



**UNIVERSITA'
PADOVA**

DEGLI STUDI DI

FACOLTA' DI AGRARIA

***Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni
Vegetali***

Corso di Laurea Triennale in Scienze e Tecnologie Agrarie

TESI DI LAUREA

**GEOMETRIA RADICALE IN IBRIDI DI COLZA INVERNALE
DA OLIO.**

Relatore: Ch.mo Prof. Giuliano Mosca

Correlatori: Prof. Teofilo Vamerali

Dott. ssa Federica Zanetti

Laureando: Michele Anselmi

ANNO ACCADEMICO 2008-2009

INDICE

<u>RIASSUNTO</u>	5
<u>ABSTRACT</u>	8
<u>1. INTRODUZIONE</u>	10
<u>1.1 IL COLZA</u>	10
<u>1.1.1 GENERALITA'</u>	10
<u>1.1.2 CARATTERISTICHE BOTANICHE</u>	14
<u>1.1.3 ESIGENZE PEDOCLIMATICHE</u>	17
<u>1.1.4 TECNICHE COLTURALI</u>	19
<u>1.1.4.1 AVVICENDAMENTO</u>	19
<u>1.1.4.2 PREPARAZIONE DEL TERRENO</u>	19
<u>1.1.4.3 SEMINA</u>	21
<u>1.1.4.4 CONCIMAZIONE</u>	23
<u>1.1.4.5 LOTTA ALLE MALERBE</u>	26
<u>1.1.4.6 RACCOLTA</u>	27
<u>1.1.5 PANORAMA VARIETALE</u>	30
<u>1.1.6 AVVERSITA'</u>	32
<u>1.2 METODI DI STUDIO DEGLI APPARATI</u> <u>RADICALI</u>	35
<u>1.2.1 METODI CONSERVATIVI</u>	35
<u>1.2.2 METODI DISTRUTTIVI</u>	36
<u>1.2.3 METODO DEL CAROTAGGIO</u>	38
<u>1.3 ANALISI RADICALE</u>	40
<u>2. SCOPO DEL LAVORO</u>	42
<u>3. MATERIALI E METODI</u>	44

<u>3.1</u>	<u>PROTOCOLLO SPERIMENTALE</u>	45
<u>3.1.1</u>	<u>VARIETA' UTILIZZATE</u>	45
<u>3.1.2</u>	<u>CONCIMAZIONE</u>	47
<u>3.1.3</u>	<u>RACCOLTA</u>	49
<u>3.2</u>	<u>ANDAMENTO CLIMATICO</u>	50
<u>3.3</u>	<u>CAROTAGGIO</u>	51
<u>3.4</u>	<u>LAVAGGIO</u>	53
<u>3.5</u>	<u>ACQUISIZIONE DELLE RADICI</u>	56
<u>4.</u>	<u>RISULTATI E DISCUSSIONE</u>	60
<u>4.1</u>	<u>APPARATI RADICALI</u>	60
<u>4.2</u>	<u>RESE</u>	70
<u>4.3</u>	<u>HARVEST INDEX</u>	74
<u>5.</u>	<u>CONCLUSIONI</u>	76
<u>6.</u>	<u>BIBLIOGRAFIA</u>	79

RIASSUNTO

In questi ultimi anni la coltura del colza si è particolarmente diffusa a livello europeo, ma anche mondiale, in seguito ad un intenso lavoro di miglioramento genetico che ha permesso di esaltare le caratteristiche positive ed ridurre i fattori che ne limitavano la coltivazione. Il seme di colza presenta un elevato contenuto in olio (40-45%) con composizione acidica che lo rendono idoneo a svariati usi. In particolare usato viene utilizzato nell'alimentazione umana e animale, nella produzione di biocarburanti e nella produzione di prodotti industriali. Tutto ciò ha permesso che questa coltura diventasse la prima oleaginosa in Europa e la terza a livello mondiale. Dall'estrazione dell'olio si ottiene una farina che può essere usata a livello zootecnico, solo per i genotipi a basso tenore in glucosinolati. L'inserimento del colza nelle rotazioni contribuisce a migliorare la struttura del terreno e il suo contenuto in sostanza organica, inoltre interrompe il ciclo dei diversi patogeni che colpiscono i cereali.

In questa tesi si è voluto osservare la risposta che due ibridi, uno semidwarf PR45D01 e uno a taglia normale EXCALIBUR, hanno avuto in conseguenza della dose crescente di azoto. Lo studio si è concentrato sulle modificazioni avvenute a livello radicale per adeguarsi alla differente disponibilità di azoto nel terreno. La prova è stata allestita presso l'azienda sperimentale "L. Toniolo" dell'Università degli studi di Padova, presso il comune di Legnaro. Le diverse tesi di concimazione

prevedevano le seguenti dosi: una tesi non concimata, una con il sistema Reglette Azote ed infine una tesi con 100 unità di azoto. Il ciclo di sviluppo della coltura è avvenuto nel periodo tra settembre 2007 e giugno 2008. Durante la fase di piena fioritura per valutare lo sviluppo dell'apparato radicale è stato effettuato un carotaggio: precisamente sono state campionate sei carote fino ad 1 metro di profondità per ciascuna tesi di concimazione per entrambi gli ibridi presi in considerazione. Successivamente le radici, dopo essere state accuratamente pulite e separate dal terreno, sono state acquisite con l'aiuto di uno scanner e successivamente analizzate con uno specifico software di analisi d'immagine. In questo modo sono stati ottenuti i dati di RLD (cm/cm^3) per vedere la distribuzione delle radici nei vari orizzonti di terreno e tramite questi dati sono stati ottenuti anche i valori relativi alla densità radicale e ai diametri radicali. Dai risultati è emerso che i due ibridi presi in considerazione sviluppano apparati radicali differenti sia nella distribuzione delle radici nei vari orizzonti, sia nei diametri radicali sviluppati: la tesi di concimazione 100N fa sviluppare apparati radicali maggiormente superficiali rispetto alle tesi 0N e Reglette.

Altro dato preso in considerazione per valutare l'esito della prova è stato quello relativo alle rese in pieno campo e quello nelle aree di saggio. Questo dato ha messo in luce come le rese relative all'ibrido semidwarf sono state abbastanza simili tra di loro, lo stesso vale per l'ibrido a taglia normale anche se questo ha realizzato rese inferiori in quanto ha sviluppato tendenzialmente un apparato radicale meno fitto e fin dalla fase di fioritura ha presentato il problema dell'allettamento. E' stato inoltre considerato l'Harvest Index nelle diverse tesi, indice che ci permette di valutare quanto è la parte che viene raccolta rispetto a tutta la biomassa sviluppata. Da tale parametro sono

emersi risultati abbastanza simili tra di loro per l'ibrido seminano che ha mostrato, come atteso, valori più elevati e stabili compresi tra 0,30 e 0,34; mentre l'ibrido a taglia normale il range di valori è stato più ampio, valore minimo 0,27 e valore massimo 0,33.

Questa tesi ha messo in evidenza che la varietà seminana PR45D01 si è meglio adattata alla coltivazione rispetto alla varietà a taglia normale EXCALIBUR.

A B S T R A C T

In the recent years the cultivation of rapeseed is particularly widespread in Europe, but also in the world, owing to an extensive process of genetic improvement, that has enabled to intensify the positive characteristics and to reduce the factors that limited this culture. The high oil content (40-45%) with acidic components make it suitable for various uses including as food, biofuel or the production of industrial products. That has allowed this to become the first oilseed crop in Europe and third in the world. Oil extraction produces a flour that can be used in the husbandry animal, only for genotypes with low content of glucosinolates, it has good protein content (38-40%) and a biological value very similar to that of soybean flour. In addition, its inclusion in the rotation of crops helps to improve soil structure and its content in organic matter and it stops the cycle of different pathogens affecting cereals.

In this thesis we wanted to observe the reaction of two hybrids, a semidwarf and a standard-size, as a consequence of increasing nitrogen dose. The study focused on radical changes occurring to adapt to the available nitrogen in the soil. The test was realized in the experimental farm "L. Toniolo", University of Padua, near the town of Legnaro. The test include the cultivation of two hybrids 00, with low presence of erucic acid and reduced presence of glucosinolates; a semidwarf PR45D01 and a standard-size one EXCALIBUR. They were subjected to three different types of fertilization in coverage: a

test was not fertilized, a test with Reglette azote system and finally a test with 100 units of nitrogen. Development cycle of the crop occurred between September 2007 and June 2008. During this period there were six cores for each argument of fertilization for both hybrids throughout the period of full bloom, which is presumed to have the strongest growth of the root. After having been carefully prepared and separated from the land, the roots were acquired with the help of a scanner and then analyzed with a specific image analysis software. In this way the RLD (cm/cm^3) data were obtained to analyse the distribution of roots in different soil horizons and to know the values of radical density and of the diameters radical development. The results showed that the hybrids considered develop different root systems. The theory of fertilization 100N develops more superficial root systems than 0N and Reglette.

To estimate the result of the test we considered the yield of open field and in the plot cultivation. That showed that the test on hybrid semidwarf gave quite similar yield, the same is for the standard-size hybrid. It has achieved yields of less developed because it developed a less dense radical root and from the flowering phase it presented the problem of entrapment. The plots gave substantially lower yields because the conservation of plants occurred in unfavorable conditions. From these plants has been possible to derive the value of Harvest Index, that allows us to evaluate what is the part that is collected on all developed biomass. The result of this test were quite similar among the hybrid seeding; for hybrid semidwarf, minimum 0,30 and maximum 0,34, while for the standard size hybrid the values were more different, minimum 0,27 and maximum 0,33.

This thesis has shown that the semidwarf PR45D01 variety has adapted to growing more than the standard size EXCALIBUR variety.

1. INTRODUZIONE

1.1 Colza

1.1.1 Generalità

Il colza è una pianta erbacea appartenente alla famiglia delle *Brassicaceae*, al genere *Brassica*; si è originata per ibridazione spontanea dall'incrocio tra *B. campestris* (rapa; $2n=20$) e *B. oleracea* (cavolo; $2n=18$). Da questa ibridazione si è creata la specie *B. napus* ($2n=38$) della quale possiamo affermare che ne esistono due tipologie: una da radice e l'altra da seme (*var. oleifera*) (Mosca e Toniolo, 1986).

È una pianta originaria del bacino mediterraneo e il nome deriva dall'olandese "*Koolzaad*", che significa seme di cavolo. Si diffuse fin dal medioevo nell'Europa centro-settentrionale e la sua importanza deriva dal fatto che nel seme è presente una quota cospicua di olio (40-45%) che veniva impiegato nell'illuminazione pubblica e privata. Attualmente l'olio di colza si può impiegare per svariate funzioni. In Canada, India e Cina questo tipo di olio è principalmente usato nell'alimentazione, miscelato ad altri oli poiché allo stato puro ha sapore e odore poco gradevoli. L'uso alimentare si sviluppò nella metà del secolo scorso anche se non trovò molti consensi in

conseguenza agli studi sugli effetti per la salute umana che lo relegarono a prodotto di qualità inferiore. Il suo scarso valore nutritivo è dato dalla consistente presenza, nella composizione acidica, dell'acido erucico considerato tossico; pertanto la sua coltivazione subì una leggera flessione per poi riprendersi con l'avvento di nuovi ibridi a basso, o nullo, contenuto di questo acido grasso. Ora è usato non solo nell'alimentazione ma anche per la fabbricazione di diversi prodotti industriali quali vernici, inchiostri, materie plastiche, olio per lubrificazione, smalti.

Dal seme è anche possibile ricavare la farina che presenta un'elevata frazione proteica, ma contiene i glucosinolati, fattori antinutrizionali definiti gozzigeni per i monogastrici a livello della tiroide. Anche in questo caso con l'avvento di varietà migliorate è stato possibile ridurre tali fattori e l'uso della farina di estrazione per l'alimentazione zootecnica è in continuo aumento.

Durante la seconda guerra mondiale fu usato come carburante per veicoli nautici a causa delle difficoltà ad approvvigionarsi di carburanti petroliferi. In questi ultimi anni l'olio di colza è usato per la produzione di biocarburanti; questo perché la sua composizione acidica lo rende idoneo per la produzione del biodiesel, in seguito ad un processo di esterificazione. Il motore di Rudolph Diesel (il motore Diesel) fu originariamente pensato nel 1893 per funzionare con olio vegetale, ma in seguito fu sostituito da quello minerale petrolchimico detto *Gasolio Diesel* (Repubblica.it).

La produzione dell'olio di colza è al terzo posto mondiale, superato solo dall'olio di soia e di palma ed è la seconda fonte mondiale di proteine, preceduta solo dalla soia. A livello mondiale i principali paesi nei quali è coltivata sono Canada, India, Cina e Pakistan, mentre a livello europeo troviamo

Germania, Francia, Polonia, Gran Bretagna, Repubblica Ceca, Danimarca e Svezia, come espresso nella tabella 1 per la produzione di semi e nella tabella 2 per le superfici investite.

Produzione (.000t)

Tabella 1: Produzione europea di colza (FAOSTAT)

In Europa il colza è l'oleaginosa che riveste la maggior importanza occupando circa il 36% delle colture; infatti è la scelta europea primaria per evitare la dipendenza dalla soia americana e l'importazione di semi geneticamente modificati.

Superfici (.000ha)

Tabella 2: Superficie europea di colza (FAOSTAT)

A prescindere dagli aspetti politico-economico che ormai da molti anni condizionano lo sviluppo della coltura, il colza rappresenta, grazie alla sua grande adattabilità a gran parte degli ambienti pedoclimatici italiani, una coltura di grande interesse agronomico ed ambientale.

Negli anni '70 il colza ha rischiato di sparire per i problemi già citati relativi all'acido erucico e ai glucosinolati, ma questo problema è stato risolto con l'avvento delle nuove varietà a basso contenuto di glucosinolati e a basso erucico. A partire dal 2004 in Italia la superficie coltivata era inferiore ai 3,000 ha; nel 2008 le superfici investite sono di circa 11,600 ha, ma non sono paragonabili a quelle raggiunte nel 2000 di poco superiori ai 36.000 ha (grafico 1); la produzione nel 2008 in Italia è stata di circa 29,000 t di semi di colza.

Grafico 1: Superficie italiana a colza 2000/08 (ISTAT 2008)

Negli ultimi anni in Veneto la coltura del colza è in aumento, le superfici destinate sono passate a circa 850 ha (grafico 2) e la produzione di seme è di circa 2.200 t.

Grafico 2: Superficie veneta a colza 2005/08 (ISTAT 2008)

1.1.2 Caratteristiche botaniche

Il colza è una pianta erbacea annuale che si presenta con un apparato radicale fittonante mediamente ramificato, non molto profondo (70-80 cm) ma con la possibilità di esplorare anche strati più profondi, anche se la maggior parte delle radici le troviamo nei primi 35-40 cm di suolo.

Il fusto si presenta glabro, eretto e ramificato; normalmente raggiunge un'altezza media di 1,5 m e differenzia circa 20 foglie; nei primi stadi di crescita si presenta molto raccorciato ed è formato da una rosetta di foglie in cui non notiamo internodi, che cominciano ad allungarsi nella fase di levata. Se le piante hanno spazio a disposizione, ramificano abbondantemente, producendo germogli che partono dall'ascella delle foglie superiori e che sviluppano

un'infiorescenza del tutto simile a quella principale. In pratica però si tende a ridurre al minimo la ramificazione attraverso semine fitte (figura 1), in modo da ridurre al minimo la scalarità di fioritura e di maturazione.



Figura 1: ramificazione ridotta dovuta a semina fitta.

Le foglie sono semplici, alterne di colore verde glauco, dovuto alla presenza di abbondante pruina. Si distinguono le foglie basali, che sono lirate, con lobo terminale molto grande, dalle foglie che si formano durante la levata, che si presentano invece intere e sessili, addirittura abbraccianti il fusto con la parte basale della lamina (amplessi cauli).

L'infiorescenza a grappolo è terminale (figura 2), formata da 150-200 fiori ermafroditi, aventi la struttura tipica delle *Brassicaceae*, presentando quattro petali a croce, sei stami e

ovario supero, corolla gialla e raramente bianca. La fioritura è scalare basipeta, procede cioè dalla base verso l'apice dei vari rami dell'infiorescenza, e dura circa un mese. Il colza è una specie che presenta sia impollinazione autogama, per circa il 70% che allogama, entomofila ed anemofila, per circa il 30%.



Figura 2: Infiorescenza di colza.

Il frutto che si sviluppa dal fiore fecondato è una siliqua (frutto secco deiscente) che presenta un falso setto interno (replum) che la divide in 2 carpelli contenenti numerosi semi. A seconda della cultivar all'interno della siliqua possiamo trovare dai 15 ai 40 semi. A piena maturazione i due carpelli possono separarsi spontaneamente (deiscenza), sollevandosi dal basso e restando temporaneamente uniti nella parte terminale. La deiscenza delle silique ha da sempre rappresentato un grave problema pratico, in quanto 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 d'indeiscenza sufficiente a consentire un certo ritardo nella raccolta senza eccessivo danneggiamento. I semi sono piccoli, lisci e sferici, con tegumento di colore bruno rossastro che diventa più scuro col procedere della maturazione; 1000 semi pesano 3,5-5 grammi, a seconda della varietà, anche se le dimensioni maggiori vengono raggiunte dai semi delle varietà invernali. Il seme, privato del tegumento che rappresenta il 12-20% del peso totale, risulta composto da due cotiledoni, contenenti circa il 50% di olio e proteina e dall'embrione contenente il 40-42% di olio e 21-24% in proteina (Mosca e Toniolo, 1986).

1.1.3 Esigenze pedoclimatiche

A differenza delle altre oleaginose il colza è una specie microterma quindi non necessita di temperature elevate per il suo sviluppo, lo zero di vegetazione è a 6-8°C, sopporta bene i freddi invernali ed è in grado di resistere sino a -15°C allo stadio di rosetta con 6-8 foglie e un fittone da 15-20 cm.

Di colza ne possiamo distinguere due diverse tipologie: varietà invernali, con ciclo autunno-primaverile che viene coltivato nel nord Italia e nella maggior parte degli stati europei e necessita di un periodo di freddo (vernalizzazione) perché avvenga la differenziazione del fiore; varietà primaverili o alternative, con ciclo primaverile estivo che vengono coltivate a latitudini molto elevate nelle quali gli inverni troppo rigidi non consentono la coltivazione in inverno (Canada). Queste ultime varietà sono state ottenute da selezione e miglioramento genetico in modo che le piante per andare a fiore non necessitino di un periodo di freddo. Le varietà invernali sono caratterizzate da produzioni maggiori rispetto alle varietà primaverili.

Il colza durante la fase di fioritura preferisce temperature relativamente basse, mentre durante la maturazione tollera temperature alte, purché non siano accompagnate da carenze idriche. Si sviluppa bene in terreni leggeri che facilitano la ripresa vegetativa, ma è in grado di adattarsi a tutte le tipologie di terreno, purché questi siano ben drenati, teme i ristagni idrici durante la fase invernale, tollera sufficientemente la salinità e il pH del terreno.

Questa coltura è in grado di adattarsi anche a terreni considerati marginali poiché è una coltura low input che è in grado di svilupparsi bene anche con modeste concimazioni azotate (Mosca e Toniolo, 1986).

Durante il ciclo vegetativo del colza sono riscontrabili alcuni stadi caratteristici, stabiliti dal centro francese CETIOM-INRA nel 1996, per gli aspetti morfologici riportati nella tabella 4.

Tabella 4: Stadi fenologici della colza (CETIOM-INRA 1996)

1.1.4 Tecnica colturale

1.1.3.1. Avvicendamento

Il colza si può considerare un'ottima coltura da rinnovo e lascia un'eccellente struttura del terreno mettendo nelle migliori condizioni per ridurre le lavorazioni delle principali colture in rotazione. Inserita in rotazione con i cereali, questa migliora il terreno per gli abbondanti residui colturali (radici, foglie e steli) che, se ben interrati, assicurano un buon apporto di sostanza organica umificata, interrompe il ciclo di malattie varie e anche facilita la lotta alle malerbe. Il colza permette la coltivazione di una coltura intercalare estiva, in zone irrigue o con sufficienti precipitazioni durante la stagione estiva.

Si avvicenda molto bene con cereali autunno-vernini, dei quali occupa lo stesso posto e anche con il mais del quale riesce a sfruttare le concimazioni azotate. Non è consigliato farlo in monosuccessione soprattutto se si sono verificati attacchi da parte del *Phoma lingam* (necrosi del colletto), inoltre bisogna attendere almeno 4 anni per farla tornare sullo stesso terreno. E' inoltre sconsigliata la successione con altre oleaginose, soia e girasole, del quale condividono la suscettibilità allo stesso patogeno fungino *Sclerotinia sclerotium*, è anche da evitare la successione alla barbabietola da zucchero, essendo entrambi suscettibili al nematode *Heteroderta schachtii*.

1.1.4.2. Preparazione del terreno

A causa delle piccole dimensioni del seme (figura 3), è necessario preparare un buon letto di semina. La superficie del terreno non deve essere troppo fine né troppo grossolana al fine di evitare che il seme venga depositato troppo in profondità

o che si formi una crosta superficiale; questo provocherebbe successive difformità nell'emergenza. Inoltre una buona preparazione del letto di semina è importante per dare alla pianta la possibilità di svilupparsi prima dell'arresto invernale.



Figura 3: seme di colza

Bisogna inoltre prevedere una buona sistemazione idraulica del terreno, questo perché il colza è una coltura che diventa maggiormente suscettibile ad attacchi fungini, a danni da freddo e non consente un corretto sviluppo dell'apparato radicale se nel periodo autunno-invernale subisce stress idrici quando le piantine precoci sono in fase di sviluppo.

Per quanto riguarda le lavorazioni non esiste una regola generale, causata dalla diversità delle tipologie di terreno e delle condizioni climatiche. E' importante fare le lavorazioni del terreno quando questo è in tempra. Le classiche lavorazioni

possono ritenersi sufficienti, un'aratura a 25-30 cm come lavorazione principale e una successiva erpicatura; bisogna tener conto che l'obiettivo principale è quello di ottenere un letto di semina che favorisca un'emergenza quanto più uniforme possibile e che consenta l'approfondimento del fittone principale e lo sviluppo delle radici secondarie. A tal proposito si potrebbe eseguire una rullatura nei casi in cui si ritenga che la superficie non sia sufficientemente pronta.

Nel caso si voglia coltivare il colza con la minima lavorazione o la semina su sodo è importante asportare il più possibile i residui della coltura precedente, questo per evitare che nel terreno si formi, nei primi strati di suolo, un'eccessiva macro-porosità che potrebbe far essiccare le radici nei primi stadi di sviluppo.

1.1.4.3. Semina

La semina del colza può essere eseguita sia con seminatrici da cereali autunno-vernini, con interfila a 20 cm, oppure con seminatrici pneumatiche o di precisione prevedendo appositi dischi, (per soia, girasole, berbabetola e mais) con interfila di 45 cm con distanza sulla fila è di 2,5-3 cm. Con la prima modalità si esegue una semina fitta mentre con la seconda si dà la possibilità di eseguire 1-2 passaggi con una sarchiatrice per il controllo delle infestanti. In ogni caso il seme deve essere posto ad una profondità non superiore 2 cm e deve disporre di sufficiente umidità per germinare, l'emergenza dei due cotiledoni (figura 4) dovrebbe avvenire dopo circa 7-10 giorni.



Figura 4: colza durante la fase di emergenza.

Quest'operazione risulta molto importante perché un investimento regolare permette una più omogenea e precoce maturazione. La densità di piante è importante perché influenza la produzione della granella determinando la quantità di luce che le piante riescono ad intercettare, il numero di ramificazioni e di silique per pianta e la capacità di assorbimento e utilizzazione di acqua e nutrienti. Alla raccolta è utile avere una densità di 40-50 piante per m^2 , a tal senso è importante avere una distribuzione di 70-80 semi per m^2 , un aspetto da non sottovalutare è la germinabilità della semente. Per ottenere questi risultati sarebbe utile utilizzare 3-4 Kg per ha di seme, anche se la quantità varia dal peso di mille semi e dalla cultivar che si intende seminare.

Il periodo per la semina varia in funzione dell'ambiente di coltivazione, nel Nord Italia indicativamente la semina avviene tra la metà e la fine di settembre. In linea generale si opera in modo da far raggiungere alla pianta lo stadio di rosetta al

sopraggiungere dei primi freddi; anticipando troppo il periodo di semina si rischia che la pianta si sviluppi troppo, prima dell'inverno, sopportando con difficoltà il freddo invernale, se invece si posticipa il periodo di semina le piantine si sviluppano in modo sub-ottimale e rischiano di essere soggette alla scalzatura a causa del gelo invernale. Perché la pianta superi bene la fase invernale, e sia in grado di resistere a temperature minime basse è necessario che la piantina sia ad uno stadio di 6-8 foglie, il fiittone si sia approfondito di circa 15-20 cm e che il colletto abbia raggiunto le dimensioni di 6-7 mm. Questo stadio dovrebbe essere raggiunto dalla pianta in 2-3 mesi dall'emergenza. Sarebbe opportuno ritardare la semina in caso di autunno caldo e secco, onde evitare una scarsa germinazione. Negli ambienti dell'Italia meridionale è bene scegliere varietà precoci per evitare che la pianta si trovi nella fase di riempimento del seme durante la stagione secca.

1.1.4.4. Concimazione

La concimazione è una pratica ormai importante per integrare gli elementi nutritivi presenti nel terreno e per far in modo che siano più facilmente assimilabili dalle colture, nelle forme e nelle quantità maggiormente adeguate ai fabbisogni delle colture. In questo modo è possibile ottenere una maggiorazione delle rese, se non concimato, e una migliore qualità dei prodotti ottenuti. La concimazione deve essere eseguita nel maggior rispetto possibile per l'ambiente, prestando una particolare attenzione alle possibili perdite per dilavamento e di elementi lisciviabili come l'azoto, che tra l'altro potrebbe creare inquinamento a livello delle falde.

Per poter calcolare in modo ottimale la quantità di concime da distribuire sarebbe utile partire dalle analisi del terreno per

vedere la quantità di elementi fertilizzanti, micro e macroelementi, presenti nel terreno. Inoltre diventa utile sapere quanti elementi ritornano al terreno tramite i residui colturali, in particolar modo il colza sfrutta solamente circa il 45% dell'azoto, il 50% del fosforo e il 10% del potassio per la formazione della semente, tutto il resto ritorna al terreno.

Il colza è una coltura abbastanza esigente per quanto riguarda la concimazione, pertanto considerando un'ipotetica produzione di 3 t/ha questa coltura ha bisogno di 210 Kg di N, 75 Kg di P₂O₅ e 300 Kg di K₂O. Considerando le percentuali di quanto viene realmente sfruttato per la produzione dei semi si può dire che le reali asportazioni di elementi nutritivi dal terreno sono di 95 Kg di N, 40 Kg di P₂O₅ e 30 Kg di K₂O. La coltura del colza è anche in grado di sfruttare le eventuali concimazioni organiche, letame, apportate al terreno. Oltre ai tre elementi principali bisogna considerare anche i microelementi, principalmente zolfo e boro. Questi due elementi sono molto importanti per assicurare un buon numero di silique per pianta e la presenza di semi all'interno della siliqua, il boro ha anche una funzione allegante.

La concimazione ideale, per ottenere buone rese in terreni che hanno una buona fertilità, deve prevedere dosi di 80-150 Kg/ha di N, 80 Kg/ha di P₂O₅ e 70 Kg/ha di K₂O. Per quanto riguarda la concimazione azotata questa deve essere fatta in 2-3 interventi, questo perché un'eccessiva quantità distribuita in presemina determina una crescita maggiormente accentuata e ne limita la resistenza al freddo, quindi la quantità iniziale di azoto sarà di 20-25% della dose totale prevista, quindi è meglio distribuire 30-40 Kg/ha (Mosca e Toniolo, 1986).

Per poter determinare il dosaggio è utile conoscere alcuni parametri tipo la quantità di elementi nutritivi presenti nel terreno, la natura del suolo, la coltura precedente, lo stato della

colza all'uscita dall'inverno e la varietà usata. Un dato importante da conoscere è l'intensità con cui vengono assorbiti gli elementi nutritivi, che non è costante durante tutto il ciclo della coltura, ma varia con le varie fasi fenologiche che si susseguono. L'intensità si può dividere in 4 fasi:

- dell'emergenza fino all'inizio dell'inverno la piantina preleva dal terreno circa il 20% di azoto e potassio e il 10% di fosforo;
- durante la fase invernale gli assorbimenti si possono anche trascurare;
- dalla ripresa vegetativa (meta marzo) fino alla completa fioritura (metà maggio) gli assorbimenti diventano più intensi; viene assorbito il 70% dell'azoto, fosforo e zolfo e la parte restante del potassio;
- nella fase di riempimento viene assorbito il restante 10% dell'azoto e il 20% del fosforo.

A differenza dell'azoto, il fosforo e il potassio essendo poco mobili devono essere distribuiti in presemina ed interrati con le lavorazioni principali, in modo da portarli nella massa di terreno e che siano facilmente intercettabili dall'apparato radicale. Nel caso della semina su sodo questi due elementi devono essere apportati con la coltura che precede la colza.

Il fosforo è un elemento che generalmente è presente in notevole quantità nei nostri terreni, ma a causa della sua scarsa mobilità è necessario somministrarlo altrimenti le piante non riuscirebbero a assimilarlo. Anche il potassio è un elemento presente in notevole quantità nei nostri terreni, risulta molto importante per la fase che va dal inizio della fioritura fino alla fine di questa fase, durante la quale riesce ad assimilare fino a 3 Kg/ha.

L'azoto risulta un elemento molto importante perché stimola la crescita della pianta in tutte le sue parti; una sua carenza o un suo eccesso causano diverse problematiche. La dose ideale si identifica in 80-120 Kg/ha; stimola lo sviluppo dell'apparato fogliare e l'efficienza fotosintetica; stimola anche la produzione di infiorescenze. Aumentando questo fattore si vanno a distribuire le infiorescenze anche nei palchi più bassi, in natura tenderebbero ad andare a fiore solo quelli più alti. Un eccesso porterebbe all'aumento dei fiori ma anche ad un maggiore aborto; la produzione per ettaro tenderebbe ad aumentare ma una quantità ed una qualità più scarsa dell'olio. La parte che non è stata data in presemina deve essere distribuita prima della levata, che varia a seconda della zona da fine febbraio a metà marzo, ritardare l'apporto di questo elemento ad aprile non dà significativi risultati. L'azoto risulta importante nella fase che va dalla levata sino ad inizio fioritura. Un eccesso porterà ad una maggior competizione delle infestanti, se presenti, ad un maggior rischio di allettamento se la varietà è a taglia alta. Un rischio da non sottovalutare è la perdita per dilavamento con conseguente inquinamento delle falde acquifere.

Due sistemi usati per calcolare la quantità di azoto da distribuire alla colza sono stati messi a punto nel centro di ricerca francese del CETIOM (Centre technique interprofessionnel des oléagineux métropolitains) ed è denominato "reglette azote" (Cetiom 1998), il primo è denominato "per pesata" mentre il secondo deriva dal primo ed è denominato "visuale". Permette di calcolare la giusta quantità di azoto da dare in copertura fissando una resa realistica tenendo conto della dotazione in sostanza organica e della profondità del terreno. Vengono scelte 2-3 aree di saggio da 1 m², le piante vengono tagliate, pesate e così si ottengono i

valori in biomassa in Kg/m². I dati ottenuti vengono confrontati con tabelle che indicano la quantità di azoto. Il metodo “visuale” permette di valutare il peso della biomassa a occhio senza tagliare le piante, basandosi su tabelle che permettono di valutare il più probabile peso fresco. Questo metodo è molto utilizzato dagli agricoltori francesi ed ha permesso di ridurre la quantità di azoto, senza che le rese diminuissero. Il metodo per visuale si basa sugli stessi principi, ma per il calcolo della biomassa si eseguono misurazioni a vista, aiutandosi con uno strumento che serve da punto di riferimento.

1.1.4.5. 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 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*, *compositae*, *poligonaceae* e *cruciferae*) tra cui risulta molto temibile la brassicacea *Sinapis arvensis*, in ogni caso il controllo è legato alla modalità di semina. Nel caso di semina fitte, interfila da 15-20 cm, si ricorrerà solo ad interventi chimici, facendo un intervento chimico in pre-emergenza, seguito da altri interventi chimici in post-emergenza. Sarebbe anche utile eseguire un intervento in pre-levata in modo da bloccare la crescita delle infestanti, successivamente la veloce crescita della colza tenderà a togliere spazio e luce a livello radicale. Nel caso di semina a file larghe (45 cm) si esegue un intervento chimico in pre-emergenza seguito da un intervento meccanico prima che chiuda la fila, in questo caso oltre alla sarchiatura sarà anche

possibile distribuire la restante parte del concime azotato. In questo caso le graminacee annuali vengono tenute sotto controllo in quanto sono un problema per i cereali.

Un problema non indifferente è rappresentato dalla infestanti appartenenti alla famiglia delle *Brassicaceae*, stessa famiglia della colza, oltre a dar problemi legati alla competizione per l'acqua, luce e nutrienti possono anche causare un peggioramento della qualità dell'olio, in questo caso l'interfila più larga è migliore perché non esistono erbicidi specifici efficaci. In questi casi è utile selezionare bene la semente, fare una corretta scelta degli avvicendamenti e la pulizia di fossi, scoline e delle capezzagne sono di aiuto per ridurre i problemi legati alle erbe infestanti (Mosca e Toniolo, 1986).

1.1.4.6. Raccolta

La raccolta della colza viene effettuata al Nord Italia indicativamente tra la seconda e la terza decade di giugno e generalmente al momento della raccolta la pianta si presenta con silique e ramificazioni secche e la parte inferiore ancora verde, i semi si presentano di color bruno rossastro o grigio piombo.

Esistono due metodologie per la raccolta, nella prima metodologia si impiega una mietitrebbiatrice con testata per frumento, per varietà seminane, o testate apposite per le varietà a taglia alta. La testata deve essere opportunamente regolata con barra falciante alta, visibile nella figura 5. La seconda metodologia, prevista per zone ventose, prevede un primo passaggio e si esegue con una falcia-andanatura e un secondo passaggio, dopo 2-3 settimane con mietitrebbia munita di pick-up. In ogni caso la mietitrebbiatrice deve essere regolata con ventilazione, velocità del battitore e distanza tra

questo e il controbattitore al minimo. Le operazioni di raccolta dovrebbero iniziare nelle prime ore del mattino e vanno interrotte nelle ore più calde al fine di ridurre le perdite.



Figura 5: Mietitrebiatrice Claas, con apposita barra, durante la fase di raccolta

E' importante sapere che quando l'umidità del seme raggiunge il 35% questo ha raggiunto la maturazione fisiologica, da questo punto in poi perde solo umidità. E' importante trebbiare quando l'umidità del seme è compresa tra il 12 e il 18%; se questa operazione si esegue quando l'umidità è inferiore al 12% c'è il rischio che si vada incontro a rotture a decorticazione dei semi, compromettendone la conservabilità. Inoltre si presenta il problema della deiscenza delle silique e di allettamento delle piante. Se invece si posticipa si presenta il problema di eccessiva clorofilla che rende di scadente qualità

l'olio. Per il suo stoccaggio bisogna che la granella presenti umidità di 6-8%, raggiunta dopo un essiccazione a 40°C.

Attualmente nei nostri ambienti, le varietà con ciclo autunno-primaverile hanno rese di 2,5-3 t/ha, in aumento rispetto agli anni precedenti, mentre in Veneto le rese sono di 2,5-3 t/ha, in linea con gli anni precedenti, anche se si sono superate anche le 3 t/ha, i dati sono visibili nel grafico 3. Con le varietà a semina primaverile le rese sono inferiori e si raggiungono 1,5-1,8 t/ha.

Grafico 3: rese ad ettaro in Italia e in Veneto 2005/08 (Dati ISTAT)

Questa coltura presenta un contenuto in olio del 40-45% per le migliori varietà, anche se questo dato varia a seconda della

zona in cui viene coltivato e dalle condizioni ambientali; la qualità è data dalla sua composizione acidica. Nel seme sono anche presenti proteine, carboidrati e glucosinlati (bassi nelle varietà "00"). La farina disoleata presenta una buona parte di fibra (27-30%) e proteina (38-40%) che presenta un elevato valore biologico pari al 95% rispetto a quella di soia, ricca in lisina e una composizione aminoacidica molto equilibrata.

Per quanto riguarda la commercializzazione del prodotto questo deve avere, secondo il disciplinare di produzione integrata, alcuni parametri di qualità:

- il contenuto in olio superiore al 38%;
- l'umidità dei semi non superiore al 9%;
- le impurità non superiori al 5%;
- contenuto in glucosinlati (per varietà "00") non superiore a 18 micromoli/g di farina disoleata.

1.1.5. Panorama varietale

Le numerose varietà di colza possono differenziarsi per vari aspetti, una differenza la troviamo tra le varietà primaverili e invernali; una seconda differenza può essere fatta in base al contenuto di acido erucico e di glucosinolati:

- "doppio alto": alto tenore di acido erucico e glucosinolati, varietà no food, con tenori in acido erucico del 30%;
- "0": basso tenore di acido erucico;
- "00" o "doppio zero": con un contenuto quasi nullo di acido erucico e non più di 5-10 micromoli di glucosinolati per grammo di farina disoleata, queste varietà sono definite LEAR (Low erucic acid Rapeseed), le caratteristiche dell'olio si possono notare nella tabella 5;
- "000": basso tenore di acido erucico, glucosinolati e in fibra;

- “HEAR” (High erucic acid Rapeseed), con tenori di acido erucico pari a 45-60%, possono presentare alti o bassi glucosinolati, le caratteristiche dell’olio sono visibili nella tabella 5;
- “HOLL” (High Oleic Low Linolenic): produce un olio ricco in acido oleico e basso in linolenico, responsabile dell’odore sgradevole, che è utilizzato per la friggitoria.

Acidi grassi	HEAR	LEAR
Oleico	21,3	65,7
Linoleico	13,5	19,4
Linolenico	8,4	9,6
Erucico	45,5	0,5
Altri	11,3	4,8

Tabella 5: Composizione acidica di varietà alto erucico (HEAR) e basso erucico (LEAR)

Un'altra differenza può essere fatta sulla base della taglia della pianta, che può essere definita in quattro differenti taglie:

- varietà tradizionali, ad impollinazione libera, sono caratterizzate da un buon accrescimento soprattutto in terreni marginali, poco consoni alla coltivazione della colza. Presentano un accrescimento meno vigoroso rispetto agli ibridi ma riescono ad avere delle rese di 4 t/ha, e la semina deve avvenire entro la fine di settembre;
- linee ibride composte CHL (Composite Hybrid Line), ottenute dalla mescolanza di linee maschi sterili (80%) a da una impollinante (20%), questo tipo di linea è stata la prima ottenuta ma è stata soppiantata dai veri ibridi CHH (Composite Hybrid Hybrid) che presentano fertilità maschile completamente ristorata;

- ibridi a taglia normale CHH, con una potenzialità produttiva anche superiore a 5 t/ha di granella secca. Presentano un accrescimento vigoroso che rende idonei questi ibridi anche a semine ritardate, comunque non oltre i primi di ottobre, in modo che raggiungano lo stadio per il superamento della fase invernale. Queste piante presentano alcuni svantaggi. In condizioni sfavorevoli la loro altezza li penalizza facilitandone l'allettamento, causando perdite alla raccolta fino al 20-30%. In condizioni ottimali questa tipologia di varietà dà significativi vantaggi rispetto alle varietà tradizionali, nel caso in cui si lavori in regime di low input o in ambienti favorevoli tale vantaggio scompare del tutto;
- ibridi di tipo nano o semi-nano CHH (dwarf o semi-dwarf), tipologie di ibridi a taglia più bassa rispetto alle altre varietà. Il primo tipo serve per produrre ibridi di tipo semi-nano, incrociandoli con ibridi a taglia normale, a causa delle scarse rese. I secondi invece vengono coltivati e presentano internodi più ravvicinati ed un accrescimento ridotto, tutto questo ha portato ad una riduzione delle rese (5-10%). Il vantaggio di queste varietà deriva dal fatto che possono essere coltivati in ambienti particolari (presenza di molto vento e di sostanza organica nel terreno) perché presentano una maggiore resistenza all'allettamento, essendo varietà precoci devono essere seminate tra la metà e la fine di settembre (Mosca e Zanetti, 2007).

1.1.6. Avversità

Il colza è soggetto di attacchi di diversi patogeni fungini e da diversi insetti. Sembra che i glucosinalati, nelle varietà in cui sono presenti in forte quantità, entrino nei meccanismi di difesa

contro i vari parassiti che colpiscono il colza. Le varietà a doppio zero quindi dovranno essere maggiormente suscettibili alle principali avversità.

Gli insetti, contro i quali si eseguono trattamenti chimici, che causano i maggiori danni al colza sono:

- *Psylliodes chrysocephala* (altica del colza): questo coleottero è estremamente diffuso e può creare molti danni. Le larve creano il danno maggiore scavando delle gallerie, per questo è utile distribuire al momento della semina il geodisinfestante oppure eseguire dei trattamenti insetticidi sulla vegetazione. Gli adulti sono in grado di provocare erosioni alla lamina fogliare o anche alla base del fusto e possono ritardare la crescita, o in casi estremi provocano la morte. Questo insetto attacca sia in autunno, tramite gli adulti, sia alla ripresa vegetativa con le larve.
- *Meligethes aeneus* (meligete delle crucifere) coleottero di piccole dimensioni che compare durante lo stadio di bocciolo fiorale, comincia ad invadere la coltura a marzo-aprile e la maggior parte degli individui si trovano a maggio. I danni che crea sono relativi alla distruzione dell'ovario e all'erosione del bocciolo, questa distruzione viene fatta perché gli adulti si nutrono del polline. Quando la colza sfiorisce questo insetto si nutre del polline senza creare danni. Le larve che nascono prima si nutrono delle gemme, per poi nutrirsi delle siliques, alla maturità le larve si impupano nel terreno. L'eventuale trattamento deve essere eseguito prima della fioritura.
- *Ceuthorrhynchus assimilis* (punteruolo delle siliques) questo coleottero varia la sua incidenza in base a quanto si è diffusa la coltura, diventa più grave in quelle zone dove la coltura è maggiormente affermata. Compare all'inizio della fioritura e depone le uova sulle siliques che

poi verranno erose dalle larve. Il danno deriva dalla distruzione dei bottoni fiorali e successivamente dall'erosione delle giovani siliques. (Mosca e Toniolo, 1986)

I principali patogeni fungini che colpiscono la colza sono:

- *Alternaria Brassicae* (alternariosi delle crucifere): è tra le malattie maggiormente diffuse e lo si trova in tutte le zone in cui viene coltivata la colza, la sua pericolosità dipende molto dall'andamento climatico (caldo e umido). Si può presentare in tutti gli stadi di sviluppo della pianta, ma il rischio di danni diventa maggiore dalla fioritura in poi. Può causare danni al fusto, alle foglie e alle siliques, che rappresenta il danno più grave. Se l'attacco avviene nella fase di allegagione può far variare il peso di 1000 semi e può causare una precoce deiscenza.
- *Sclerotinia Sclerotium* (marciume molle): specie estremamente polifaga che colpisce anche girasole e soia. Si presenta nella parte bassa del fusto con l'imbrunimento e marciume nella zona del colletto, l'attacco è tardivo e si presenta a maggio. Questo problema si risolve tramite la rotazione delle colture.
- *Phoma lingam* (cancro del fusto): questa patologia è in grado di ridurre l'assimilazione di nutrienti dalle radici, in quanto può creare lesione al fittone, e colpendo il colletto, favorisce l'allettamento delle piante.
- *Cylindrosporium concentricum*: è in grado di attaccare tutte le parti della pianta creando anche perdite importanti alla produzione. La lotta si effettua con l'adozione di varietà tolleranti e interrando tutti i residui colturali della coltura precedente (Mosca e Toniolo, 1986).

1.2 Metodi di studio degli apparati radicali

L'apparato radicale delle piante svolge funzioni estremamente importanti tra le quali ancoraggio al terreno, assorbimento, conduzione e riserva degli elementi nutriti.

Con il passare degli anni l'uomo ha cercato di intervenire sullo sviluppo delle piante e quindi anche su quello dell'apparato radicale per essere in grado di massimizzare le loro rese, in modo sempre più preciso e raffinato. Le diverse tecniche attualmente conosciute per lo studio della parte ipogea delle piante si possono distinguere in metodi distruttivi, generalmente più vecchi ma usati ancora in modo preponderante, e metodi non distruttivi, più moderni.

1.2.1 Metodi conservativi

I metodi conservativi ci permettono di osservare lo sviluppo degli apparati radicali direttamente nel terreno tramite la disposizione di materiali plastici trasparenti che permettono di controllare quotidianamente lo sviluppo delle radici nelle immediate vicinanze. Con questi metodi è possibile vedere la velocità di accrescimento delle radici, la dinamica del loro sviluppo ed anche il "turnover".

Rientrano tra i metodi conservativi:

- Metodo della finestra;
- Rizotroni;
- Minirizotroni.

Il metodo della finestra prevede l'installazione nel terreno, in corrispondenza degli apparati radicali da studiare, di pannelli trasparenti che ne permettono l'osservazione. Questo metodo non è tridimensionale ma le radici sono schiacciate sul pannello, per questo il sistema non è molto diffuso perché non

permette di mettere a confronto i dati ottenuti e i quelli relativi all'accrescimento dell'apparato radicale.

Il metodo dei rizotroni prevede l'installazione di una struttura complessa che prevede una serie di corridoi sotterranei con finestre in materiale trasparente, vetro o plastica, che consentono l'osservazione degli apparati radicali in quel punto. Questi corridoi devono essere di grande dimensioni per permettere il passaggio di una persona che effettua l'osservazione. Il rizotrone è uno strumento molto efficace per dare dati descrittivi e quantitativi, anche dello stesso apparato radicale durante gli anni, ma presenta lo svantaggio di un costo di realizzazione e manutenzione elevato.

Il metodo dei minirizotroni è simile al precedente, ma la dimensione dei tubi è inferiore a quella dei rizotroni. Questo sistema prevede dei tubi di vari diametri e lunghezza e l'osservazione viene effettuata periodicamente con apparati ottici. E' in grado di mantenere una maggiore naturalità e arrecare minori danni rispetto al metodo dei rizotroni, richiedendo una minore laboriosità con costi più contenuti.

1.2.2 Metodi distruttivi

Questa tipologia di metodi consiste nella distruzione sia parziale sia, in alcuni casi, integrale dell'apparato radicale delle piante in osservazione. Generalmente i metodi che vengono maggiormente usati sono:

- Monolito;
- Pinboard;
- Profilo di trincea;
- Core-break;
- Carotaggio.

Il metodo del monolito consiste nel prelevamento della frazione di terreno che interessa l'apparato radicale oggetto di studio; si

procede alla separazione delle radici dal terreno tramite getti ad alta pressione in laboratorio o "in situ", in questa fase si corre il rischio di perdere molte radici. Il metodo non necessita di grandi strumentazioni ma richiede tempo per la manodopera, non permette repliche perché tale sistema è molto distruttivo ma ha il vantaggio di dare informazioni relative alla disposizione nello spazio delle radici.

Il metodo del pinboard consiste nell'applicare una tavola chiodata che viene spinta verso la parete verticale di una trincea precedentemente scavata nelle vicinanze dell'apparato radicale da analizzare; quindi viene sollevata e i chiodi infissi serviranno per mantenere le radici nella loro posizione originale. Successivamente l'apparato viene lavato per togliere tutto il terreno e i chiodi permettono di vedere la disposizione spaziale delle radici. Da questo punto si possono fare delle analisi qualitative, tipo peso-secco, diametro e lunghezza delle radici. Questo sistema risulta molto buono dal punto di vista quantitativo, ma è molto dispendioso in termini di manodopera ed è estremamente distruttivo, anche se dà una buona visione tridimensionale delle radici. Lo si può usare nel caso in cui ci siano poche repliche da analizzare ed un apparato radicale poco espanso.

Il metodo del profilo di trincea prevede lo scavo di una trincea accanto alla fila dove si è seminato, sufficientemente largo da lasciar passare un operatore che dovrà contare e creare una mappatura delle radici. Questo sistema risulta anch'esso molto laborioso, si corre il rischio di sottostimare la quantità di radici e di non riconoscere le radici più piccole. Come nel caso del metodo della finestra questo tipo di metodo non dà una visione tridimensionale ma solo una bidimensionale.

Il metodo del core-break prevede la creazione di carote di terreno, lunghe circa 10 cm, che vengono rotte manualmente in

due parti possibilmente uguali e si contano le radici sul punto di rottura, a occhio nudo o aiutandosi con una lente di ingrandimento per quelle più piccole. Tale sistema risulta molto veloce ma i dati ottenuti si possono usare solo per fini comparativi; i campioni possono essere lasciati in campo oppure stoccati per essere lavati dal terreno e ed essere analizzati.

1.2.3 Carotaggio

Il carotaggio o “soil-cores” è una metodologia che prevede il prelievo di carote di terreno con trivelle manuali o meccaniche, della lunghezza di 1 o + m e presentano un diametro di 5-10 cm, i diametri troppo piccoli risultano svantaggiosi per le colture con densità radicale bassa, rendendo necessario un maggior numero di repliche. La separazione delle radici dal terreno avverrà in un secondo momento in laboratorio tramite attrezzature specifiche, facendo anche la cernita dalle radici morte e dai residui organici. I campioni così ottenuti, conservati in apposito liquido, possono essere usati per fare delle analisi quantitative e qualitative. Con questo sistema è anche possibile fare l'analisi di piccole particelle senza creare danni evidenti al terreno e alla coltura e risulta anche il metodo distruttivo maggiormente usato. Questo sistema risulta aver problemi in terreni che hanno scheletro, in quelli sabbiosi che non forniscono una carota integra, in quelli troppo coesi che ne impediscono la fuoriuscita del carotatore, mentre in un terreno troppo plastico si possono avere volumi diversi in base alla profondità. In ogni caso il tipo di terreno e lo stato idrico del terreno possono costituire elementi che rendono molto difficili le operazioni di carotaggio. Le carote ottenute vengono suddivise in sub-campioni, solitamente da 10 cm, e stoccate, se vengono congelate è bene farlo tra la temperatura di -15°C e i -20°C ,

fino al momento del lavaggio. Per semplificare il tutto sarebbe anche possibile essiccare i campioni ma le radici non potranno mantenere il colore originale e saranno maggiormente confondibili con i residui organici.

La separazione delle radici dal terreno avviene tramite lavaggio in acqua, nel caso i campioni siano stati congelati bisogna tirarli fuori un giorno prima e immergerli in una soluzione acquosa contenente acido ossalico, per facilitarne lo scongelamento e la disgregazione dagli aggregati strutturali. Il lavaggio può essere effettuato con metodo manuale, usando getti di acqua e setacci di varie misure per trattenere tutte le radici, oppure può essere fatto sfruttando il meccanismo della flottazione. Questo sistema sfrutta l'energia cinetica dell'acqua contenente le radici e il terreno che si sgretola passa tra le maglie di un setaccio intrappolando le radici, il tempo che serve per questa operazione varia in funzione della granulometria del terreno, della dotazione in sostanza organica e della struttura del terreno. Terminato questo passaggio si conservano in una soluzione al 15-25% di alcool e devono essere tenute a basse temperature.

Il parametro che spesso viene preso in considerazione è la lunghezza delle radici, che è in relazione con la capacità di colonizzazione del suolo e diventa anche un indice fisiologico legato alla capacità di assorbimento di acqua e nutrienti. La lunghezza delle radici viene espressa in RLD (Root Length Density) ed è generalmente riferita all'unità di volume di terreno come densità di lunghezza radicale e corrisponde ai cm di radice su cm^3 di terreno.

Uno dei problemi che si riscontrano nella separazione è che alcune radici di piccole dimensioni potrebbero andare perdute, per questo si usano setacci da $0,5 \text{ mm}^2$ (Bohm, 1979) per

cercare di recuperare più radici possibili, questo aumenta anche la quantità di materiale estraneo indesiderato, che deve essere tolto. Attualmente per risolvere questo problema ci si avvale di programmi, che sulla base di parametri morfologici, rendono queste operazioni meno onerose.

Per poter ottenere risultati statistici validi, secondo alcuni studiosi (Bohm, 1979; Opitz van Boberfeld, 1972) sono necessarie almeno 5 repliche da 7 cm l'una. In questi ultimi anni la maggior parte delle sperimentazioni sono state eseguite con un numero di ripetizioni che variavano da 3 a 5, con 2-4 campionamenti per parcella, solo raramente sono state eseguiti dai 5 agli 8 campioni.

1..3 Analisi radicale

In tempi recenti, il progresso informatico e la disponibilità di software di analisi d'immagine hanno consentito l'applicazione di procedure più veloci e più accurate del rilievo manuale delle radici. Le metodiche di indagine grazie alle quali questi sistemi hanno trovato applicazione sono quelle già note a questo settore, come il carotaggio, i rizotroni ed i minirizotroni ed alcuni metodi innovativi come l'NMR (Risonanza Magnetica Nucleare) e la tomografia assiale computerizzata. I risultati più incoraggianti sono stati ottenuti con il carotaggio, mentre per i minirizotroni, a causa della complessità delle immagini, si richiede uno sforzo ulteriore nello studio del procedimento di analisi per l'ottenimento di informazioni più affidabili.

Per effettuare l'analisi radicale bisogna usare telecamere o scanner che possiedano una risoluzione radiometrica (massimo numero di livelli di grigio) e spaziale (massimo numero di pixel per unità di superficie) sufficiente. Una risoluzione radiometrica di 256 (immagini a 8 bit) dovrebbe essere adeguata mentre la risoluzione spaziale deve consentire la rilevazione delle radici

anche di più piccolo diametro. Attualmente la risoluzione delle telecamere arriva a 500x700 pixel, ma i modelli più sofisticati arrivano anche a 5000x5000 pixel. La risoluzione spaziale è misurata in DPI (Dots per inch, punti per pollice), valori di 600 DPI sono attualmente valori normali, pari a 236 pixel per cm, ma scanner maggiormente sofisticati arrivano a 1200 DPI, ma richiedono tempi più lunghi per l'acquisizione che ne limitano l'uso.

L'acquisizione delle radici viene fatta dopo che queste sono state accuratamente disposte su un vassoio, colorandole se serve per aumentare il contrasto con la superficie di acquisizione. L'archiviazione può essere fatta con file di diverso formato, ma quello maggiormente usato è il formato TIFF (Tagged Image File Format). Uno dei problemi principali legati all'archiviazione è rappresentato dall'elevata richiesta di spazio hardware. Un'immagine di tipo A4 ottenuta da scanner con una risoluzione di 600 DPI, ad esempio, richiede uno spazio di memoria di 4,2 e 34 Mb a seconda che sia rispettivamente, monocromatica (1 bit) e con 256 livelli di grigio (8 bit).

Il diametro della singola radice o il diametro medio di un campione si ottiene calcolando il rapporto tra l'area e la lunghezza del singolo segmento o dell'intero campione.

2. SCOPO DEL LAVORO

Attualmente si è maggiormente attenti alle tematiche che riguardano l'inquinamento ambientale, anche derivante da fonti azotate agricole sia esse di derivazione chimica o organica, essendo l'azoto un elemento facilmente dilavabile che aumenta il rischio di inquinare se dato in eccesso. Tutto questo è sostenuto dall'entrata in vigore della Direttiva Nitrati che prevede una riduzione degli apporti di azoto per ettaro per anno di 170 Kg per le aree considerate vulnerabili e di 340 Kg per le aree non vulnerabili. Il colza è una specie che si è adattata all'ambiente di coltivazione italiano e ha rese, soprattutto per il nord Italia, che possono essere paragonate a quelle dei maggiori stati europei.

Lo scopo del lavoro è quello di analizzare la risposta a livello di sviluppo radicale di 2 ibridi di colza di nuova generazione sottoposti a livelli di concimazione azotata di copertura crescenti. Il confronto prevedeva la scelta di 2 ibridi morfologicamente differenti uno a taglia normale e uno di tipo "semi-dwarf".

In particolare è stata analizzata la distribuzione delle radici nei vari orizzonti di terreno, dallo strato più superficiale allo strato più profondo, in risposta della crescente dose di azoto e dell'ibrido in esame, questo dato viene espresso in RLD (cm/cm^3). È importante conoscere i dati relativi alla densità radicale per poter definire la capacità di esplorazione del suolo e la relativa capacità di assorbire elementi nutritivi presenti nel terreno. Da questa rilevazione si potrebbe notare che gli

apparati radicali maggiormente sviluppati potrebbero essere messi in relazione con una maggiore capacità di assorbimento dell'azoto. Sarà utile inoltre considerare anche il diametro medio delle radici, radici piccole dovrebbero assorbire meglio l'azoto rispetto a radici più grosse, conoscere anche la distribuzione dei diametri radicali lungo tutto il profilo permetterà di capire in quali strati avviene maggiormente l'assorbimento dell'azoto.

3. MATERIALI E METODI

La prova oggetto di questa tesi è stata allestita presso l'Azienda Agraria Sperimentale "L. TONIOLO" dell'Università di Padova, che è situato nel comune di Legnaro.

L'appezzamento che ha ospitato la prova ha un terreno di tipo alluvionale, profondo, di medio impasto, con una buona dotazione in sostanza organica, con una buona capacità di scambio cationico (C.S.C.) ed un ph leggermente basico, come descritto nella tabella 5. Il terreno presenta una sistemazione idraulica alla ferrarese e la giacitura pianeggiante favorisce lo sgrondo delle acque in eccesso, evitando il ristagno idrico, permettendo un ottimo sviluppo della coltura in esame. La falda freatica si presenta ad una profondità di 1-1,5 m.

Elemento	Risultati delle analisi
Sabbia	11.6%
Limo	66.3%
Argilla	22.2%
Classe di tessitura	Franco-limoso (FL)
Sostanza organica	2,93
PH	7,91
CSC	13.68 ppm
C/N	14.42
Azoto totale	0.12%
Fosforo assimilabile	16.5 ppm
Fosforo totale	695. ppm
Potassio assimilabile	204.2 ppm
Solfati	965 ppm
Zolfo	204.2 ppm

Tabella 5: Analisi chimico-fisiche del terreno

3.1 Protocollo sperimentale

3.1.1 Varietà utilizzate

Questa sperimentazione prevedeva l'utilizzo di due differenti varietà, una semi-dwarf PR45D01 e l'altra a taglia normale EXCALIBUR, entrambi sono ibridi di tipo "00" e destinazione biodiesel.

L'ibrido semi-dwarf PR45D01 è stata messa a punto dalla ditta sementiera PIONEER e le peculiarità di questo genotipo è la taglia bassa della pianta che ne facilita la gestione agronomica della coltura. E' un Ibrido di ciclo medio, è particolarmente idoneo per le semine più anticipate di inizio-metà settembre. Grazie alla compattezza di pianta e all'altissimo potenziale produttivo ed è la scelta ideale per gli ambienti fertili della Pianura Padana. Un ibrido completo, anche per la spiccata resistenza all'allettamento, la massa vegetativa ridotta, l'estrema facilità e rapidità di trebbiatura. Risulta adatta anche alle nostre zone perché possiede una resistenza al freddo molto elevata e tollera le principali patologie fungine (Phoma e Cylindrosporiosi). Presenta inoltre una maturazione uniforme e rapida, un buon contenuto in olio ed un tenore in glucosinolati inferiore ai 12 micromoli. Per sfruttare al meglio tutte le potenzialità di questa pianta si consiglia:

- un'epoca di semina anticipata;
- la sua coltivazione in ambienti fertili con un terreno che si presenta medio-sciolto;
- interfila sia di 20 che di 45 cm;

- interventi che apportano azoto in copertura alla ripresa vegetativa ed a inizio levata.

La densità di semina può essere di 100-110 semi/m² per zone a bassa fertilità e di 80-90 semi/m² per zone ad alta fertilità; nel caso si effettui una minima lavorazione è utile aumentare le dosi del 15-20%, la figura 6 fa vedere il suo stadio di sviluppo al 19 maggio 2008.



Figura 6: immagine della varietà PR45D01.

L'altro ibrido oggetto di studio è stato EXCALIBUR della ditta sementiera DEKALB. È un ibrido a taglia normale con un'eccezionale tenore in olio, che presenta fioritura e maturazione precoce, ampia adattabilità e affidabilità in presenza di suoli ben drenati, buona tolleranza alle malattie, resistenza all'allettamento e presenta un ottimo vigore di

partenza, buona resistenza al freddo ed una veloce ripresa vegetativa. E' indicato per semine medio-tardive, anche dopo colture primaverili ed è indicata per ambienti che nel periodo autunnale e primaverile possono essere soggetti a stress idrici; il peso di 1000 semi si aggira attorno ai 6 g, la figura 7 fa vedere il suo stadio di sviluppo al 19 maggio 2008.



Figura 7: immagine della varietà EXCALIBUR.

La prova è stata eseguita a pieno campo e la coltura che ha preceduto il colza è stato il frumento. Le lavorazioni per la preparazione del letto di semina sono state di ripuntatura, discatura e un passaggio con l'erpice rotante. La semina è avvenuta il giorno 25 settembre 2007 usando la seminatrice pneumatica da bietola Monosem (modello NG) a sei file, con interfila da 45 cm, e dotata di dischi da colza da 120 fori (diametro da 1,2 mm). Sono state ricavate 2 strip, ognuna

presentava la larghezza di 18,9 m e la lunghezza di 150 m, la larghezza è stata ottenuta con 7 passaggi della seminatrice. Le due varietà sono state seminate a differenti densità, quella semidwarf a 88 semi/m² distanziando i semi di 2,5 cm, invece quella della taglia normale è stata di 66 semi/m² distanziando i semi di 3,5 cm.

3.1.2 Concimazione

Per questa prova le parcelle che ospitavano le due varietà oggetto di studio hanno subito una concimazione in pre-semina di 0,4 t/ha di concime ternario N-P-K 8-24-24. La prova consisteva nell'apportare differenti quantità di azoto in copertura suddividendo la strip, di 18,9 m per 150 m, in tre aree della lunghezza di 47 m ognuna. Il concime utilizzato per questa operazione è stato il solfato ammonico (N = 20,5%) e la quantità di azoto è stata di:

- Area A: non ha subito concimazione di copertura (0N);
- Area B: ha subito una concimazione di copertura seguendo il metodo del Reglette Azote, imponendo una resa di 4 t/ha, alla varietà PR45D01 sono state apportate 70 unità di azoto, mentre per la varietà Excalibur ne sono state apportate 50 unità di azoto;
- Area C: ha subito una concimazione in copertura in eccesso di 100 unità di azoto.

Un dato rilevato è stata la data di inizio fioritura (figura 8), visibili nella tabella 6; si è notato che le parcelle che hanno subito la maggior quantità di azoto in copertura hanno avuto una fioritura più tardiva rispetto a quelle che non hanno subito concimazione.

Cultivar	Concimazione	Data di fioritura
PR45D01	0N	8 aprile 2008

PR45D01	REGLETTE	10 aprile 2008
PR45D01	100N	13 aprile 2008
EXCALIBUR	0N	6 aprile 2008
EXCALIBUR	REGLETTE	8 aprile 2008
EXCALIBUR	100N	8 aprile 2008

Tabella 6: Relazione tra tipo di concimazione e data fioritura



Figura 8: Colza in fioritura.

3.1.3 Raccolta

La raccolta è stata effettuata il giorno 20/06/2008 utilizzando una metitrebbitrice CLAAS LEXION 600, equipaggiata con barra e l'apposito kit per la raccolta del colza, particolare è visibile nella figura 9. Al fine di poter ottenere delle repliche per essere in grado di poter eseguire delle analisi statistiche dei dati all'interno di ogni tesi di concimazione sono state identificate tre aree di saggio aventi una superficie di 8 m² all'interno delle quali la raccolta è avvenuta manualmente alcuni giorni prima della raccolta. I campioni ottenuti da queste aree sono stati trebbiati in un secondo momento usando una mietitrebbitrice parcellare.



Figura 9: Particolare della barra utilizzata per la raccolta del colza.

3.2 Andamento climatico

Lo studio dell'andamento climatico è molto importante per poter conoscere le condizioni nelle quali si sviluppa una coltura, in particolar modo nel periodo di sviluppo del colza oggetto di tesi, tra settembre 2007 e giugno 2008, la temperatura durante il ciclo è stata abbastanza simile alla media ventennale del comune di Legnaro.

Facendo riferimento al grafico 4, le temperature massime sono simili alla media ventennale, fatta eccezione per il mese di gennaio in cui si è riscontrato un lieve aumento, mentre per i mesi di marzo e maggio

Grafico 4: temperature massime e minime dell'annata agraria
2007-08. Dati Arpav

le temperature sono state leggermente inferiori. Considerando le

temperature minime queste risultano leggermente inferiori alle medie fino a dicembre, a gennaio sono state superiori per poi proseguire con valori vicino alle medie.

Considerando la piovosità, grafico 5, è possibile notare differenze vistose con le medie quindicennali. In settembre le precipitazioni sono state superiori alla media, per poi essere inferiori ad essa nei tre mesi successivi. In gennaio la piovosità è stata superiore alla media, febbraio e marzo hanno evidenziato precipitazioni in linea con la media, mentre nei mesi di aprile e maggio le precipitazioni si sono rilevate più abbondanti.

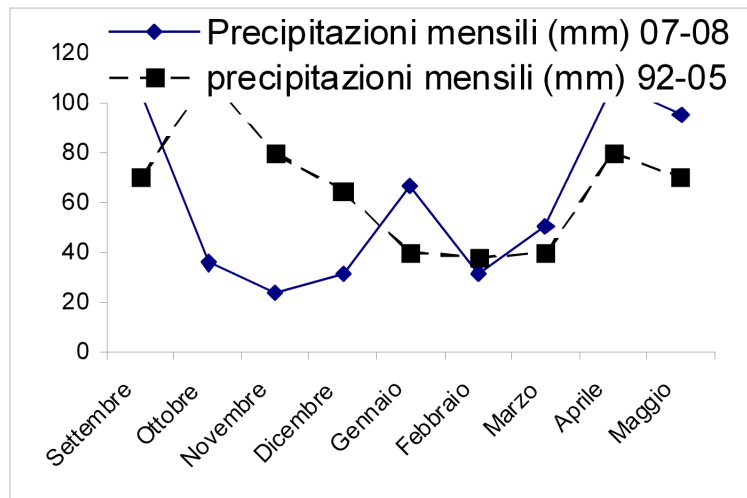


Grafico 5: Piovosità stagionale (mm). Dati Arpav.

L'andamento climatico dell'annata agraria 2007-08 si può considerare positivo sia per le temperature sia per la piovosità. Per quanto riguarda le temperature non ci sono state gelate tali da compromettere la coltura, per la piovosità non ci sono stati problemi di ristagno idrico durante il periodo invernale e non ci sono stati stress idrici rilevanti durante la fase di maturazione della granella.

3.3 Carotaggio

Il carotaggio, per entrambe le varietà, è stato eseguito nella fase di piena fioritura, in corrispondenza della massima espansione dell'apparato radicale. Sono state prelevate 6



carote di terreno, per ognuna delle sei prove, per un totale di 36 carote della profondità di 1 m e il diametro di 7 cm. Il cilindro con il quale è stato eseguito presenta il bordo affilato per una migliore penetrazione nel terreno è in alluminio ed è diviso in due parti separabili per facilitare la rimozione della carota all'interno, (figura 10).

Figura 10: Cilindro di alluminio con campione di terreno

Per effettuare questa operazione sono state necessarie alcune operazioni:

- prima si è dovuto inserire il carotatore nel terreno, tramite l'uso di un martello pneumatico, eseguito da due operatori, visibile nella figura 11;



Figura 11: inserimento nel terreno del carotatore.

- successivamente sono stati estratti i carotatori usando un paranco collegato al sollevamento del trattore, visibile nella figura 12.



Figura 12: estrazione del carotatore dal terreno.

Le carote così ottenute sono state suddivise in campioni da 10 cm l'uno, depositate in sacchetti di plastica sui quali è stata annotata la relativa profondità e conservati in un congelatore a -18°C , in attesa di essere lavati.

3.4 Lavaggio

Il lavaggio di campioni è stato eseguito successivamente alla loro raccolta, estraendoli dal congelatore u giorni prima, rispetto al giorno del lavaggio, immergendole in una soluzione al 15% di acido ossalico, per poter facilitarne lo scongelamento e la disgregazione degli aggregati strutturali.

Questa operazione viene eseguita con il metodo della flottazione (Chaon e Morton, 1961): i campioni vengono rovesciati all'interno di speciali centrifughe, figura 13, nelle quali la separazione delle radici dal terreno avviene mediante l'acqua che girando vorticosamente sgretola i vari aggregati in particelle molto fini.



Figura 13: centrifuga

L'acqua che contiene tutto il materiale presente nel campione esce da un'apertura posta nel centro della centrifuga e si va a rovesciare su di un setaccio. Questo strumento è in grado di trattenere le radici, anche quelle più sottili, ma anche detriti organici. Per fare in modo che tutto il terreno nel campione si disgreghi è stato necessario un tempo di circa 20 m. Successivamente il liquido all'interno della centrifuga si presentava abbastanza limpido e a questo punto tutto il contenuto viene versato nei setacci (figura 14) e successivamente rovesciato in un vassoio, anche aiutandosi

con un leggero getto d'acqua, per evitare che del materiale rimanga impigliato nelle maglie del setaccio (figura 15).



Figura 14: Radici ed impurità nel setaccio



Figura 15: svuotamento del setaccio

Nel vassoio, a questo punto, ci saranno radici e materiale organico indesiderato tipo residui colturali, semi di infestanti e piccoli invertebrati immersi in un sottile stato di acqua. Si procede quindi alla separazione manuale aiutandosi anche con pinzette (figura 16).



Figura 16: Prelevamento delle radici

Le radici che si ottengono vengono inserite in vasetti chiusi di plastica con una soluzione al 12% di alcool; questi vasetti devono essere conservate a basse temperature, +4°C scrivendo la relativa profondità, sino al momento dell'acquisizione con apposito scanner.

3.5 Acquisizione delle radici

L'acquisizione delle radici viene effettuata in laboratorio con uno scanner EPSON 500m e relativo software per poterle salvare come immagine TIFF, mentre l'analisi d'immagine viene eseguita con il software KS 300 Rel 3.0 (Karl Zeiss Vision GmbH, Munchen – Germania), per ritoccare le immagini per

eliminare eventuali bordi neri o aloni indesiderati si vengono utilizzati diversi software tra cui PSP, Paint Shop Pro.

Per poter effettuare tale operazione è necessario svuotare il contenuto del vasetto, radici e liquido contenente il 15% di alcool, in un colino sciacquato le radici per poter eliminare l'alcool e depositato su di un vassoio in plexiglas che presenta una larghezza di 20,5 e una lunghezza di 30,7 cm con sponde rialzate. Il vassoio viene ricoperto di uno sottile strato d'acqua in modo da disporre su tutta la superficie le radici, togliendo eventuali residui organici e radici morte aiutandosi con pinzette metalliche. E' importante non avere radici vicino ai bordi, perché risulta un punto in cui è difficile l'acquisizione per una non perfetta schermatura dello scanner, inoltre possono essere presenti degli aloni che possono risultare un problema per l'acquisizione, come nella figura 17.



Figura 17: radici pronte per lo scanner

I campioni più superficiali, dai 50 cm in su, presentano molte radici e quindi è stato necessario suddividerli in vari vassoi, quindi lavorando con una minore quantità di radici, che poi vengono successivamente sommati per ottenere il valore del campione. Le immagini ottenute vengono salvate con il formato

TIFF con un numero progressivo, bisogna inoltre segnare su un quaderno il numero progressivo collegandolo al numero del campione e al relativo numero del vassoio. Tutto questo è stato eseguito con lo scanner ed il relativo software per l'acquisizione delle immagini. La risoluzione dell'immagine è stata impostata a 400 DPI, sufficiente ad identificare anche le radici più minute e per poter effettuare l'acquisizione in tempi brevi. Altra impostazione è il Threshold a 240 il quale consente di acquisire anche le radici più piccole e di poter escludere i residui più piccoli, da questa operazione si possono ottenere delle immagini simili alla figura 18. Il passo successivo è quello di ritoccare le foto che presentano aloni o bordi neri con il software PSP.

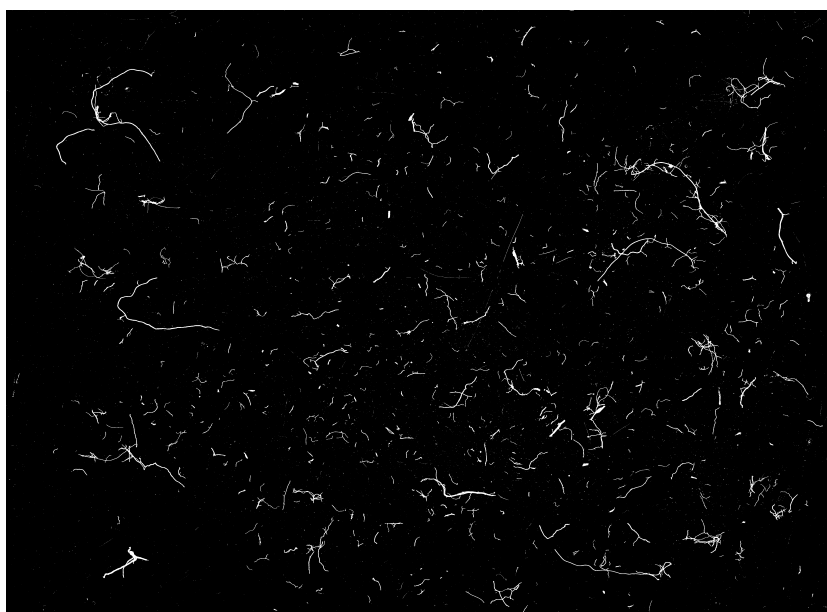


Figura 18. Immagine acquisita con lo scanner

Successivamente si analizzano tutte le immagini acquisite, tramite l'apposito software KS 300 Rel 3.0. Questo programma opera una macro, funzione esterna, che lavora sulla sequenza di immagini acquisite associandole al numero dell'immagine di riferimento e impostando il parametro di identificazione della radice dall'oggetto estraneo. Questo parametro è stato identificato in 25 pixel, gli oggetti che presentano un'area inferiore non vengono considerati. Un parametro importante per distinguere le radici della impurità è l'EI, indice di allungamento, ed è dato dal rapporto tra il perimetro al quadrato con l'area:

L'oggetto viene identificato come radice quando questo rapporto è uguale o maggiore a 60, mentre se è inferiore viene identificato come impurità e quindi scartato. Questo indice è il reciproco dell'indice di sfericità. E' importante sapere quanto sono lunghe le radici e per ottenere tale risultato sono stati messi a punto due sistemi; il primo consiste nel trovare un algoritmo per trovare la lunghezza delle radici attraverso il calcolo della FBL (Fribelenght) e permette di conoscere la lunghezza partendo dal perimetro e dall'area, applicando la formula ottimizzata da Vameralli et al. nel 2003:

Il secondo metodo prevede l'erosione dei pixel esterni, ma non quelli terminali, che compongono la radice, in questo modo la radice sarà costituita da una sola fila di pixel e quindi l'area

radicale coincide con la lunghezza. Il problema di questa metodologia è che funziona bene solo per radici messe in orizzontale e verticale, ma molto spesso non è così. Alcuni studiosi (Smit et al. 1994) hanno previsto di moltiplicare tutti gli scheletri per un indice di correzione, pari a 1,12, per poter quantificare la lunghezza delle radici che non sono disposte secondo gli assi cartesiani. I valori così ottenuti della lunghezza radicale possono essere messi in relazione con volumi di terreno considerato dal campione, potendo calcolare i valori di densità radicale RDL (Root Length Density) espressi in cm di lunghezza su cm^3 di terreno, per ottenere il valore del diametro medio radicale è stato sufficiente dividere l'area delle radici per la loro superficie.

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

Per valutare gli effetti delle tre diverse tipologie di concimazione azotata in copertura sullo sviluppo degli apparati radicali sono stati presi in considerazione i valori di RLD (Root Length Density) che indicano i valori di lunghezza radicale nell'unità di volume, il diametro radicale e la distribuzione radicale. I dati così raccolti sono stati correlati ai dati relativi alla resa ottenuta dalle diverse prove, sia quelle ottenute in pieno campo sia quelle ottenute nelle aree di saggio.

4.1 Apparato radicale

Il grafico 6 mette in evidenza i valori di RLD (cm/cm^3), relativi all'ibrido EXCALIBUR, per i diversi livelli di profondità. I dati che

Grafico 6: valori di RLD, ibrido EXCALIBUR.

sono presentati sono stati ottenuti tramite la media delle sei repliche effettuate per ciascuna tesi di concimazione.

Si può osservare, dal grafico 6, come nei primi strati di terreno le tre tesi di concimazione presentino valori differenti, fino a 40 cm, per poi presentare valori molto simili negli strati più profondi. La tesi che ha ricevuto 100 unità d'azoto presenta un valore iniziale di RLD superiore alle altre due tesi, avendo ai 5 cm un valore di $9,32 \text{ cm/cm}^3$, oltre ai 5 cm ottiene valori inferiori rispetto alle altre tesi di concimazione fino ai 40 cm, a 15 e a 25 cm presenta valori rispettivamente di $4,59 \text{ cm/cm}^3$ e di $2,52 \text{ cm/cm}^3$. La tesi non concimata presenta un valore iniziale inferiore rispetto alle altre due tesi di $5,47 \text{ cm/cm}^3$ ai 5 cm. Negli strati successivi, fino ai 40 cm, i valori sono intermedi tra le due tesi, assumendo valori ai 15 e ai 25 cm rispettivamente di $4,86 \text{ cm/cm}^3$ e di $2,79 \text{ cm/cm}^3$. La tesi concimata con il metodo Reglette presenta un valore iniziale intermedio tra le tesi 100N e 0N, ma più vicino a quello 100N,

con un valore di 7,84 cm/cm³. Negli strati successivi i valori radicali sono superiori alle altre due tesi, presentando valori ai 15 e ai 25 cm rispettivamente di 6,05 cm/cm³ e di 4,18 cm/cm³, il valore alla profondità di 35 cm è molto simile a quello ottenuto nella profondità di 25 cm.

Dal grafico è possibile notare che la tesi 100N nello strato superficiale presenta un valore radicale elevato, mentre per gli strati che vanno dai 20 ai 40 cm il valore di RLD è in controtendenza, ottenendo valori inferiori rispetto alle altre due tesi di concimazione. La tesi 0N presenta inizialmente valori radicali inferiori e successivamente valori intermedi tra le due tesi. La tesi Reglette evidenzia una presenza di radici maggiormente omogenea rispetto alle altre due tesi. I valori che le tesi presentano alla profondità di 45 cm sono molto simili tra loro, infine i valori per gli strati più profondi sono simili a tutte le tre tesi.

Il grafico 7 mette in evidenza i valori di RLD (cm/cm³), relativi all'ibrido PR45D01, per i diversi livelli di profondità. I dati che sono presentati sono stati ottenuti tramite la media delle sei repliche effettuate per ciascuna tesi di concimazione.

Grafico 7: valori di RLD relativi all'ibrido PR45D01.

Come si può osservare, dal grafico 7, nei primi strati di terreno la tesi che ha ricevuto la dose maggiore d'azoto, rispetto alle altre due tesi, ha ottenuto il maggior valore radicale nei primi due strati di terreno con valori ai 5 e 15 cm rispettivamente di $12,5 \text{ cm/cm}^3$ e di $7,29 \text{ cm/cm}^3$ e ai 25 cm assume valori di $3,69 \text{ cm/cm}^3$. Dai 30 cm si può notare che vi è un'inversione di tendenza, la tesi 100N è inferiore, seppur di poco, rispetto alle altre due tesi. La tesi non concimata e quella Reglette hanno un andamento molto simili su tutto il profilo preso in considerazione, con valori per la tesi 0N di $7,69 \text{ cm/cm}^3$, di $5,55 \text{ cm/cm}^3$ e di $3,85 \text{ cm/cm}^3$ rispettivamente ai 5, 15, e 25 cm. Per la tesi Reglette i valori che assume RLD sono di $7,83 \text{ cm/cm}^3$ ai 5 cm, di $6,28 \text{ cm/cm}^3$ ai 15 cm e di $4,67 \text{ cm/cm}^3$ ai 25 cm.

Dal grafico 7 è possibile notare che la tesi 100N presenta una maggiore presenza radicale negli strati superficiali per poi avere una forte riduzione della presenza di radici negli strati più profondi. Per quanto riguarda la tesi 0N e Reglette queste hanno un andamento molto simile, una presenza più omogenea di radici su tutto il profilo considerato, anche se la tesi Reglette presenta in alcuni punti una maggiore presenza radicale, seppur di poco, rispetto alla tesi 0N.

Per capire il comportamento radicale che i due genotipi hanno sviluppato è stata fatta la media delle tre tesi di concimazione e si è ottenuto il dato relativo al genotipo, come si può notare dal grafico 8.

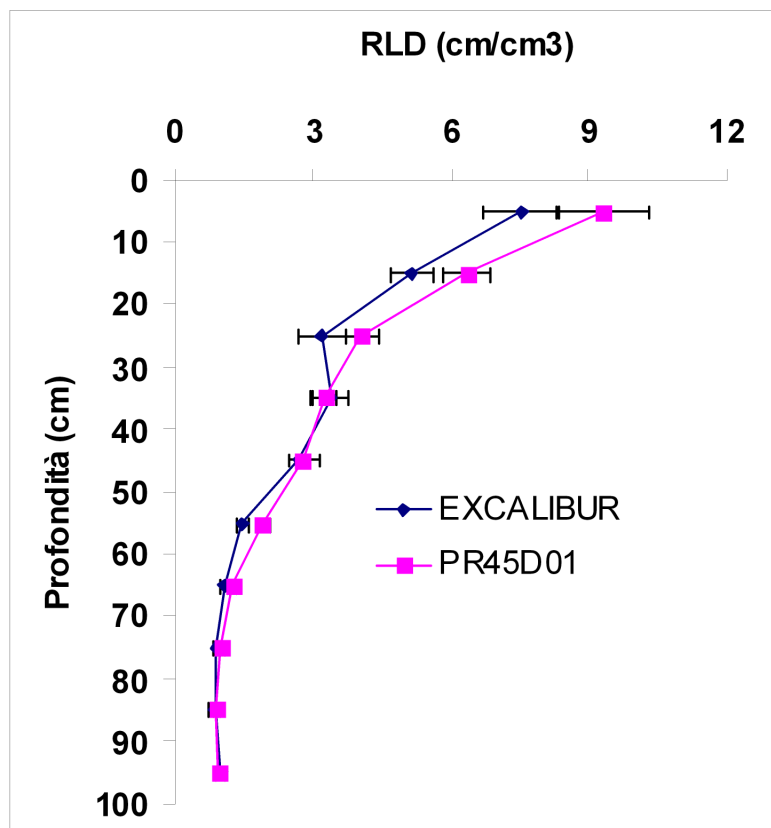


Grafico 8: effetto indotto dato dal genotipo.

Dal grafico 8 è possibile notare che i valori di RLD relativi agli ibridi, ottenuti dalle medie delle tre tesi di concimazione, sono

differenti fino ai 25 cm, mentre per gli strati più profondi i valori sono sostanzialmente simili. L'ibrido PR45D01 presenta valori di 9,34 cm/cm³ ai 5 cm, 6,37 cm/cm³ ai 15 cm e di 4,07 cm/cm³ ai 25 cm, mentre l'ibrido EXCALIBUR presenta valori di 7,54 cm/cm³ ai 5 cm, 5,17 cm/cm³ ai 15 cm e di 3,20 cm/cm³ ai 25 cm.

Per capire il comportamento radicale che le tre tesi di concimazione hanno indotto è stata fatta la media dei due genotipi e si è ottenuto il dato relativo alla concimazione, come si può notare dal grafico 9.

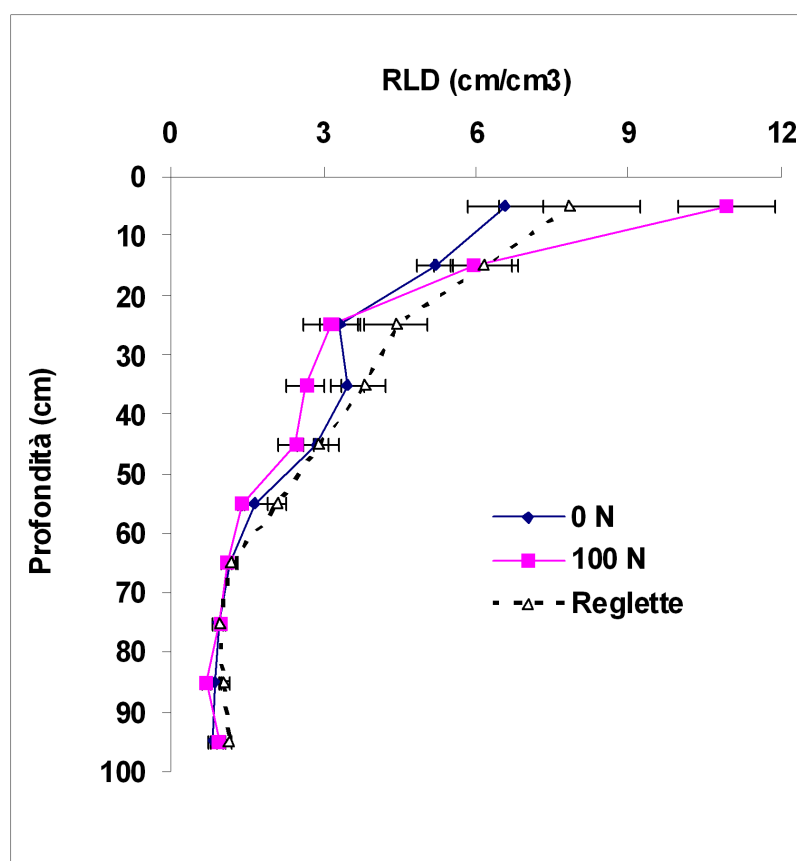


Grafico 9: effetto indotto dato dalla concimazione azotata.

Come si può notare, dal grafico 9, la tesi 100N induce una maggiore presenza radicale negli orizzonti superficiali ed una minore presenza radicale in profondità, ottenendo valori di

10,91 cm/cm³ ai 5 cm, 5,94 cm/cm³ ai 15 cm e di 3,15 cm/cm³ ai 25 cm. La tesi 0N induce lo sviluppo di un apparato radicale meno fitto rispetto alle altre due tesi, ottenendo valori di 6,58 cm/cm³ ai 5 cm, 5,20 cm/cm³ ai 15 cm e di 3,32 cm/cm³ ai 25 cm. Infine la tesi Reglette induce una distribuzione delle radici maggiormente omogenea rispetto alle altre due tesi, con valori di 7,58 cm/cm³ ai 5 cm, 6,17 cm/cm³ ai 15 cm e di 4,43 cm/cm³ ai 25 cm.

Per poter valutare meglio l'esito della prova relativa ai dati di RLD è stata effettuata un'analisi della varianza, considerando significativi solo i casi che presentavano valori di $P \leq 0,05$. Da tale analisi è possibile rilevare che prendendo in considerazione come fattore principale la sola concimazione, le variazioni di RLD non sono state significative, avendo ottenuto un valore di $P=0,065$, anche se nella fattispecie ci sono buone probabilità che la concimazione azotata sia responsabile di queste variazioni. Considerando come effetti principali la profondità di campionamento e l'effetto varietà, le variazioni di RLD sono risultate significative per quanto riguarda la profondità con un valore di $P \leq 0,001$ e un valore di $P \leq 0,005$ per l'effetto varietà. Per quanto riguarda le interazione tra i vari fattori è risultato significativo solamente il dato relativo alla profondità e alla dose di azoto con un valore di $P \leq 0,01$, le altre interazioni sono risultate tutte ampiamente superiori alla soglia del 0,05.

Un dato che è stato ricavato è quello relativo alla densità radicale relativo al tipo di ibridi utilizzati e la densità che viene indotta dalla tipologia di concimazione, come si può notare rispettivamente dal grafico 10 e 11.

Grafico 10: densità media radicale relativa agli ibridi.

Il grafico 10 mette in evidenza che le due tipologie di ibridi utilizzati hanno sviluppato una densità radicale media in base al profilo considerato differente: maggiore per l'ibrido PR45D01 rispetto all'ibrido EXCALIBUR, rispettivamente con valori di $3,20 \text{ cm/cm}^3$ e di $2,74 \text{ cm/cm}^3$.

Grafico 11: densità media radicale per tipologia di concimazione.

Il grafico 11 mette in evidenza la diversa densità radicale media indotta dalla differente tipologia di concimazione. Si può notare come la tipologia non concimata, 0N, presenti la densità radicale inferiore, avendo un valore di 2,72 cm/cm³, la tesi concimata con il sistema Reglette presenta un valore intermedio, con un valore di 3,04 cm/cm³ ed infine la tesi concimata con 100 unità di azoto presenta il valore massimo di 3,16 cm/cm³.

Un altro parametro preso in considerazione, in quanto fornisce dati utili sulla geometria radicale è il diametro medio delle radici. Il diametro è stato ottenuto dal rapporto tra l'area e la lunghezza radicale, dati che sono visibili nei grafici 12, 13, 14 e 15.

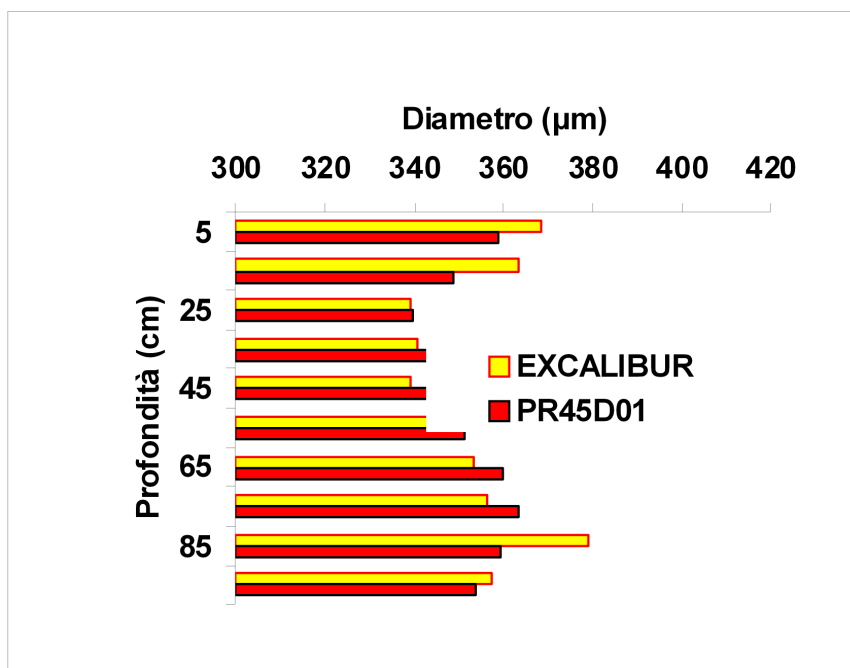


Grafico 12 : Diametri radicali

cali ottenuti degli ibridi utilizzati.

Dal grafico 12 è possibile notare come variano i diametri calcolati relativi agli ibridi utilizzati. L'ibrido EXCALIBUR presenta diametri maggiori, rispetto all'ibrido PR45D01, nei due orizzonti superiori e in quelle più profonde, mentre negli orizzonti centrali i diametri risultano minori.

Grafico 13: Diametri radicali dell'ibrido EXCALIBUR.

Dal grafico 13 si può notare come la tesi concimata con 100 unità di azoto presenti valori superficiali maggiori rispetto alle altre due tesi di concimazione, il medesimo risultato è stato ottenuto alla profondità di 85 cm. Negli altri strati i valori sono inferiori o intermedi rispetto alle altre due tesi di concimazione. La tesi non concimata presenta sia negli strati superficiali sia nelle fasce più profonde valori intermedi rispetto alle altre due

tesi, mentre per le fasce intermedie questi valori risultano superiori. La tesi che è stata concimata con il sistema Reglette presenta diametri radicali intermedi tra le due tesi, escluso qualche valore occasionale che risulta superiore alle altre due tesi.

Grafico 14: Diametri radicali dell'ibrido PR45D01.

Considerando i diametri radicali che si sono sviluppati nell'ibrido PR45D01 (grafico 14) questi si differenziano rispetto alla tipologia di concimazione azotata in copertura. Si può notare come la tesi a cui sono state apportate 100 unità di azoto, presenta valori della fascia superficiale superiori alle altre due tesi. Negli altri strati presenta valori inferiori e intermedi rispetto alle altre alle due tesi. La tesi non concimata presenta il valore iniziale inferiore rispetto alle altre due tesi, mentre per gli altri orizzonti questi valori risultano superiori alle altre due tesi, escluso il valore ai 45 cm che risulta intermedio. La tesi "Reglette" presenta diametri radicali per la fascia

superficiale superiore rispetto alle altre due tesi, mentre per le restanti fasce i valori risultano intermedi o inferiori rispetto alle altre due tesi.

Anche per quanto riguarda i diametri radicali è stata fatta l'analisi della varianza che risulta significativa per la profondità, con valori di $P=0,018$, e per quanto riguarda la concimazione, con valori di $P=0,012$. Non è risultata significativa per quanto riguarda l'ibrido utilizzato. Le interazioni sono risultate significative solamente tra la concimazione e la varietà, con valori di $P=0,092$, mentre per quanto riguarda le restanti interazioni, profondità-varietà e concimazione-varietà risultano ampiamente superiori rispetto al valore limite.

4.2 Resa

Per poter completare l'opera di analisi dei dati sono state analizzate le rese di sostanza secca da compare con i dati ottenuti dagli apparati radicali. Nel grafico 15 sono espresse le rese in pieno campo.

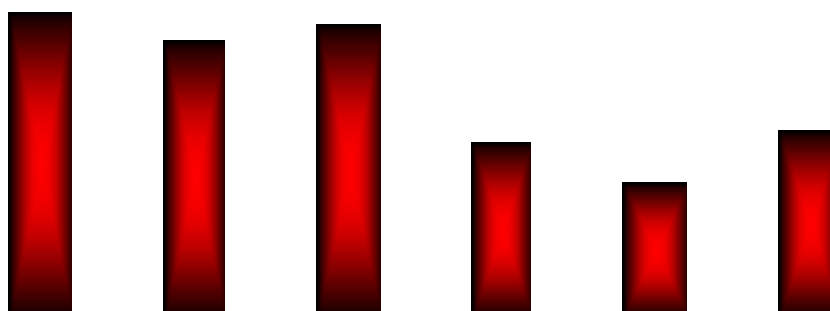


Grafico 15: rese in pieno campo.

Dal grafico 15 è possibile notare che le rese in pieno campo sono state elevate ma diversificate in base alla tipologia di concimazione. In particolare le rese sono state: per l'ibrido PR45D01 di 4,46 t ha⁻¹ nella tipologia 0N, 4,34 t ha⁻¹ per la tipologia Reglette e di 4,41 t ha⁻¹ per la tesi 100N; per l'ibrido EXCALIBUR le rese sono state di 3,92 t ha⁻¹ per la tesi 0N, 3,97 t ha⁻¹ per la tesi 100N e per la tesi Reglette sono state di 3,75 t ha⁻¹. La resa media dei due ibridi è stata di 4,40 t ha⁻¹ per PR45D01 e di 3,88 t/ha⁻¹ per l'ibrido EXCALIBUR. Quest'ibrido non ha realizzato rese particolarmente elevate poiché ha avuto problemi di allettamento fin dalla fase di fioritura, visibile nella figura 19.



Figura 19: ibrido EXCALIBUR in fioritura allettato.

In tutti i sei casi le rese sono state particolarmente elevate specialmente per l'ibrido seminano, anche perché le condizioni ambientali sono risultate ottimali per la coltivazione e si può affermare che le differenze sono talmente lievi che possiamo considerare le rese ottenute dai due ibridi uguali. Le tesi che non hanno ricevuto azoto in copertura sono state in grado di sfruttare l'azoto presente nel terreno e quello rimasto dalla coltura precedente, nella fattispecie frumento.

Al fine di avere delle repliche per poter eseguire delle analisi statistiche dei dati delle rese sono state ricavate delle aree di saggio all'interno dell'appezzamento. La raccolta è avvenuta manualmente alcuni giorni prima della metitrebbiatura, i campioni lasciati essiccare e trebbiati in un secondo momento.

I risultati che sono stati ottenuti, grafico 16, da queste aree sono stati diversi rispetto alle rese ottenute in pieno campo.

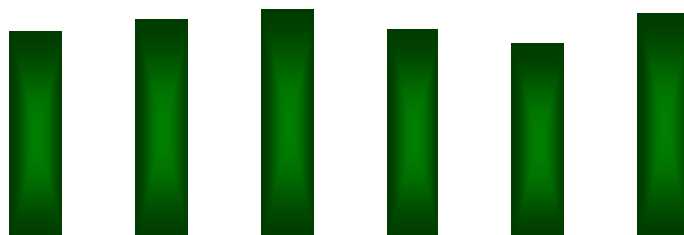


Grafico 16: rese nelle aree di saggio.

Le rese che sono state ottenute dalle aree di saggio sono state per l'ibrido PR45D01 3,64 t/ha⁻¹ per la tesi 0N, di 3,85 t/ha⁻¹ per la tesi Reglette e di 4,03 t/ha⁻¹ per la tesi 100N. Per l'ibrido EXCALIBUR sono state di 3,68 t/ha⁻¹ per la tesi 0N, di 3,44 t/ha⁻¹ per la tesi Reglette e di 3,96 t/ha⁻¹ per la tesi 100N. Nelle aree di saggio ci si aspettavano rese maggiori, in particolare la raccolta manuale alcuni giorni prima della metitrebbiatura, si pensava potesse ridurre le perdite per deiscenza e le perdite di granella dalla mietitrebbia. In realtà le condizioni in cui è avvenuta l'essiccazione non sono state ottimali e i risultati sono stati inferiori in seguito alla pregerminazione del prodotto.

Anche in questo caso è stata effettuata l'analisi della varianza risultando significativa solamente l'effetto dato dalla concimazione presentando un valore di P=0,040. L'effetto dato

dalla cultivar non è risultato significativo, come pure l'interazione tra l'effetto cultivar e la concimazione.

Per poter comprendere meglio i risultati delle rese è possibile confrontarli con i risultati ottenuti in RLD, grafico 17.

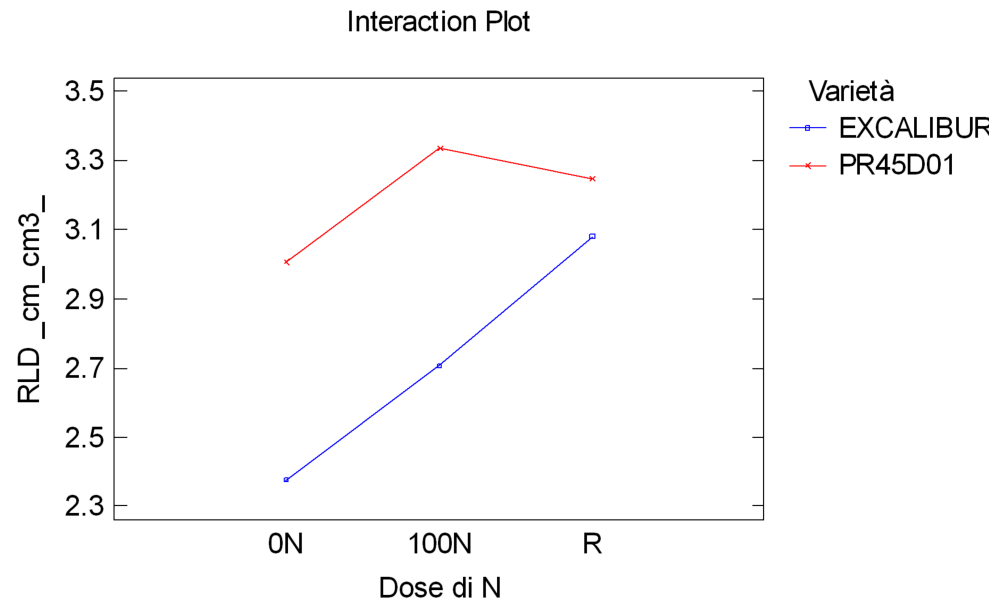


Grafico 17: dati di RLD dei due ibridi.

Incrociando i dati relativi alle rese e del RLD è possibile affermare che l'ibrido PR45D01 ha dato le rese migliori con la tesi di concimazione 0N che è anche risultata quella con il dato di RLD inferiore rispetto alle altre due. Per l'ibrido EXCALIBUR, le rese migliori sono state ottenute con la tesi di concimazione 100N, che è risultata avere un dato di RLD intermedio tra la tesi 0N e Reglette.

4.3 Harvest Index

Conoscere il dato relativo all'harvest index (H.I.) è molto importante per poter valutare la parte raccolta rispetto al totale della biomassa prodotta. Questo indice si calcola tramite il rapporto tra la biomassa totale e la resa, il risultato che si ottiene è un numero da 0 a 1. In particolare è risultato che l'ibrido PR45D01 ha ottenuto un dato medio di H.I. migliore rispetto ad EXCALIBUR, rispettivamente con valori di 0,32 e 0,30. La tipologia di concimazione ha influenzato questo dato e si sono ottenuti valori di 0,32 per la tesi non concimata, di 0,31 per tesi concimata con le 100 unità di azoto e di 0,30 per tesi concimata con il sistema Reglette. Per poter valutare meglio come hanno reagito i due ibridi alle tre tesi di concimazione è stata eseguita l'analisi relativa alla cultivar e alla concimazione che ha dato come risultati i valori espressi nel grafico 18.

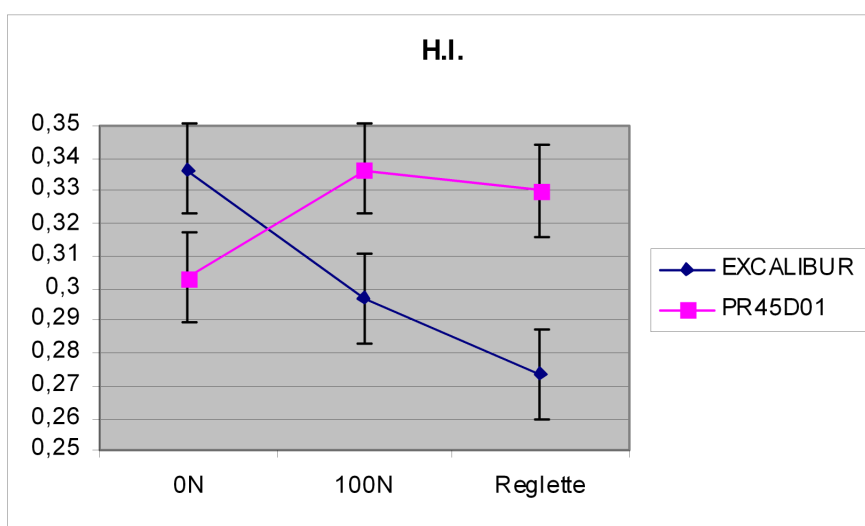


Grafico 18: H.I. riferito all'ibrido e al tipo di concimazione.

I dati ottenuti sono stati: per l'ibrido EXCALIBUR di 0,33 per la tesi non concimata, 0,29 per la tesi che ha ricevuto le 100 unità di azoto e di 0,27 per la tesi concimata con il sistema Reglette; mentre per l'ibrido PR45D01 sono stati ottenuti i valori di 0,30 per la tesi non concimata, 0,34 per la tesi che ha ricevuto le 100 unità di azoto e di 0,33 per la tesi concimata con il sistema Reglette.

Anche in questo caso è stata effettuata l'analisi della varianza; dai risultati emerge che risulta significativa l'effetto cultivar con un valore di $P=0,09$, mentre l'effetto dato dalla concimazione non è risultato significativo. L'interazione tra il dato della cultivar e il dato della concimazione è risultato particolarmente significativo con un valore di $P=0,018$.

Incrociando i dati con le rese si rileva che le rese maggiori per l'ibrido PR45D01 sono state ottenute con la tesi 0N, che è risultata la tesi con un indice di H.I. inferiore rispetto alle altre due tesi. Per quanto riguarda l'ibrido EXCALIBUR la resa migliore è stata ottenuta dalla tesi di concimazione 100N che è risultata avere un indice intermedio rispetto alle altre due tesi di concimazione.

5. CONCLUSIONI

In questa tesi sono stati esaminati gli apparati radicali di due ibridi di colza invernale da olio sottoposti a tre diverse dosi di concimazione azotata di copertura. Alla luce dei risultati ottenuti è emerso come la coltura si sia ben adattata al sito di prova, sviluppando un apparato radicale, che ha garantito alla pianta la possibilità di svilupparsi in maniera adeguata. Il ciclo di coltivazione è pertanto avvenuto in condizioni ottimali anche in conseguenza dell'andamento climatico stagionale. In ragione di tutto ciò la tesi non concimata non è risultata limitante per lo sviluppo della coltura e non ha condizionato le rese finali.

Dallo studio dei valori di RLD è emerso che gli apparati radicali sviluppati dai due ibridi presi in considerazione si sono differenziati, pur rimanendo di dimensioni adeguate in tutte le tesi prese in considerazione. Un primo vantaggio è derivato dal fatto che entrambi gli ibridi sono stati seminati abbastanza precocemente e questo ha consentito alla coltura di assorbire la giusta quantità di azoto prima della pausa invernale permettendo uno sviluppo equilibrato della parte aerea. L'ibrido seminano, a prescindere dalla tipologia di concimazione, ha sviluppato un apparato radicale più omogeneamente distribuito rispetto all'ibrido a taglia normale. Il fatto che abbia sviluppato un buon apparato radicale in superficie potrebbe essere uno svantaggio in caso di stress idrico, mentre l'ibrido EXCALIBUR potrebbe non risentire di un eventuale stress avendo sviluppato un apparato più profondo. Per quanto riguarda l'effetto indotto

dalla concimazione è possibile affermare che la tesi di concimazione che risulta migliore, come distribuzione radicale, è quella concimata secondo il sistema Reglette, mentre per la tesi di concimazione con 100 unità di azoto ha sviluppato un apparato troppo superficiale, presentando poche radici in profondità. Le tesi non concimate presentano valori superficiali bassi e valori radicali in profondità simili alle altre due tesi. Nonostante la maggior parte delle radici fosse nei primi 50 cm, i due ibridi presentavano uno sviluppo radicale considerevole anche in profondità.

Alcune importanti differenze che si sono potute riscontrare sono state relative alla densità media radicale, che è risultata maggiore nell'ibrido PR45D01 rispetto all'ibrido EXCALIBUR. Per quanto riguarda la densità radicale che viene indotta dal tipo di concimazione, è risultato che la tesi che ha comportato l'uso di 100 unità di azoto ha fatto sviluppare una densità media radicale superiore rispetto alle altre due tesi. La tesi concimata con il sistema Reglette ha fatto sviluppare una densità media intermedia, mentre per la tesi non concimata ha fatto sviluppare la minore densità radicale media. Va comunque considerato per l'ibrido a taglia normale EXCALIBUR, in particolare con la tesi 100N, rispetto all'ibrido PR45D01 il problema dell'allettamento, che potrebbe comportare significative perdite al momento della raccolta.

Altre differenze che si sono potute osservare sono state relative ai diametri radicali. Il fatto che l'ibrido seminato presenti diametri sostanzialmente inferiori negli strati superficiali, può averlo favorito nell'assorbimento dell'azoto, mentre quello lisciviato risultava più difficilmente assorbibile.

Tutto il lavoro relativo agli apparati radicali può essere utile se comparato con le rese che sono state ottenute. E' importante rilevare che in livello di concimazione, nelle condizioni ottimali

in cui è avvenuta la prova, non abbia influito significativamente sulle rese, ciò che ha determinato delle differenze è il tipo di ibrido. Le rese sono state particolarmente elevate per l'ibrido PR45D01 mentre per l'ibrido EXCALIBUR si sono ottenute buone rese, ma non ottimali, considerando che quest'ibrido ha subito l'allettamento sin dalla fase di fioritura.

I dati relativi alle rese si possono cercare di mettere in relazione anche con l'harvest index. I valori di H.I. più elevati, come atteso, sono stati ottenuti dall'ibrido PR45D01 con un valore medio, ottenuto dalla media delle tre prove, di 0,32 mentre per l'ibrido EXCALIBUR il valore medio è stato di 0,30.

Questa tesi ha permesso di mettere in evidenza come nelle condizioni sperimentali l'ibrido seminano, PR45D01, si sia meglio adattato alla coltivazione nell'areale Padano-Veneto rispetto all'ibrido di taglia normale EXCALIBUR, sia in relazione alle rese in seme ottenute che rispetto alla formazione di un apparato radicale particolarmente espanso e profondo.

6. Bibliografia

Menguzzato A. e Rossetto L., 2007. Le aspettative sul biodiesel fanno da traino al colza italiano, L'informatore agrario, n° 33/2007 pp. 33-36.

Mosca G. e Zanetti F., 2007. Ottime rese dal colza con le giuste scelte agronomiche, l'informatore agrario, n° 33/2007 pp. 38-43.

Mosca G. e Vameralli T., 2000. Obiettivo radice, Metodi di studio e risultati ottenuti in ambiente mediterraneo. Dipartimento di agronomia ambientale e produzioni vegetali. Stampato da C.L.E.U.P. Padova pp. 83-138.

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: pp. 20-52.

Toniolo L. e Mosca G., 1986. Il colza. Manuale pratico. REDA edizioni per l'agricoltura pp. Xx-xx.

Vamerali T., Guarise M., Ganis A., Bona S. e Mosca G. 2003.
Analisis of root images auger sampling with a fast procedure: a
case of application to sugar beet. Kluwer Academic Publishers.

Siti internet consultati

www.agraria.org

www.agronomico.com

www.claas.it

www.cti2000.it

www.dekalb.eu

www.istat.it

www.news.admin.ch

www.sisonweb.com

www.wikipedia.it