



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTA' DI AGRARIA

**Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni
Vegetali
Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie Agrarie**

TESI DI LAUREA

**RISPOSTA MORFOLOGICA E PRODUTTIVA ALLA
RIDUZIONE DELLA DENSITÀ DI SEMINA IN COLZA
(*B. napus* L. var. *oleifera*)**

Relatore: Ch.mo Prof. Giuliano Mosca

Correlatore: Dott. ssa Federica Zanetti

Dott. Enrico Rampin

Laureando: Giovanni Marchioro

ANNO ACCADEMICO 2009-2010

Indice generale

Riassunto.....	3
Abstract.....	6
Introduzione.....	8
Il colza.....	8
Generalità.....	8
Caratteristiche botaniche e biologiche-fenologiche.....	11
Esigenze pedoclimatiche.....	15
Tecniche colturali ed esigenze agronomiche.....	16
Avvicendamento.....	16
Preparazione del terreno.....	16
Concimazione.....	17
Lotta alle malerbe.....	22
Raccolta.....	23
Avversità.....	25
Panorama varietale.....	28
Modalità e tecniche di semina.....	30
Densità di semina.....	31
Scopo del lavoro.....	35
Materiali e metodi.....	36
Materiale vegetale.....	36
Il terreno.....	37
Andamento climatico.....	38
Protocollo sperimentale.....	40
Organizzazione della prova.....	40
Lavorazione del terreno.....	42
Semina.....	42
Diserbo.....	43
Concimazione.....	43
Raccolta.....	43
Rilievi in campo.....	44
Analisi di laboratorio.....	46
Risultati e discussione.....	49
Emergenze.....	49
Biomassa.....	50
Biomass partitioning.....	53
Conteggio delle ramificazioni e delle silique.....	66
Misurazione della lunghezza del racemo.....	72
Resa in granella.....	75
Componenti della resa.....	78
Harvest index.....	82
Produzione di olio.....	83
Conclusioni.....	87
Bibliografia.....	90

Riassunto

Negli ultimi anni, vista la crescente diffusione del colza nell'ambito delle colture oleifere, la coltura è stata interessata da un intenso lavoro di miglioramento genetico. A livello europeo molte ditte sementiere si sono interessate a questa oleaginosa, selezionando le cultivar con i migliori caratteri, dal punto di vista della produzione in granella, resa in olio, adattabilità ambientale, dimensione e struttura delle piante. Accanto alle classiche varietà a libera impollinazione, caratterizzate da produzioni intermedie, costo contenuto del seme e con una buona capacità di adattamento alle più svariate condizioni ambientali, si stanno diffondendo rapidamente gli ibridi CHH (Composite Hybrid Hybrid). Questi, a fronte di un costo del seme molto più elevato, sono in grado di raggiungere produzioni importanti sia in granella che in olio. E' possibile distinguere tra ibridi a taglia normale, dall'elevato vigore vegetativo e dalle produzioni elevate, e ibridi seminani, che nonostante non raggiungano i medesimi livelli produttivi sono più adatti nelle zone dove si temono problemi di allettamento, grazie alla loro altezza ridotta. Nella prova oggetto di studio sono state prese in considerazione quattro cultivar di colza, due ibridi a taglia normale (Excalibur e Taurus), un ibrido seminano (PR45D01) e una varietà a libera impollinazione (Viking). Queste sono state coltivate in parcelle di grandi dimensioni presso l'Azienda Agraria Sperimentale "L.Toniolo" dell'Università degli studi di Padova, situata nel comune di Legnaro. Per ciascuna cultivar sono stati applicati 3 livelli di densità di semina, 63,44 e 22 piante per metro quadrato, ottenuti mantenendo un interfila di 45 cm e modificando la distanza dei semi sulla fila. Con questa tesi si è cercato di valutare le cultivar, analizzando in particolare come la densità di semina influenzi le caratteristiche morfologiche e produttive delle piante, confrontando infine le diverse produzioni in granella e il contenuto in olio dei semi, e in che modo questi parametri fossero dipendenti dalla cultivar o dall'investimento. A tale scopo, durante il ciclo della coltura, che si è svolto tra settembre 2008 e giugno 2009 sono stati eseguiti numerosi campionamenti. Questi consistevano nel prelievo di piante intere da ciascuna parcella, in precise fasi fenologiche. Su di esse sono state poi effettuate analisi per determinare il

peso secco della biomassa prodotta, la ripartizione della biomassa all'interno delle piante (biomass partitioning), il conteggio delle ramificazioni e delle silique. Infine è stata effettuata la raccolta, prima è stata eseguita manualmente su delle aree di saggio di 1m² di superficie per ciascuna parcella, e poi si è svolta la raccolta dell'intera parcella con una mietitrebbiatrice di pieno campo. Sulla granella sono state poi eseguite delle analisi di laboratorio che hanno consentito di estrarne l'olio presente e determinarne il contenuto.

Dai risultati della sperimentazione è emerso come la densità di semina modifichi la struttura vegetativa delle singole piante, ma che rapportando i risultati all'unità di superficie (1m²) tali differenze vengano notevolmente ridimensionate. Inoltre è interessante notare come tra i tre investimenti in esame non siano emerse differenze significative per quanto riguarda la produzione in granella e il contenuto in olio del seme, evidenziano come la variabile densità di semina non influenzi queste caratteristiche e giustificando quindi un eventuale minor utilizzo di semente per ettaro. Per quanto riguarda le cultivar, come atteso, gli ibridi a taglia normale hanno fatto registrare le produzioni più elevate di biomassa, il seminano la più bassa e la linea si è attestata su valori intermedi. Dal punto di vista produttivo si è distinto particolarmente l'ibrido a taglia normale Excalibur, che ha prodotto la maggior quantità di granella e con un buon contenuto in olio. Anche l'ibrido seminano, PR45D01, nonostante la taglia ridotta ha fatto registrare la seconda miglior produzione in granella e una buona resa in olio. La varietà a libera impollinazione, Viking, si è mantenuta su produzioni intermedie, mentre l'altro ibrido a taglia normale, Taurus, ha avuto una produzione molto scarsa, solo in parte giustificata dalla sua elevata precocità che ha causato una perdita per deiscenza dei semi. Alla luce di questi risultati possiamo affermare che la densità di semina più bassa è consigliabile solo in condizioni di semina ottimali, e permette di prevenire problemi di allettamento riducendo le perdite di raccolta e facilitando le operazioni in questa fase. La densità intermedia può risultare un buon compromesso per tutelarsi da problemi durante la semina e raggiungere comunque un investimento sufficiente, mentre la densità più elevata è da adottare solo in caso di semina in condizioni non ottimali, oppure con genotipi poco vigorosi, come gli ibridi

semi-dwarf. In futuro si cercherà di eseguire sperimentazioni su parcelle di dimensioni molto maggiori, che simulino meglio le reali condizioni di coltivazione, in modo da confermare con più attendibilità i risultati di questa tesi.

Abstract

In recent years, due to the increasing diffusion of oilseed rape among oilseeds, this crop has undergone a strong genetic breeding. At European level many seed companies are interested on this oilcrop, selecting genotypes with improved characteristics, such as seed yield, oil content, environmental adaptability, structure and morphology of the plant. Together with open pollinated varieties, characterized by average yields, low price of seeds, and large environmental adaptability; nowadays CHH hybrids (Composite Hybrid Hybrid) are rapidly diffusing in the market. These genotypes, with an elevated price of their seeds, are able to insure increased yields in terms of both seed and oil. It is possible to distinguish between normal size hybrids, characterized by high vegetative growth and consequently outstanding potential yields, and semi-dwarf ones, that, although, they are not able to reach the same productivity potential, they could better adapt to some area in which lodging problems strongly negatively affect final yield.

In this trial 4 different cultivars of oilseed rape have been compared at 3 sowing rates (22, 44 and 63 seed m⁻²), in particular: two conventional hybrids (Excalibur and Viking), one semi-dwarf hybrid (PR 45 D01) and one open pollinated variety (Viking) were tested. The field trial was set in plots at the experimental farm "L. Toniolo" of Padova University in Legnaro. The different sowing densities were obtained applying the same inter-row distance and modifying the distance of the seeds along the row.

The aim of this study was to analyze the effects of sowing rate on plant morphology and productivity, evaluating also seed yield and oil content. At this scope, during crop cycle, between September 2008 and June 2009, the crops were monitored by several samplings. In fixed phenological phases, plants were entirely sampled cutting them on the bottom, estimating then fresh and dry weight of shoot biomass, biomass partitioning, counting of ramifications and pods. Before harvesting, one area of 1m² for each plot was manually harvested. Oil content was also determined on seeds.

From the morphological investigation it emerged that sowing density significantly influenced plant structure, but considering the results referred at

surface level (1m^2), those macroscopic differences were sensitively reduced and mostly disappeared. Considering seed yield and oil content they were not found influenced by sowing rate, so a possible reduction of seed rate could be adopted aiming at reducing sowing costs.

The choice of the genotypes significantly effected biomass production, with conventional hybrids reaching the highest values, the semi-dwarf the lowest and the open pollinated variety an intermediate one. From the productive point of view Excalibur resulted particularly outstanding, reaching the highest seed yield combined surprisingly also with an elevate oil content. Also the semi-dwarf genotype, PR45D01, reached quite high yields in terms of both seed and oil. The open pollinated variety, Viking, highlighted for all surveyed parameters average values, otherwise the conventional hybrid, Taurus, presented very limited seed yield only partially explained by pod shattering due to its high precocity.

In view of these results it is possible to conclude that the lowest sowing density (22 seeds m^{-2}) should be conveniently adopted in optimal situations, allowing to prevent lodging problems, consequently reducing seed losses at harvesting and making this operation much easier. The intermediate sowing density (44 seeds m^{-2}) could be a convenient compromise to avoid problems caused by imperfect sowing and consequently insufficient plant emergence. The highest sowing density (63 seed m^{-2}) should be adopted only in case of sub-optimal conditions of sowing (very late, imperfect sowing bed) or with semi-dwarf genotypes, characterized by reduced shoot growth.

These findings have to be confirmed by further studies at open field scale.

Introduzione

Il colza

Generalità

Il colza è una coltura erbacea appartenente alla famiglia delle *Brassicaceae*, ottenuta per ibridazione naturale tra due specie del genere *Brassica*: *B. oleracea* (n=9) e *B. campestris* (n=10). Da questo incrocio si è creata una nuova specie, *B. napus* (n=19) della quale esistono due tipi, uno da seme (*var. oleifera*) il colza appunto, e uno da radice (Mosca e Toniolo, 1986).

È una pianta originaria del bacino mediterraneo e il suo nome deriva dall'olandese “koolzad”, che significa seme di cavolo. L'importanza di questa coltura è dovuta soprattutto alla presenza nel seme di una cospicua percentuale di olio (40-45%), che veniva utilizzato sin dal tardo Medio Evo nell'illuminazione pubblica e privata. L'olio di colza, grazie alla sua buona composizione acidica, trova utilizzazione prevalente nell'alimentazione umana (condimento, friggitoria, margarina, ecc.), in Canada, Cina e India è l'olio più utilizzato a tali scopi; ma pure nella fabbricazione di diversi prodotti industriali, quali vernici, smalti, materie plastiche. In seguito alla verificata tossicità dell'acido erucico, presente in grande quantità nell'olio, la sua coltivazione subì una lieve flessione, subito recuperata grazie all'introduzione di varietà migliorate geneticamente, nelle quali non è presente tale acido grasso.

La farina derivata dall'estrazione dell'olio ha un elevato tenore proteico, ma presentava il problema della presenza di fattori antinutrizionali che ne limitava l'utilizzo. Anche in questo caso con l'avvento di varietà migliorate, ovvero a basso tenore di glucosinolati, è stato risolto tale problema e il suo utilizzo nell'alimentazione zootecnica è in continuo aumento.

A partire dalla seconda guerra mondiale, per la scarsità dei prodotti petroliferi, l'olio venne utilizzato come lubrificante e come fonte combustibile per alimentare motori marini. Negli ultimi anni l'utilizzo dell'olio è stato indirizzato

verso la produzione di biocarburanti. La sua composizione lipochimica lo rende infatti idoneo per l'ottenimento di biodiesel, in seguito ad un processo di esterificazione. Nel panorama mondiale la produzione di olio di colza occupa la terza posizione, superato solo dall'olio di palma e di soia. Nel 2008 la superficie mondiale coltivata copriva 30,3 milioni di ettari con una produzione di circa 57,8 milioni di tonnellate di granella (*FAO 2008*). Il colza viene coltivato a livello internazionale prevalentemente in India, Cina, Pakistan, e Canada. A livello europeo i paesi maggiori produttori sono Germania, Francia, Polonia, Gran Bretagna, Repubblica Ceca, Danimarca e Romania con una produzione complessiva superiore a 18 milioni di tonnellate. (*Eurostat 2009, tabella 1*)

Produzione (.000t)	2004	2005	2006	2007	2008	2009
EU-27	15462	15454	15903	18231	18160	n.p.
Rep. Ceca	934	769	880	1031	1061	1128
Danimarca	468	342	434	596	637	n.p.
Germania	5276	5051	5336	5320	5159	6306
Francia	3993	4532	4144	4683	4854	5562
Ungheria	290	282	338	495	663	565
Austria	120	104	137	144	174	171
Polonia	1632	1449	1651	2129	2084	2496
Rep. Slovacca	262	235	259	321	445	386
Svezia	227	198.2	220	222	243	301
Gran Bretagna	1608	1706	1674	1896	n.p.	1951
Romania	98	147	175	361	732	571
Italia	5	6	6	14	24	50

Tabella 1 Produzione europea di colza (Eurostat 2009)

In Europa è la quarta coltura più diffusa, dopo frumento, mais e orzo (*Eurostat 2009*) ed è la coltura oleaginosa che riveste la maggiore importanza occupando il 36% della superficie destinata a questo tipo di coltivazioni. (*Tabella 2*)

Superfici (.000ha)	2004	2005	2006	2007	2008	2009
EU-27	4575	4800	5340	6511	6262	n.p.
Rep. Ceca	259	267	292	337	356	354
Danimarca	122	111	125	179	172	n.p.
Germania	1283	1343	1429	1548	1373	1471
Francia	1125	1231	1405	1615	1462	1470
Ungheria	104	122	142	225	251	267
Austria	35	35	42	48	56	56
Polonia	538	550	623	796	771	810
Romania	49	87	110	364	378	430

Tabella 2. Superfici coltivate a colza in Europa (Eurostat 2009)

In Italia dopo aver corso il rischio di scomparire negli anni '80, per i succitati problemi relativi alla tossicità dell'acido erucico e alla presenza di glucosinolati nella farina, la coltura sta ora subendo una forte espansione. Questo è dovuto oltre che alla realizzazione di varietà migliorate senza acido erucico e glucosinolati, anche ai contributi erogati dell'unione europea e soprattutto alla spinta esercitata dallo sviluppo dei biocarburanti, fonti di energia rinnovabile alternativa ai derivati del petrolio. Nel 2006 è stata approvata la *Legge n. 81 del 11 marzo 2006* che, in recepimento della Direttiva comunitaria n.30 del 2003, relativa all'incentivazione dell'impiego di biocarburanti, ha disposto un aumento delle quote di biodiesel, di origine nazionale, da miscelare al carburante diesel tradizionale come indicato in *Tabella 3 (Rosa, 2007)*.

Scadenza	Fine 2007	Fine 2008	Fine 2009	Fine 2010	Fine 2015
% miscelazione	1,00%	2,50%	4,00%	5,75%	8,00%
Produzione biodiesel (000 t)	250	625	1000	1437	2000
Superficie impiegata	250	625	1000	1400	2000
% della SAU nazionale	1,90%	4,70%	7,50%	10,00%	13,90%

Tabella 3 : Platform per il biodiesel agevolato (legge n.86/2006)

La superficie destinata a colza nel territorio nazionale è in continuo aumento e dai circa 2000 ettari del 2003 ha raggiunto nel 2009 una superficie coltivata pari a 24550 ettari. (*Tabella 4*)

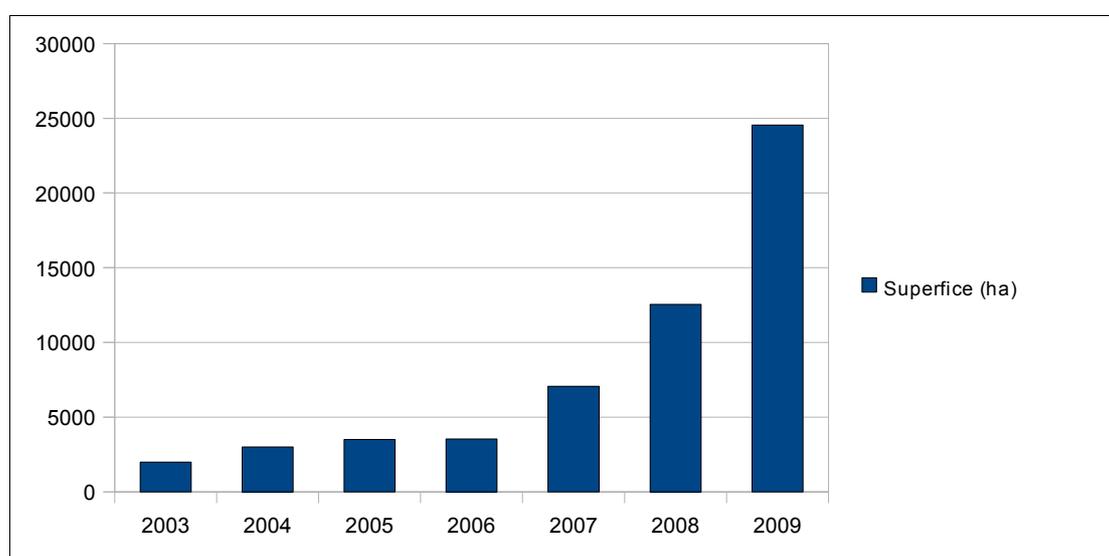


Tabella 4 Superficie destinata a colza in Italia (Istat 2009)

Anche in veneto la superficie destinata alla coltivazione del colza ha subito un considerevole aumento, seguendo il trend italiano, passando da 142 ettari nel 2006 a 3389 ettari nel 2009 (Tabella 5).

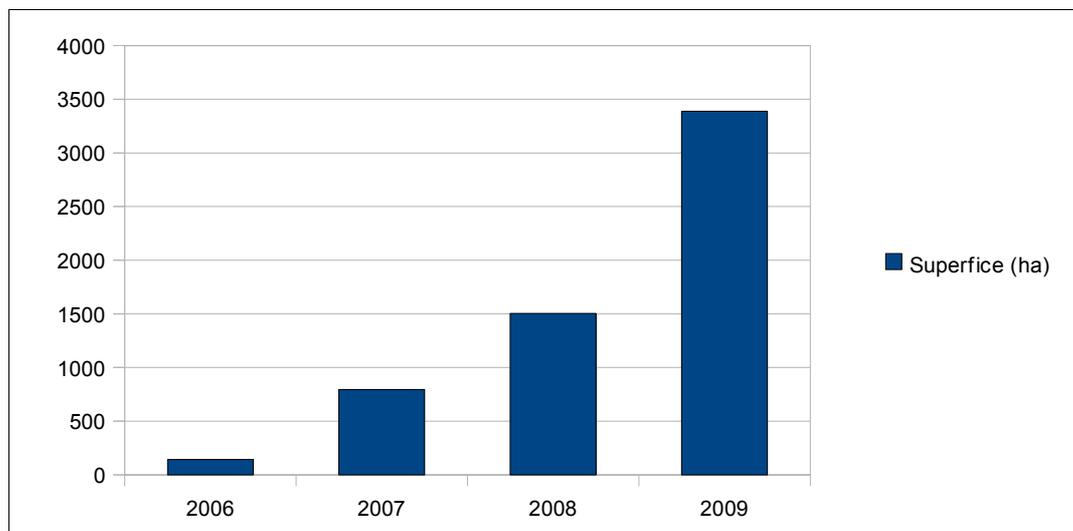


Tabella 5 Superficie destinata a colza in Veneto (Istat 2009)

Caratteristiche botaniche e biologiche-fenologiche

Il colza coltivato è una pianta annuale, dotata di un apparato radicale fittonante, moderatamente ramificato, che raggiunge agevolmente i 70-80 cm di profondità, anche se alcune radici possono frequentemente esplorare porzioni di suolo a profondità superiore al metro. Ciò nonostante la maggior parte della massa radicale si sviluppa nei primi 30-40 cm di terreno. Il colletto è leggermente ingrossato a livello del terreno.

Il fusto si presenta eretto, glabro e ramificato, raggiungendo in media un'altezza di 1,50 m e composto generalmente da 20-22 internodi. Negli stadi iniziali si presenta molto raccorciato, gli internodi sono praticamente assenti nella fase di rosetta, poi con la fase di levata cominciano ad allungarsi. 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. Attuando semine fitte si cerca di ridurre le ramificazioni per ottenere una fioritura, e quindi una maturazione, meno scalare. Vengono differenziate circa 20 foglie dal colore verde glauco, ricoperte da abbondante pruina. Quelle basali sono lirate e con lobo terminale molto grande,

differiscono da quelle superiori, di minori dimensioni, sessili e amplessicauli, abbraccianti parzialmente il fusto con la base della lamina che si formano durante la fase di levata.

L'infiorescenza a grappolo ha fioritura scalare e basipeta, (si aprono per prima i boccioli basali) e si trova in posizione terminale. Possono essere presenti 150-200 fiori ermafroditi composti da 4 petali disposti a croce, corolla di colore giallo (raramente bianco) sei stami e ovario supero. L'impollinazione è per il 70% autogama e per il 30% allogama (entomofila e anemofila).

Il frutto è una siliqua formata da due carpelli separati da un falso setto (replum) su cui sono inseriti i semi. Il numero dei semi varia seconda delle varietà da 15 a 40 per siliqua. A maturità i due carpelli possono aprirsi spontaneamente (deiscenza), sollevandosi dal basso e restando temporaneamente uniti nella parte terminale, questo può comportare la caduta dei semi, con anche notevoli perdite di produzione. La resistenza alla deiscenza è variabile nelle diverse varietà, ma si selezionano varietà con resistenze tali da consentire lievi perdite di prodotto anche se viene ritardato il momento della raccolta.

Il seme è sferico, dal diametro di circa 2 mm, liscio, di colore bruno rossastro, più scuro col procedere della maturazione. Il peso unitario del seme è di norma compreso tra 3,5-5 mg, più elevato nei tipi invernali meno nei primaverili. Privato del tegumento, che rappresenta il 12-20% in peso, il seme è composto da due cotiledoni contenenti circa il 50% in olio e proteina e dall'embrione contenente il 40-42% in olio e il 21-24% in proteina. (*Toniolo e Mosca, 1986*).

Queste sostanze, adeguatamente accumulate durante la fase di riempimento del seme, sono successivamente rimobilitate per mezzo di processi di idrolisi per essere utilizzate durante le fasi di germinazione ed emergenza. Dopo la fuoriuscita dei cotiledoni dal terreno, la plantula smette gradualmente di dipendere dalle sostanze di riserva e attraverso l'apparto radicale, ancora embrionale, comincia ad assorbire dal terreno le sostanze nutritive di cui necessita.

Lo sviluppo della coltura è caratterizzato dal susseguirsi di diversi stadi fenologici ciascuno associato ad un particolare aspetto morfologico, come proposto nella classificazione CETIOM-INRA 1996 (*Tab. 6*), che nella

fattispecie si riferisce ad una coltura con ciclo autunno-primaverile.

Stadio A Cotiledonare	Assenza di foglie vere; sono visibili i 2 cotiledoni
Stadio B Rosetta	Inizia la formazione delle prime foglie vere; assenza di internodi tra i piccioli e mancanza di un vero fusto. Lo stadio si suddivide in: B1, B2...Bn, dove n= numero di foglie vere aperte completamente distese.
Stadio C Levata	Durante questo stadio si realizza lo sviluppo della pianta; C1: ripresa vegetativa, comparsa di nuove foglie C2: internodi visibili; alla base dei nuovi piccioli si nota una strozzatura verde chiara corrispondente all'inizio del fusto.
Stadio D Bottoni fiorali riuniti	D1: Bottoni fiorali ravvicinati tra loro ancora nascosti dalle foglie terminali D2: Bottoni fiorali ben visibili ma ancora accostati, visibili anche le infiorescenze secondarie.
Stadio E Bottoni fiorali separati	Inizia l'allungamento dei peduncoli fiorali, ad iniziare da quelli periferici, ed il loro successivo distanziamento.
Stadio F Fioritura	F1: inizia l'apertura dei fiori F2: presenza di numerosi fiori aperti sullo scapo florale in allungamento
Stadio G Formazione delle silique	Comprende il periodo che va dalla caduta dei primi petali fino alla maturazione. G1: caduta dei primi petali, le silique hanno una lunghezza inferiore ai 2 cm G2: le prime 10 silique hanno una lunghezza tra 2 e 4 cm G3: le prime 10 silique hanno una lunghezza superiore ai 4 cm G4: le prime 10 silique si presentano ingrossate G5: i semi virano di colore

Tabella 6. Stadi fenologici del colza (CETIOM – INRA, 1996)

Superato lo stadio cotiledonare inizia la differenziazione delle prime foglie vere; queste continuano a svilupparsi fino a raggiungere, all'entrata nella stagione invernale il numero di 6-8 foglie, caratterizzando lo stadio di rosetta, che conferisce alla coltura una notevole resistenza al freddo. Durante l'inverno la differenziazione continua molto lentamente e, sotto lo stimolo delle basse temperature sull'apice vegetativo, avviene il processo di vernalizzazione che induce la differenziazione a fiore. All'uscita dalla stagione fredda, generalmente verso la fine di Marzo, avviene la ripresa vegetativa ed inizia la fase di levata, contraddistinta da un rapido allungamento del fusto ed un netto distanziamento degli internodi. Lo sviluppo del fusto termina alla fine della fase di fioritura. La crescita in questa fase e in tutta la fase precedente alla fioritura influenza già la produzione potenziale di silique (Habekotté, 1993). Attorno alla metà di Aprile, in contemporanea a questa rapida crescita vegetativa, inizia anche la fase di fioritura. I bottoni fiorali più bassi che si trovano sull'asse principale sono i

primi a schiudersi, seguiti in breve tempo da quelli che si trovano sulle ramificazioni laterali. Spesso gli ultimi fiori a sbocciare abortiscono, oppure non portano a maturazione le silique. Alla fine del suddetto mese la coltura raggiunge la fase di piena fioritura, un momento molto delicato in quanto la grande abbondanza di fiori causa un forte ombreggiamento, che può ridurre le capacità fotosintetiche del colza. Il contributo nell'intercettazione della luce da parte dei fusti e quello delle silique neo-formate sopperiscono a questa carenza, aumentando la superficie fotosinteticamente attiva della coltura, e diventando la fonte principale per l'approvvigionamento di fotosintetati nell'ultimo periodo di sviluppo, quando ormai le foglie più basse sono andate incontro a senescenza. La disponibilità di luce per la produzione di assimilati in questo periodo potrebbe essere aumentata col miglioramento genetico, utilizzando varietà con petali più piccoli o addirittura sviluppando linee ibride senza petali (*Yates e Stevens, 1987*). Secondo uno studio effettuato da *Hocking et al., (1997)*, in fase di fioritura viene accumulato il 50% della sostanza secca contenuta nella pianta a maturità. Nella fase finale del ciclo vegetativo le silique continuano a crescere e svilupparsi, quelle portate dall'asse centrale sono più grosse e maturano prima, quelle delle ramificazioni laterali maturano più tardi e sono di minori dimensioni. Le silique mantengono la loro attività fotosintetica fin tanto che raggiungono una tipica colorazione gialla, a quel punto cessa anche l'accumulo di nutrienti all'interno del seme e l'unico processo che interessa la coltura è la perdita di umidità. La rimobilitazione dei carboidrati di riserva, accumulati durante le fasi precoci di crescita nelle radici, fusti, foglie e tegumento delle silique, può contribuire al riempimento dei semi in percentuali dal 7% al 12% (*Rood et al., 1984*).

Esigenze pedoclimatiche

Si possono distinguere due tipologie di colza:

-invernale, con ciclo autunno-primaverile, che sopportano bene climi rigidi e si adattano ad un fotoperiodo inferiore alle 10 h; sono coltivate in Italia e nella maggior parte degli stati europei e necessitano di attraversare un periodo con basse temperature (vernalizzazione) affinché avvenga la differenziazione a fiore.

-primaverile o alternative, a ciclo primaverile-estivo, che crescono con fotoperiodo fino a 24h; sono coltivate a latitudini molto elevate dove gli inverni troppo rigidi non consentono la coltivazione (Canada) e ottenute in seguito a selezioni e miglioramenti genetici in modo che non debbano superare un periodo di vernalizzazione per andare in fioritura.

Le cultivar invernali sono caratterizzate da maggiori produzioni rispetto alle primaverili.

A differenza della maggior parte delle oleaginose il colza invernale da olio è una specie microterma, con zero di vegetazione vicino agli 0°C e che sopporta bene i freddi invernali; allo stadio di rosetta, con 6-8 foglie vere, diametro del colletto pari a 6-7 mm e fittoncino di 15-20 cm resiste fino a -15°C.

Preferisce temperature relativamente basse alla fioritura, durante la maturazione del seme è più tollerante alle alte temperature purché non accompagnate da carenze idriche. Cresce bene in suoli leggeri che facilitano la ripresa vegetativa e l'approfondimento radicale, ma si adatta a qualsiasi tipo di terreno, purché siano ben drenati, teme infatti i ristagni idrici durante il periodo invernale.

Si adatta bene a terreni cosiddetti marginali, non vocati per altre colture tradizionali, ed essendo una coltura a basso input si sviluppa bene anche con modeste concimazioni azotate (*Toniolo e Mosca, 1986*).

Tecniche colturali ed esigenze agronomiche

Avvicendamento

Il colza si avvicenda bene in successione a frumento del quale occupa lo stesso posto nell'avvicendamento. Anche dopo mais si hanno buoni risultati, in quanto questo cereale riceve importanti concimazioni azotate che il colza riesce a sfruttare.

L'inserimento del colza in una rotazione di soli cereali porta ad un miglioramento della struttura del terreno, interrompe il ciclo di varie malattie come la fusariosi e marciumi vari (*Pythium*, *Alternaria*) e facilita la lotta alle malerbe.

Grazie alla sua precocità di raccolta, in zone irrigue o con sufficienti precipitazioni durante la stagione calda, lascia la possibilità di effettuare la coltivazione di una coltura intercalare estiva.

Ne è sconsigliata la successione a se stesso, soprattutto se si verificano attacchi di *Phoma lingam*, sarebbe infatti indicato il ritorno della coltivazione del colza sullo stesso terreno non prima di 4 anni. Si possono avere problemi anche in successione alla barbabietola, essendo entrambe suscettibili al nematode *Heterodera schachtii*, o quando la sua coltivazione segue il girasole o la soia che con il colza condividono la suscettibilità al fungo *Sclerotinia sclerotiorum*.

Preparazione del terreno

La lavorazione del terreno è uno degli aspetti più delicati della tecnica colturale del colza (*Ciriciofolo et al. 2001*). A causa delle ridotte dimensioni del seme è importante una buona preparazione del letto di semina, che non deve essere troppo grossolano né troppo fine nel caso si possa temere la formazione di crosta superficiale. Si consentirà in questo modo una rapida e regolare emergenza. Un'accurata preparazione del terreno dà inoltre alla pianta la possibilità di svilupparsi sufficientemente prima dell'arresto vegetativo dovuto al sopraggiungere dell'inverno.

È importante una buona sistemazione idraulica dei terreni per consentire un

corretto drenaggio. La presenza di ristagni d'acqua nel periodo autunno-invernale, quando le piantine sono in fasi precoci di sviluppo, ne impedisce il corretto sviluppo radicale e le rende più suscettibili a danni da freddo e attacchi fungini.

Non esiste una scelta generalizzabile per quanto riguarda le lavorazioni principali, a causa della diversità dei terreni e delle condizioni climatiche; solitamente però un'aratura a 30 cm di profondità come lavorazione principale, seguita da un erpicatura con erpice rotativo come lavorazione secondaria possono ritenersi sufficienti. Indipendentemente dai mezzi utilizzati, l'obiettivo delle operazioni di lavorazione del terreno è quello di ottenere un profilo di terreno rappresentato da quattro strati:

- in superficie, piccole zolle con diametro massimo di 3 cm, per evitare rischi di formazione di crosta e favorire l'esito di eventuali trattamenti con erbicidi in presemina e pre-emergenza;
- letto di semina con terra fine nella quale verrà deposto il seme;
- zona con zolle sbriciolate con la lavorazione secondaria
- suolo sufficientemente fessurato, con zolle accostate fra loro, ottenuto con una lavorazione profonda, che deve permettere l'approfondimento del fittone e delle radici secondarie (*Toniolo e Mosca, 1986*)

È sempre importante effettuare le lavorazioni con il terreno in tempera.

Si sono ottenuti buoni risultati anche con la minima lavorazione o la semina su sodo, che consentono notevoli riduzioni dei costi di carburante senza influire troppo sulle rese; si deve però prestare attenzione ad asportare la paglia, per evitare un'eccessiva macro-porosità nei primi strati di suolo, con pericolo di essiccazione per le radici nel primo periodo di sviluppo.

Concimazione

Lo scopo della concimazione è quello di integrare le riserve di elementi nutritivi del terreno per metterli a disposizione della coltura nelle quantità e nelle forme più adeguate ai fabbisogni della pianta; si otterranno così rese considerevoli e un prodotto con elevate caratteristiche qualitative. Dev'essere effettuata nel rispetto dell'ambiente prestando particolare attenzione alle perdite per dilavamento di

elementi lisciviabili come l'azoto, che potrebbero inquinare le falde acquifere.

Il colza è una coltura abbastanza esigente in fatto di concimazione, infatti con una resa ipotetica di 3 t/ha la coltura avrà bisogno di 210 kg di N, 75 kg di P₂O₅ e di 300 kg di K₂O; si deve però tener conto che gran parte degli elementi nutritivi prelevati dalla coltura ritornano nel terreno con i residui colturali a fine ciclo: circa il 55% dell'azoto, il 50% del fosforo e fino al 90% del potassio.

Le asportazioni effettive di elementi nutritivi dal terreno saranno quindi di circa 95 kg di azoto, 40 kg P₂O₅ di e 30 kg di K₂O.

Per ottenere buone produzioni in seme, in terreni che dispongono già di una buona fertilità, sono consigliare le dosi di 150 kg/ha di N 80 kg/ha di P₂O₅ e 70 kg/ha di K₂O (*Toniolo e Mosca, 1986*).

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

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

- la dotazione del terreno in elementi fertilizzanti (rilevabile con l'analisi chimica del terreno, da ripetere ogni 4-5 anni);
- la natura del suolo (rilevabile con l'analisi granulometrica, da effettuare *una tantum*);
- la precessione colturale (quantità e qualità dei residui colturali);
- andamento termo-pluviometrico dalla raccolta della coltura precedente al momento della concimazione (la temperatura influisce sulla mineralizzazione della sostanza organica, la pioggia sul dilavamento

dell'azoto);

- lo stato del colza all'uscita dall'inverno (più è cresciuto, più azoto ha già assorbito);
- la varietà utilizzata (per quanto concerne la suscettibilità all'allettamento).

Fosforo e potassio, essendo poco mobili, vengono distribuiti interamente in presemina e interrati con le lavorazioni principali effettuate sul terreno, in modo da portarli nella massa di terreno interessata dall'apparato radicale.

Nel caso di semina su sodo la concimazione con questi due elementi dovrà essere anticipata alla coltura che precede il colza.

Il fosforo è generalmente presente nel terreno, ma a causa della sua scarsa mobilità è bene che il suo livello di riserva sia elevato perché la pianta sia correttamente alimentata. La quantità da somministrare varia da 60 a 80 kg/ha di P_2O_5 , il che corrisponde a distribuire 120-170 kg/ha di perfosfato triplo, concime consigliato per l'elevato titolo (46-48%) e per il basso costo per unità fertilizzante.

Le richieste di potassio da parte del colza sono molto elevate e il massimo fabbisogno si ha da poco prima dell'inizio della fioritura per tutto il periodo in cui questa si svolge (fino a 3 kg /ha al giorno).

La dose di potassio dipende dalla dotazione di questo elemento nel terreno, in genere presente in notevole quantità. L'apporto di 50-70 Kg di K_2O si rivela sufficiente, prevedendo una importante restituzione dell'elemento al terreno a fine ciclo. Si consiglia di utilizzare come concime potassico il solfato di potassio, che ha titolo 48-52% e inoltre contiene il 18% di zolfo.

L'azoto è considerato l'elemento più importante, stimola il vigore vegetativo, consente la formazione di un apparato fogliare ben sviluppato e con un'alta efficienza fotosintetica, influenza l'attività produttiva stimolando la produzione di infiorescenze e favorendo un maggiore sviluppo della pianta nel suo complesso. Aumentando l'apporto di azoto si tende a estendere l'emissione di

fiori e la fruttificazione ai rami più bassi, modificando così la distribuzione degli organi riproduttivi, solitamente accentuata verso l'alto. L'eccesso di azoto porta ad un aumento dei fiori ma anche un più elevato numero di aborti; la produzione per ettaro tende ad aumentare, a scapito però della quantità di olio nei semi, che diminuisce.

Gli apporti di questo elemento sono sfruttati a pieno se lo sviluppo vegetativo è regolare e la densità delle piante è sufficiente. La presenza di azoto è particolarmente necessaria dalla ripresa vegetativa all'inizio della fioritura.

La concimazione azotata si effettua generalmente con due interventi: uno in presemina e uno in prelevata.

La concimazione in presemina viene tendenzialmente usata sempre meno, in quanto con i nuovi materiali genetici a disposizione si riesce a sfruttare bene l'azoto a disposizione nel terreno e un ulteriore apporto di tale elemento comporterebbe uno sviluppo eccessivo delle piantine, non ottimale per il superamento dell'inverno.

Il secondo apporto di azoto dovrà essere eseguito appena prima dell'inizio della crescita primaverile, che si colloca, a seconda delle zone e dell'andamento stagionale, tra la fine di Febbraio e la metà di Marzo. Il momento della concimazione corrisponde allo stadio C1 di sviluppo della coltura, che evidenzia la comparsa di foglie di un verde più chiaro, che spuntano dal “cuore” della pianta. Interventi ritardati, eseguiti in Aprile, non hanno dato risultati apprezzabili.

La dose da somministrare si identifica mediamente in 80-100 kg/ha di azoto. Indipendentemente dalla dose di azoto applicata, la concentrazione di tale elemento nei fusti e negli altri organi vegetativi della coltura continua a decrescere col procedere della stagione vegetativa. Il declino è maggiore dopo l'inizio della fioritura, quando la produzione di sostanza secca è proporzionalmente molto più alta rispetto all'assorbimento di azoto dal terreno. In ogni caso, la risposta produttiva del colza alla fertilizzazione azotata dipende in parte dalla capacità della coltura di rimobilizzare l'azoto dagli organi vegetativi senescenti e di traslocarlo nei semi in via di sviluppo. Purtroppo, una consistente frazione di azoto non riesce a essere rimobilizzata dalle foglie prima della loro abscissione (*Hocking et al., 1997*).

Eccessi azotati potrebbero portare a problemi di allettamento, maggiore suscettibilità alle malattie e maggiore competizione da parte di infestanti eventualmente presenti, con conseguenti riduzioni di produzione. Si aumenterà poi il rischio di perdite per lisciviazione dell'azoto nitrico correndo il pericolo di inquinare le falde acquifere.

Se la quantità distribuita non è invece sufficiente la coltura non riuscirà ad esprimere al meglio le sue capacità produttive.

La dose da distribuire può essere determinata anche calcolando l'azoto già assorbito e per sottrazione ottenere la quantità di cui necessita ancora la coltura. La stima può essere effettuata seguendo un metodo “per pesata” o uno “per visuale”. Entrambi sono stati messi a punto da un centro di ricerca francese, il CETIOM (Centre technique interprofessionnel des oléagineux métropolitains) . Il primo prende il nome di “reglette azote” (*Cetiom, 1998*); permette, fissando in premessa un realistico obiettivo di resa, e tenendo conto del tipo di terreno e della sua dotazione organica, di stimare la giusta dose di azoto primaverile misurando la biomassa presente tramite pesata. Vengono scelte 2-3 aree di saggio di 1m² di superficie dove le piante vengono tagliate al colletto, ottenendo così i valori di biomassa espressi in kg/m². I dati così ottenuti, confrontati con una tabella indicheranno la dose da distribuire. Generalmente, a parità di resa prevista, piante più sviluppate riceveranno meno azoto, poiché la quantità che ne hanno già assorbita è maggiore. Questo metodo, molto utilizzato dagli

agricoltori francesi, ha permesso di ridurre gli apporti azotati senza provocare sensibili diminuzioni di resa.

Il metodo per visuale si basa sugli stessi principi, ma per calcolare la biomassa già prodotta si eseguono misurazioni a vista, aiutandosi con uno strumento che funge da punto di riferimento.

La presenza di composti solforosi (tioglucosinolati) nei semi e nella pianta del colza la rende abbastanza esigente per questo elemento; richiede infatti per un'ipotetica resa di 3 t/ha circa 185 kg/ha di zolfo. Anche in questo caso però solo una parte viene asportata con la granella, circa 62 kg e la rimanente viene restituita al terreno. La concimazione solfatica è però poco praticata, in quanto i terreni ne sono generalmente ben dotati. Si può verificare la necessità di effettuarla in terreni sabbiosi, acidi e poco profondi, o se a causa di abbassamenti di temperatura la mineralizzazione non è sufficiente e lo zolfo non si rende disponibile. Quando la si effettua si utilizzano composti minerali quali solfato ammonico o solfato di potassio, che oltre allo zolfo forniscono anche altri importanti elementi.

Lotta alle malerbe

Per quanto riguarda la lotta alle infestanti le modalità di intervento sono vincolate alla modalità di semina: nel caso di semina a file larghe (interfila 45cm) si consiglia un intervento chimico in pre-emergenza seguito da un intervento meccanico come la sarchiatura prima che la coltura chiuda la fila. Nel caso di semina più fitta (interfila 15-20 cm) si eseguirà un intervento chimico in pre-emergenza, seguito da altri interventi chimici in post-emergenza contro graminacee annuali.

Un problema non indifferente è dato da infestanti appartenenti alla famiglia delle *Brassicaceae*, che oltre ai danni legati alla competizione per acqua, luce e nutrienti possono indurre un aumento di umidità e impurità della granella e una variazione del profilo di acidi grassi che porta a un peggioramento della qualità dell'olio; inoltre a causa di queste *Brassicaceae* spontanee può verificarsi la

presenza di glucosinolati nelle farine di estrazione. In questi casi l'interfila più larga e l'intervento di sarchiatura sono consigliati, in quanto mancano erbicidi selettivi efficaci. Allo stato attuale il numero dei principi attivi disponibile per la lotta chimica alle malerbe in colza è molto ridotto e le scelte possono ricadere solamente su Trifluralin per trattamenti in pre-semina contro mono e dicotiledoni, Metazachlor per distribuzioni in pre-emergenza e Clopyralid associabile a vari graminicidi in post-emergenza (*De Mastro e Bona, 1998*).

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

Raccolta

Indicativamente nel nord Italia il periodo di raccolta si colloca tra la seconda e la terza decade di giugno. Quando il contenuto di acqua dei semi è sceso intorno al 35% il colza ha raggiunto la maturazione fisiologica: da questo momento in poi non si avranno ulteriori aumenti di produzione, ma solo perdita di acqua. La mietitrebbiatura deve essere effettuata quando l'umidità media del seme è compresa tra il 12 e il 20%. Con umidità inferiore al 12% si verificano danni per rottura e decorticazione dei semi, che ne compromettono la conservabilità.

Se la raccolta è troppo anticipata si possono causare danni ai semi, i quali inoltre possono presentare un alto contenuto in clorofilla e generare un olio di qualità scadente, per questo il limite massimo di clorofilla consentito nei semi maturi è 25 ppm (*Toniolo e Mosca, 1986*). Un altro problema legato ad una raccolta anticipata è l'elevata umidità del seme a causa della quale si andrà incontro ad alti costi di essiccazione. Se viene ritardata invece, si corrono rischi di perdita di prodotto, in quanto le silique sono soggette a deiscenza, e le piante a problemi di allettamento. Generalmente al momento della raccolta la pianta si presenta con la metà inferiore dello stelo ancora verde, silique e ramificazioni completamente secchi e semi di colore bruno rossastro o grigio piombo.

Per la raccolta vengono utilizzate mietitrebbiatrici da frumento alle quali vengono apportate opportune modifiche come la dotazione ai lati della

piattaforma di taglio di barre falcianti verticali, in grado di agevolare l'avanzamento tra piante allettate e molto fitte. Inoltre, a causa delle ridotte dimensioni dei semi e della loro tendenza a staccarsi facilmente dalle silique risulta utile l'adozione di un aspo pettinatore arretrato, onde evitare perdite per sgranatura, e la riduzione della velocità di avanzamento e di rotazione del battitore (500-600 giri/min) rispetto a quelle adottate per il frumento (*Toniolo e Mosca, 1986*).

Nei nostri ambienti, con ciclo autunno primaverile si ottengono rese medie di 2,5-3,5 t/ha di granella. Con la semina primaverile, data la brevità del ciclo, le produzioni sono molto inferiori, e si attestano intorno a 1,5-1,8 t/ha.

Per la conservazione il seme deve avere un'umidità compresa tra il 6% e l'8%, raggiunta in seguito a un processo di essiccazione alla temperatura di 40°C.

Il contenuto in olio e la sua composizione variano a seconda delle condizioni ambientali e delle varietà impiegate. Per le migliori varietà tale contenuto si aggira intorno al 40-45% sulla sostanza secca del seme intero.

La qualità dell'olio è determinata dalla sua composizione in acidi grassi.

In seguito alla constatata nocività dell'acido erucico si sono selezionate varietà che non ne contenessero, cultivar “zero erucico”, nella composizione acidica delle quali vi è un aumento della percentuale dell'acido oleico e linoleico (*Tabella 7*).

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 7. Composizione acidica di varietà alto erucico (HEAR) e basso erucico (LEAR).

Il seme, oltre alla componente lipidica (olio) è composto prevalentemente da proteine, carboidrati e glucosinolati. Questi ultimi, che si presume entrino nei meccanismi di difesa della pianta contro insetti e funghi, hanno anche un'influenza negativa sul funzionamento della tiroide negli animali monogastrici e pertanto vengono denominati gozzigeni. La presenza di queste sostanze limita o

addirittura impedisce la presenza della farina di estrazione di colza nella dieta animale. Attraverso vie genetiche si è però riusciti a ottenere varietà che non contengano glucosinolati nella granella, rendendo così utilizzabile la farina di estrazione per usi zootecnici. Questa è ricca in fibra (27-30%), in protidi grezzi (38-40%) di elevato valore biologico (pari al 95% del valore della farina di soia), ricca in lisina e con una composizione aminoacidica ben equilibrata.

Le varietà migliorate, sia per il basso tenore in acido erucico che per il basso contenuto in glucosinolati vengono indicate come varietà o cultivar “doppio zero” o “00”.

Per la commercializzazione il prodotto deve rispettare dei parametri di qualità.

Si riportano i parametri contenuti nel Disciplinare di Produzione Integrata:

- contenuto in olio: non inferiore al 38%
- umidità dei semi: non superiore al 9%
- impurità: non superiori al 5%
- contenuto in glucosinolati: non superiore a 18 $\mu\text{moli/g}$ di farina disoleata

Avversità

Il colza è attaccato da diversi parassiti vegetali e animali.

Per quanto riguarda i parassiti fungini, i maggiori problemi sono dati da:

- *Alternaria Brassicae* (alternariosi delle crucifere): presente in tutte le zone di coltivazione del colza, è tra le malattie più diffuse; può presentarsi dai primi stati di sviluppo fino alla formazione delle silique, la sua pericolosità dipende dall'andamento climatico (periodi caldi e piovosi) ed è maggiore dalla fioritura in avanti. Si manifesta in genere con piccole macchie nere, alternate a zone chiare, poste sulle foglie, sui fusti e sulle silique su cui apporta il maggior danno. Nei casi più gravi può comportare la morte delle plantule. Se l'attacco avviene durante l'allegagione si ha un peso dei 1000 semi inferiore al normale, con attacchi importanti le silique possono aprirsi e lasciar cadere i semi.
- *Sclerotinia sclerotiorum* (marciume molle): specie polifaga che attacca

anche soia e girasole. I primi sintomi appaiono sulle foglie quando la pianta perde i petali. L'attacco avviene a maggio e l'infezione è predominante all'ascella delle foglie dove più spesso si fermano i petali caduti. Si manifesta sotto forma di marciume di colore grigio carico-verde che può ricoprirsi di peluria bianca (micelio del fungo), successivamente progredisce nel picciolo e nel fusto sul quale si forma una macchia bianca di diversi centimetri; si formano poi i corpi fruttiferi (apoteci) che liberano le spore (ascospore), queste disseminate ad opera del vento infettando le piante circostanti. Più tardi all'interno del fusto compaiono dei granuli neri, gli sclerozi destinati alla conservazione della specie, che possono rimanere vitali nel terreno nei residui colturali e nelle partite di seme.

- *Phoma lingam* (cancro del fusto): causa dapprima macchie chiare tendenti al bianco sui cotiledoni e sulle foglie. Su queste si osservano poi piccoli punti neri corrispondenti alle fruttificazioni che producono spore; queste infettano le altre piante con gli schizzi d'acqua dovuti alla pioggia. Più avanti si formano necrosi al colletto che portano a lesioni più o meno gravi del fittone. Questi marciumi al colletto e sullo stelo avvengono in primavera e comportano la suberificazione e la marcescenza del tessuto. Viene così impedita l'assimilazione e le piante in stadio avanzato di sviluppo si allettano.
- *Cylindrosporium concentricum*: si manifesta sulle foglie dall'emergenza alla raccolta sottoforma di macchie biancastre contornate o meno da puntini bianchi, ma attacca anche il fusto, i fiori e le silique e può causare perdite importanti. La lotta può essere chimica o attraverso l'adozione di varietà tolleranti, ma in ogni caso, per limitare l'inoculo primario, è importante interrare i residui colturali prima della nuova semina (Toniolo e Mosca, 1986).

Gli insetti che causano i maggiori danni al colza, e contro i quali si interviene sono i seguenti:

- *Psylliodes chrysocephala* (altica del colza): è un coleottero estremamente diffuso, che può causare danni ingenti. Gli adulti provocano erosioni sulla

lamina fogliare ed alla base del fusto che ritardano la crescita o possono, se numerose, portare anche alla morte della pianta. L'attacco può avvenire in autunno, la soglia di intervento si raggiunge quando tre piante su dieci presentano erosioni sui cotiledoni o sulle prime foglie vere. Gli attacchi si possono avere anche alla ripresa vegetativa con gallerie sul picciolo e sul fusto principale ed all'ascella delle foglie. Si esegue il trattamento quando più del 70% delle piante presentano almeno una galleria. Le larve sono certamente le più dannose, per precauzione è bene effettuare una geodisinfestazione localizzata alla semina con prodotti sistemici, oppure effettuare trattamenti insetticidi sulla vegetazione

- *Meligethes aeneus* (meligete delle crucifere): piccolo coleottero blu-nero di circa 2,5 mm di lunghezza. Compare durante lo stadio di bocciolo florale, invade la coltura a fine marzo-inizio aprile e diventa più abbondante in maggio. I danni provocati consistono in erosione del bocciolo e distruzione dell'ovario. Gli adulti divorano i bottoni per nutrirsi del loro polline. Quando i primi fiori sono sfioriti si nutrono preferibilmente con polline libero, e quindi non c'è più pericolo di danno. Le larve nate dalle uova deposte nelle gemme si alimentano prima di queste ultime e poi delle silique; a maturità si impupano nel terreno. Compie una generazione l'anno. La soglia di intervento è di 5-8 coleotteri per pianta ai bordi della coltura e 2-3 coleotteri per pianta nella coltura. Il trattamento dev'essere effettuato prima dell'inizio della fioritura.
- *Ceuthorrhynchus assimilis* (punteruolo delle silique): è un coleottero grigio, la sua incidenza varia di anno in anno e gli attacchi più pericolosi si hanno nei luoghi dove la coltura è più affermata. Compare all'inizio della fioritura. Le uova vengono deposte nelle silique che sono poi erose dalle larve. Per nutrirsi distruggono i bottoni floreali e rodono le giovani silique. Quando non vi è più alimento le larve lasciano il frutto e vanno a ripararsi nel terreno dove passano l'inverno in residui legnosi o sulle siepi. Il livello di guardia del danno è considerato raggiunto quando sono presenti 1-2 coleotteri ogni 2 piante. Le larve distruggono i semi all'interno dei frutti (3-4 frutti in media). (Toniolo e Mosca, 1986).

Panorama varietale

L'attività di miglioramento genetico del colza è relativamente breve, soprattutto se confrontata con la lunga tradizione di selezione di altre colture come frumento o mais, e prese il via in seguito alla carenza di olio verificatasi nel secondo dopoguerra. In Europa, i Paesi nei quali si è lavorato maggiormente sul miglioramento genetico di questa oleifera sono Francia e Germania. Attualmente le varietà disponibili sul mercato sono numerose e ben differenziabili tra loro.

Una prima importante differenziazione si può fare in base al ciclo colturale, distinguendo varietà “winter”, con ciclo autunno-vernino e varietà “spring” con ciclo primaverile-estivo. I primi presentano un fabbisogno in freddo di circa 600-700 GDD (Growing Degree Days), soddisfabile in 6-8 settimane a temperature inferiori a 7°C. Si coltivano bene in zone con inverni freddi, ma dove le temperature non scendano oltre i 15°C sotto lo zero; pertanto il centro e nord Europa e per quanto riguarda l'Italia, la Pianura Padana, rappresentano gli areali più adatti a queste varietà, che agevolmente raggiungono standard produttivi elevati. Le varietà “spring” sono generalmente coltivate in paesi dal clima molto freddo, come il Canada, dove le bassissime temperature invernali non permetterebbero la sopravvivenza delle piante. In alcuni casi, queste varietà possono anche essere impiegate in semina autunnale, ad esempio nei paesi caldi, dove gli inverni miti non sempre possono assicurare il soddisfacimento del fabbisogno di freddo e quindi l'induzione a fiore.

Gli obiettivi del lavoro di selezione puntano principalmente a migliorare la produzione, in termini quantitativi e qualitativi, e ad aumentare la resistenza delle piante alle diverse situazioni di stress. Per quanto riguarda l'aumento delle resa, l'attività di selezione è rivolta a migliorare alcune caratteristiche morfologiche come il numero di semi per siliqua, la diminuzione della scalarità di fioritura, la riduzione della deiscenza delle silique, l'abbassamento della taglia per ridurre il fenomeno dell'allettamento e l'aumento della resistenza alle

principali fitopatie.

Nel panorama varietale possiamo distinguere poi diverse tipologie di seme, caratterizzate da diverse potenzialità produttive e adatti a diversi ambiti di coltivazione:

- varietà tradizionali (a impollinazione libera) i cui semi hanno un costo contenuto ma che sono comunque caratterizzati da una buona produttività, soprattutto con un ambiente di coltivazione ostile o comunque poco consono al colza. Hanno un accrescimento meno vigoroso degli ibridi, ma riescono comunque a raggiungere rese di 3,5-4 t/ha di seme secco, a condizione che la semina venga effettuata entro la fine di settembre.
- linee ibride composte (CHL, Composite Hybrid Line) ottenute dalla mescolanza di una linea maschiosterile (circa l'80%) e di una impollinante (circa il 20%). Queste linee sono state le prime ad essere ottenute, ma oggi sono state soppiantate dai cosiddetti veri ibridi (CHH, Composite Hybrid Hybrid) con fertilità maschile completamente ristorata. Questi a loro volta si dividono in 2 tipologie:
 - ibridi a taglia normale CHH, disponibili in Italia dal 1994, producono piante vigorose che permettono di raggiungere rese in granella più elevate rispetto alle varietà tradizionali, ai dwarf e ai semi-dwarf, hanno infatti potenzialità produttive che raggiungono e a volte superano le 4,5-5 t/ha in granella secca. L'accrescimento particolarmente vigoroso li rende idonei anche a semine ritardate, comunque non oltre i primi giorni di ottobre, raggiungendo in tempo le giuste dimensioni per affrontare il freddo invernale. Per contro il loro seme risulta più costoso e in condizioni sfavorevoli si possono avere notevoli problemi di allettamento dovute all'altezza delle piante, che può causare perdite alla raccolta fino al 20-30%. Il vantaggio competitivo dell'ibrido rispetto a una varietà tradizionale risulta significativo solo in condizioni ottimali, mentre se coltivato in regimi di *low input* o in condizioni ambientali sfavorevoli tale vantaggio scompare del tutto
 - ibridi di tipo nano o semi-nano (dwarf o semi-dwarf, CHH). I primi trovano utilizzo quasi esclusivamente per ottenere ibridi semi-nani in seguito a incrocio con ibridi a taglia normale, a causa delle loro produzioni troppo

basse. I secondi hanno una taglia più ridotta rispetto agli ibridi di statura standard, dovuta a internodi ravvicinati e un accrescimento più contenuto. Normalmente sono caratterizzati da potenzialità produttive più limitate rispetto agli ibridi normali (5-10%), ma in situazioni particolari (vento, abbondante sostanza organica nel terreno) possono essere avvantaggiati perché meno sensibili all'allettamento. Queste cultivar avendo minore capacità di accrescimento devono essere seminate precocemente, tra metà e fine settembre (*Mosca e Zanetti, 2007*).

Per quanto riguarda la suddivisione in base alla qualità dell'olio si distinguono varietà ad alto tenore in acido erucico HEAR (High Erucic Acid Rapeseed) il cui olio ha una percentuale del 45-60% di acido erucico (C22:1) destinate a utilizzi non alimentari, e varietà LEAR (Low Erucic Acid Rapeseed) destinate ad un uso alimentare, arrivando alla costituzione di varietà tipo "0", con contenuto in acido erucico prossimo allo zero. In queste varietà l'eliminazione dell'acido erucico ha portato a un aumento di altri acidi grassi, in particolare l'acido linoleico (C18:2) e l'acido linolenico (C18:3); quest'ultimo ad alte temperature si decompone e a causa di questa caratteristica impedisce l'uso dell'olio per la friggitoria. Il problema si è risolto sempre attraverso il miglioramento genetico, con l'ottenimento di varietà in cui la percentuale di acido linolenico sia molto ridotta. Esistono poi varietà nelle quali, oltre all'assenza di acido erucico, è stato portato a valori bassissimi anche il contenuto in glucosinolati (< 40-50 moli per grammo di farina disoleata), le cosiddette varietà "doppio zero". In questo modo la farina di estrazione, che prima a causa della presenza di questi composti poteva dare problemi alla tiroide nei monogastrici, può essere tranquillamente utilizzata per la loro alimentazione.

Modalità e tecniche di semina

E' importante riuscire ad ottenere emergenze omogenee e precoci, al fine di garantire uno sviluppo rapido e ottimale della coltura fin dall'inizio, che possa garantire una buona risposta produttiva finale. I fattori principali che condizionano una buona gestione di tale fase sono la preparazione del terreno, la

scelta del periodo ottimale di semina e le modalità con cui essa viene effettuata. Per quanto riguarda la preparazione del letto di semina se ne è già precedentemente parlato e deve essere adeguata ad ospitare il seme e garantirne una corretta germinazione ed emergenza.

Riguardo l'epoca di semina, si considera che per affrontare adeguatamente i rigori dell'inverno e resistere a temperature fino a -15°C lo stadio ottimale di sviluppo, che la pianta dovrebbe avere all'inizio della stagione fredda, sia lo stadio di rosetta con 6-8 foglie vere, fittone lungo 15-20 cm e diametro del colletto di circa 6-7 mm. La coltura per raggiungere questo stadio ha bisogno di una somma termica di 600-700 GDD, che nelle campagne del nord Italia corrispondono a circa 70-80 giorni (*Ciricofolo et al., 2001*). Per questo motivo, per il colza invernale da olio coltivato in Pianura Padana il periodo di semina ideale va dalla metà di Settembre alla prima decade di Ottobre. Anticipando troppo si rischia di andare incontro ad un eccessivo accrescimento prima dell'inverno e la pianta sopporterà meno bene le basse temperature. Ritardando la semina per contro, le piantine si svilupperanno in modo sub-ottimale e potranno essere soggette a scalzatura per effetto del gelo. Nel caso però si verifichi un autunno in cui la temperatura sia ancora elevata ed il terreno si presenti eccessivamente secco, sarebbe opportuno ritardare per quanto possibile la semina onde evitare rischi di una scarsa germinazione (*Toniolo e Mosca, 2001*). In ambienti meridionali è indicato utilizzare varietà precoci che completano il periodo di maturazione prima dell'inizio del periodo siccitoso, riuscendo così ad ottimizzare la fase di riempimento del seme.

Densità di semina

In condizioni di disponibilità idrica e di elementi nutritivi ottimale, il fattore che pone un limite alla produttività di una coltura è la quantità di radiazione solare che essa riesce a intercettare durante l'intero ciclo vegetativo (*Sinclair, 1994*). È la densità di semina che determina la quantità di luce che la pianta riesce a catturare influenzando quindi la capacità di utilizzare acqua e nutrienti e di conseguenza la produzione di granella. La densità di semina va calibrata rispetto al genotipo prescelto e alle condizioni di semina: in condizioni ottimali gli ibridi a taglia normale andrebbero seminati a circa 55-60 semi m^2 , i semi-*dwarf* a

60-70 e la varietà tradizionali a 65-75. Con queste densità alla semina generalmente si ottiene una densità alla raccolta inferiore del 20-30%. Qualsiasi tipo di ritardo del momento ottimale di semina oppure un approntamento del letto di semina in maniera non ottimale fa aumentare le dosi di seme (*Mosca e Zanetti, 2008*). Queste indicazioni possono però essere modificate, infatti la scelta della densità dipende da molti fattori, che devono essere presi in considerazione prima di effettuare la semina per ottenere l'investimento migliore ad ogni situazione, aumentando o diminuendo il numero di piante per m². Una giusta distribuzione delle piante nell'unità di superficie è un prerequisito essenziale per una resa stabile (*Diepenbrock, 2000*). La scelta della densità di semina influenza varie caratteristiche della coltura, direttamente correlate con la resa finale in granella; le principali sono il peso di 1000 semi, il numero di ramificazioni e il numero di silique. In ogni caso, l'Harvest Index è relativamente stabile al variare della densità (*Ball et al., 2000*).

Sulla base di uno studio effettuato da *Rood e Major (1984)* si è potuto osservare che aumentando la densità di semina aumenta anche la biomassa totale, in peso secco per metro quadro, e nonostante diminuisca la produzione di granella per pianta la produzione di granella al metro quadro risulta superiore. Si è visto inoltre che le silique agiscono come sito preferenziale per la deposizione di nutrienti e quindi, in condizioni di crescita limitata della singola pianta dovuta a elevate densità di semina le silique crescono relativamente meglio rispetto alle foglie e ai fusti. Una densità troppo elevata risulterebbe però svantaggiosa, in quanto causerebbe una crescita insufficiente delle piantine nel primo periodo, che non raggiungerebbero uno stadio di sviluppo tale da superare adeguatamente l'inverno. Inoltre, aumentando la densità della coltura, non solo si aumenta la competizione aerea per la luce, ma è maggiore anche la competizione a livello radicale per l'utilizzo di acqua e nutrienti. Sono quindi sconsigliate densità troppo elevate se si temono carenze idriche e nutrizionali durante il ciclo vegetativo. In generale si può affermare che semine fitte favoriscono la formazione di fusti esili e allungati, che hanno una minore resistenza al freddo e sono più soggetti a fenomeni di allettamento, le piante hanno un minor tasso di accrescimento, meno ramificazioni e si modifica anche

distribuzione delle fruttificazioni che si spostano dagli assi laterali a quello centrale (*Morrison et al., 1990*).

Anche semine più rade possono essere prese in considerazione, infatti, anche se inizialmente viene lasciato più spazio a disposizione per la crescita delle malerbe, in seguito il colza riesce a recuperare e a occupare comunque tutta la superficie disponibile. Le piante di colza sono dotate di una elevata plasticità, avendo spazio a disposizione la loro crescita risulta essere molto maggiore e differenziano più ramificazioni laterali. In queste situazioni però possono verificarsi problemi di scalarità di maturazione della granella tra la ramificazione principale e quelle laterali. Con minore densità aumenta il numero di silique nell'asse principale e aumenta ancor di più nelle ramificazioni secondarie, allo stesso modo si incrementa il numero di semi presenti sia nell'asse principale che in quelli laterali e inoltre il peso medio dei semi è maggiore. Nonostante queste modificazioni nella struttura della pianta, la biomassa totale per m² e la resa in seme per m² risultano comunque inferiori (*Kazemeini et al., 2010*).

La semina può essere eseguita a file continue, utilizzando seminatrici da grano con interfila da 20 cm e ottenendo così densità di semina elevate, oppure con seminatrici pneumatiche di precisione, dotate di appositi dischi per colza; in questo caso l'interfila misura 45 cm e la distanza sulla fila è generalmente 2-2,5 cm, ma può essere aumentata, diminuendo quindi la densità di semina. Queste seminatrici consentono di ottenere un investimento più regolare che favorisce una maturazione precoce ed omogenea; con questo tipo di scelta è possibile poi un intervento di sarchiatura meccanica per contrastare le infestanti, in particolare quelle appartenenti alla famiglia delle *brassicaceae*, difficili da controllare con il diserbo chimico. La quantità di seme da utilizzare varia in funzione del peso dei mille semi, della varietà che si intende coltivare e dalla densità di semina stabilita, mediamente si possono considerare quantità di 5-8 kg·ha⁻¹ con semina a file continue, mentre possono essere ridotte a 3-4 kg·ha⁻¹ utilizzando seminatrici di precisione e distanze di 45 cm tra le file e 2-2,5 sulla fila (*De Mastro e Bona, 1998*).

Il seme viene posto a 1-3 cm di profondità e deve disporre di sufficiente umidità

negli strati superficiali per poter germinare; in condizioni ottimali dopo 7-10 giorni emergono dal terreno i due cotiledoni.

Scopo del lavoro

Accanto alle varietà a libera impollinazione, caratterizzate da costi contenuti del seme, sviluppo vegetativo equilibrato e discreta produzione in granella stanno assumendo crescente importanza gli ibridi di colza C.H.H. (Composite Hybrid Hibryd). Questi si dividono in ibridi a taglia normale, caratterizzati da un vigore elevato e produzioni considerevoli, e ibridi semi-nani, che con il loro sviluppo contenuto presentano meno problemi di allettamento mantenendo comunque dei buoni livelli produttivi. In entrambi i casi il costo della semente è nettamente più elevato.

Visto il continuo sviluppo di nuovi materiali genetici in questa sperimentazione si è voluto verificare quale fosse la più corretta densità di semina per ciascuna tipologia genetica attualmente a disposizione nel mercato sementiero nazionale, analizzando in che modo la variazione della densità influenzasse i caratteri morfologici e produttivi delle cultivar.

In particolare è stato possibile valutare quattro cultivar di colza invernale da olio (*Brassica napus var. oleifera*), contraddistinte da diverse caratteristiche genetiche: un ibrido seminano, due ibridi a taglia normale e un linea a libera impollinazione. Le quattro cultivar sono state sottoposte a 3 diversi livelli di densità di semina: 63,44, e 22 piante a metro quadrato. La valutazione è stata effettuata soprattutto sotto l'aspetto morfologico, osservando in che modo le diverse densità di semina influenzassero lo sviluppo vegetativo della coltura nelle differenti fasi fenologiche. Non è stato perso di vista l'aspetto economico della coltivazione, e quindi, l'obiettivo finale era di riscontrare eventuali differenze che potessero influenzare la resa in granella e il contenuto in olio del seme. Riducendo la densità si è cercato di stimare se un minor investimento alla semina, potesse consentire di ottenere rese simili, impiegando quindi una minor quantità di seme e conseguendo una considerevole diminuzione dei costi della semina, dati gli elevati prezzi del materiale genetico attualmente a disposizione.

Materiali e metodi

Materiale vegetale

La sperimentazione prevedeva la coltivazione in parcelle in pieno campo di 4 cultivar di colza invernale da olio (*Brassica napus L. var. oleifera*) tipo “00”: *PR45D01*, *Excalibur*, *Viking* e *Taurus*. Ognuna di esse è stata sottoposta a 3 diverse densità di semina. Le cultivar prese in considerazione sono 2 ibridi a taglia normale, un ibrido seminano e una linea a libera impollinazione.

PR45D01 è un ibrido commerciale della ditta sementiera Pioneer; è un ibrido semi-nano (semi-dwarf), caratterizzato da un ciclo medio e idoneo per le semine più anticipate. La taglia contenuta lo dovrebbe rendere particolarmente resistente all'allettamento. Ha una maturazione molto uniforme, con una rapidissima perdita finale di umidità. È tollerante alle principali malattie fungine (Phoma e Cylindrosporiosi) e il tenore in glucosinolati è inferiore a 12 micromoli. *Excalibur* è un ibrido di colza a taglia media, commercializzato da Dekalb, è il più precoce tra gli ibridi della linea Dekalb grazie alla caratteristica di possedere un ottimo vigore di partenza, una buona resistenza al freddo e una rapida ripresa vegetativa, che gli consentono di avere epoche di fioritura e maturazione anticipate. Per questi motivi è adatto anche a semine tardive, dopo la raccolta delle colture sarchiate. Presenta un'ampia adattabilità ambientale anche se preferisce suoli profondi e ben drenati. È adatto per areali a rischio di stress idrico sia autunnale che primaverile. La tolleranza a diverse malattie, una mediocre resistenza all'allettamento, la sanità dello stelo fino alla raccolta e la resistenza alla deiscenza lo rendono un ibrido affidabile e di facile coltivazione.

Viking è invece una varietà tradizionale, una linea ottenuta con libera impollinazione commercializzata dalla ditta sementiera tedesca Rapool. È una varietà precoce, che si adatta bene a terreni con carenze idriche, ha una maturazione uniforme con una rapida perdita di umidità finale anche dello stelo. Il contenuto di glucosinolati è basso, e si attesta a livelli inferiori a 10 micromoli.

Taurus è distribuito anch'esso dalla ditta tedesca Rapool. È un ibrido a taglia normale, vigoroso, caratterizzato da elevate produzioni in granella e da un

notevole contenuto in olio. Si adatta bene ad ogni tipo di terreno, sia sciolti che pesanti e non è molto esigente in fatto di lavorazioni. E' indicato per semine precoci o normali perchè inizialmente il suo sviluppo non è molto intenso, ma in primavera, alla ripresa vegetativa, è dotato di un'elevata capacità di accrescimento, in particolare dopo inverni rigidi.

Il terreno

La prova oggetto di studio è stata allestita presso l'Azienda Agraria Sperimentale "L.Toniolo" dell'Università degli studi di Padova, sita nel comune di Legnaro, in un terreno precedentemente coltivato a frumento.

L'appezzamento su cui si sono svolte le prove presenta un terreno di tipo alluvionale, profondo, di medio impasto, con un buon contenuto in sostanza organica (S.O.), una media capacità di scambio cationico (C.S.C.) ed un pH leggermente basico (*Tabella 8*).

Sabbia	g/100 g	26,3
Limo	g/100 g	60,1
Argilla	g/100 g	13,6
Classe di tessitura	–	FL
Sostanze organiche	g/100 g	1,69
Capacità di scambio cationico	meq/100 g	10,13
Rapporto C/N	–	11,72
Azoto totale (per combustione)	g/100 g	0,083
Fosforo assimilabile	mg/Kg P	24,5
Fosforo totale	mg/Kg P	927,15
Potassio scambiabile	mg/Kg	107,2
Zolfo (come S)	mg/Kg	206
Solfati	mg/Kg SO ₄	618
pH	–	8,28

Tabella 8. Analisi del terreno

L'analisi granulometrica delle tre frazioni fondamentali della terra fine (sabbia, limo, argilla) permette di classificare detta matrice come franco-limoso, ideale quindi per l'esercizio dell'agricoltura. I principali elementi della fertilità (azoto, fosforo, potassio e zolfo) si presentano in quantità soddisfacenti nel substrato

terricolo, garantendo un equilibrato rifornimento minerale alla pianta. Lo zolfo, fortemente assorbito dal colza, è presente in quantità sufficiente per soddisfare le esigenze della coltura durante tutto il ciclo colturale.

La sistemazione del terreno alla ferrarese e la giacitura pianeggiante favoriscono lo sgrondo delle acque in eccesso evitando fenomeni di ristagno idrico e permettendo un ottimale sviluppo della coltura, che teme questo tipo di situazioni. La falda freatica è mediamente superficiale e si attesta ad una profondità di 1-1,5 metri.

Andamento climatico

La coltura ha compiuto il suo ciclo nel periodo compreso tra Settembre 2008 e Giugno 2009. In questi dieci mesi, l'andamento meteorologico, per quanto riguarda le temperature, è risultato molto simile a quello registrato nel periodo di riferimento dal 1992 al 2008 (*Tabella 9*).

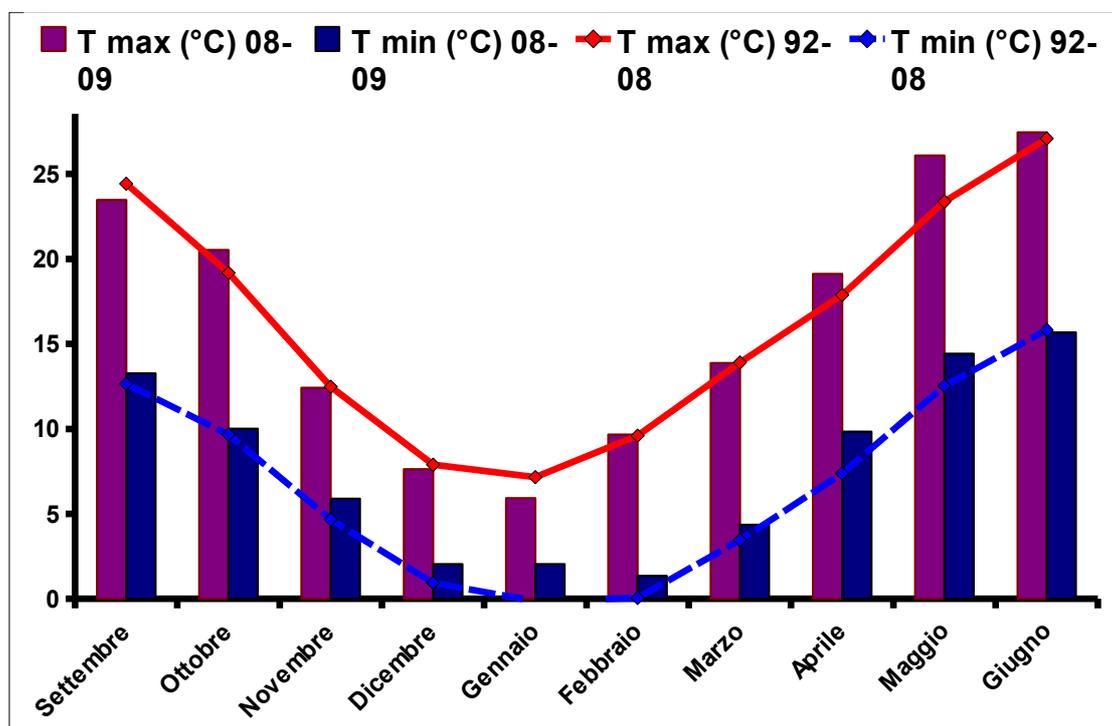


Figura 9. Andamento delle temperature massime e minime (°C) tra settembre 2008 e giugno 2009 e nel periodo di riferimento 1992-2008 (Arpav 2009)

I valori termici registrati nell'area della sperimentazione confermano l'ordinarietà delle condizioni meteo che hanno caratterizzato la prova; la

temperatura media massima è risultata essere di 16,6°C, solo 0,3°C più elevata di quella media massima nel periodo '92-'08, mentre la temperatura massima assoluta nel periodo della prova è stata registrata in Giugno, quando sono stati raggiunti i 27,5°C. Per quanto riguarda la temperatura media minima questa è risultata 7.9°C, leggermente superiore (1,2°C) rispetto quella di riferimento '92-'08. Durante l'inverno la temperatura media minima non è mai scesa sotto lo zero, raggiungendo il suo valore minimo in Febbraio con 1,3°C. Il colza non ha quindi dovuto temere danni da freddo ma sono comunque stati soddisfatti i suoi bisogni di basse temperature necessari per l'induzione a fiore.

Analizzando l'andamento pluviometrico si possono invece notare delle differenze abbastanza rilevanti (*Tabella 10*).

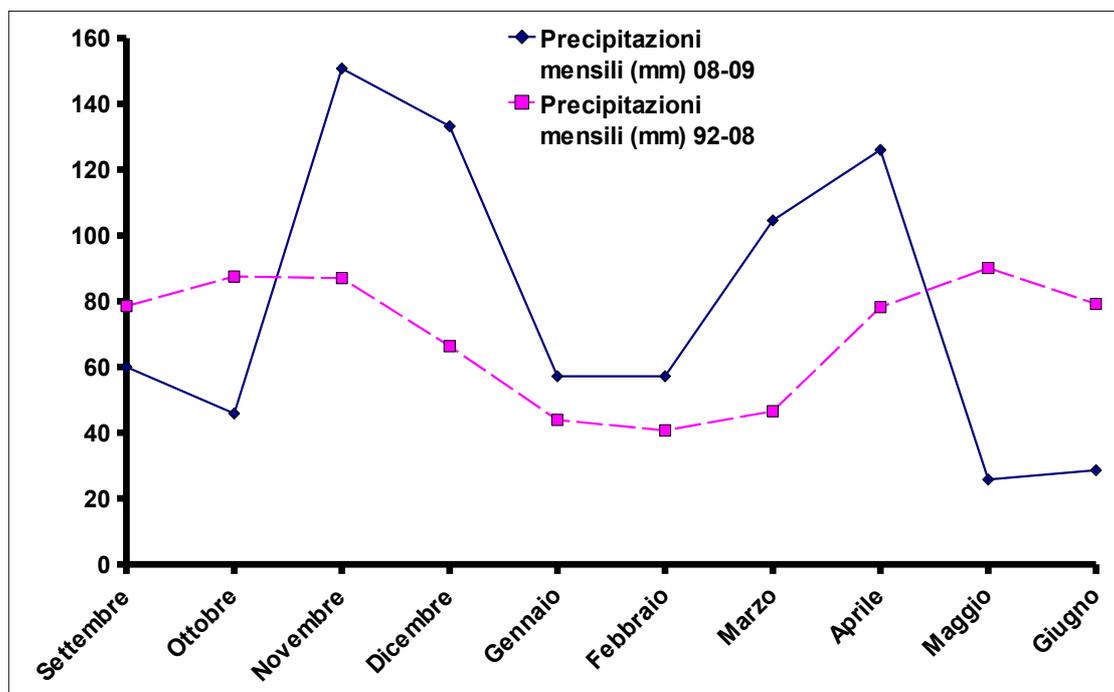


Figura 10. Andamento delle precipitazioni tra settembre 2008 e giugno 2009 e nel periodo di riferimento 1992-2008 (Arpav 2009)

La precipitazione atmosferica totale nel periodo interessato dalla presenza in campo della coltura per questa sperimentazione è stata di 789 mm, molto superiore alla media tra il 1992 e il 2008 che si attesta a 698 mm. In particolare si può osservare come le precipitazioni siano state molto abbondanti nei mesi di novembre e dicembre quando sono caduti 284 mm contro i 143 mm relativi agli stessi mesi tra il 1992 e il 2008. In primavera si è verificato un altro periodo con

elevate precipitazioni, nei mesi di marzo e aprile quando si sono registrati 230 mm, 105 mm in più rispetto alla media tra il '92 e il 2008. Nel periodo finale di sviluppo della coltura invece, nei mesi di maggio e giugno, le precipitazioni sono state inferiori alla media. Sono stati registrati 54 mm contro i 169 mm caduti mediamente negli stessi mesi dal 1992 al 2008, accelerando così il processo naturale di senescenza e perdita di umidità della coltura senza però pregiudicarne le potenzialità produttive.

Protocollo sperimentale

Organizzazione della prova

La prova è stata organizzata seguendo una disposizione a strip-plot. L'area coltivata aveva una larghezza di 78,9 m e una lunghezza di 48 m, con una superficie totale di 3784 m². Tale area è stata suddivisa in 3 blocchi di uguali dimensioni, per eliminare eventuali errori dovuti a fonti di variazione causali, non dipendenti dalla densità di semina o dalla varietà coltivata. Ogni blocco è stato quindi suddiviso in 3 parcelloni, ognuno con una diversa densità di semina, e a sua volta ciascun parcellone è stato suddiviso in 4 parcelle ciascuna caratterizzata dalla presenza di una varietà di colza. (Tabella 9)

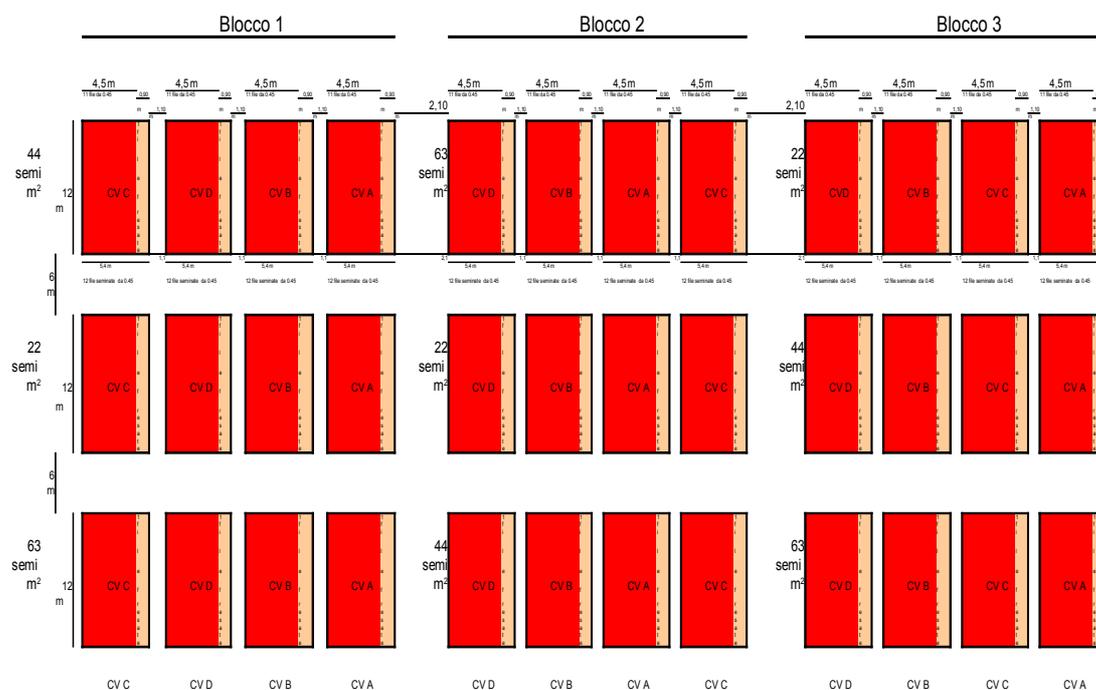


Tabella 11. Suddivisione parcellare della prova

Sono state così ottenute un totale di 36 parcelle, ciascuna con larghezza 4,5 m e lunghezza 12 m. Per ottenere una parcella sono stati effettuati due passaggi con una seminatrice a sei file con interfila 45 cm ottenendo così 12 file per parcella con una larghezza di 5,4 m. Successivamente è stato effettuato un passaggio con una fresatrice rotante della larghezza di 2 m, per ottenere dei passaggi tra le parcelle percorribili con le macchine operatrici e così facendo è stata eliminata anche una file di piantine. In definitiva quindi le parcelle erano composte da 11 file della lunghezza di 12 m e con interfila 45 cm. Nella tabella sottostante si può osservare la disposizione di un blocco (Tabella 10). Nella fattispecie CV A corrisponde a PR45D01, CV B a Excalibur, CV C a Viking e CV D a Taurus.

Blocco 1

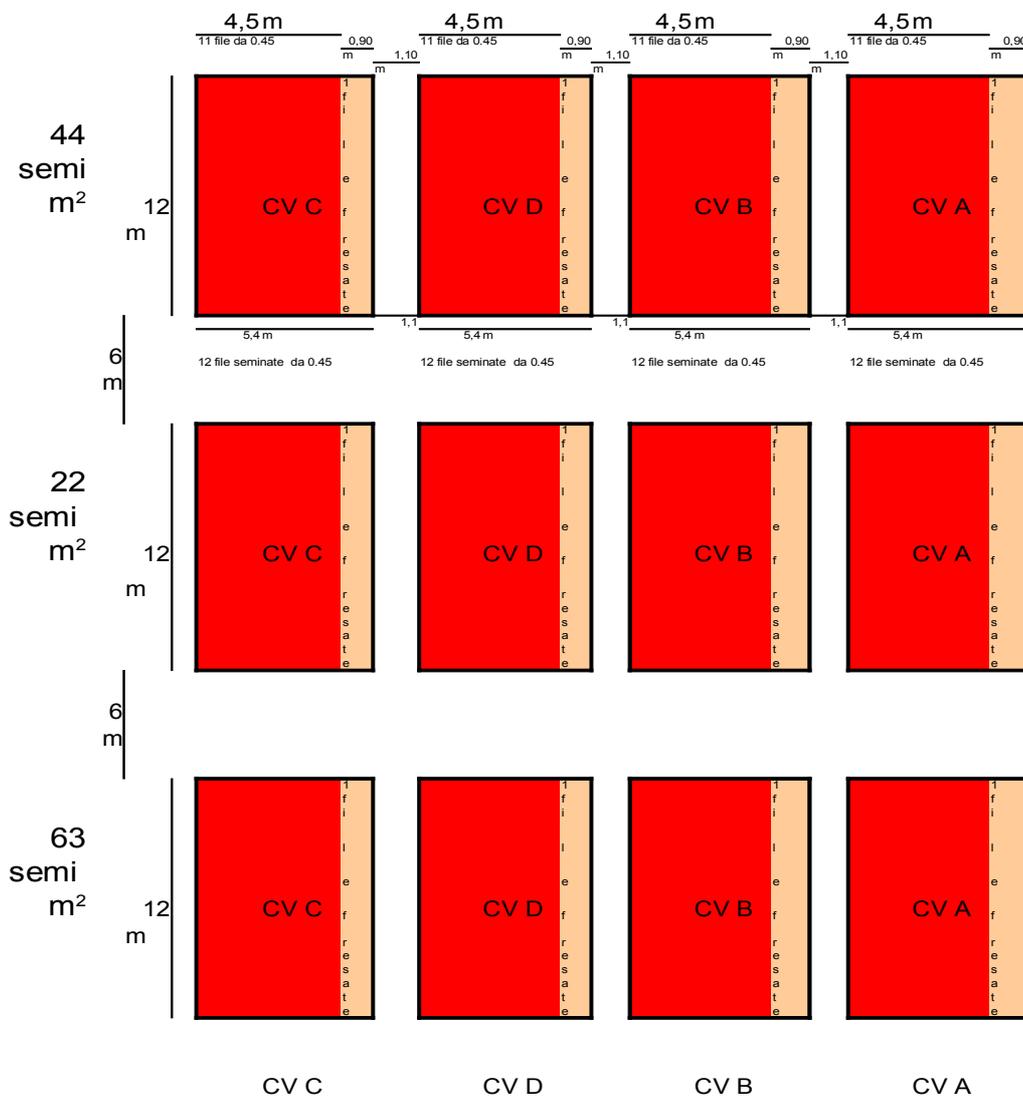


Tabella 12 Disposizione blocco 1

Si può notare come al variare delle densità di semina, la disposizione delle

cultivar resti la stessa. Questo è stato fatto per facilitare le operazioni di semina, in modo da inserire una volta sola la semente nella macchina e poi variando le impostazioni che regolano la distanza sulla fila quando si passava nella parcella con diversa densità di semina.

Lavorazione del terreno

Le operazioni colturali che hanno interessato il terreno prima che venisse effettuata la semina sono state una discatura con erpice a dischi alla profondità di circa 15 cm per ottenere un leggero interrimento dei residui colturali lasciati dal frumento, seguita da una estrispatura alla profondità di circa 20 cm per smuovere il terreno nella zona maggiormente interessata dallo sviluppo iniziale delle radici. Per finire è stato effettuato un passaggio con un erpice rotante per affinare il terreno in modo da consentire una corretta deposizione ed emergenza del seme.

Semina

La semina è stata effettuata nei giorni 26 e 27 settembre 2008, perchè per esigenze di tempo, necessario per settare la seminatrice, non è stata sufficiente una sola giornata di lavoro. Tutte e quattro le varietà in esame sono state sottoposte a 3 livelli di densità di semina: 22 semi/m², 44 semi/m² e 63 semi/m². La semina è stata eseguita con una seminatrice pneumatica di precisione *Monosem, modello NG* equipaggiata con dischi da colza a 120 fori del diametro di 1,2 mm. La distanza tra le file è stata mantenuta sempre a 45 cm e quindi per ottenere i diversi livelli di seme per metro quadro è stata modificata la distanza tra i semi sulla fila. Per ottenere 22 semi/m² con l'interfila a 45 cm è stato necessario porre i semi a 10 cm di distanza l'uno dall'altro all'interno della stessa fila. Per avere 44 semi/m² la distanza è stata ridotta a 5 cm e infine per il livello di densità più elevato, a 63 semi/m², questa è stata ridotta ulteriormente fino a 3,5 cm.

Diserbo

Non è stato effettuato alcun tipo di diserbo chimico né in presemina né in post emergenza. Non sono stati effettuati neanche diserbanti meccanici poiché, nonostante l'interfila da 45 cm avrebbe consentito di effettuare un intervento di sarchiatura, questo non si è reso necessario, in quanto, anche con le densità di semina più ridotte, la coltura è riuscita a chiudere velocemente le file, contrastando in maniera sufficiente lo sviluppo di eventuali erbe infestanti.

Concimazione

Dopo aver preso in considerazione la naturale dotazione di sostanze minerali, emersa con le analisi del terreno, si è deciso di applicare una concimazione in presemina che escludesse l'apporto azotato e fornisse solamente gli elementi meno mobili nel terreno quali fosforo e potassio. In particolare, la concimazione in presemina ha apportato rispettivamente 60 kg di P e 60 kg di K. Per ottenere questa quantità è stato distribuito l'equivalente di 130 kg/ha di perfosfato triplo e l'equivalente di 120 kg/ha di solfato di potassio. È stata poi effettuata una concimazione in copertura, per fornire azoto alla coltura nel momento di maggior crescita vegetativa. È stato stabilito un livello di concimazione azotata pari a 80 kg di azoto per ettaro; questo è stato distribuito in data 17 febbraio 2009 sotto forma di solfato ammonico (20,5 % N) che oltre a contenere azoto fornisce anche una discreta quantità di zolfo, molto importante per il colza, come per tutte le *Brassicaceae*.

Raccolta

La raccolta si è svolta seguendo due procedure differenti. È stata effettuata una raccolta manuale di piante intere su delle aree di saggio della dimensione di 1 m² per ciascuna parcella, in data 10 Giugno 2009 effettuando poi la trebbiatura in separata sede, previa essiccazione delle piante raccolte. In data 11 Giugno 2009 è stata poi effettuata la raccolta totale delle parcelle con una mietitrebbiatrice parcellare Fiat Agri, in grado di stabilire il peso in granella di ogni singola parcella, e di estrarne un campione rappresentativo di un chilogrammo da destinare a successivi esami di laboratorio. Durante la

mietitrebbiatura le file esterne non sono state raccolte, per eliminare errori dovuti all'effetto bordo, in quanto le piante poste ai margini delle parcelle avevano condizioni di crescita diverse rispetto a quelle all'interno..

Rilievi in campo

Durante il ciclo di sviluppo delle piante in prova sono stati eseguiti numerosi rilievi con lo scopo di studiare il comportamento dal punto di vista vegetativo, fenologico e produttivo, delle quattro cultivar sottoposte ai tre diversi livelli di densità di semina.

Il primo rilevamento è stato effettuato due settimane dopo la semina e consisteva nell'osservazione delle emergenze, per verificare quanti semi fossero germogliati e avessero successivamente portato all'emergenza delle plantule. In questo modo è stato possibile ottenere indicazioni sulla vitalità e sul vigore dei semi e sulla loro capacità di adattarsi alle condizioni del terreno e alle condizioni climatiche di quel periodo.

Un altro parametro preso in considerazione è stato il rilevamento della biomassa prodotta dalle varie cultivar. Sono stati effettuati diversi rilievi in campo, ognuno in fasi fenologiche definite della coltura. Il primo rilievo è stato fatto nella stagione invernale, in data 29 Gennaio 2009, per poter analizzare come la coltura aveva affrontato il periodo freddo e come si preparava ad entrare nella stagione di maggior crescita. Il secondo rilevamento si è verificato in corrispondenza della fase di levata, periodo di maggior crescita vegetativa della pianta. La fase di fioritura è stata interessata da 3 rilevamenti, uno all'inizio, in data 9 Aprile 2009, uno in piena fioritura, il 16 Aprile, e l'ultimo a fine fioritura, in data 27 Aprile. Il rilievo conclusivo per quanto riguarda l'osservazione della biomassa prodotta è stato effettuato durante la fase di riempimento dei semi, il giorno 12 Maggio 2009. Ognuno dei rilievi eseguiti consisteva nell'asportazione di un metro lineare di piante da ogni parcella a disposizione, escludendo dal prelievo le piante nelle file esterne della parcella. È stato registrato il numero di piante prelevate, in modo da avere anche una proiezione del numero di piante per parcella e quindi della densità effettiva, e successivamente è stata effettuata la pesatura delle piante raccolte. Con la prima pesata si è ottenuto il peso fresco,

le piante sono state quindi messe in stufa a 105°C per 24 h, una volta estratte dalla stufa sono state ripesate, ottenendo così il peso secco, la reale quantità di biomassa prodotta. Con dei semplici calcoli si è potuto quindi risalire al peso medio di ogni singola pianta e alla quantità di biomassa prodotta per unità di superficie (1m²).

Sono state poi monitorate le fioriture di ogni singola varietà, annotando le date di inizio, piena e fine fioritura. Durante quest'ultima fase è stata anche misurata l'altezza raggiunta dalle piante, dato che da quel momento in avanti la crescita vegetativa è nulla. Un'altra semplice misurazione è stata la registrazione della lunghezza media delle infiorescenze e il conteggio delle silique, eseguita per tutte le cultivar in data 27 Maggio.

Un altro tipo di rilievo effettuato è stata il “biomass partitioning” ovvero la ripartizione della sostanza secca all'interno della pianta. Sono stati eseguiti due rilevamenti, uno in fase di fioritura, in data 16 Aprile 2009, e uno in fase di riempimento dei semi, in concomitanza con il rilievo per la biomassa, nei giorni 7 e 12 Maggio. Una volta raccolte, le piante sono state portate in un laboratorio dell'azienda, dove sono state suddivise nelle varie parti che le compongono. La ripartizione si esegue separando i fusti principali, le ramificazioni, le foglie senescenti, le foglie picciolate, le foglie sessili e le silique. Ogni parte della pianta è stata pesata fresca, e dopo 24 h in stufa a 105°C è stata pesata nuovamente per ottenerne il peso secco. In questo modo si può osservare in che maniera la coltura ripartisce la sua biomassa nelle diverse fase del ciclo vegetativo.

Dopo essere stati in stufa, tutti i campioni sono stati macinati con un molino elettrico e i campioni così ottenuti sono stati mandati in laboratorio.

Dopo la raccolta della granella è stato registrato il peso di 1000 semi per ogni cultivar. I semi sono stati disposti in un contenitore e attraverso un disco forato contenente 100 piccoli fori e collegato ad un aspirapolvere, sono stati prelevati i semi. Questa operazione si è svolta per tre volte, in modo da ottenere un numero di semi sufficiente perchè il loro peso potesse essere rapportato a quello di 1000 semi con un bassissimo margine d'errore.

Analisi di laboratorio

In laboratorio sono state eseguite analisi sui campioni per determinare il contenuto in azoto. Questo tipo di analisi è stato utile per determinare il tenore di azoto della coltura nelle varie fasi, e il modo in cui questo è ripartito all'interno della singola pianta. La procedura per la determinazione del contenuto in azoto segue il metodo 4.2.11 AOAC (2001). Tale metodo si basa sull'analisi Kjeldahl (1883) che stima il contenuto di azoto sotto forma di protidi grezzi ($N \times 6,25$), attraverso la mineralizzazione dell'azoto mediante digestione a caldo con acido solforico concentrato e successiva distillazione dell'azoto ammoniacale con raccolta su acido solforico a titolo noto. Il composto di reazione è stato preparato utilizzando un campione da 0,8 grammi di biomassa macinata, che dopo essere stato trasferito in un pallone Kjeldahl da 800 ml, è stato riscaldato in presenza H_2SO_4 concentrato. Successivamente è stato aggiunto all'omogeneizzato solfato di potassio ed un catalizzatore con rame allo scopo di accelerare la reazione di digestione della sostanza organica. Dopo un raffreddamento e una diluizione con acqua distillata priva di ammoniaca, il campione acido è stato portato a pH alcalino con l'aggiunta di NaOH, che in presenza di $(NH_4)_2SO_4$ produce Na_2SO_4 liberando NH_3 . L'ammoniaca volatile è stata quindi raccolta sotto forma di ione NH_4^+ in una soluzione di acido borico (H_3BO_3).

In questa miscela di NH_4^+ e (H_3BO_3), allo scopo di determinare il contenuto di NH_3 , è stata effettuata una titolazione acido-base con HCl ed un indicatore colorimetrico. Stabilita la quantità di azoto proteico, attraverso il coefficiente 6,25 che considera un contenuto medio di azoto nelle proteine del 16%, è stato possibile determinare il contenuto percentuale di proteina.

Sui campioni di seme, sono state eseguite delle analisi per determinare il contenuto in olio e valutare se, e in che modo, quest'ultimo variasse tra le diverse varietà e i diversi livelli di densità di semina. E' stata effettuata un'estrazione della frazione lipidica con solvente, mediante *metodo soxhlet*. Tale metodica estrae la materia grassa dalle matrici seminali, senza causare processi di idrolisi della stessa e rendendo quindi possibile una successiva

determinazione di tipo quantitativo. Per separare l'olio dai tessuti dei semi è stato utilizzato come solvente l'etere etilico, un solvente organico adatto per estrarre sostanze poco volatili come l'olio di colza. La procedura che porta all'estrazione dell'olio parte dal prelevamento di campioni di seme del peso di circa 2 grammi. Questi campioni vengono finemente macinati e posti all'interno di particolari ditali in cellulosa. I ditali vengono quindi inseriti a gruppi di 6 in un estrattore *Soxtec System HT6-Tecator*. Tale macchinario è costituito da 6 colonne di estrazione operanti in maniera indipendente l'una dall'altra. Alla base di suddette colonne è presente una piastra termica sulla quale sono disposti 6 bicchieri metallici, in corrispondenza di ciascun ditale. Nei bicchieri vengono poste alcune piccole biglie di vetro, utili per mantenere fluido l'olio dopo l'estrazione, e 70 ml di etere etilico. Una volta in funzione la macchina, la piastra genera calore e riscaldando i 6 bicchieri metallici contenenti il solvente lo portano ad ebollizione. Per le prime 3 ore i ditali restano immersi nel solvente, in questa fase inizia l'estrazione dell'olio, che attraversando il ditale in cellulosa si deposita nel bicchiere con l'etere. Dopo 3 ore i ditali vengono sollevati, ma l'estrazione continua. L'etere infatti, a causa dell'elevata temperatura evapora, la risalita dei vapori termina al raggiungimento di un condensatore ad acqua, posizionato nella parte superiore della colonna dove il brusco abbassamento di temperatura permette di condensare il solvente che, tornato allo stato liquido sgocciola nei ditali di cellulosa estraendo i residui di olio rimasto e trasportandolo in basso, dentro al bicchiere.

Questo processo si protrae per altre 2 ore, dopodiché viene chiuso un rubinetto del condensatore, in questo modo l'etere dopo essere evaporato si accumula nel condensatore e non ritorna nel bicchiere, lasciando quindi solo l'olio.

Si lascia la piastra accesa per altri 40 minuti in modo da essere sicuri che tutto l'etere nel bicchiere sia evaporato, e si attende poi che l'olio si raffreddi e stabilizzi il suo peso. Si è procede quindi a determinare la percentuale d'olio presente nei campioni, applicando la seguente formula:

$$(p_2 - p_1/p) * (10000/100 - U_r)$$

Dove: p_2 = peso del bicchiere dopo l'estrazione;
 p_1 = peso del bicchiere prima dell'estrazione;
 p = peso del campione di seme triturato;
 U_r = umidità relativa del campione di seme;
 10000 = coefficiente di normalizzazione.

L'umidità relativa è stata ottenuta macinando 10 grammi di semi, che sono poi stati posti su dei piattini di metallo e posizionati all'interno di una stufa dove sono rimasti per un ora a 105°C. La stufa al suo interno contiene una bilancia che preventivamente tarata calcola la perdita di peso e rende possibile leggere direttamente il contenuto di umidità su un apposita finestrella.

Risultati e discussione

Emergenze

Il primo parametro preso in considerazione è stato il conteggio delle emergenze. Il conteggio delle piante emerse è stato effettuato a fine inverno e i risultati ottenuti sono stati confrontati prima tra le diverse cultivar e poi tra i diversi livelli di densità di semina per valutarne i rispettivi effetti.

Osservando il *Grafico 1* si può notare come le cultivar Excalibur e Viking abbiano un numero medio di piante emerse per unità di superficie, rispettivamente di 45,8 e 45,3, che è significativamente superiore rispetto a Pr45D01 e a Taurus che si sono attestate su 36,8 e 38,2.

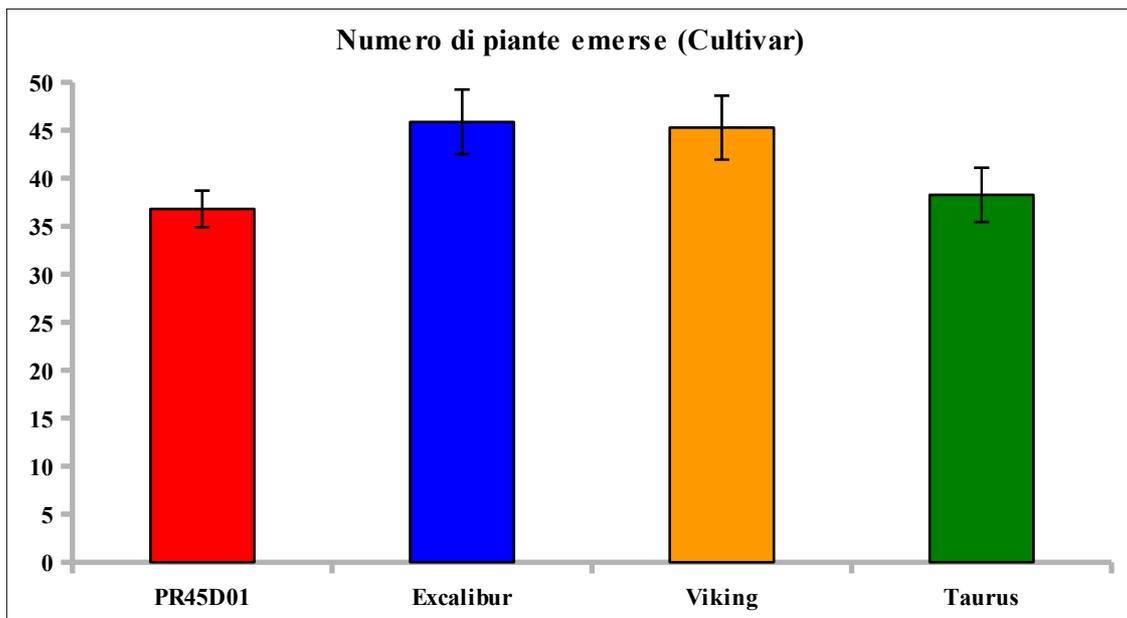


Grafico 1, Numero di piante emerse per m² a fine inverno, in relazione alla cultivar (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

Questi risultati rispecchiano le aspettative, infatti Pr45D01 essendo un ibrido seminano è dotato di una scarsa energia vegetativa e Taurus, nonostante sia un ibrido a taglia normale e vigoroso, presenta difficoltà nello sviluppo iniziale, come segnalato dalla ditta produttrice.

La conta delle piante emerse è poi stata analizzata in base alle diverse densità di

semina, per poter verificare che il numero di piante prefissato si mantenesse nella realtà dei fatti. Si può notare dal *Grafico 2* come il numero reale di piante al metro quadro si avvicinasse di molto a quello teorico.

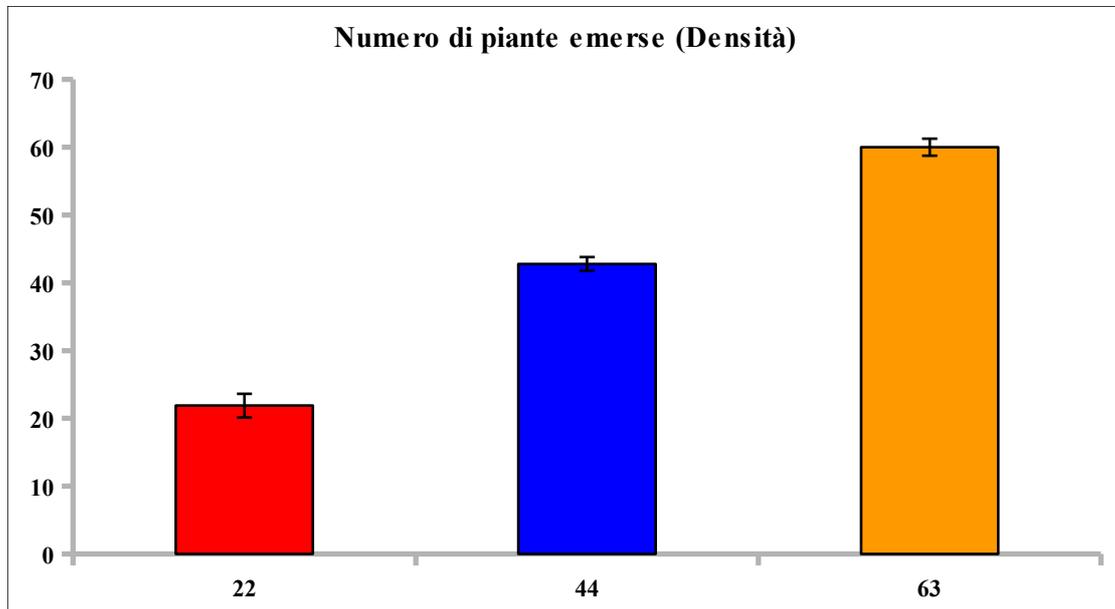


Grafico 2, Numero di piante emerse per m² a fine inverno, in relazione alla densità (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

Nelle parcelle con densità di semina 22 piante al metro quadro, secondo i rilievi effettuati, erano presenti mediamente 21,8 piante/m², in quelle con 44 piante al metro quadro 42,8 piante/m², mentre nelle parcelle con 63 piante a metro quadro i valori reali di densità si attestano a 60,0 piante/m², leggermente inferiore ma pur sempre valido.

Biomassa

Il secondo tipo di rilievo effettuato riguarda la produzione media di biomassa da parte della coltura, espressa come grammi di sostanza secca su metro quadrato di superficie. A tale scopo sono stati effettuati più rilievi, uno per ogni fase fenologica, riportando ogni volta i valori di biomassa prodotti. Una volta registrati tutti i dati è stata fatta una media della biomassa prodotta durante l'intero ciclo. I dati ottenuti sono prima stati analizzati confrontando la produzione in biomassa tra le varie cultivar. Guardando il *Grafico 3* si può

vedere come la produzione di biomassa da parte della cultivar Excalibur sia significativamente superiore a quella delle altre cultivar. Excalibur raggiunge 866,8 g/m² di sostanza secca mentre Pr45D01, Viking e Taurus ne hanno prodotto rispettivamente 677,8, 730,9 e 762,0 g/m².

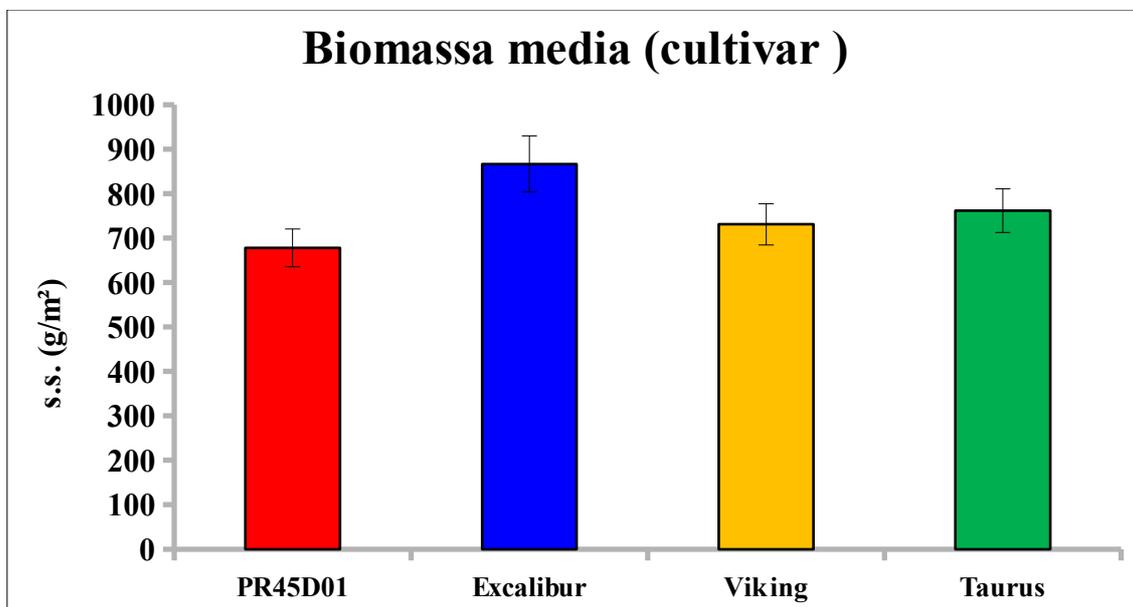


Grafico 3, Produzione media di biomassa, espressa in g di s.s. su m², in relazione alla cultivar (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

La minor produzione di biomassa da parte di Pr45D01 era prevedibile, in quanto essendo un ibrido seminano presenta un habitus vegetativo ridotto. Le altre due cultivar hanno prodotto valori intermedi di biomassa, entrambe comunque sono risultate significativamente inferiori rispetto a Excalibur.

Relativamente alla densità di semina si può osservare nel *Grafico 4* come non vi siano state differenze significative tra i vari livelli di densità. La biomassa prodotta varia dai 745,9 g/m² per la densità più elevata ai 771,3 g/m² per quella intermedia. Questo significa che nelle parcelle dove la densità era minore le piante sono riuscite a accrescersi maggiormente e occupare tutto lo spazio a disposizione per sfruttare al meglio l'energia luminosa. Viceversa, nelle parcelle con densità elevata le piante si sono sviluppate meno, ma considerato l'investimento maggiore, la biomassa prodotta mediamente per metro quadro non ha subito variazioni significative.

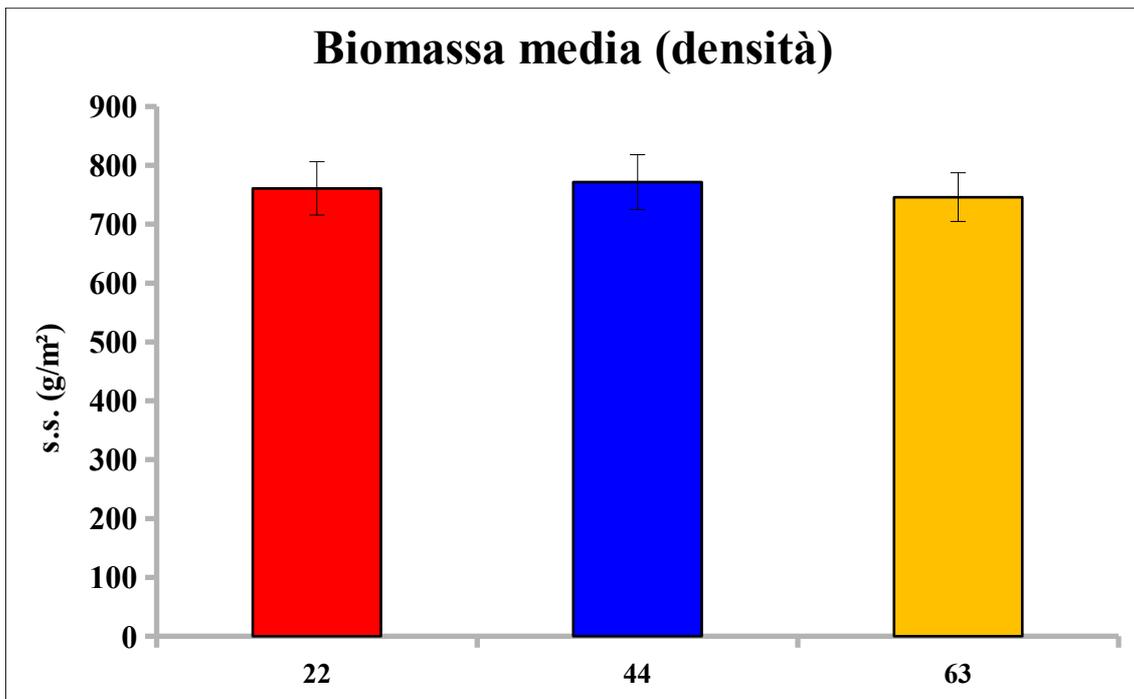


Grafico 4, Biomassa media prodotta su un m², in relazione alla densità di semina (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

E' stato infine elaborato un grafico (Grafico 5) che mettesse in relazione l'accumulo di biomassa in ogni fase fenologica riferito alle diverse cultivar. L'interazione tra cultivar e fasi fenologiche ha evidenziato come ogni cultivar reagisca in maniera diversa nelle varie fasi, per quanto riguarda l'accumulo di biomassa. Le differenze di peso tra una fase e l'altra sono risultate significative per ciascuna di esse, eccetto che tra le fasi di piena e fine fioritura. Si può osservare come l'andamento generale dell'accumulo di biomassa sia simile e tendenzialmente crescente fino alla fase di maturazione. Nel dettaglio si nota come la cultivar che raggiunge il più elevato accumulo di biomassa finale sia Excalibur, che, ad esclusione delle fasi di fine fioritura, è superiore in tutti gli altri rilievi. Nell'ultima fase fenologica l'accumulo di biomassa da parte di questa cultivar subisce un netto aumento, sovrastando significativamente tutte le altre cultivar e raggiungendo un peso finale alla maturazione di 1808,4 g/m² di sostanza secca. Per quanto riguarda le altre tre cultivar, queste seguono una dinamica di accumulo molto simile, ma è interessante osservare come Taurus, sebbene in partenza abbia dimostrato un accrescimento limitato, abbia poi recuperato egregiamente nel finale di stagione.

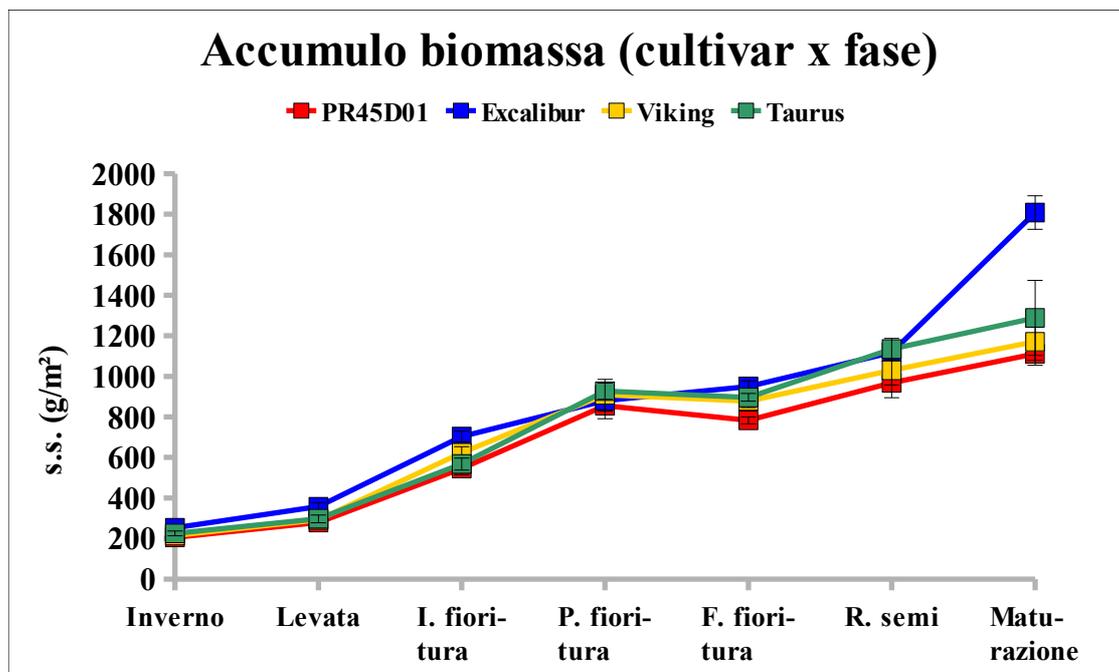


Grafico 5, Dinamica di accumulo di biomassa in relazione alle cultivar e alla fase fenologica (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

Com'era atteso, a fine ciclo i due ibridi a taglia normale, Excalibur e Taurus hanno prodotto più biomassa rispetto alla linea a libera impollinazione e all'ibrido semi-dwarf.

Biomass partitioning

La ripartizione della biomassa è un rilievo che consente di stabilire il peso delle singole strutture che compongono la pianta, identificando una diversa risposta nello sviluppo vegetativo in relazione alla densità di semina e alla cultivar. Le strutture vegetative prese in esame sono le foglie, i fusti, le ramificazioni e le silique. Nel *Grafico 6* sono stati elaborati i dati raccolti nel rilievo effettuato il 16 Aprile, riunendo insieme cultivar e densità di semina e considerando il peso medio totale delle strutture vegetative, riferito a 1 m².

In questo primo rilievo si può notare come i fusti rappresentino la componente principale della pianta, con un peso di 500,2 g/m², seguiti dalle ramificazioni 190,2 g/m² e dalle foglie, 182,1 g/m². Le silique, non essendo ancora terminata la fase di fioritura, rappresentano il valore più basso in peso, in quanto molte di esse dovevano ancora formarsi e quelle già presenti erano di ridottissime dimensioni.

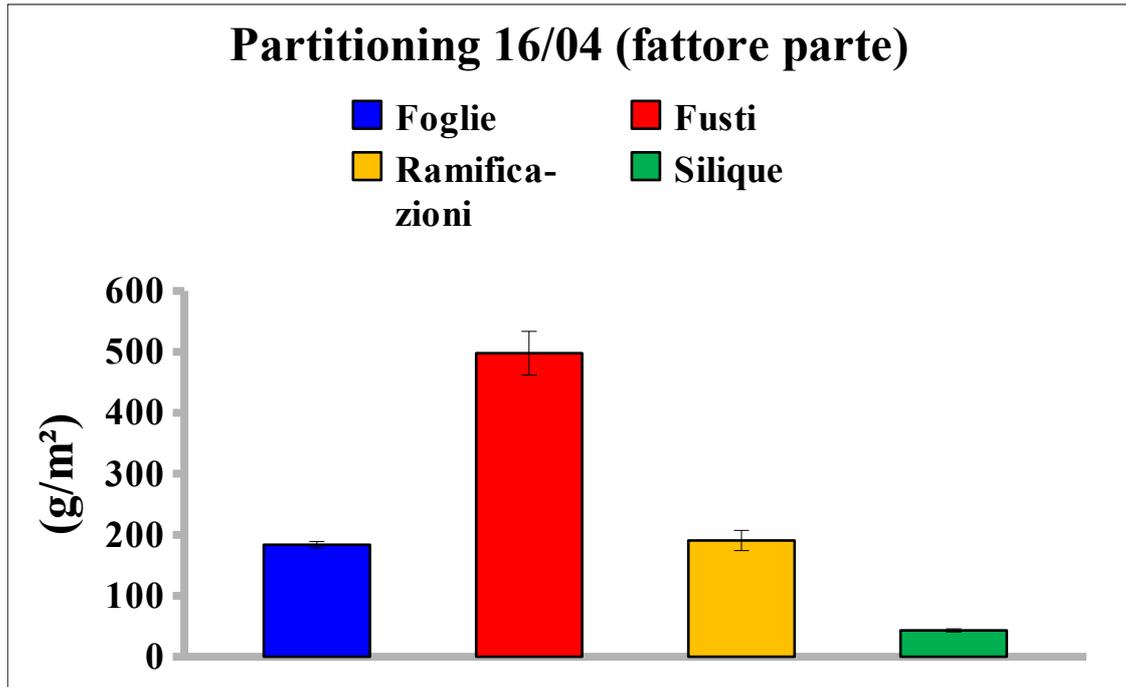


Grafico 6, Ripartizione della biomassa di tutte le piante, in riferimento alla struttura vegetativa (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

In questa fase del ciclo non sono emerse differenze significative per quanto riguarda la ripartizione del peso, né considerando il fattore densità né considerando il fattore cultivar.

Nel grafico seguente (*Grafico 7*) è stata analizzata l'interazione tra la ripartizione della biomassa fra le strutture, e le varie cultivar. È interessante vedere come l'ibrido seminano si distingua per quanto riguarda la produzione di foglie e ramificazioni, più abbondanti rispetto alle altre cultivar, e nel minor peso dei fusti, dovuto alla sua bassa taglia. Ciononostante tali differenze non sono risultate significative in termini statistici.

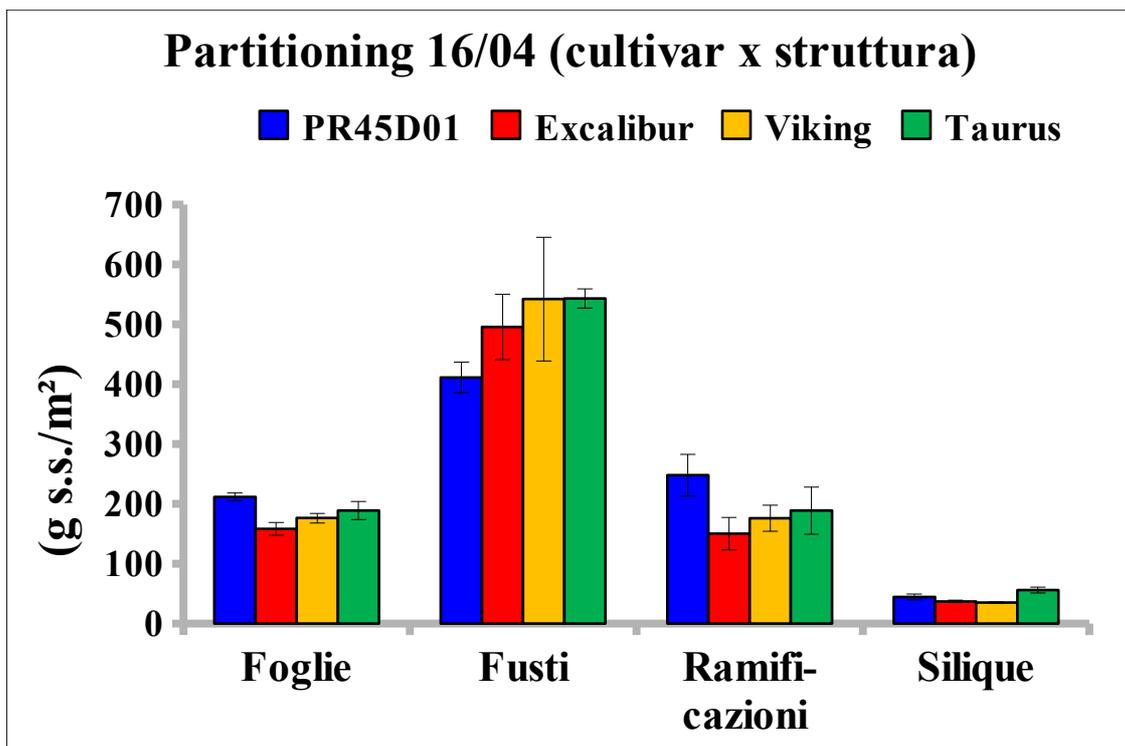


Grafico 7, Ripartizione della biomassa analizzando l'interazione tra cultivar e struttura vegetativa (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

La ripartizione del peso nelle silique ha evidenziato invece differenze significative tra le varie cultivar, visibili più dettagliatamente nel Grafico 8.

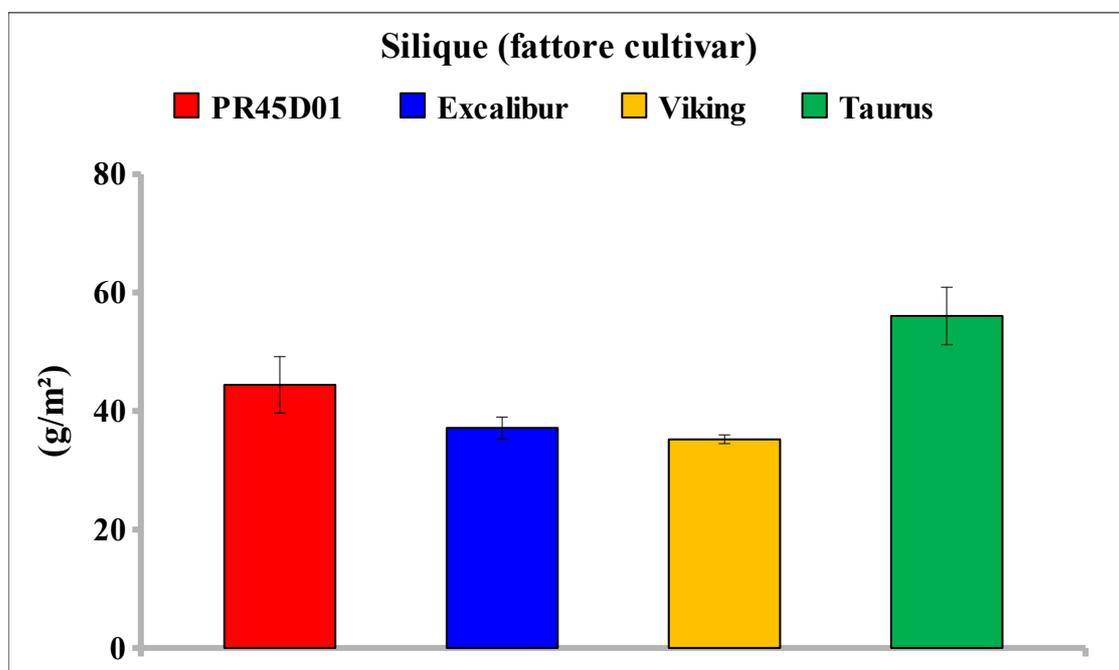


Grafico 8, Peso medio delle silique al metro quadro in relazione al fattore cultivar (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

In particolare, l'ibrido Taurus si è distinto per una maggiore produzione di

silique in questa fase precoce del ciclo. La spiegazione di questo risultato è da ricercarsi nella precocità di tale ibrido, che avendo avuto una fioritura anticipata rispetto alle altre cultivar, aveva un maggior numero di silique già formate al momento del rilievo, raggiungendo così un peso al metro quadro pari a 56 g. Anche la produzione di silique da parte di Pr45D01 si è dimostrata buona, 44,4 g/m², mentre per le altre due cultivar ci si è fermati a livelli più bassi.

Considerando il fattore densità, si può notare (*Grafico 9*) come ai due investimenti più bassi, 22 e 44 piante a metro quadro, la coltura abbia risposto con una produzione di silique pressoché uguale, 45,2 g/m² e 44,1 g/m². Da parte delle piante sottoposte al livello di densità più elevato, 63 piante/m², è stata registrato un peso delle silique significativamente inferiore, che si è attestato a 40,2 g/m². Questa diminuzione del peso delle silique all'aumentare della densità potrebbe essere dovuta ad un ritardo nella fase fenologica per le piante seminate a concentrazioni più elevate.

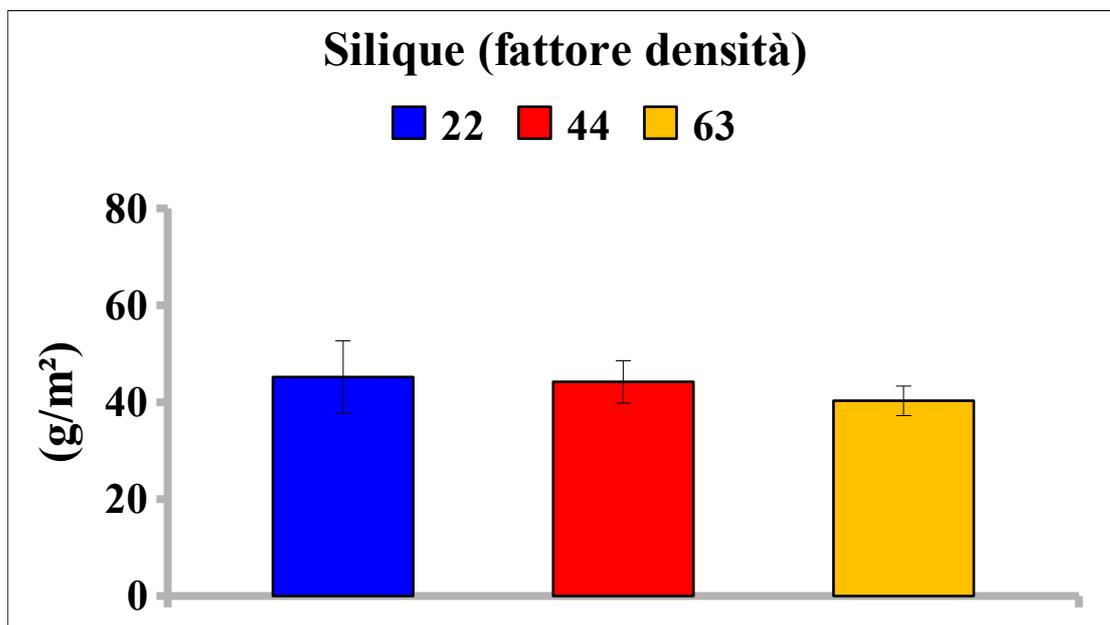


Grafico 9, Peso medio delle silique al metro quadro in relazione al fattore densità (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

Per valutare in che modo i differenti genotipi rispondano diversamente ai vari livelli di densità, è stato elaborato un grafico che evidenziasse appunto l'interazione "cultivar e densità di semina" (*Grafico 10*).

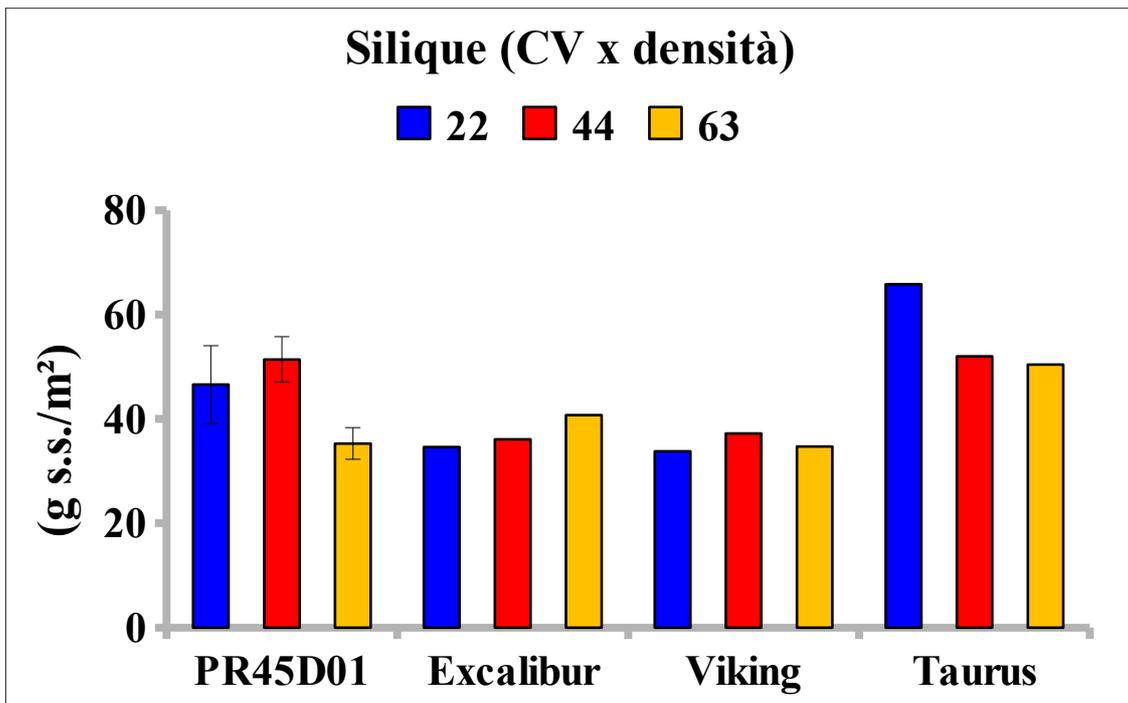


Grafico 10, Peso medio delle silique al metro quadro, interazione tra cultivar e densità di semina (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

Tale interazione ha evidenziato differenze significative. In particolare è possibile osservare come la cultivar Taurus abbia aumentato considerevolmente la produzione di silique, al diminuire della densità di semina, raggiungendo 66,5 g/m², probabilmente perchè il maggior spazio a disposizione per la crescita della coltura ha permesso di esprimere al meglio la precocità dell'ibrido. Al contrario, per Pr45D01 la situazione migliore per la produzione di silique sembra essere quella a densità intermedia, 44 piante/m². Excalibur e Viking, invece, non fanno notare variazioni importanti nella produzione di silique, al variare dell'investimento.

Circa un mese dopo, in data 12 Maggio 2009, è stato fatto un secondo rilievo per effettuare il biomass partitioning.

Da questo secondo rilevamento è emersa una enorme differenza nella ripartizione della sostanza secca all'interno della pianta. Nel *Grafico 11* sono state presi in considerazione i pesi delle varie strutture, senza distinzioni tra cultivar o densità di semina. E' possibile notare come il peso delle foglie sia estremamente basso, solo 35,3 g/m². Questo perchè a causa dell'elevato

ombreggiamento, causato dalle altre strutture della pianta, le foglie sono andate incontro a una senescenza precoce. L'attività fotosintetica è stata comunque portata avanti dai fusti, ancora verdi, e in massima parte dalle silique, che in questo rilevamento hanno raggiunto un peso di 543,2 g/m².

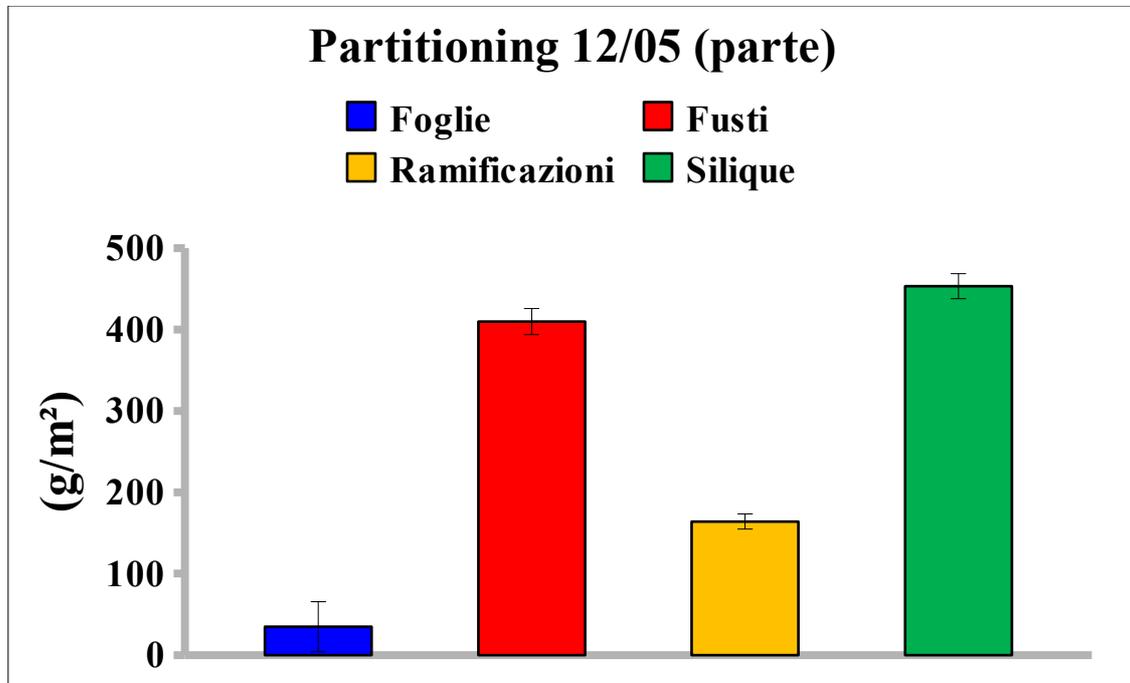


Grafico 11, Ripartizione della biomassa di tutte le piante, in riferimento alla struttura vegetativa (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

Nel grafico seguente è stata elaborata l'interazione tra le cultivar e la ripartizione della biomassa nelle varie strutture vegetative che le compongono (Grafico 12).

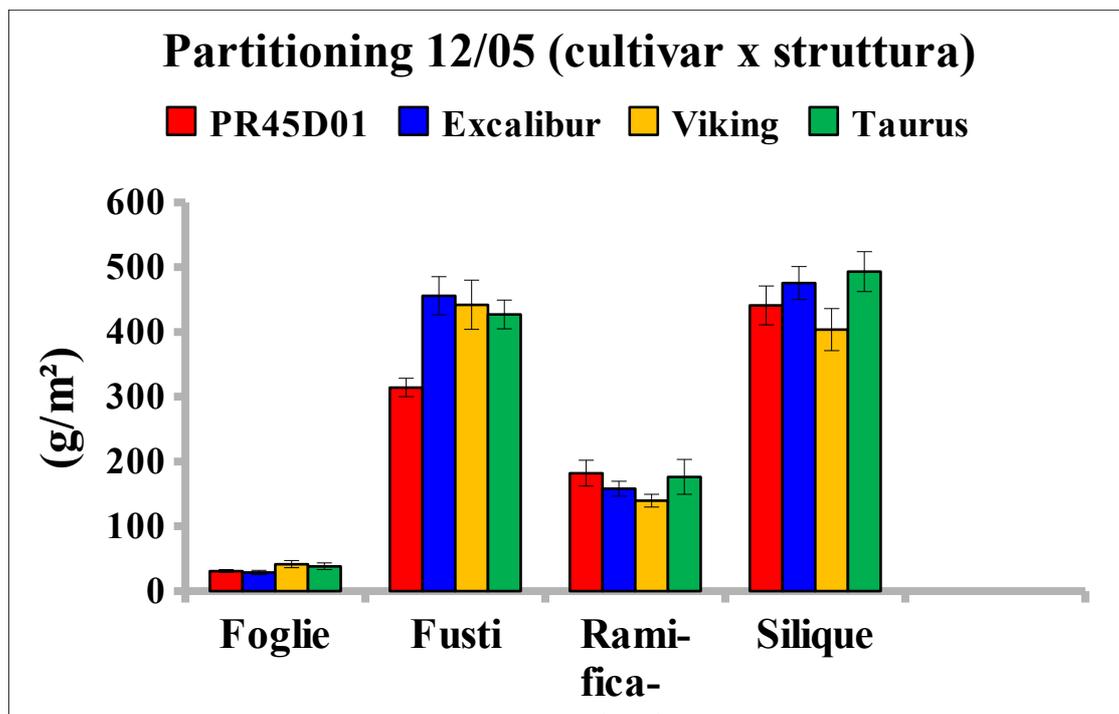


Grafico 12, Ripartizione della biomassa analizzando l'interazione tra cultivar e struttura vegetativa (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

Si può notare come l'ibrido seminano Pr45D01, nonostante abbia prodotto una scarsa quantità di foglie e soprattutto di fusti, abbia comunque una buona produzione di silique, presenti in maggiori quantità rispetto alle altre cultivar.

Più dettagliatamente si può osservare nel *Grafico 13* come il peso dei fusti sia molto simile tra Excalibur, Viking e Taurus, presentando solo lievi differenze, non significative ai fini dell'indagine statistica. Mentre, per quanto riguarda il peso medio dei fusti in Pr45D01, questo, a causa della taglia ridotta dell'ibrido seminano, è significativamente inferiore a quello delle altre cultivar, 314,3 g/m².

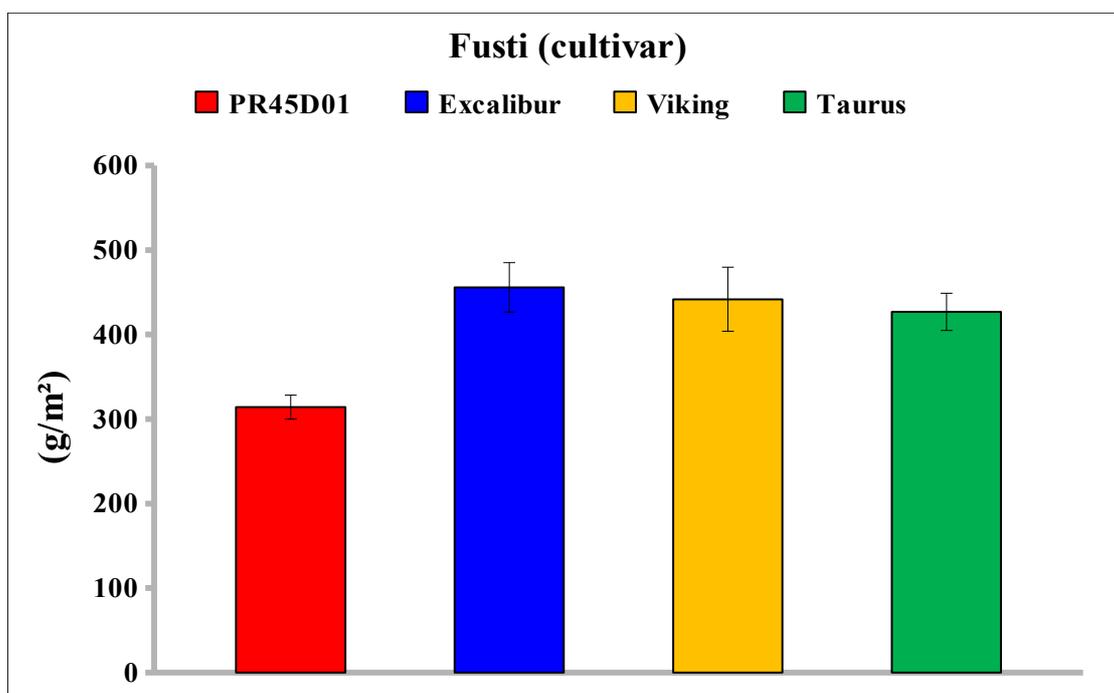


Grafico 13, Peso medio al metro quadro dei fusti, in relazione alla cultivar (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

Osservando poi in particolare, il peso medio delle silique, si può notare come Taurus continui a far registrare i valori più elevati anche in questo secondo campionamento, confermando le sue doti di precocità e raggiungendo un peso di 493 g/m² (Grafico 14).

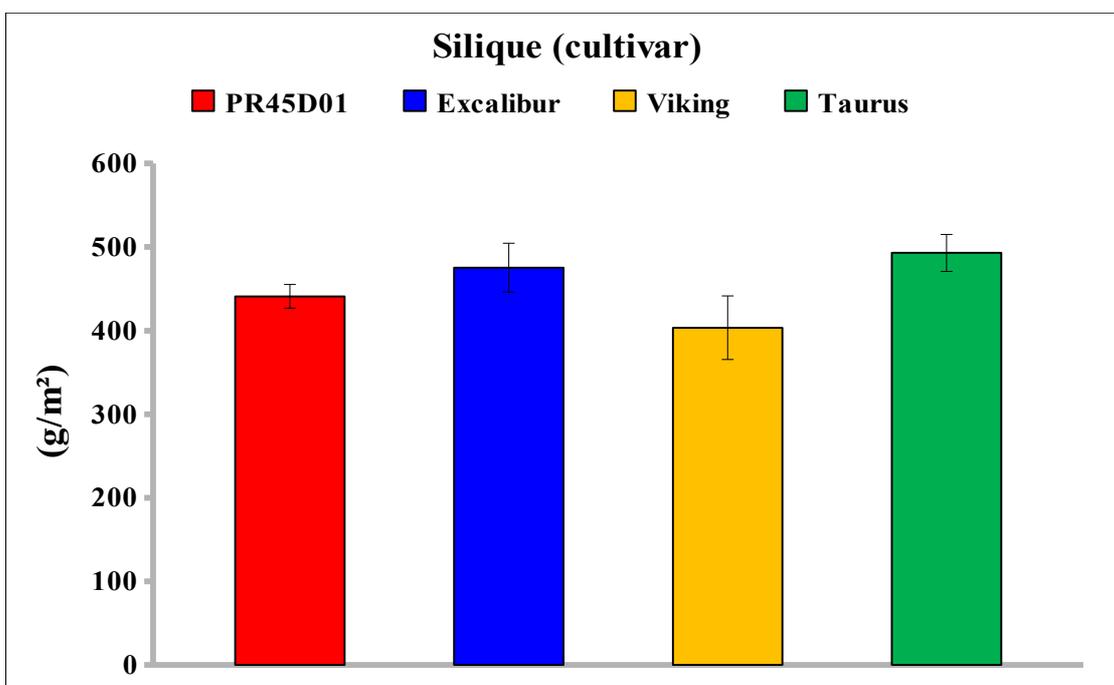


Grafico 14, Peso medio al metro quadro delle silique, in relazione alla cultivar (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

Viking è invece caratterizzata dalla produzione più bassa in silique, 403,5 g/m² mentre le altre cultivar si sono attestate sullo stesso livello, intermedio tra le due precedenti. Le differenze dovute alla cultivar non sono comunque risultate significative.

Le differenze nella produzione di silique non sono risultate significative nemmeno considerando il livello di densità di semina (*Grafico 15*).

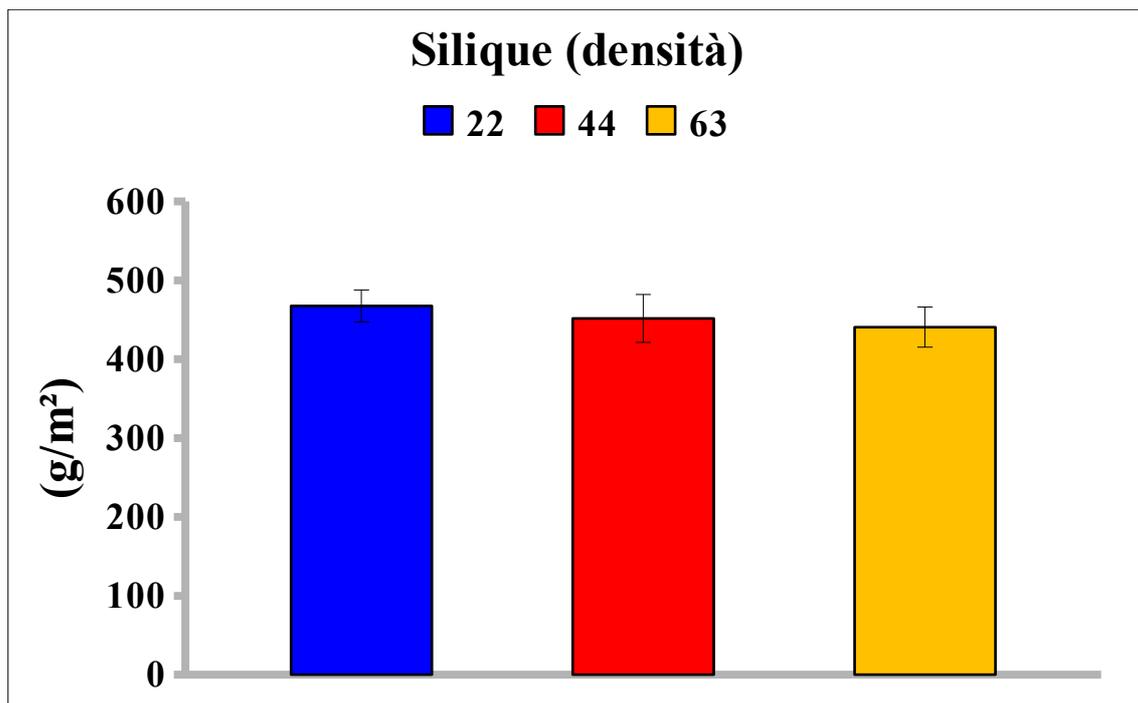


Grafico 15, Peso medio al metro quadro delle silique, in relazione alla densità (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

Le produzioni sono state molto simili, andando dai 467,3 g/m² della densità 22 ai 440,6 g/m² della densità a 63 piante a metro quadro.

Continuando a considerare il fattore densità, sono invece emerse differenze significative sia nella produzione di fusti, sia in quella di ramificazioni.

Nel *Grafico 16* si può osservare come le piante coltivate a più bassa densità, 22 piante a metro quadrato, abbiano fatto registrare il valore più basso per quanto riguarda il peso dei fusti, 349,5 g/m², distinguendosi nettamente dagli altri due livelli di densità, che sono risultati tra loro omogenei, avendo prodotto 430,5 g/m² e 449,0 g/m², rispettivamente per le densità 44 e 63 piante a metro quadro.

Il motivo di queste differenze è da ricercarsi nel fatto che le piante a densità più elevata, essendo più in competizione tra di loro, hanno concentrato lo sviluppo sull'asse principale, a scapito della produzione di altre strutture vegetative.

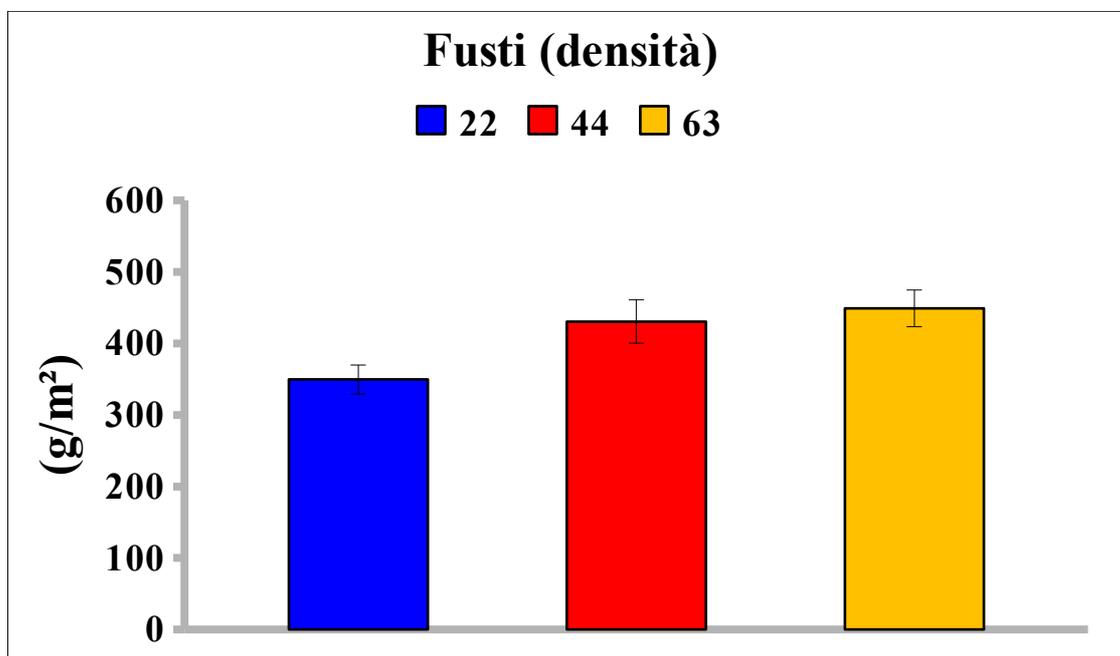


Grafico 16, Peso medio al metro quadro dei fusti, in relazione alla densità (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

Viceversa, com'è visibile nel Grafico 17, le piante che sono state coltivate a densità inferiore, avendo a disposizione più luce e più spazio per crescere, hanno prodotto più ramificazioni.

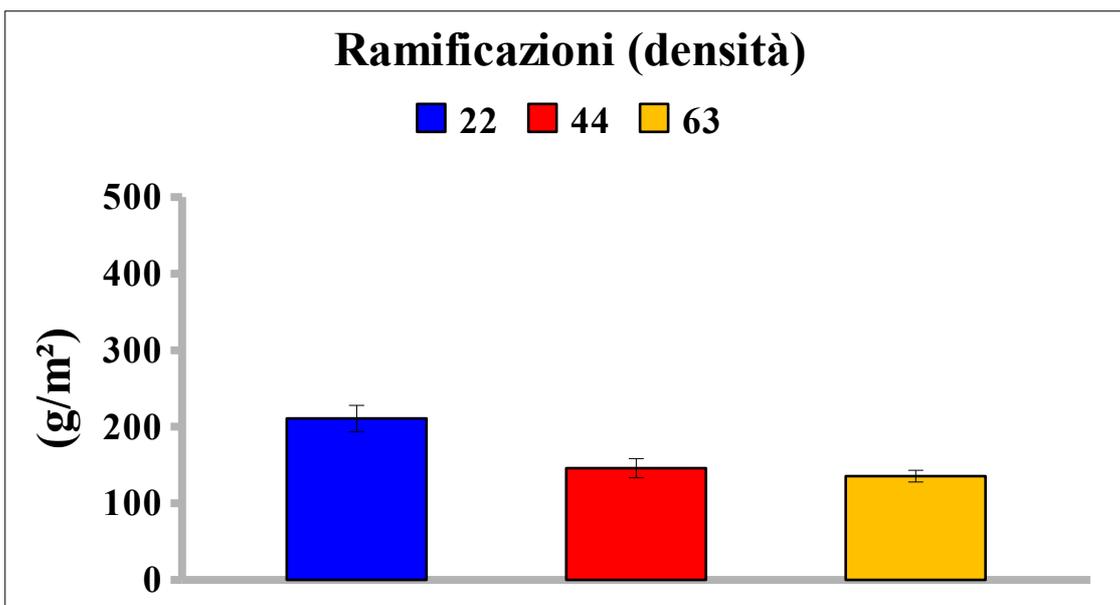


Grafico 17, Peso medio al metro quadro delle ramificazioni, in relazione alla densità (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

Anche in questo caso le parcelle con densità 44 e 63 piante a metro quadro hanno portato a produzioni molto simili tra loro, e le lievi differenze possono essere considerate non significative, identificando le due tesi in un gruppo omogeneo.

Significative sono invece risultate le differenze tra queste e la produzione delle piante a densità di semina più bassa, che con una produzione di 207,4 g/m² di ramificazioni ha sovrastato di gran lunga gli altri livelli di densità, i quali hanno prodotto 145,8 g/m² e 135,2 g/m² rispettivamente per la densità 44 e 63.

Questo dato indica come una drastica diminuzione della densità di semina porti a un importante cambiamento nella differenziazione delle strutture vegetative, modificando così l'habitus vegetativo della pianta e lasciando molto più spazio alle ramificazioni.

Sono stati poi confrontati i due rilevamenti, uno effettuato in fase di fioritura e l'altro in fase di inizio riempimento delle silique. E' stato effettuato un paragone tra la ripartizione percentuale della sostanza secca tra le varie strutture riscontrata nel rilievo del 16 Aprile con quella risultante dal rilievo effettuato il 12 Maggio (*Grafico 18*).

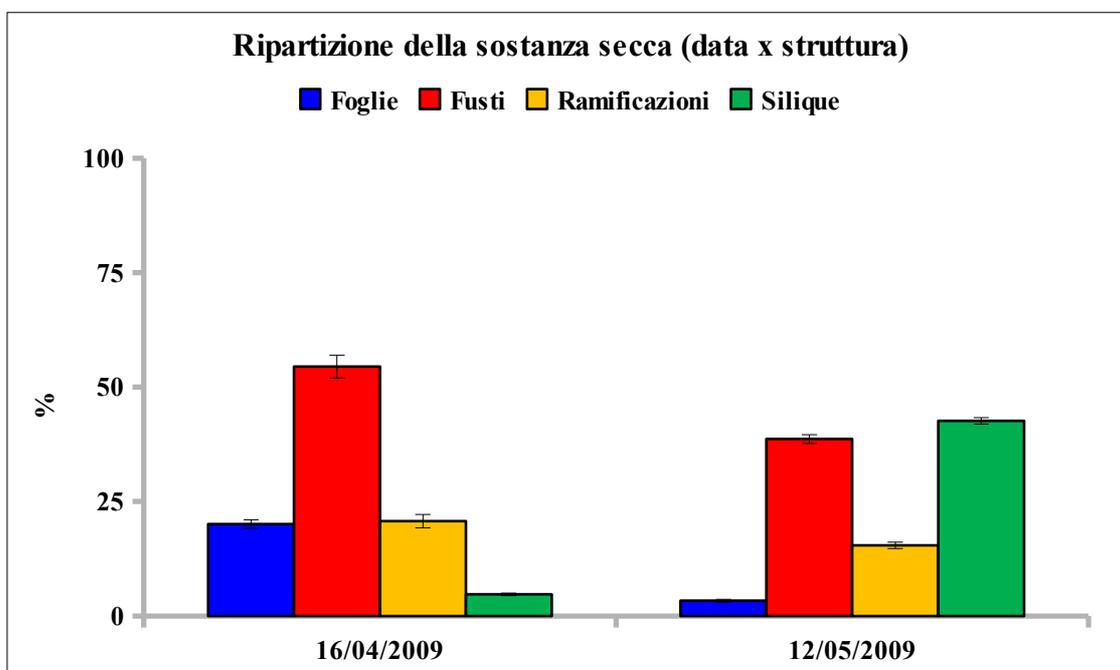


Grafico 18, Ripartizione percentuale della biomassa di tutte le piante, in riferimento alla struttura vegetativa, confrontando i due rilevamenti (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

E' interessante notare come nel primo rilevamento più del 50% della biomassa sia composta dai fusti. Foglie e ramificazioni hanno anche loro una buona rilevanza, mentre il peso delle silique riveste una percentuale molto bassa.

Nel secondo rilevamento la ripartizione cambia considerevolmente, i fusti e le foglie perdono notevolmente di importanza, a vantaggio delle silique che raggiungono una percentuale in peso pari al 43,3 % del totale.

Nel *Grafico 19* è stato aggiunto il fattore densità, per vedere come questo influenzi la ripartizione della sostanza secca nelle due fasi esaminate.

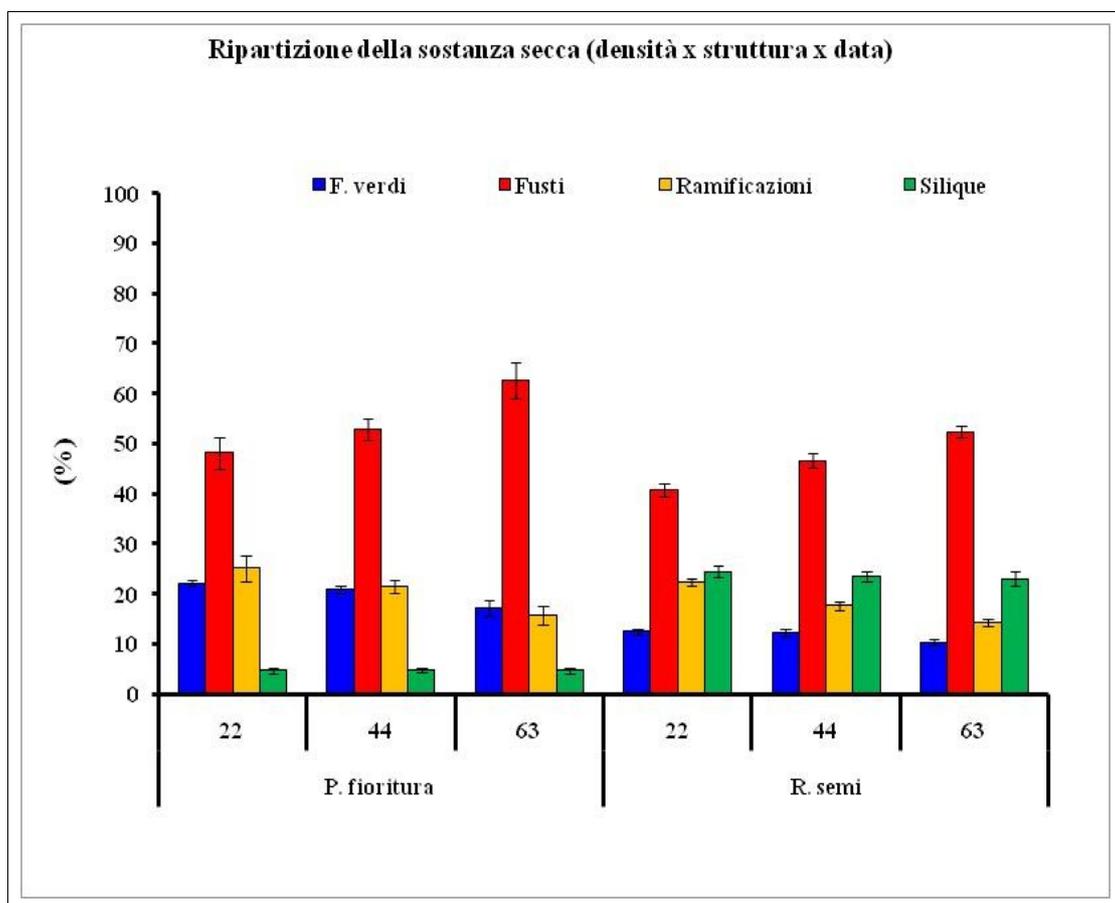


Grafico 19, Ripartizione della biomassa in relazione alla densità, confronto tra i due rilievi (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

Relativamente alla produzione di foglie, vi sono differenze significative tra i due rilevamenti, infatti la percentuale di foglie è diminuita passando dal primo al secondo rilievo. Anche in relazione alla densità di semina sono emerse differenze significative, ma solo da parte della densità più alta, che in entrambi i rilievi forniva delle percentuali di foglie più basse degli altri due livelli di densità.

Si può affermare che anche l'interazione tra data del rilevamento e densità di semina abbia portato a differenze significative.

Per quanto riguarda la ripartizione della biomassa nei fusti è evidente come ci siano differenze significative dovute sia alla densità di semina, sia alla data di campionamento e quindi anche all'interazione tra i due fattori.

Relativamente alla densità di semina si nota come all'aumentare della densità aumenta il peso percentuale dei fusti. Nel primo campionamento si passa dal 48,1 % fatto registrare dalla densità 22, fino ad arrivare al 62,8% relativo alla densità 63. Nel secondo campionamento l'andamento è il medesimo, crescente a partire dalla densità inferiore, anche se l'importanza percentuale del peso dei fusti è considerevolmente diminuita. Alla densità più bassa i fusti occupano il 33,2% della biomassa totale, a 44 il 40,3% e a 63 piante a metro quadro il 42,1%.

Anche le ramificazioni hanno significativamente perso peso sulla percentuale totale, scendendo dal 20,6% del peso medio totale nel primo rilievo, al 15,4% nella seconda data. Inoltre si sono differenziate in maniera significativa in base alla densità di semina. I valori più alti si sono verificati con le densità minori, con una media tra i due rilevamenti del 22,3% con 22 piante a metro quadro, 17,6% con 44 e 14,1% con 63 piante a metro quadro.

La perdita di importanza di foglie, fusti e ramificazioni, in riferimento al peso, è stata però compensata dall'aumento percentuale in peso delle silique. Queste, nonostante non vi siano state differenze dovute alla densità di semina, sono significativamente aumentate di importanza dal primo al secondo rilevamento, passando da una media del 4,7% del peso in data 16 Aprile a un 42,6% in data 12 Maggio, evidenziando il loro sviluppo progressivo con il procedere della stagione.

Conteggio delle ramificazioni e delle silique

Il conteggio del numero delle ramificazioni, del numero di silique totali, della ripartizione di queste tra l'asse principale e le ramificazioni sono informazioni utili al fine di determinare quali caratteristiche delle strutture vegetative sono implicate nella produttività finale della coltura.

A tale scopo nel rilievo effettuato il 27 Maggio è stato conteggiato il numero di ramificazioni presenti su ogni pianta raccolta, e tale numero è stato poi rapportato all'unità di superficie (1m^2). I risultati ottenuti sono quindi stati messi in relazione alla cultivar e alla densità di semina.

Relativamente alle cultivar, si può notare nel *Grafico 20* come siano emerse differenze significative.

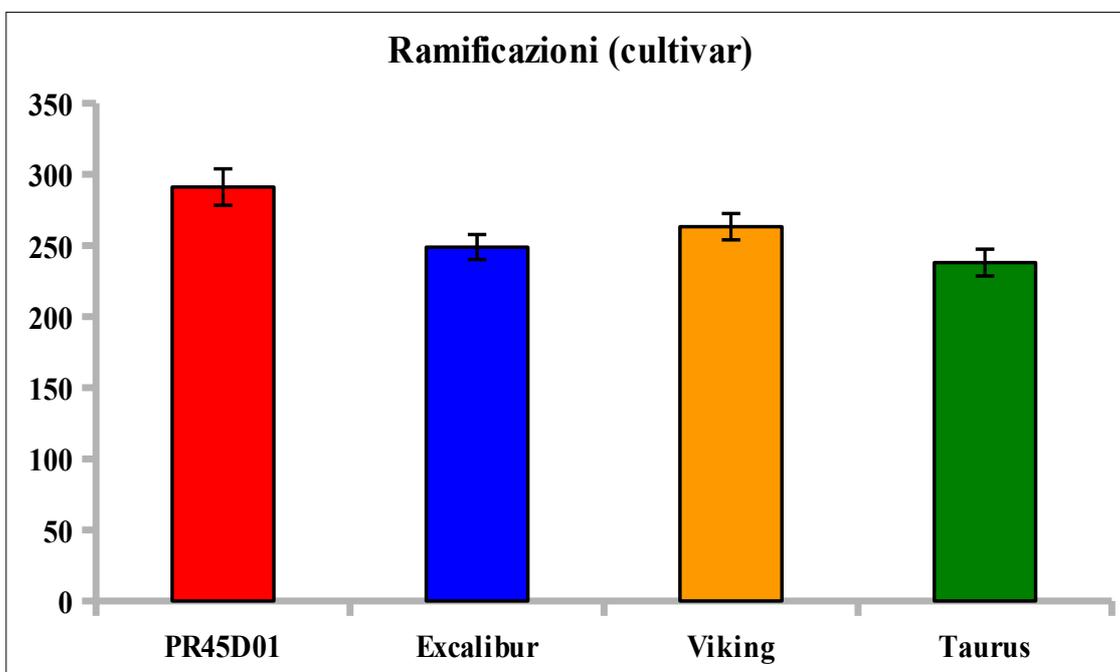


Grafico 20, Numero di ramificazioni per m^2 , in riferimento alla cultivar (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

In particolare, PR45D01 si è distinta per avere un numero di ramificazioni significativamente superiore alle altre cultivar, $291,3/\text{m}^2$. Tra le altre cultivar non sono emerse differenze significative, e il numero di ramificazioni varia da 237,9 in Taurus a 263,2 in Viking.

Anche prendendo in considerazione gli effetti imputabili alle diverse densità di semina sono emerse differenze significative per quanto riguarda il numero di

ramificazioni prodotte (*Grafico 21*).

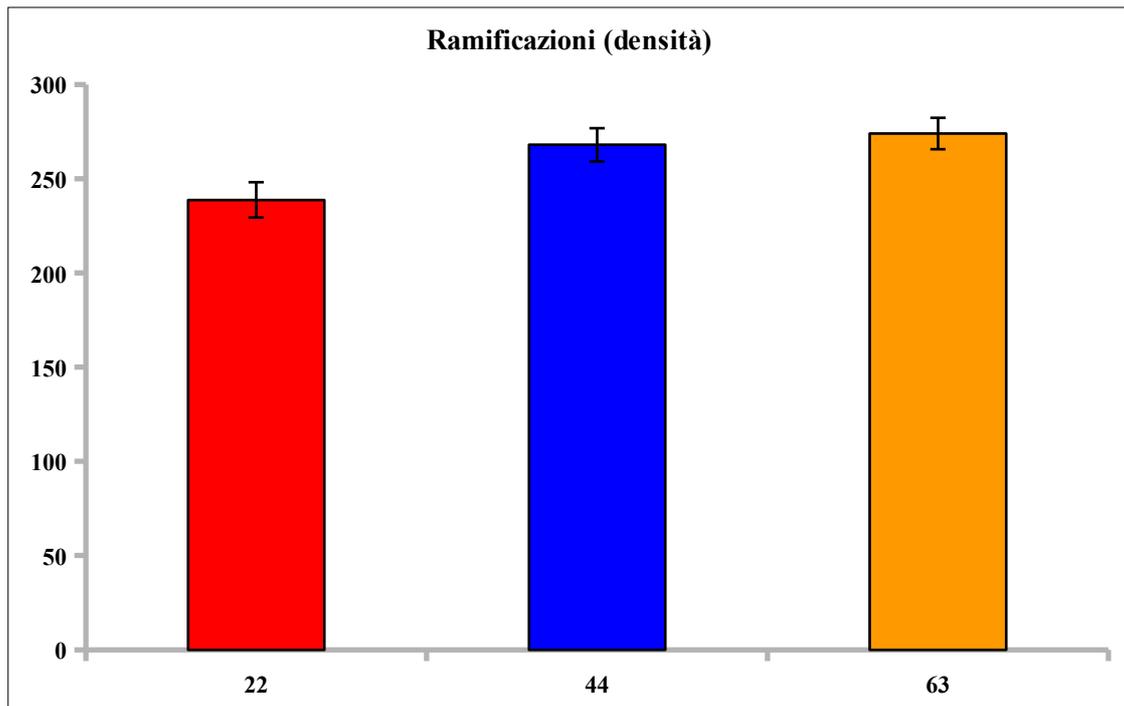


Grafico 21, Numero di ramificazioni per m², in riferimento alla densità di semina (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

Le parcelle sottoposte al livello di densità più basso, hanno prodotto un numero di ramificazioni pari a 239, significativamente inferiore rispetto agli altri 2 livelli di densità che si sono dimostrati simili, attestandosi a 269 e a 274, rispettivamente per 44 e 63 piante a metro quadro.

Questo perchè, anche se le piante cresciute con densità inferiori, prese singolarmente, hanno differenziato più ramificazioni, a parità di superficie queste non si sono dimostrate sufficienti per sopperire al minor numero di piante e quindi il numero totale di ramificazioni a metro quadrato è risultato inferiore.

E' stato poi eseguito un conteggio del numero delle silique, separando quelle portate dall'asse principale da quelle portate dalle ramificazioni.

Le silique contate sull'asse principale di ogni pianta raccolta sono state rapportate all'unità di superficie, ottenendo così il numero medio di silique per metro quadro.

Per primo è stato eseguito un confronto tra le silique presenti sull'asse principale di ciascuna delle cultivar (*Grafico 22*).

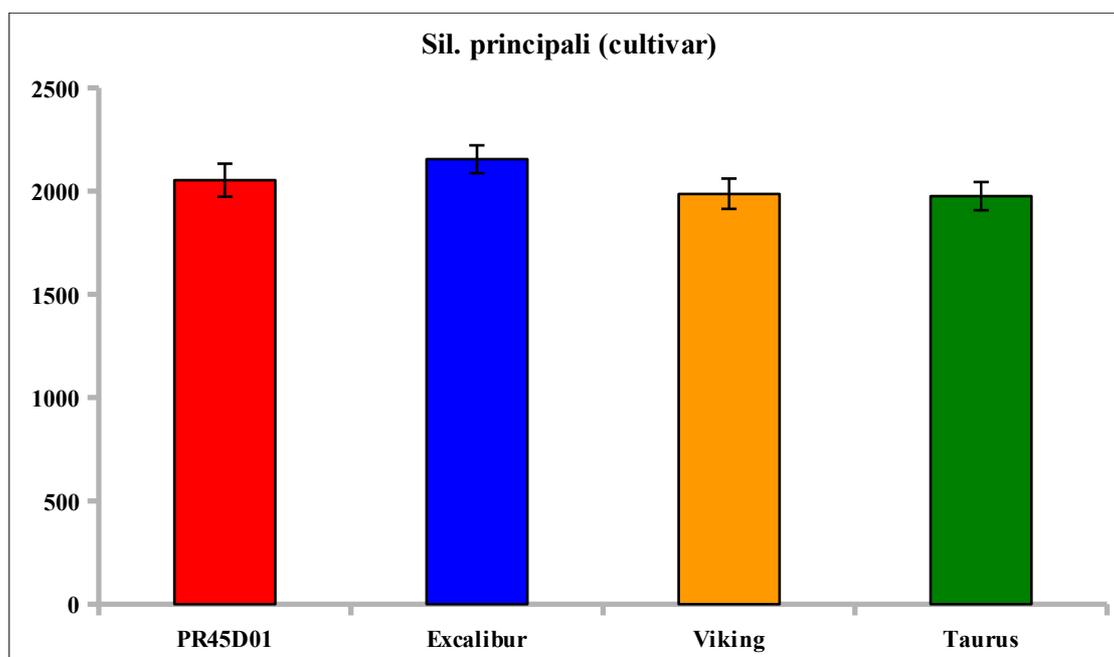


Grafico 22, Numero di silique portate dagli assi principali per m², in riferimento alla cultivar (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

Le differenze emerse tra le cultivar sono risultate significative ($P \leq 0,05$), in particolare Excalibur ha messo in luce un numero maggiore di silique sull'asse principale, raggiungendo le 2159 unità. Viking e Taurus hanno una produzione significativamente più bassa, rispettivamente 1986 e 1976/m². L'ibrido seminano ha invece una produzione di silique sull'asse principale intermedia tra questi due gruppi, con 2053 silique/m².

Mettendo in relazione il numero di silique presenti sull'asse principale, con la densità di semina, è possibile osservare delle differenze estremamente significative. All'aumentare della densità di semina aumenta anche il numero di silique portate dall'asse principale. In particolare, la tesi con densità 22 piante a metro quadro ha fatto registrare un numero di silique più basso, pari a 1208, con 44 piante a metro quadro le silique sono state 2261, mentre il risultato maggiore è stato raggiunto dalla densità più elevata, 63 piante a metro quadro, con 2661 silique portate dagli assi principali su un metro quadrato. Questa differenza tra le densità è dovuta in gran parte al fatto che aumentando in numero di piante a metro quadro aumenta anche il numero degli assi principali, e di conseguenza il numero di silique portati in quella posizione è molto maggiore.

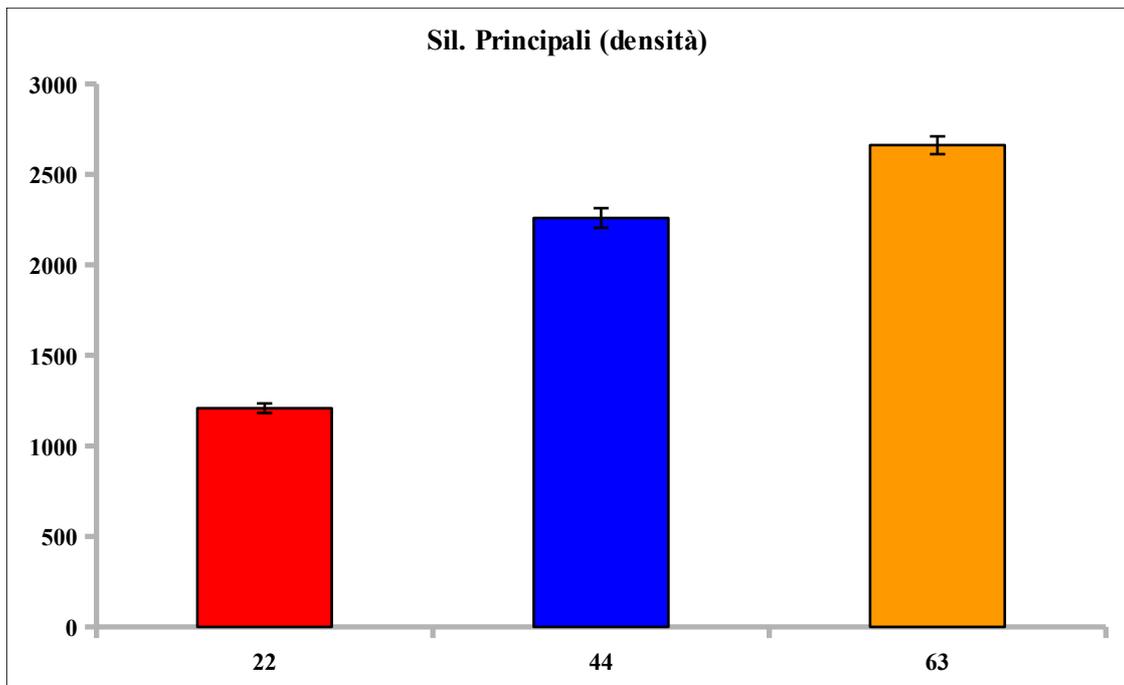


Grafico 23, Numero di silique portate dagli assi principali per m², in riferimento alla densità di semina (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

Analizzando invece il numero di silique per metro quadro portate dalle ramificazioni, si può notare come vi sia un'inversione di tendenza in relazione alla densità di semina (*Grafico 24*), come era atteso.

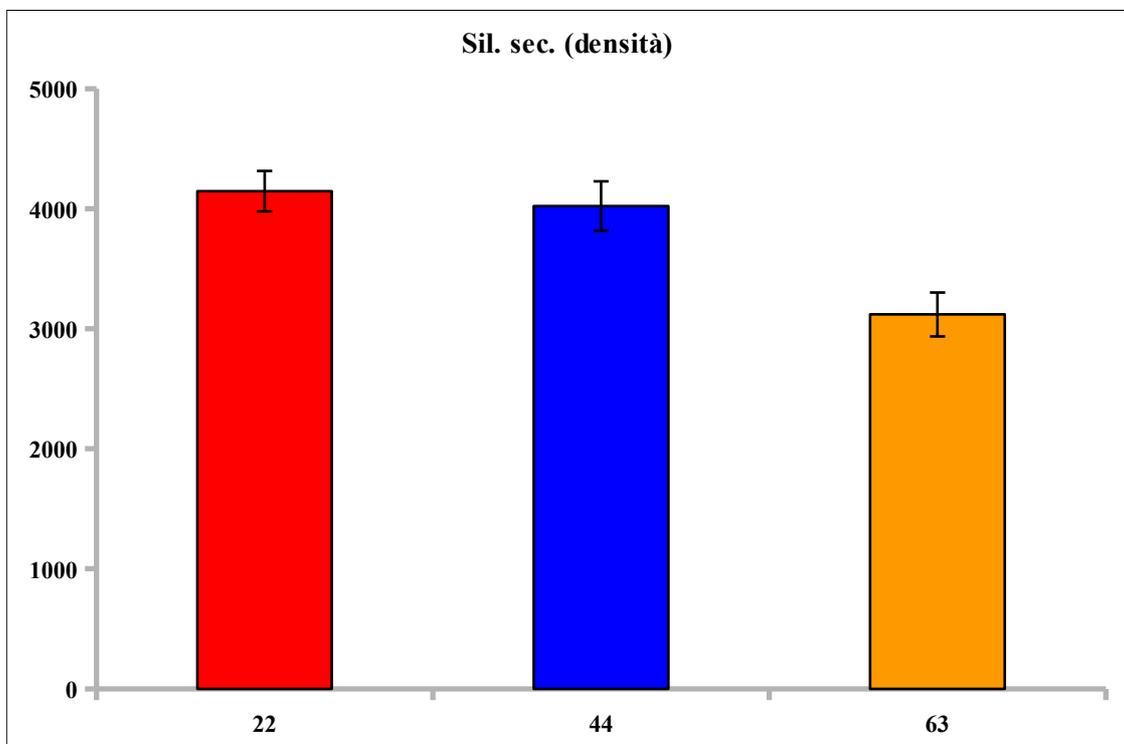


Grafico 24, Numero di silique portate dagli assi secondari per m², in riferimento alla densità di semina (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

Infatti, nelle tesi a densità più bassa, 22 e 44 piante per metro quadrato, il numero di silique portate dagli assi secondari è molto elevato, attestandosi nel primo caso a 4147 e nel secondo a 4027. Nella tesi a densità più elevata invece, si può notare una differenza significativa rispetto alle altre due, evidenziando una minor produzione di silique negli assi laterali, identificata a 3119 silique. Questo dato è molto interessante poiché, nonostante il numero di ramificazione per metro quadrato sia inferiore nelle tesi a densità più bassa (*Grafico 21*) queste hanno comunque fatto registrare una produzione di silique per metro quadro superiore, frutto di una produzione di silique da parte delle singole ramificazioni più elevata.

Osservando invece il numero di silique portate dalle ramificazioni in relazione con le diverse cultivar è possibile notare dal *Grafico 25* come, nonostante la produzione da parte di Viking sia risultata leggermente inferiore rispetto altre, non siano emerse differenze significative. Ovvero, la scelta varietale pare non influenzare in maniera significativa questo parametro.

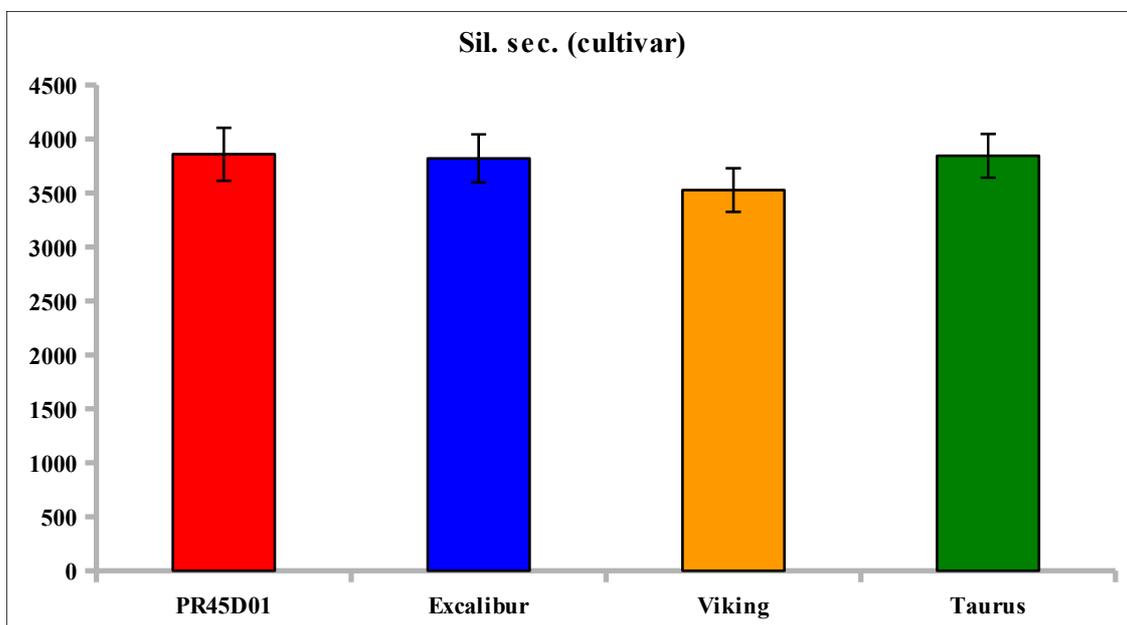


Grafico 25, Numero di silique portate dagli assi secondari per m², in riferimento alla cultivar (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

E' stato poi conteggiato il numero totale di silique prodotte per unità di superficie ed il risultato è stato messo a confronto tra le varie cultivar (*Grafico 26*).

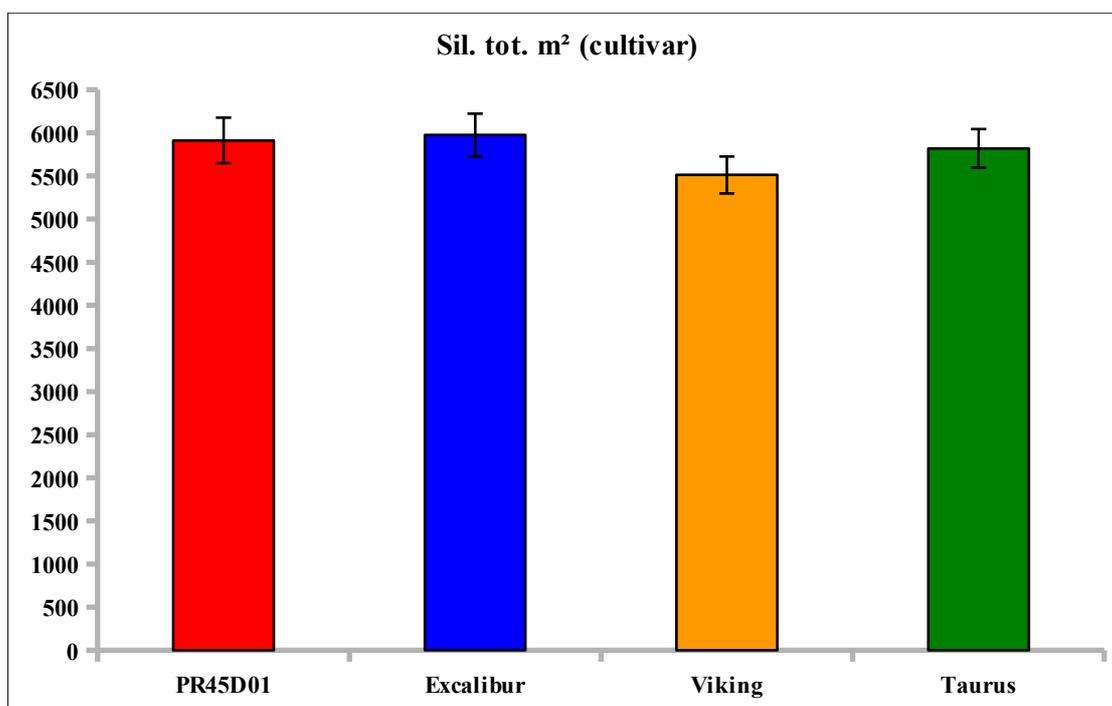


Grafico 26, Numero totale di silique per m², in riferimento alla cultivar (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

Si può notare come anche in questo caso, la produzione di silique da parte della varietà a libera impollinazione sia risultata leggermente inferiore alle altre e come la maggior produzione di silique che Excalibur aveva manifestato negli assi principale sia stata ridimensionata. E' possibile inoltre affermare che non vi sono differenze significative tra le cultivar per quanto riguarda la produzione di silique per metro quadro, che si è vista compresa tra le 5512 silique di Viking e le 5985 di Excalibur.

Mettendo in relazione il numero totale di silique per metro quadrato con i diversi livelli di densità di semina, si possono invece notare differenze significative (*Grafico 27*). In particolare, la tesi con densità più bassa, nonostante l'elevato numero di silique sugli assi secondari, non è riuscita a recuperare il deficit riscontrato nell'asse principale, e ha fatto registrare il numero più basso di silique per metro quadro, 5355. La tesi con densità 63 piante a metro quadro, ha prodotto un numero intermedio di silique, pagando la scarsa produzione delle stesse nelle ramificazioni e attestandosi su un valore di 5780.

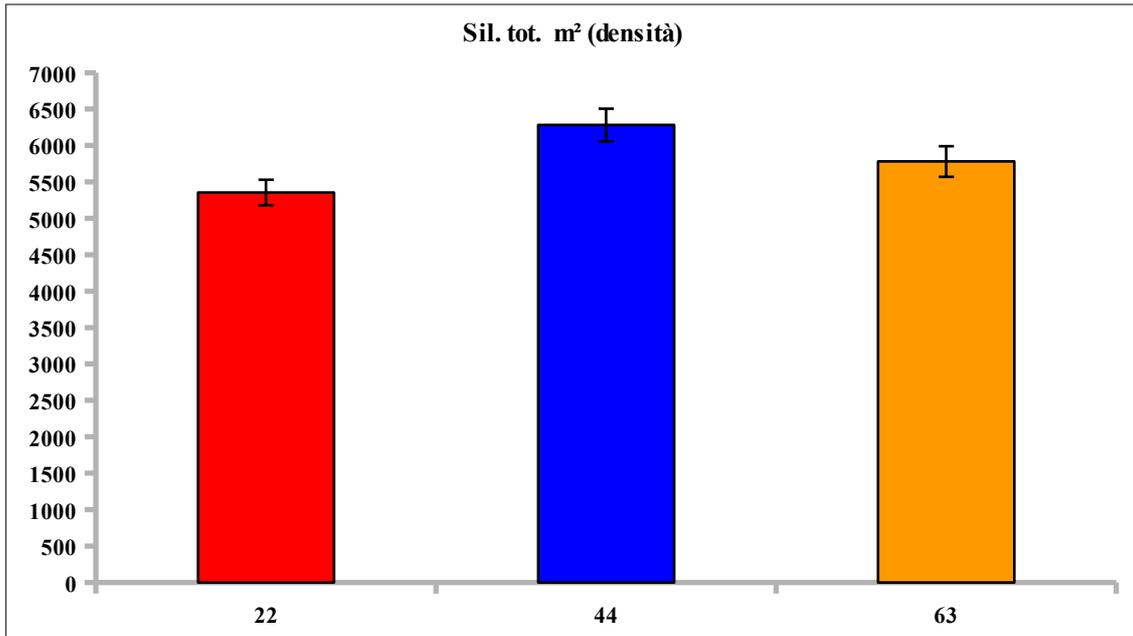


Grafico 27, Numero totale di silique per m², in riferimento alla densità di semina (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

La tesi che ha fatto registrare il valore più alto di silique per metro quadrato è stata quella con densità 44 piante/m², che ha sommato una buona produzione di silique sia da parte dell'asse principale sia da parte delle ramificazioni. La tesi con densità intermedia ha quindi raggiunto una produzione di 6289 silique per metro quadro.

Misurazione della lunghezza del racemo

Secondo uno studio francese esisterebbe una relazione molto stretta tra il numero di silique prodotte dal racemo e la lunghezza dell'asse, calcolata misurando la distanza tra la prima e l'ultima siliqua portata dalla stessa. Questo metodo permetterebbe di calcolare, in maniera abbastanza precisa il numero di silique presenti, impiegando molto meno tempo rispetto al conteggio delle stesse.

Mettendo in relazione la lunghezza dell'asse produttiva principale con il numero di silique da esso prodotte (*Grafico 28*) è emerso come esista una correlazione positiva tra i due parametri, ed è stata quindi definita una funzione che spiega tale correlazione. Il coefficiente di determinazione di tale retta, (R^2) è risultato essere 0,59 e indica che c'è una correlazione di media intensità.

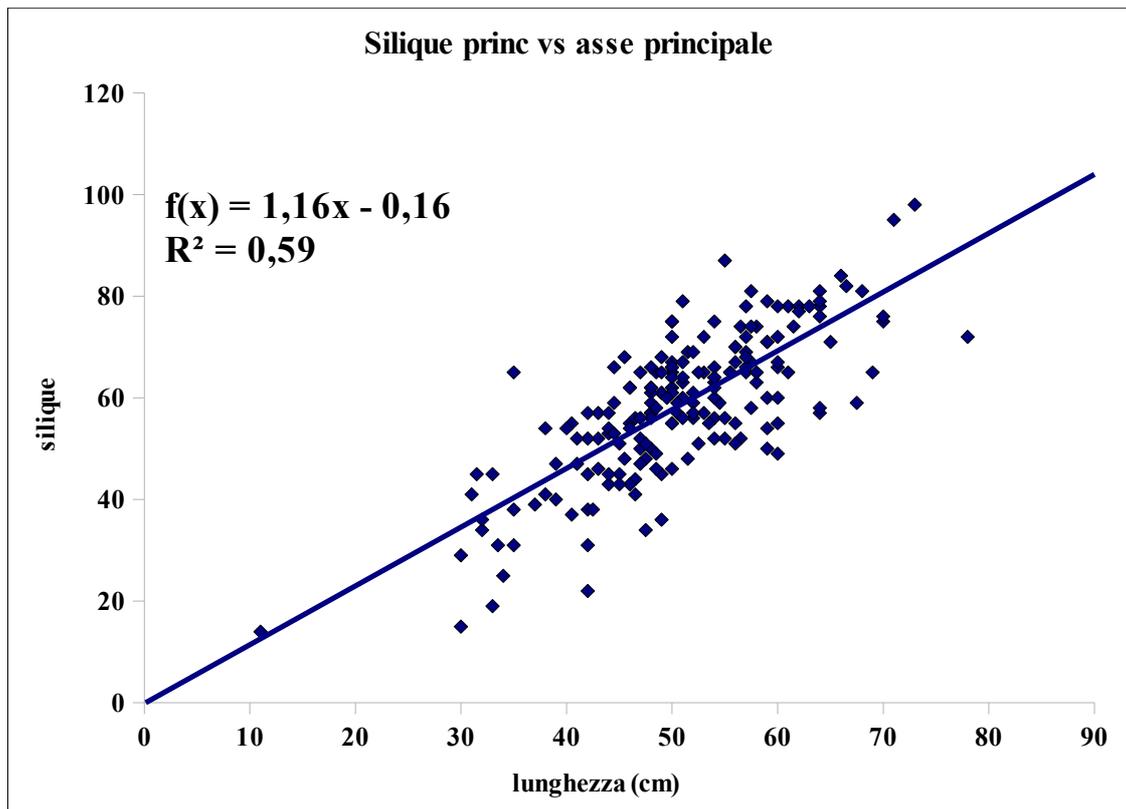


Grafico 28, Correlazione tra numero di silique prodotte dall'asse principale e lunghezza dello stesso

Continuando le analisi, nel *Grafico 29* sono stati posti in relazione la lunghezza degli assi secondari con la produzione di silique negli stessi.

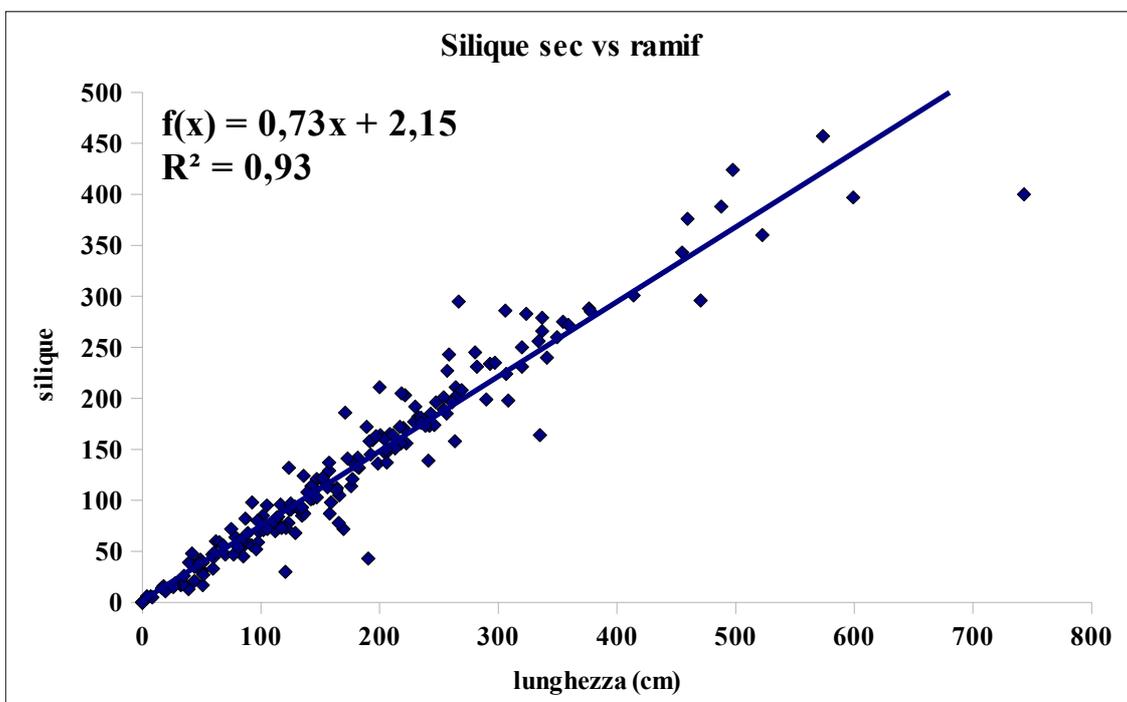


Grafico 29, Correlazione tra numero di silique prodotte dalle ramificazioni e lunghezza delle stesse

Anche in questo caso è stato possibile trovare una correlazione tra le due serie di

dati, ed è stata elaborata una funzione che rappresentasse tale rapporto. Il coefficiente di determinazione è risultato essere molto elevato, $R^2=0,93$, il che indica una stretta dipendenza tra il numero delle silique prodotte e la lunghezza della ramificazione che le portava.

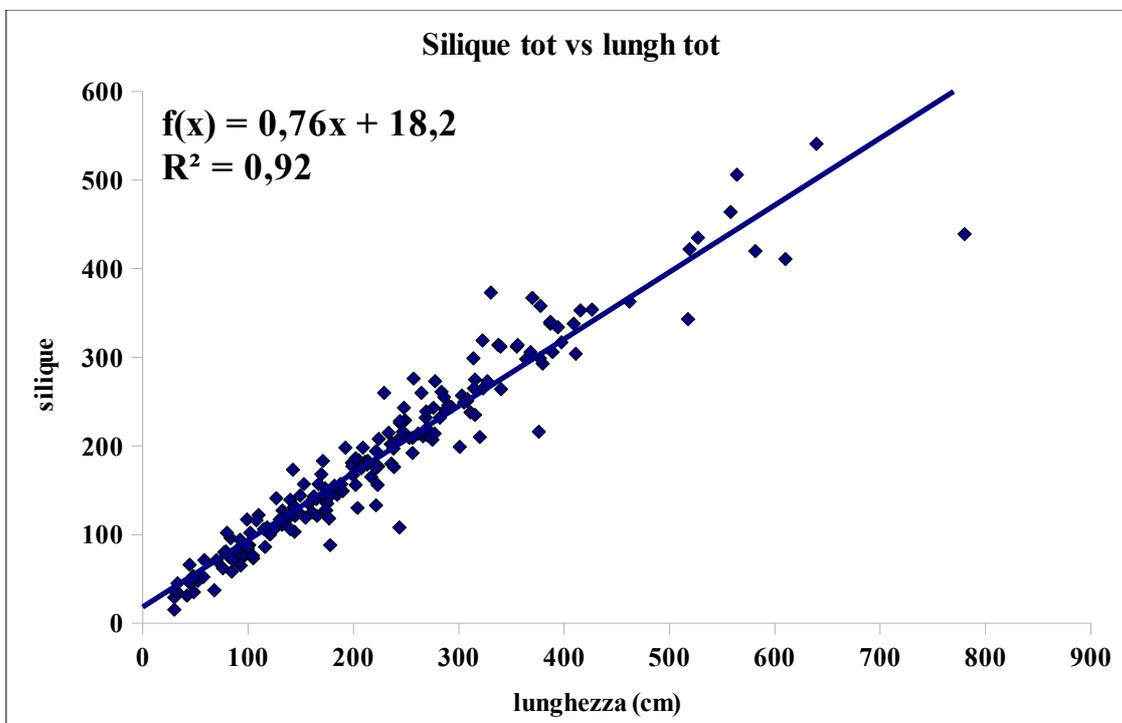


Grafico 30, Correlazione tra numero di silique prodotte dalla pianta e la lunghezza degli assi produttivi

Sono stati infine messi in relazione il numero totale delle silique prodotte con la lunghezza di tutti i racemi, indipendentemente dal fatto che fossero sull'asse principale o sulle ramificazioni (*Grafico 30*). Anche in quest'ultima analisi è emersa una elevata correlazione positiva tra i due fattori, con un coefficiente di determinazione pari a 0,92.

E' quindi possibile confermare la validità di questo metodo di stima per il calcolo del numero delle silique prodotte, effettuando la misurazione della lunghezza del racemo e inserendo i dati nelle funzioni trovate, accelerando così le operazioni di conteggio delle silique.

Resa in granella

Dopo la raccolta di ogni parcella con l'utilizzo di una mietitrebbiatrice di pieno campo il peso della granella è stato rapportato all'unità di superficie (1 ha).

Nel *Grafico 31*, la resa in granella così ottenuta, denominata resa di pieno campo, è stata confrontata tra le varie cultivar.

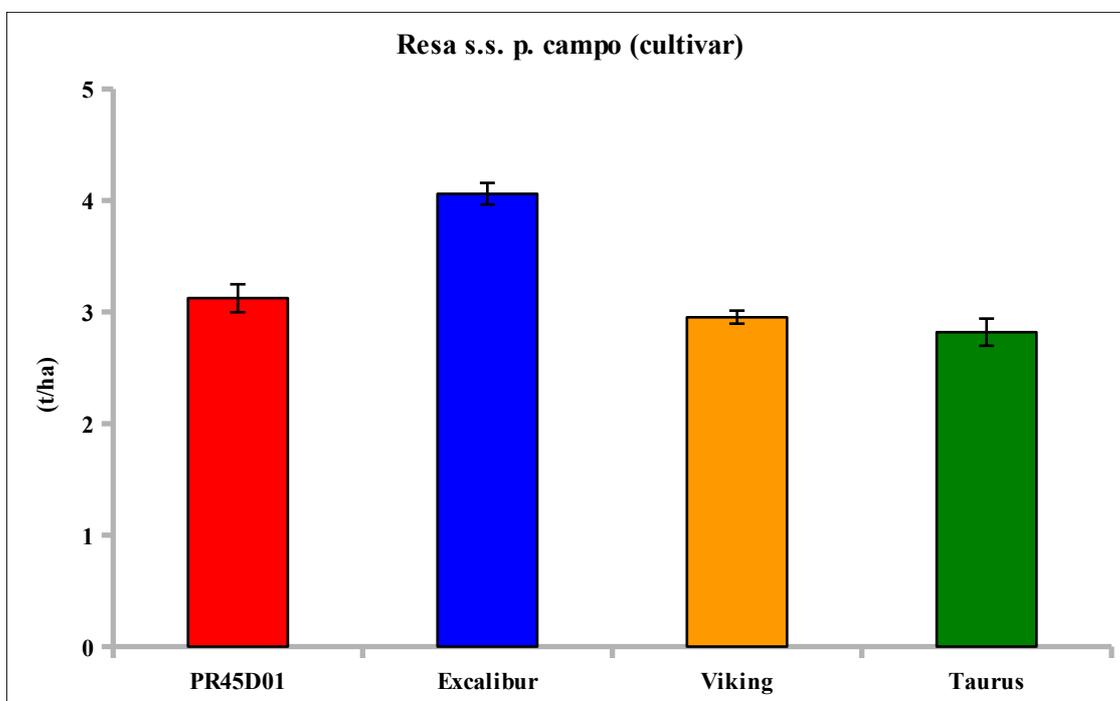


Grafico 31, Resa in pieno campo di granella secca in t/ha in relazione alla cultivar (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

E' possibile osservare come siamo emerse differenze significative. In particolare, Excalibur si è dimostrata la cultivar più produttiva, distanziando nettamente le altre e raggiungendo una produzione di 4,06 t/ha di s.s.. La seconda maggior resa in granella è stata fatta registrare dall'ibrido seminano PR45D01 con una produzione pari a 3,12 t/ha di granella. Taurus, nonostante il suo notevole vigore vegetativo, si è rivelata la cultivar con la produzione più bassa, con solo 2,81 tonnellate di granella per ettaro. Questo fatto può essere spiegato anche con la maggiore precocità dell'ibrido. Infatti la data di raccolta è stata la stessa per tutte e quattro le cultivar e tale data potrebbe non essere stata ottimale per Taurus, che considerata la sua precocità aveva raggiunto la maturazione precedentemente e ha quindi subito maggiori perdite per deiscenza. Infine, la linea a libera impollinazione, Viking, ha avuto una produzione

intermedia tra le ultime due, pari a 2,95 t/ha s.s..

Per calcolare la resa in granella è stata anche effettuata una raccolta su delle aree di saggio, della dimensione di 1 m² per ciascuna parcella. In questo modo è stato possibile avere un altro riscontro sulla produzione e inoltre, la raccolta dalle aree di saggio ha permesso di ottenere anche dati sui residui colturali, utili per calcolare l'harvest index (indice di raccolta).

Nel *Grafico 32* la resa calcolata sulle aree di saggio è stata nuovamente rapportata alle cultivar.

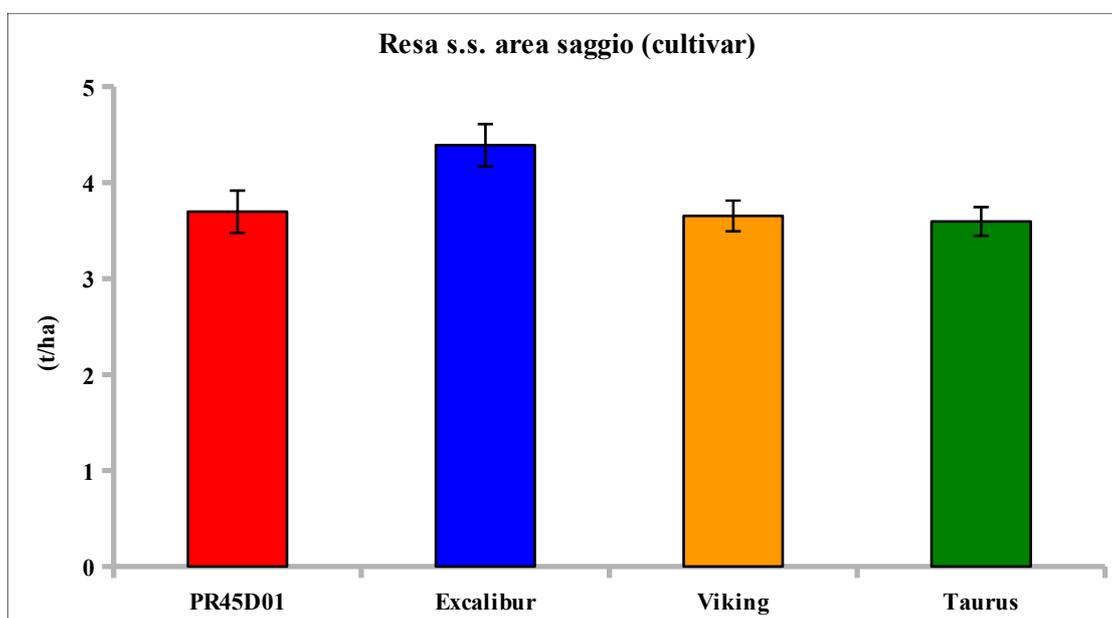


Grafico 32, Resa di granella secca in t/ha calcolata sulle aree di saggio in relazione alla cultivar (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

Si nota come l'andamento produttivo stimato sulle aree di saggio è rimasto invariato rispetto quello riscontrato nella raccolta di pieno campo. Excalibur è la cultivar più produttiva, seguita da PR45D01, Viking e Taurus. Con la raccolta parcellare però le rese sono risultate maggiori, 4,39 t/ha per la prima e 3,59 t/ha per l'ultima. Questa differenza è dovuta al fatto che la raccolta manuale ha consentito di ridurre al minimo le perdite di granella durante le operazioni.

La resa in granella è stata quindi analizzata per osservare gli effetti dovuti alla densità di semina. Si può notare dal *Grafico 33* come la produzione non abbia fatto evidenziare differenze significative al variare del livello di densità.

La resa delle tre tesi varia solamente di pochi chili, e queste differenze sono da

ricondersi ad errori casuali e non all'effetto della densità.

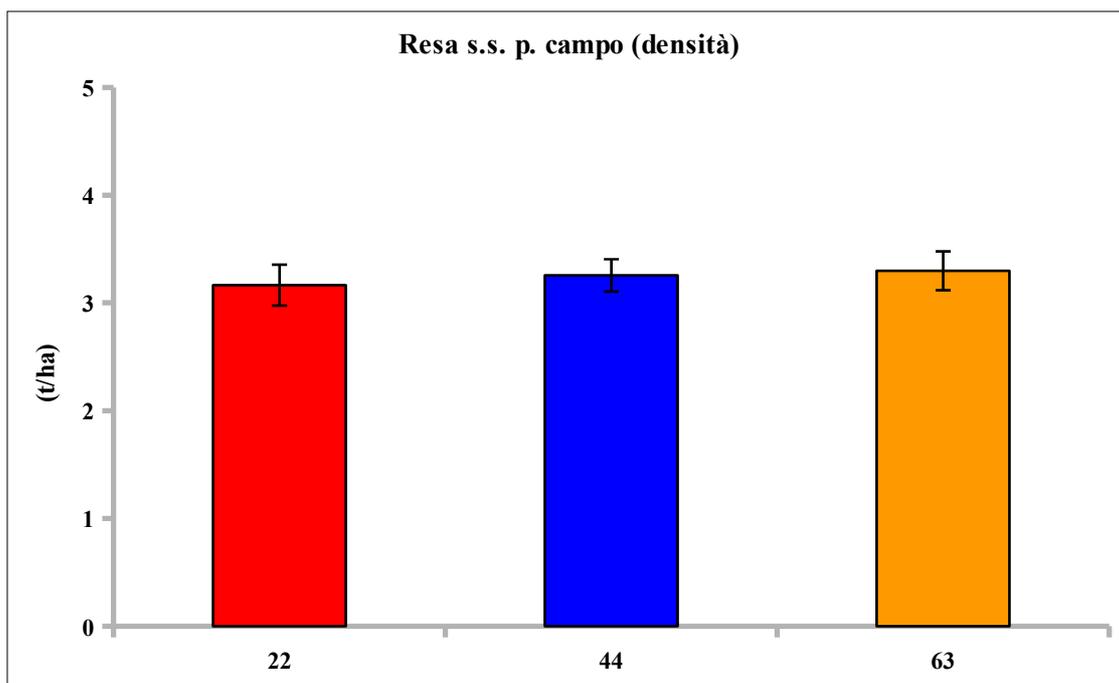


Grafico 33, Resa in pieno campo di granella secca in t/ha in relazione alla densità di semina (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

In particolare le densità 22, 44 e 63 piante a metro quadro hanno fatto registrare rispettivamente una produzione di 3,16, 3,25, e 3,39 t/ha.

L'effetto della densità di semina è stato poi messo in relazione con i dati di resa emersi dal campionamento delle aree di saggio (*Grafico 34*). Anche in questo caso le differenze emerse non sono risultate significative e le produzioni variano tra 3,76 t/ha della densità 63 e 3,86 t/ha della densità 22 piante a metro quadrato.

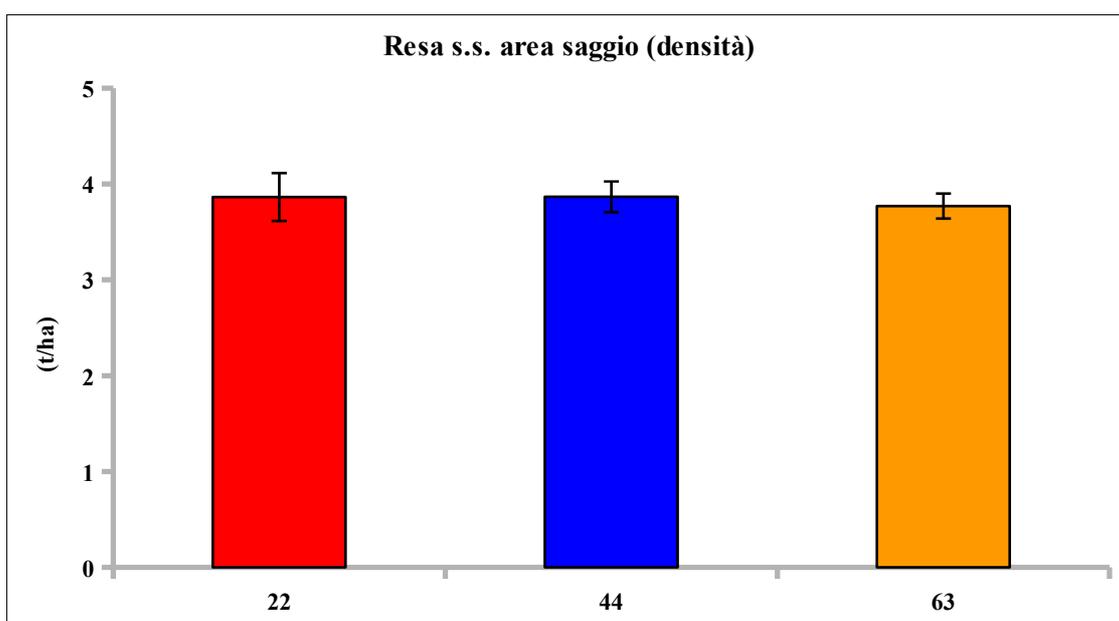


Grafico 34, Resa di granella secca in t/ha calcolata sulle aree di saggio in relazione

alla densità di semina (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

La maggior produzione riscontrata dalle aree di saggio è dovuta anche in questo caso a una migliore efficienza nella raccolta, che ha consentito di ridurre le perdite di granella.

Componenti della resa

E' stato poi misurato il peso unitario dei semi, in relazione alla cultivar e alla densità di semina.

Per quanto riguarda l'effetto delle cultivar, le differenze emerse sono risultate significative e si possono notare nel *Grafico 35*.

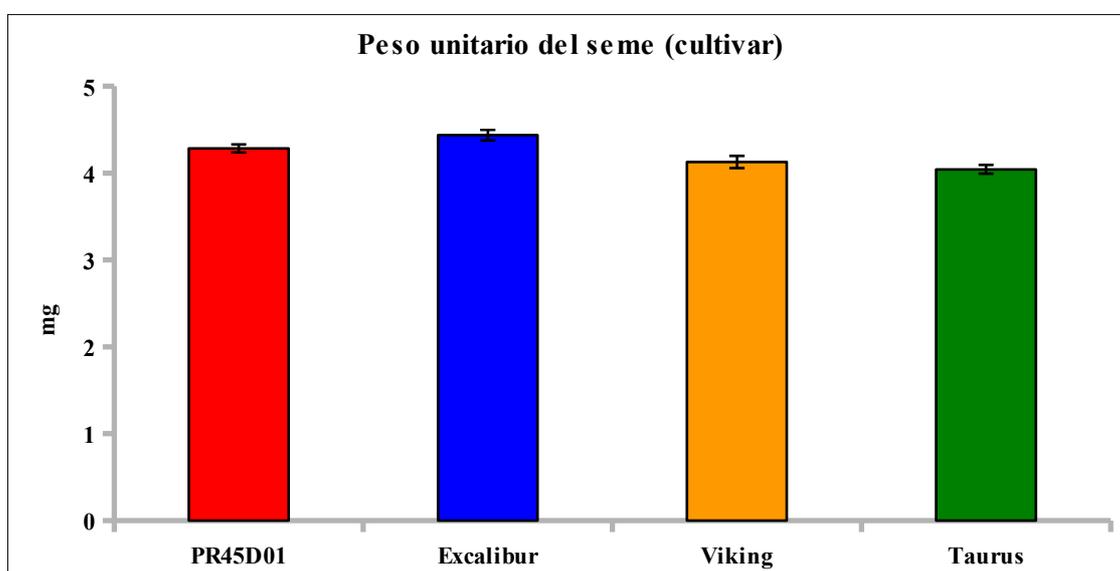


Grafico 35, Peso unitario del seme in relazione alla cultivar (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

In particolare si nota come Excalibur si sia dimostrata nuovamente la cultivar con le più elevate caratteristiche produttive, avendo il più alto peso unitario dei semi, pari a 4,43 milligrammi, spiegando così in parte la maggiore resa dell'ibrido. Poi si è distinto PR45D01, con un peso unitario medio del seme pari a 4,28 mg e a seguire Viking, con 4,12 mg e Taurus con 4,03 mg.

Anche ponendo il peso unitario del seme in relazione con la densità di semina sono emerse differenze significative tra i vari livelli (*Grafico 36*).

I semi delle piante coltivate alla densità di semina più bassa, hanno raggiunto il peso medio unitario più elevato, 4,25 mg. Il peso medio dei semi è andato via via decrescendo all'aumentare della densità di semina, raggiungendo il valore

inferiore, 4,19 mg, con densità 63.

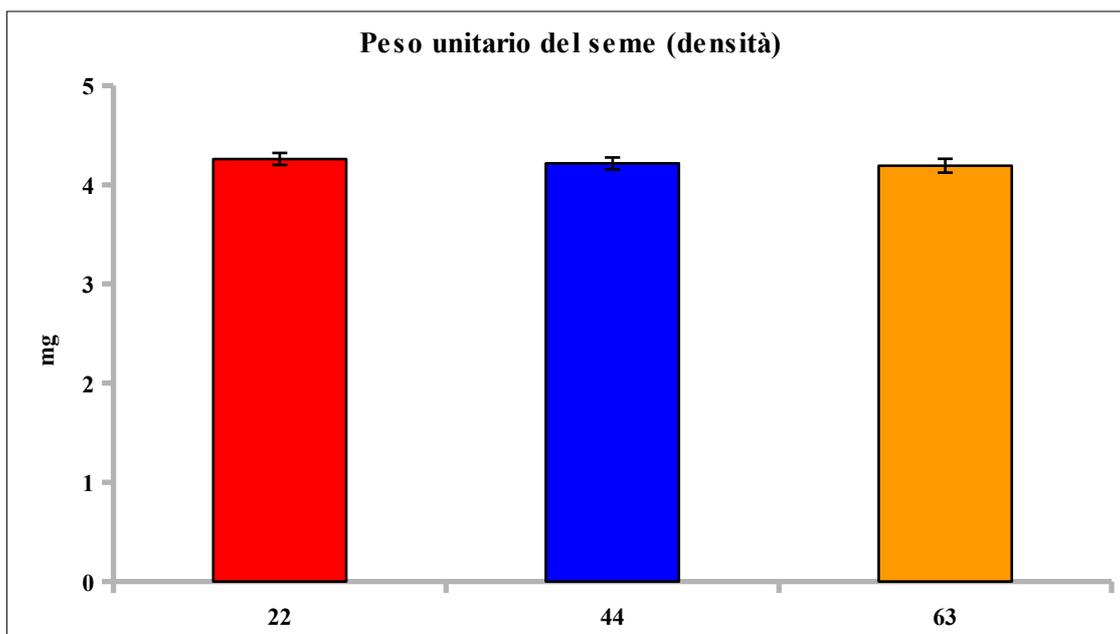


Grafico 36, Peso unitario del seme in relazione alla densità di semina (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

La densità di semina intermedia, 44 piante per metro quadrato, è stata caratterizzata da un peso unitario medio del seme di 4,21 mg, compreso tra quello delle altre densità, senza distinguersi significativamente da nessuna delle due.

Dividendo la resa su metro quadro in pieno campo, per il peso unitario medio dei semi, si è potuto risalire al numero medio di semi prodotti per metro quadro (Grafico 37).

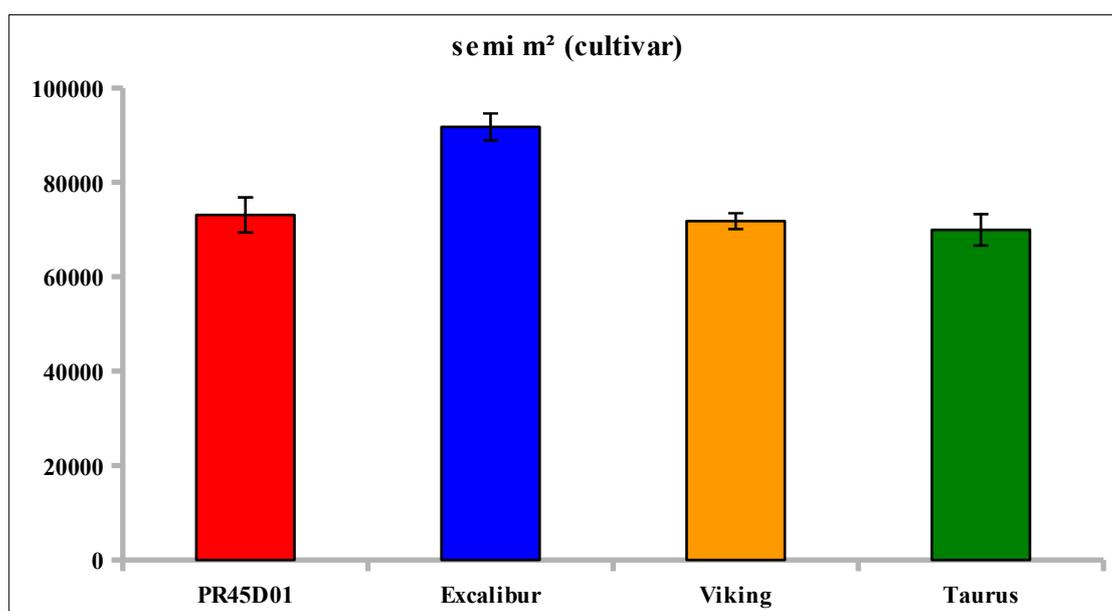


Grafico 37, Numero medio di semi per metro quadro, in relazione alla cultivar (la

barra verticale rappresenta l'errore standard).

Relativamente alla cultivar, Excalibur, ha fatto registrare anche il numero più elevato di semi per metro quadro, 91746, superando significativamente le altre cultivar. PR45D01, Viking e Taurus hanno prodotto rispettivamente 73096, 71784 e 69921 semi per metro quadrato, e nonostante queste lievi differenze, possono essere considerate un gruppo omogeneo.

Analizzando il numero medio di semi per metro quadro in relazione ai vari livelli di densità, non sono invece emerse differenze significative (*Grafico 38*).

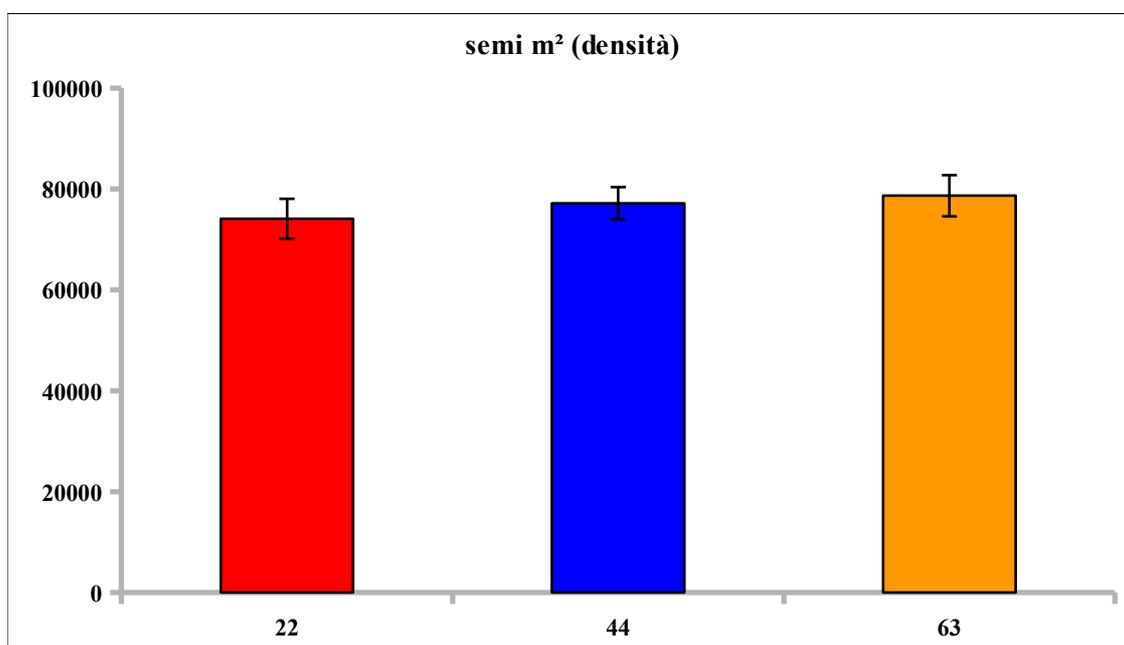


Grafico 38, Numero medio di semi per metro quadro, in relazione alla densità di semina (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

Il numero di semi varia da 74095 della densità più bassa a 78662 della densità più elevata, ma nonostante queste variazioni si può affermare che la densità di semina non influisca in maniera significativa sul numero medio di semi per metro quadro.

Attraverso un breve calcolo, dividendo il numero medio di semi per il numero medio di silique, è stato possibile stimare il numero medio di semi per siliqua. Anche in questa occasione, mettendo in relazione i risultati ottenuti con la densità di semina non sono state riscontrate differenze significative tra le tesi (*Grafico 39*). Il numero medio di semi per siliqua è risultato essere di

14, 25 per la densità 22, 13,69 per la densità 63 e 12,63 per la densità 44.

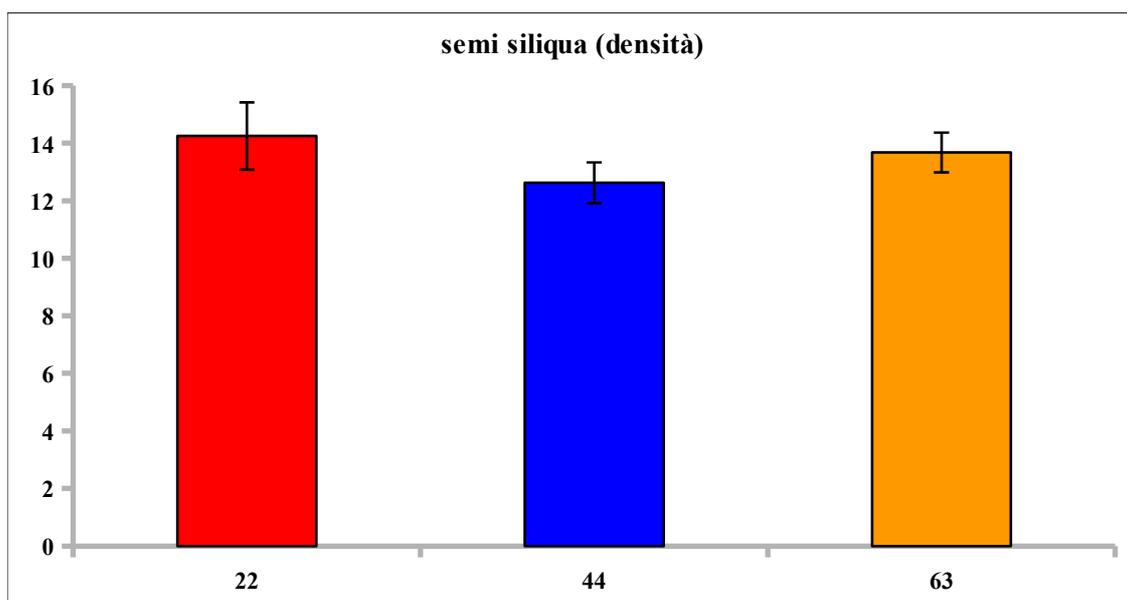


Grafico 39, Numero medio di semi per siliqua, in relazione alla densità di semina (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

Mettendo invece il numero di semi per siliqua in relazione con le cultivar sono emerse delle differenze significative (Grafico 40).

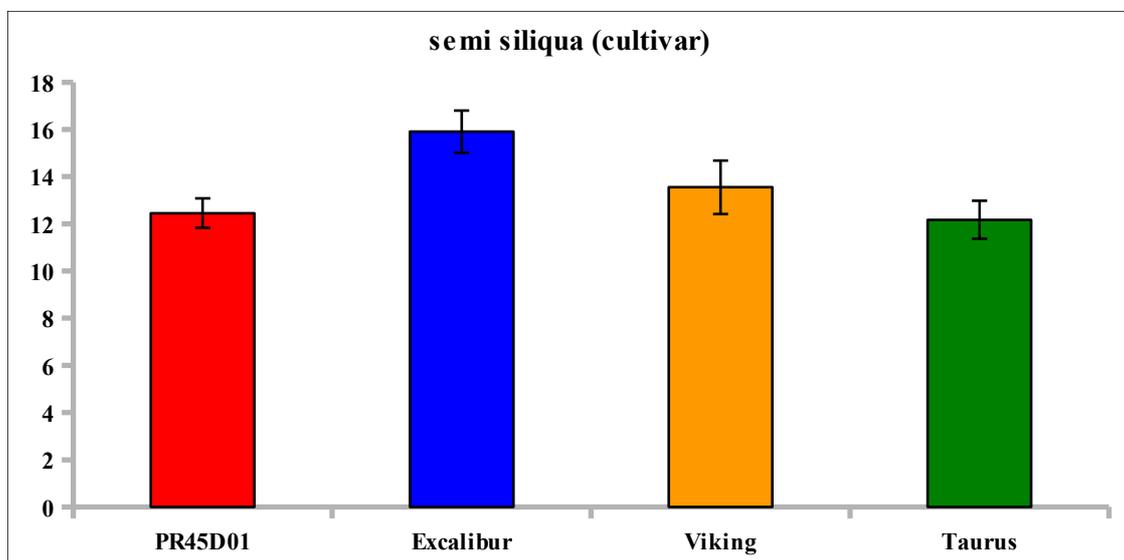


Grafico 40, Numero medio di semi per siliqua, in relazione alla cultivar (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

Excalibur è risultata la cultivar che ha prodotto più semi per siliqua, 16, significativamente superiore a PR45D01 e Taurus che ne hanno prodotti circa 12. Viking invece ha evidenziato un comportamento intermedio tra questi due gruppi, con una produzione di 13 semi per siliqua.

Harvest index

Con i dati sulla resa ottenuti dalle aree di saggio tramite la raccolta manuale e la trebbiatura eseguita separatamente, è stato possibile ricavare l'harvest index, o indice di raccolta.

Confrontando l'harvest index tra le cultivar si nota come vi siano delle differenze significative tra le quattro (*Grafico 41*).

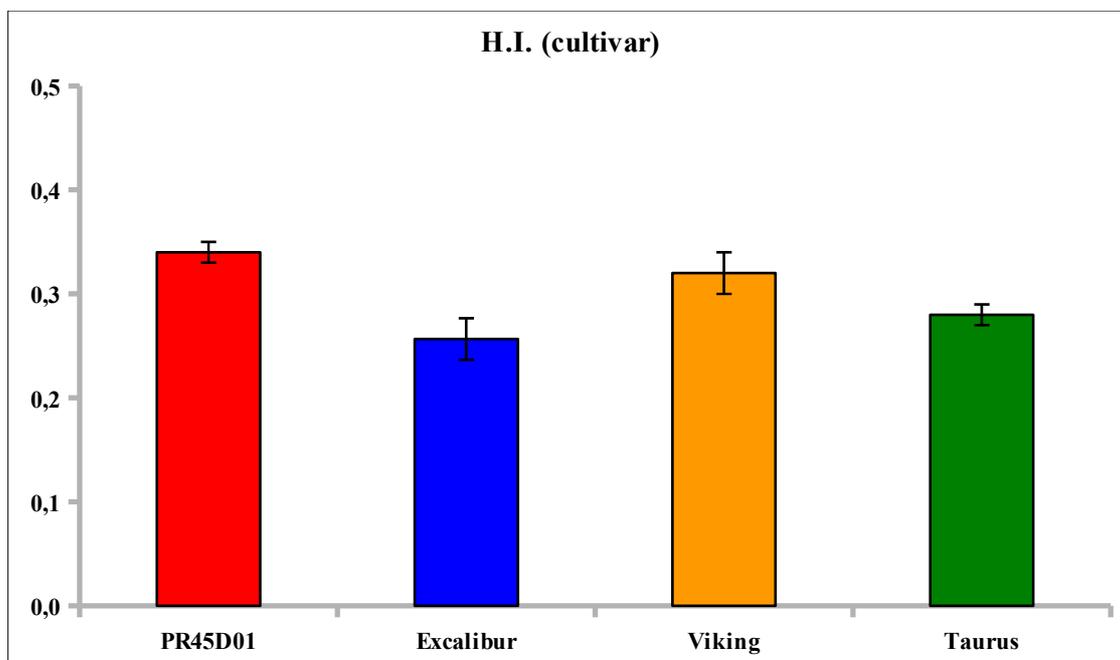


Grafico 41, Harvest index in relazione alla cultivar (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

In particolare, la cultivar che ha fatto registrare l'harvest index migliore è stata PR45D01, con un H.I. pari a 0,33. La ragione di questo risultato è da ricercarsi nella ridotta struttura vegetativa prodotta dall'ibrido seminano. Viceversa, la cultivar con l'indice di raccolta peggiore, 0,25, è stata Excalibur, che nonostante abbia la resa in granella maggiore, viene penalizzata dalla taglia elevata e dall'elevato numero di strutture vegetative prodotte. Le altre due cultivar hanno raggiunto valori di harvest index intermedi. Viking si è avvicinato all'ibrido seminano, facendo registrare un H.I. pari a 0,32, mentre Taurus, altro ibrido vigoroso ha un valore di harvest index di 0,28, vicino a quello di Excalibur.

Infine è stato considerato l'Harvest Index in relazione alla densità di semina.

Nel *Grafico 42* si può osservare come il livello di densità non abbia influenzato l'indice di raccolta. Con 44 e 63 piante a metro quadro l'H.I. è risultato lo stesso,

attestandosi a 0,3. L'harvest index della densità 22 è risultato leggermente inferiore, 0,28, ma questa lieve differenza non è risultata significativa.

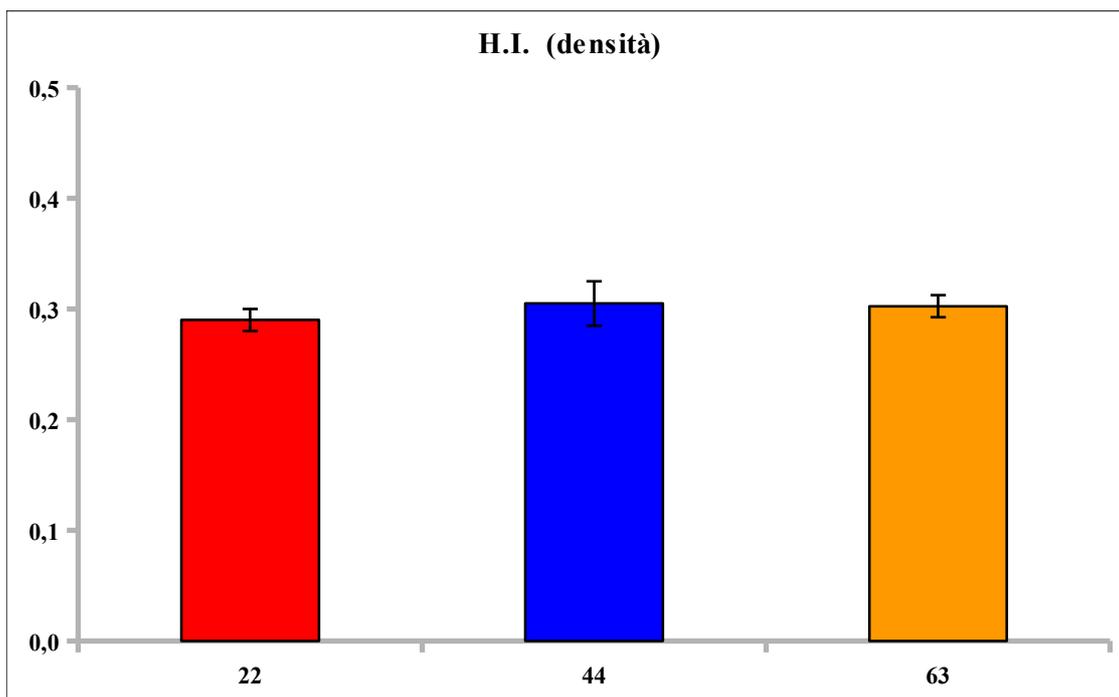


Grafico 42, Harvest index in relazione alla densità di semina (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

Produzione di olio

Sulla granella raccolta sono state eseguite delle analisi di laboratorio per determinare in contenuto in olio. Dal confronto tra la concentrazione in olio delle varie cultivar (Grafico 43) sono emerse delle differenze significative.

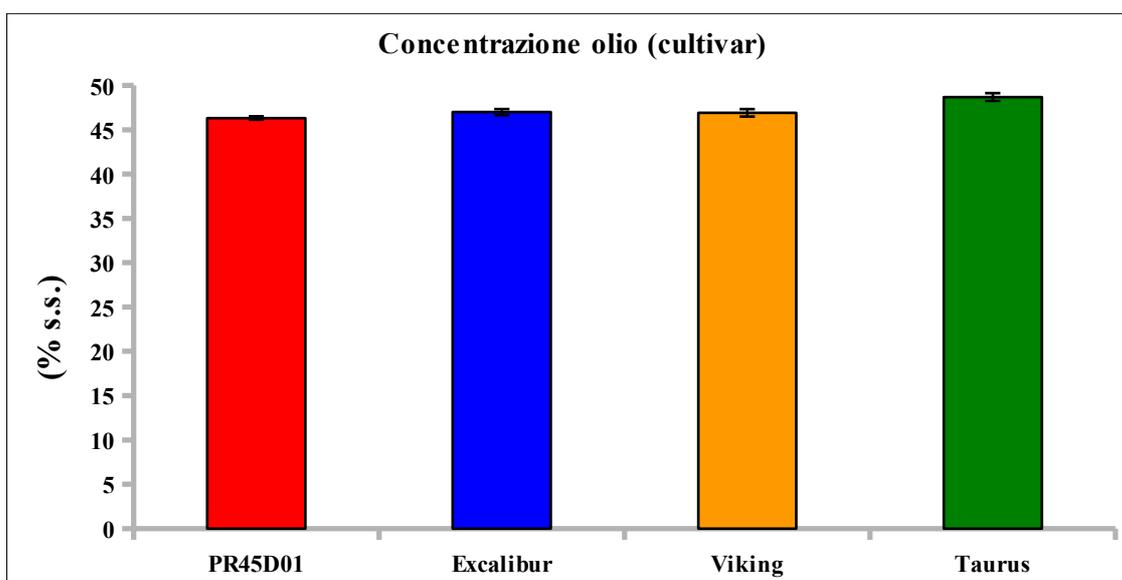


Grafico 43, Concentrazione in olio nel seme in relazione alla cultivar (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

Il seme di Taurus è quello che ha fatto registrare la maggior concentrazione di olio, pari al 48,71% (s.s.). Questo dato è in parte spiegato dal fatto che la produzione di seme da parte di Taurus è stata la più bassa, e generalmente la resa in granella è inversamente proporzionale alla concentrazione di olio.

In un secondo gruppo è possibile considerare la concentrazione in olio delle cultivar Excalibur e Viking, rispettivamente con il 47% e 46,91% in olio. Rilevante è il contenuto in olio di Excalibur, considerevole nonostante l'elevata resa in granella, a conferma delle buone caratteristiche produttive dell'ibrido.

PR45D01 ha fatto registrare il contenuto in olio più basso, 46,32%, significativamente inferiore alle altre cultivar.

La concentrazione in olio non ha fatto evidenziare differenze significative al variare della densità di semina. Si può notare nel *Grafico 44* come per i tre livelli di densità la percentuale di olio sulla sostanza secca sia molto simile, 47,15% , 47,22% e 47,32% rispettivamente con 63, 44 e 22 piante per metro quadro.

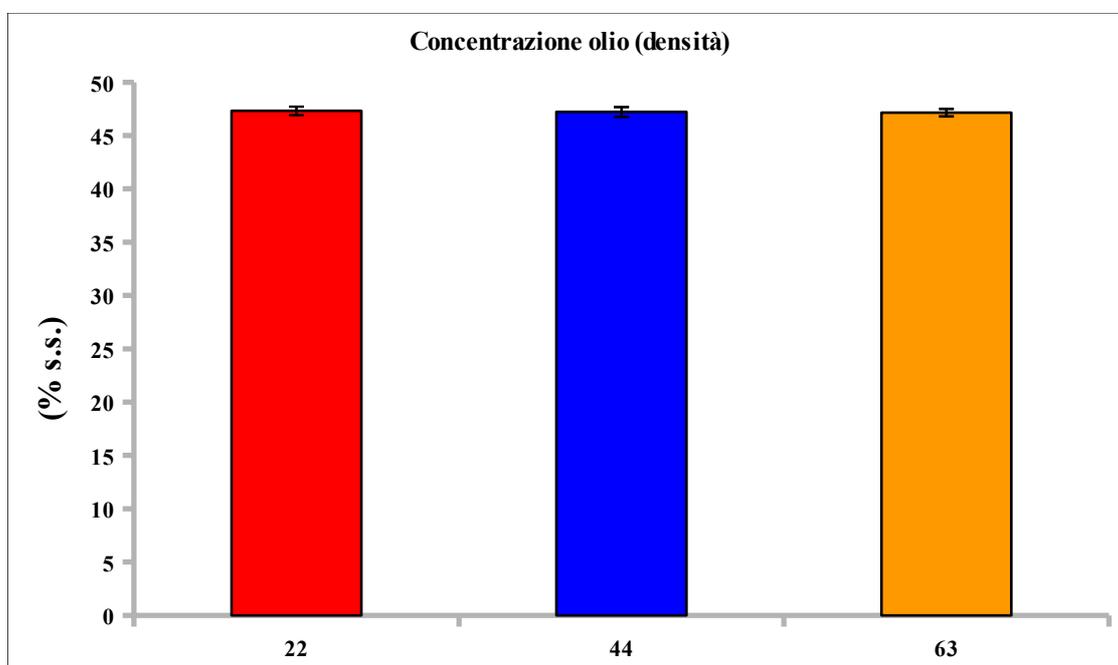


Grafico 44, Concentrazione in olio nel seme in relazione alla densità di semina (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

Questo risultato era atteso, infatti la densità di semina è un fattore che influenza

più la morfologia della pianta che non il contenuto in olio, dipendente da fattori genetici o dalla disponibilità di azoto.

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

Relativamente alla densità di semina, la resa per ettaro in olio non ha evidenziato differenze significative tra le diverse tesi (*Grafico 45*).

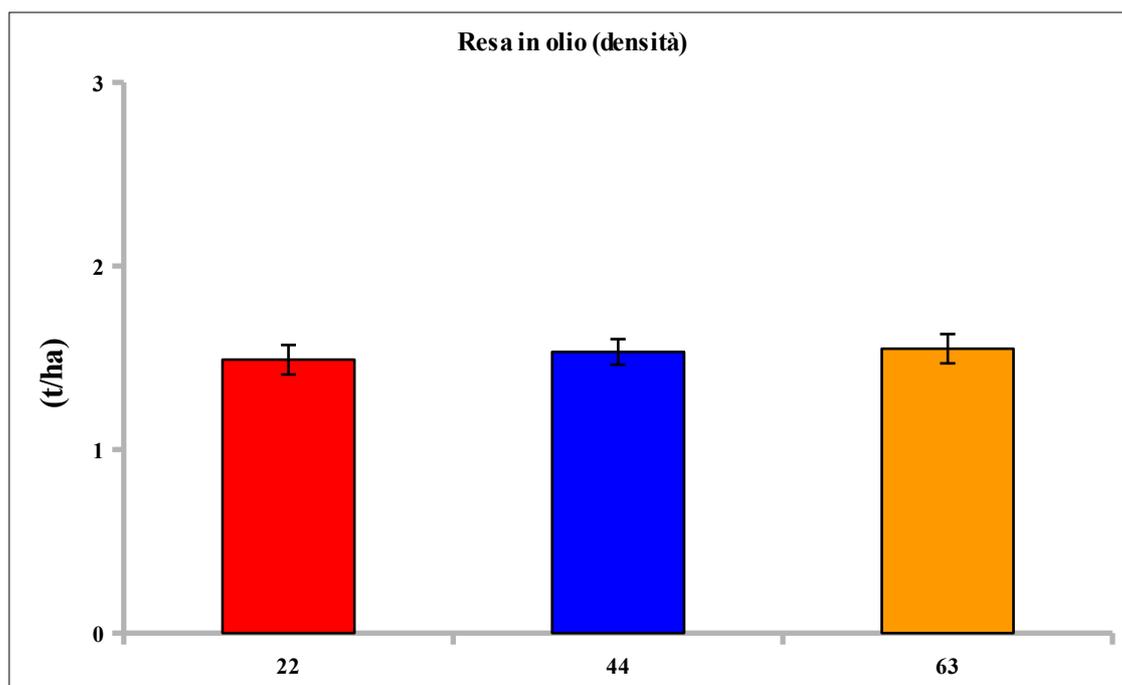


Grafico 45, Resa in olio in relazione alla densità di semina (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

La produzione di olio per ettaro varia da 1,49 t/ha nella densità più ridotta, a 1,55 t/ha per la densità più elevata, con una produzione intermedia per la tesi a 44 piante a metro quadrato, con 1,53 t/ha.

Confrontando la resa in olio tra le varie cultivar sono, invece, emerse delle differenze significative. Excalibur si è dimostrata la cultivar con la resa in olio più elevata, pari a 1,9 t/ha, superando significativamente le altre tre cultivar, che si sono attestate sullo stesso livello produttivo. PR45D01 ha prodotto 1,44 t/ha, Viking 1,38 t/ha e Taurus 1,36 t/ha (*Grafico 46*).

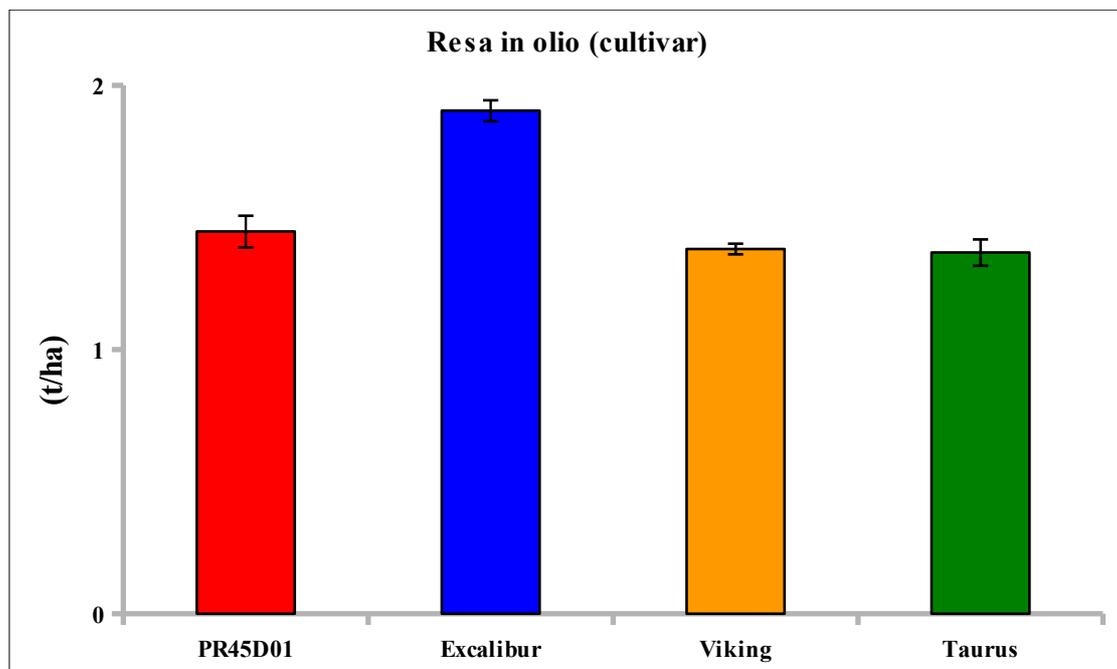


Grafico 46, Resa in olio in relazione alla cultivar (la barra verticale rappresenta l'errore standard).

La così netta supremazia di Excalibur è dovuta alla combinazione positiva dei due fattori che condizionano la resa, ovvero una elevata produzione di granella e un buon contenuto in olio nel seme.

Conclusioni

Attraverso questa sperimentazione è stato possibile valutare la risposta produttiva di quattro cultivar di colza invernale da olio e osservare come la coltura si adatta a diversi livelli di densità di semina. E' da tenere presente che le condizioni del terreno e il livello di concimazione erano ottimali, l'andamento climatico è risultato favorevole e le tecniche colturali sono state eseguite in maniera adeguata, e ciò ha contribuito ad un corretto sviluppo della coltura.

Per quanto riguarda le cultivar in prova, Excalibur e PR45D01 sono state particolarmente performanti, sia dal punto di vista produttivo sia relativamente alla capacità di accrescimento. La prima si è rivelata la cultivar più produttiva tra le quattro e probabilmente la più indicata alla coltivazione nei nostri ambienti. La sua produzione ha superato nettamente quella delle altre, raggiungendo una resa di pieno campo superiore alle quattro tonnellate per ettaro. Inoltre, nonostante l'elevata produzione in granella il contenuto in olio nel seme è risultato comunque elevato, secondo solo a Taurus. Excalibur si è distinto anche dal punto di vista della differenziazione delle strutture vegetative essendo la cultivar con la maggiore produzione di biomassa per metro quadro, anche se questo fatto ha comportato un abbassamento dell'harvest index, che è risultato il più basso. Ha dimostrato di essere l'ibrido più vigoroso, producendo fusti alti e robusti dall'elevato peso percentuale, un gran numero di silique, soprattutto sull'asse principale e semi più pesanti rispetto a tutte le altre cultivar. PR45D01, sotto il profilo produttivo ha dimostrato di essere un ibrido seminano dalla spiccata produttività, superiore anche a quelle di Viking e Taurus e con un contenuto in olio sufficiente, anche se è il più basso tra le cultivar in prova. Dal punto di vista morfologico, in relazione alla tipologia genetica di appartenenza (i.e. Semi-dwarf), è stato caratterizzato da un accrescimento contenuto, producendo la minor quantità di biomassa durante il ciclo. In particolare si è rivelato molto limitato il peso dei fusti per metro quadro, ma tra tutte le cultivar è stata quella che ha differenziato il maggior numero di ramificazioni, evidenziando un habitus vegetativo completamente diverso dalle altre cultivar e che ben si adatta anche alle basse densità. Grazie alla taglia

ridotta e alla buona produzione di granella si è dimostrata la cultivar con l'harvest index migliore.

Viking non si è distinta particolarmente, ma le sue produzioni si sono comunque attestate su valori medi, così come il suo contenuto in olio, compreso tra quello di Excalibur e PR45D01. Essendo però una varietà a libera impollinazione è caratterizzata da un costo più contenuto della semente ed è quindi da tenere in considerazione per la coltivazione in situazioni meno ottimali o a basso input. Taurus nonostante fosse un ibrido, ha fatto registrare una produzione di granella piuttosto scarsa, in parte a causa della perdita di seme per deiscenza, in parte a causa del basso peso unitario dei semi, inferiore alle altre cultivar. La bassa produzione è stata compensata dal contenuto in olio nel seme, che è stato il più elevato. Sotto l'aspetto morfologico non ha fatto notare uno sviluppo vegetativo finale così elevato come l'altro ibrido, anche se nelle fasi iniziali di sviluppo si era distinto per le buone capacità di crescita. La sua coltivazione è consigliata in zone dove si temono periodi di siccità a inizio estate o dove, effettuando una raccolta anticipata, si abbia intenzione di coltivare un secondo raccolto, in questo modo si riescono a sfruttare a pieno le caratteristiche di precocità dell'ibrido. Avendo però differenziato il minor numero di ramificazioni, ha evidenziato difficoltà ad adattarsi ai cambiamenti di densità e sono quindi da sconsigliarsi investimenti troppo ridotti.

Considerando l'effetto della densità di semina, si è potuto osservare come variazioni della stessa, passando dai tre livelli prescelti, 22, 44, e 63 piante a metro quadrato, non hanno influenzato né la resa totale in granella né il contenuto in olio del seme. Diminuzioni della densità di semina portano quindi a un minor utilizzo di semente per ettaro, e di conseguenza a un contenimento dei costi per la semina. Tuttavia, ridurre eccessivamente la densità di semina potrebbe rivelarsi una scelta pericolosa nel caso in cui le condizioni pedoclimatiche non siano ottimali, o le operazioni di semina non siano state eseguite in maniera corretta. In questo caso, la mancata germinazione e emergenza dei semi, o la morte precoce delle plantule potrebbero portare a una densità finale insufficiente e irregolare, che comprometterebbe in maniera considerevole la

resa e i conseguenti ricavi economici. Dal punto di vista morfologico, si è potuto osservare come le differenti densità di semina comportino una notevole modificazione della struttura vegetativa delle piante e della ripartizione in peso delle diverse parti. In particolare diminuendo la densità di semina le piante producono più ramificazioni, e quelle presenti sono anche di maggiori dimensioni. La produzione di silique, che a densità elevate è concentrata soprattutto sull'asse principale, viene spostata sugli assi secondari e questi risultano anche più produttivi. Questo fatto potrebbe portare ad una maggiore stabilità nella produzione, in quanto ripartendo il numero di silique su più ramificazioni queste sono soggette a minori rischi rispetto ad essere portate su un singolo asse centrale, che in caso di danneggiamento comprometterebbe in maniera significativa la produzione. Inoltre, nonostante il numero di semi prodotti per metro quadro non subisca variazioni in risposta alla densità, il peso medio unitario degli stessi è maggiore a basse densità, definendo il buon adattamento della coltura a questa condizione.

Alla luce di quanto emerso da questa sperimentazione è possibile affermare che la densità di semina ridotta, se applicata in condizioni di semina ottimali, portando alla formazioni di fusti più grossi, previene problemi di allettamento, per cui riduce le perdite alla raccolta, inoltre migliora e facilita le operazioni di mietitrebbiatura. La densità di semina più elevata è da adottare solo in caso di semine in condizioni sub-ottimali, (ritardi nell'epoca di semina, letto di semina mal preparato, condizioni climatiche particolarmente sfavorevoli) oppure con l'utilizzo di genotipi poco vigorosi, come gli ibridi semi-nani o le linee a libera impollinazione, per i quali si temano difficoltà nelle prime fasi di sviluppo. L'investimento intermedio, 44 piante/m², può invece risultare un buon compromesso tra le due densità di semina, poiché permette di tutelarsi da eventuali problemi alla semina e di raggiungere comunque un numero di piante sufficiente. Inoltre le piante si presentano morfologicamente più equilibrate, con una produzione di silique distribuita sia sull'asse principale che sulle ramificazioni e con semi di dimensione considerevoli.

Bibliografia

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 1-106.

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

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., 2008. La coltivazione del colza invernale da olio. Notiziario ERSA 2/2008, pp.8-11.

Kazemini S.A., Edalat M., Shekoofa A. and Hamidi R., 2010. Effects of nitrogen and plant density on rapeseed (*Brassica napus* L.) yield and yield components in southern iran. Journal of applied sciences volume 10 n° 14, pp.1461-1465.

Rood S.B. and Major D.J., 1984.. Influence of plant density, nitrogen, water supply and pod or leaf removal on growth of oilseed rape. Field crops research,8 (1984) pp. 323-331

Habekottè B., 1993. Quantitative analysis of pod formation, seed set and seed filling in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) under field conditions. Field crops research, 35 (1993) pp. 21-33.

Hocking P.J., Randall P.J., DeMarco D., 1997. The response of dryland canola

to nitrogen fertilizer: partitioning and mobilization of dry matter and nitrogen, and nitrogen effects on yield components. Field crops research 54 (1997) pp. 201-220.

Siti internet consultati:

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>

www.cti2000.it

www.fao.org

www.agronomico.com

www.agraria.org

www.istat.it