi, ha raggiunto valori medi di produzione di seme, olio e proteina grezza.

Generalmente, per quel che riguarda la gestione della concimazione, una maggior disponibilità di azoto dopo l'inverno sembra che produca effetti favorevoli sullo sviluppo vegetativo del colza in quanto fattore chiave per la crescita dei vegetali.

Nelle tesi concimate con le dosi più elevate la resa in seme risulta essere superiore. Questa superiore produzione di seme è dovuta principalmente alla maggior quantità di azoto contenuto nella pianta che prolunga il periodo di riempimento dei semi a seguito di un ritardo della senescenza. Le dosi maggiori di azoto sembra che possano inoltre incrementare il peso unitario dei semi attraverso un maggior contenuto di sostanza secca accumulata in essi.

Contrariamente, l'indice di raccolta (HI) presenta valori superiori nella tesi non concimata, perché ad una minore quantità di azoto assorbito corrisponde una minor produzione di biomassa, ed alla raccolta l'incidenza della granella sul totale della pianta sarà superiore. Anche l'efficienza d'uso dell'azoto è influenzata negativamente dall'aumentare del N disponibile dove, il nutriente assorbito in quantità elevate non va ad incrementare la resa finale ma solo la biomassa che risulta inutile se eccessiva.

Alla luce di quanto emerso sembra quindi sia possibile ipotizzare una coltivazione di colza invernale da olio basata sulla riduzione degli input colturali. Particolarmente adatte a questo scopo sembra possano essere le concimazioni azotate di copertura che prevedono l'utilizzo di una dose intermedia, compresa tra 50-100 kg di N ha⁻¹.

Per la scelta della cultivar, in areali poco idonei alla coltivazione del colza, è consigliato l'uso di varietà, come Viking, che presentano buone attitudini produttive ed un costo ridotto della semente tali da permettere di avere un margine di guadagno superiore rispetto all'utilizzo di un qualsiasi altro ibrido. In areali ventosi e con elevata disponibilità di S.O, che provocano allettamenti eccessivi, è invece opportuno utilizzare cultivar a taglia ridotta (e.g., PR45D01) con incidenza all'allettamento inferiore rispetto alle cultivar a taglia normale. Tuttavia in condizioni ottimali sembra possa essere l'ibrido a taglia normale, Excalibur, il genotipo più performante tra le tipologie genetiche utilizzate dimostrando elevate capacità di adattamento ai diversi itinerari colturali e con spiccata attitudine alla produzione, in virtù delle sue particolarmente elevate efficienze di assorbimento e riallocazione, poi, dell'azoto all'interno del seme. Per l'areale Padano-Veneto, in virtù dei risultati ottenuti, si potrebbe consigliare una scelta agronomica basata sull'utilizzo di Excalibur (ibrido CHH con habitus vegetativo normale e fertilità maschile completamente ristorata) con distribuzione di azoto solo in copertura e in una dose di circa 50-100 kg N ha⁻¹.

6. BIBLIOGRAFIA

- Bordin A. e Guercini S, 2007. Biodiesel. Biocombustibili e carburanti, soluzioni, tecnologie, agevolazioni. (ed. Bordin A). IPSOA: 95-108.
- Budewig S. & Leon J. 2003. Higher yield stability for oilseed hybrid? *In* proceedings of 11th International Rapeseed Congress, vol. 1: 347-349.
- CETIOM, 1998. Nitrogen and rape in spring. *Oleoscope* 48: 9-26.
- Ciricofolo E., Natalizi G., Bruni Roberto, 2000. Manuale di corretta prassi per la produzione integrata del colza, pp 30.
- De Mastro G., e Bona S., 1998. COLZA (*Brassica napus var. oleifera METZG*). *In* Oleaginose alimentari, (Ed. G. Mosca). EDAGRICOLE, Bologna: 29-35.
- Frauen M., Noack J., Paulmann W., Grosse P. 2003. Development and perspectives of MSL-hybrids in winter oilseed rape in Europe. *In* proceedings of 11th International Rapeseed Congress, vol. 1: 316-318.
- Graham R.D., 1984. Breeding characteristics in cereals. *In* Tinker, P.B., Lauchli, A. (Eds.), *Advances in Plant Nutrition*, vol. 1. Praeger Verlag, New York, pp. 57-90.
- Meriggi P. e Catizone P., 2001. Il diserbo delle colture erbacee. *In* *Malerbologia*, (Ed. Catizone P. e Zanin G.). Patron Editore, Bologna: 738-740.
- Mosca G., 1998. Oleaginose non alimentari. Edagricole, Bologna.
- Mosca G. e Zanetti F., 2007. Ottime rese dal colza con le giuste scelte agronomiche. *L'informatore agrario*, 33: 38-42.
- Rathke G.W., Behrens T., Diepenbrock W., 2006. Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 117: 80-108.
- Sattelmacher, B., Horst, W.J., Becker, H.C., 1994. Factors that contribute to genetic variation for nutrient efficiency of crop plants. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 157: 215-224.

- Sieling K., Kage H., 2007. Semi-dwarf genotypes - a chance to reduce the N problem after oilseed rape? *In* proceedings of 12th International Rapeseed Congress, Wuhan 26-30 March, vol. 3: 198-201.
- Toniolo L. e Mosca G., 1986. Il colza. Reda, Roma, pp106.
- Toniolo L. e Mosca G., 2001. Colza (*Brassica napus* L. var. *oleifera* D.C.). *In* Coltivazioni erbacee Piante oleifere, da zucchero, da fibra, orticole e aromatiche (Ed. Baldoni R. e Giardini L.). Patron Editore, Bologna: 20-52.
- Zanetti F., Vameralli T. e Mosca G., 2006, Responses of oilseed rape to decreasing agricultural inputs: hybrid vs. traditional variety. *In* Proceedings of IX ESA Congress, 4-7 September 2006 Warsaw: 253-254.
- Zanetti F., Vameralli T., Bona S. e Mosca G., 2003, Razionalizzazione della concimazione azotata in colza destinato alla produzione di biodiesel. *In* “Atti del XXXV Convegno SIA Obiettivo “qualità integrale”: il ruolo della ricerca agronomica”, Napoli, 16-18 Settembre 2003: 227-228.

Siti internet consultati

www.agraria.org

www.informatoreagrario.it

www.istat.it

www.cetiom.fr

www.cti2000.it

www.arpav.it

www.biodiesel.org

www.progettomeg.it

www.pioneer.it

www.sciencedirect.com