



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

**Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti
Risorse naturali e Ambiente**

Corso di laurea triennale in Scienze e Tecnologie Agrarie

TESI DI LAUREA

**Effetti dell'epoca di semina su resa in seme, fitomassa e sua
ripartizione in colza invernale da olio**

Relatore: Ch.mo Prof. Giuliano Mosca

Correlatore: Dott. Giuseppe Barion

Laureando: Matteo Rossato

Matricola n. 616914

ANNO ACCADEMICO 2011 – 2012

Indice

RIASSUNTO	3
ABSTRACT	5
1. INTRODUZIONE.....	7
1.1. Il Colza	7
1.1.1. Origine e diffusione	7
1.1.2. Caratteristiche botaniche.....	10
1.1.3. Fasi fenologiche	12
1.1.4. Esigenze pedoclimatiche.....	13
1.2. Tecnica colturale	14
1.2.1. Avvicendamento	14
1.2.2. Preparazione del letto di semina	15
1.2.3. Semina.....	16
1.2.4. Concimazione	17
1.2.5. Controllo delle malerbe.....	20
1.2.6. Avversità	21
1.2.7. Raccolta.....	23
1.3. Panorama Varietale	24
2. SCOPO DELLA TESI	26
3. MATERIALI E METODI.....	27
3.1. Terreno di prova.....	27
3.2. Materiale vegetale	28
3.3. Andamento climatico	29
3.4. Protocollo sperimentale	31
3.4.1. Organizzazione della prova.....	31
3.4.2. Tecnica colturale	32
3.4.3. Rilievi.....	33
3.5. Analisi statistica	34
4. RISULTATI E DISCUSSIONE	35
4.1. Densità di piante	35
4.2. Diagramma a facce di Chernoff.....	37
4.3. Andamento biomassa	38
4.4. Partitioning.....	39
4.5. Resa.....	43
4.6. Peso di 1000 semi	43
4.7. RGR medio	44
4.8. Grafici multivariata.....	45
4.9. Caratteristiche dell'olio.....	46
5. CONCLUSIONI	48
BIBLIOGRAFIA	49

RIASSUNTO

In questi ultimi anni la coltura del colza (*Brassica napus* L. var. *oleifera* D.C.) si è ampiamente diffusa a livello mondiale, particolarmente in Europa, grazie alla possibilità di utilizzarne l'olio per la produzione di biodiesel. La farina di estrazione che residua può inoltre essere impiegata in zootecnia, pur limitatamente ai genotipi a basso tenore di glucosinolati. Anche in Italia la diffusione del colza è in costante crescita e il suo inserimento nelle rotazioni si pone come valida alternativa al frumento. Risulta tuttavia indispensabile perfezionarne la tecnica di coltivazione, in particolar modo per quanto riguarda la scelta dell'epoca di semina.

In questa sperimentazione sono stati studiati gli effetti della variazione dell'epoca di semina sulle caratteristiche morfologiche, fisiologiche e produttive di cultivar di colza a diversa vigoria, focalizzando l'attenzione anche sulle caratteristiche qualitative dell'olio a destinazione biodiesel. Nel terreno franco limoso dell'Azienda Agraria Sperimentale "L. Toniolo" dell'Università di Padova (Legnaro, annata 2011-2012), sono stati confrontati tre genotipi – un ibrido CHH semi-nano (PR45D01, Pioneer), un ibrido CHH a taglia convenzionale (Excalibur, Dekalb) e una varietà a impollinazione libera (Catalina, Dekalb) – seminati in tre diverse epoche: anticipata (02/09/2011), ottimale (24/09/2011) e posticipata (13/10/2011). La raccolta della coltura è avvenuta attorno al 21 giugno per le epoche di semina anticipata e ottimale, e solo con meno di una settimana di ritardo per quella posticipata.

L'anticipazione dell'epoca di semina ha comportato soprattutto un incremento del peso dei 1000 semi (+30 % rispetto alle altre due epoche), parametro che verosimilmente ha influenzato il contenuto in zolfo dell'olio destinato alla produzione di biodiesel. L'epoca anticipata infatti ha portato ad un contenuto in zolfo inferiore del 34 % rispetto all'epoca posticipata, a vantaggio della qualità dell'olio per la sua combustione come biodiesel. L'epoca ottimale ha mostrato una resa paragonabile a quella anticipata. L'epoca posticipata invece ha avuto una peggiore emergenza, recuperata poi parzialmente in primavera con un grande sviluppo della parte vegetativa ed una conseguente penalizzazione della parte riproduttiva che ha portato ad una resa inferiore del 15% rispetto alle epoche anticipata ed ottimale.

L'adozione di semine precoci rappresenta quindi una strategia perseguibile favorevolmente nell'areale Veneto, ma è preferibile che il terreno a inizio settembre sia sufficientemente umido e ben preparato per favorire una emergenza omogenea, garanzia per una buona riuscita del controllo malerbe.

ABSTRACT

Effect of sowing time on phytomass, grain yield and biomass partitioning in winter oilseed rape.

In the last years, the cultivation of oilseed rape (*Brassica napus* L. var. *oleifera* D.C.) has been increasing worldwide, particularly in Europe, due to the possibility of using its oil for biodiesel production. Besides, meal deriving from low glucosinolate oilseed rape genotypes may be used in animal husbandry. In Italy, oilseed rape is a suitable alternative to wheat in crop rotation, although cultivation techniques should be improved and fine-tuned, with particular regard to sowing time.

In this experimentation were studied the effects of sowing time variation on the morphological, physiological and productive characteristics of rapeseed cultivars with different vigor, focusing also on the qualitative characteristics of the biodiesel destination oil.

In the medium-silty soil of the Agricultural Experimental Farm of the University of Padova (growing season 2011-2012), 3 genotypes – an open-pollinated variety (Catalina, Dekalb), a CHH conventional size hybrid (Excalibur, Dekalb) and a CHH semi-dwarf hybrid (PR45D01, Pioneer) – have been sowed at 3 different times: optimal (24/09/2011), early (02/09/2011) and postponed (13/10/2011). Plants were harvested on 21 June for early and conventional times, and only less than one week later for postponed sowing.

The anticipation of the sowing time resulted mainly an increase of the 1000 seeds weight (+30% compared to the other two times), a parameter that affected the sulfur content of the oil used to produce biodiesel. The early time of sowing in fact has led to a sulfur content less than 34% compared to the postponed sowing time, this improves the quality of the oil as a function of its combustion as biodiesel. The optimal sowing time showed a yield comparable to the advance sowing. The postponed time had a worse emergency, then partially restored in spring with a great development of the vegetative part with a resulting penalization of the reproductive part which led to a yield lower of 15% compared to earlier and optimal sowing times.

The adoption of early sowing is therefore a favorable strategy in Veneto, but it is preferable that the soil is sufficiently moist and fine in early September to promote emergency homogeneous, guarantee for the success of weed control.

1. INTRODUZIONE

1.1. Il Colza

1.1.1. Origine e diffusione

Il colza appartiene alla famiglia delle *Brassicaceae* e al genere *Brassica*. A questo genere appartengono tre specie base: *Brassica nigra* (n=8), *Brassica oleracea* (n=9), *Brassica campestris* (n=10). Per ibridazione naturale si sono ottenute tre nuove specie caratterizzate da un numero cromosomico pari alla somma di quello delle specie base: *Brassica carinata* (n=17) derivata da *B. nigra* e *B. oleracea*, *Brassica juncea* (n=18) derivata da *B. nigra* e *B. campestris*, *Brassica napus* (n=19) ottenuta per incrocio di *B. oleracea* e *B. campestris* (Toniolo e Mosca, 1986).

Il colza in origine, allo stato spontaneo, era presente in Europa e in alcune regioni Nord Africane. L'addomesticamento, assieme al ravizzone, pare sia iniziato quando il valore del seme, rinvenuto come comune malerba nei seminativi dei cereali, cominciò ad essere apprezzato. Le due specie si presume siano state coltivate come culture da olio in quei paesi dove non erano ancora diffusi l'olivo e il papavero. A causa delle difficoltà di distinguere i semi appartenenti alle due specie, poco si sa a riguardo della distribuzione geografica distinta per ciascuna coltivazione.

Il nome del colza deriva dall'olandese "koolzad", che significa seme di cavolo. La sua importanza deriva dal fatto che nel seme è presente una cospicua quota di olio (40-50%) che veniva impiegato nell'illuminazione pubblica e privata. Verso la fine del 1700 l'Olanda era l'unico Paese europeo che coltivava colza per granella, in seguito la coltura si diffuse in Germania e poi nel resto dell'Europa. Il Canada è uno degli attuali maggiori produttori ed esportatori mondiali. Nell'attuale scenario internazionale le zone di maggiore coltivazione sono principalmente dislocate in India, Cina, Pakistan e nel già citato Canada, mentre in Europa i Paesi più interessati risultano essere quelli nord-orientali, dove la coltura si adatta molto bene: Germania, Francia, Polonia, Gran Bretagna, Repubblica Ceca, Danimarca e Svezia.

Per quanto riguarda l'uso alimentare, l'olio di colza è spesso miscelato con altri oli poiché allo stato puro ha odore e sapore sgradevoli. Il suo scarso valore nutrizionale è dato dalla consistente presenza dell'acido erucico considerato tossico; pertanto la sua coltivazione subì una leggera flessione per poi riprendersi grazie all'avvento di nuovi ibridi a basso, o addirittura nullo, contenuto di acido erucico. A proposito di quest'ultimo carattere, all'inizio degli anni '70 in Italia, quando il problema della

tossicità dell'acido erucico presente nell'olio è stato portato in modo clamoroso all'attenzione dell'opinione pubblica, la coltura corse il serio pericolo di scomparire del tutto dal panorama delle colture dell'intera penisola. Ora il colza non è usato solo nell'alimentazione ma anche per la fabbricazione di diversi prodotti industriali quali vernici, inchiostri, materie plastiche, olio per lubrificazioni e smalti.

Dal seme del colza è possibile estrarre una farina che presenta un'elevata frazione proteica, ma contiene glucosinolati, che alla pari dell'acido erucico rappresentano il componente antinutrizionale per tale coltura. I glucosinolati rappresentano un elemento pericoloso per i monogastrici a livello della tiroide. Anche in questo caso, come in quello dell'acido erucico, con il miglioramento genetico, sono state create varietà denominate "a doppio zero", con un basso contenuto sia di glucosinolati che di acido erucico grazie a queste l'uso della farina per l'alimentazione zootecnica ha potuto vedere incrementati notevolmente i propri volumi di utilizzo.

La composizione acidica dell'olio di colza lo rende idoneo per la produzione del biodiesel, in seguito ad un processo di esterificazione; non a caso il motore di Rudolph Diesel era stato originariamente pensato per funzionare con olio vegetale.

A livello mondiale il colza è la terza fonte di olio dopo quello di soia e di palma, mentre per quanto riguarda la proteina è la seconda fonte mondiale, seconda soltanto alla soia.

Asia	14.763.379	Europa 27	5.407.798
India	7.280.000	Oceania	915.000
Cina	6.740.010	America Latina	128.240
Nord America	5.774.000	Africa	78.265
Canada	5.322.000		

Tabella 1: Superfici coltivate a colza nel mondo (Ha) anno 2006

In Europa il colza è l'oleaginosa maggiormente coltivata, infatti come superficie occupa il 36% sul totale delle oleaginose (Toniolo L., Mosca G., 2001). Rappresenta un'alternativa alla importazione di soia americana, spesso geneticamente modificata.

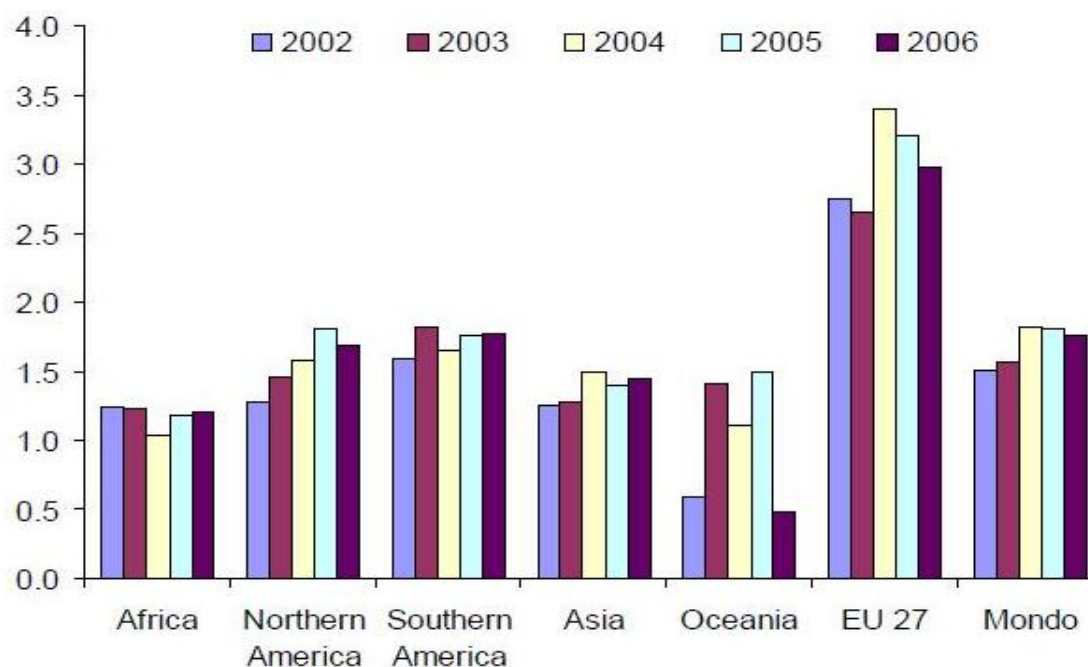


Grafico 1. Rese in t/ha dei vari produttori mondiali

Al di là degli aspetti politici ed economici, il colza grazie alla sua grande adattabilità a gran parte degli ambienti pedoclimatici italiani è una coltura di grande interesse agronomico e ambientale.

Come già accennato, in Italia ha rischiato di scomparire del tutto per i problemi relativi all'acido erucico e ai glucosinolati; infatti nel 2004 la superficie italiana coltivata era inferiore a 3000 ha; nel 2008 si è vista una certa ripresa, con superfici investite di circa 11.600 ha, comunque non paragonabili a quelle raggiunte nel 2000 di poco superiori ai 36.000 ha. La produzione di semi nel 2008 è stata di circa 29.000 t.

Per quanto riguarda il Veneto, questa coltura negli ultimi anni, è in espansione, le superfici hanno raggiunto circa 850 ha e la produzione di seme è di circa 2.200 t.

1.1.2. Caratteristiche botaniche

Il colza invernale da olio (nome scientifico *Brassica napus* L. var. *oleifera* D.C.) appartiene alla famiglia delle *Brassicaceae* (dette anche *Cruciferae*) che comprende circa 250 generi e 2500 specie.

È una pianta erbacea annuale, con apparato radicale di tipo fittonante mediamente ramificato che, in condizioni normali, può raggiungere i 70-80 cm di profondità; di norma la maggior parte delle radici si concentra nei primi 30-40 cm di terreno, corrispondenti alla normale profondità di lavorazione.

Il fusto è eretto e ramificato, può arrivare a 1,5 metri di altezza, il colletto è leggermente ingrossato.

L'infiorescenza a grappolo è terminale (Figura 1), formata da 150-200 fiori ermafroditi, aventi la struttura tipica della famiglia botanica, con quattro petali gialli a forma di croce, sei stami e ovario supero. La fioritura è scalare e basipeta, procede cioè dal basso verso l'apice dell'infiorescenza; l'impollinazione è per il 70% autogama e per il 30% allogama (entomofila e anemofila).



Figura 1: Particolare di infiorescenza di colza, si nota la scalarità di fioritura

Il frutto è una siliqua (Figura 2) formata da due carpelli, separati da un falso setto (replum) su cui sono inseriti i semi. Il numero di semi è variabile nelle diverse cultivar ma generalmente è compreso tra i 15 e i 40 semi per siliqua. A maturità i due carpelli possono aprirsi spontaneamente (deiscenza) in relazione alla varietà. La deiscenza delle silique ha da sempre rappresentato un grande problema in campo, in quanto la sgranatura alla raccolta può provocare grandi perdite di prodotto e infestare le colture in successione.

Dal momento che la resistenza alla deiscenza è variabile nelle diverse varietà, in questi ultimi anni sono stati introdotti nuovi genotipi di colza che presentano un grado di indeiscenza sufficiente a consentire un certo ritardo nella raccolta senza subire danneggiamenti perdite sensibili.



Figura 2: Silique in via di maturazione

Il seme è rotondeggiante (Figura 3), di colore bruno rossastro, ha un diametro di circa 2 mm e il peso di 1000 semi è di 3,5-5 g. 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; il tegumento che lo ricopre rappresenta circa il 12-20% del peso del seme.

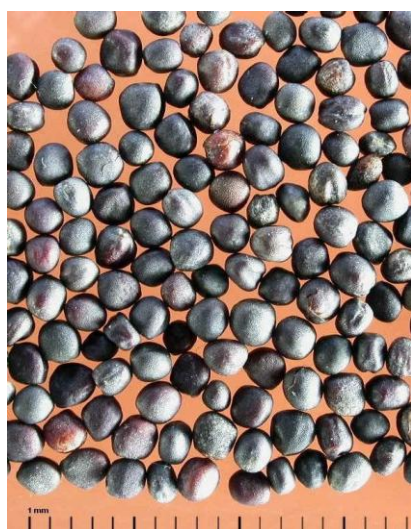


Figura 3: Semi di colza

1.1.3. Fasi fenologiche

Il ciclo vegetativo del colza può essere suddiviso in 7 stadi caratteristici per gli aspetti morfologici, così come stabilito nel 1996 dal centro francese CETIOM-INRA (Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains).

A = Emergenza - Stadio cotiledonare: le piantine iniziano a segnare la fila; assenza di foglie vere, visibili solo i due cotiledoni.

B = Formazione della rosetta: comparsa delle foglie prive di internodi tra i piccioli delle foglie. Assenza di un vero fusto.

B1 = una foglia vera aperta o distesa.

B2 = due foglie vere aperte o distese.

B3 = tre foglie vere aperte o distese.

B4 = quattro foglie vere aperte o distese.

C = Levata:

C1 = ripresa dell'attività vegetativa, comparsa di giovani foglie.

C2 = internodi visibili. È rilevabile un restringimento verde pallido alla base dei nuovi piccioli, che costituiscono il fusto.

D = Bottoni fiorali riuniti:

D1 = bottoni fiorali riuniti, ancora nascosti dalle foglie.

D2 = infiorescenza principale sviluppata. Bottoni riuniti. Infiorescenze secondarie visibili.

E = Bottoni fiorali separati: i peduncoli fiorali si allungano cominciando da quelli periferici.

F = Fioritura:

F1 = primi fiori aperti.

F2 = allungamento dello stelo fiorale, numerosi fiori aperti.

G = Formazione delle silique:

G1 = caduta dei primi petali, le prime silique basali hanno una lunghezza inferiore ai 2 cm.

G2 = le prime dieci silique basali hanno lunghezza tra 2 e 4 cm.

G3 = le prime dieci silique basali hanno lunghezza superiore a 4 cm.

G4 = le prime dieci silique basali presentano delle piccole protuberanze.

G5 = semi colorati.

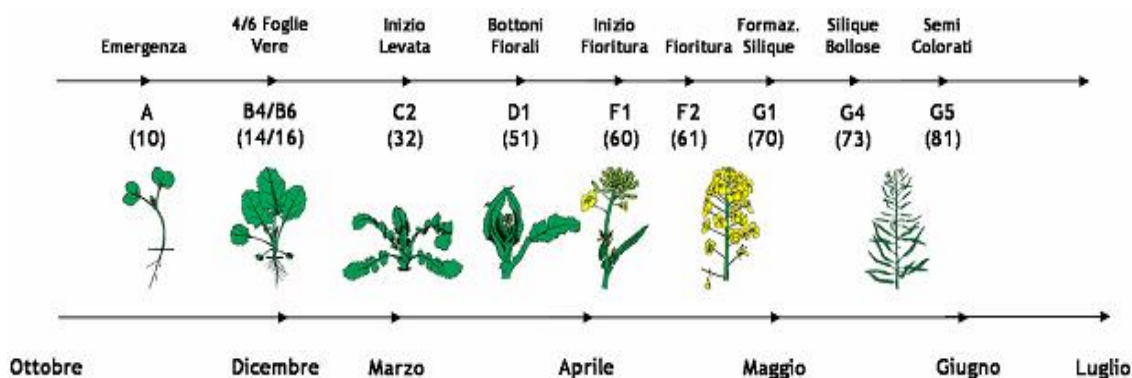


Figura 4. Cronologia delle fasi fenologiche del colza - CETIOM/INRA 1996 Fra parentesi le corrispondenze con la scala BBCH (da 10 a 81) (Meier U. et Al., 2009).

1.1.4. Esigenze pedoclimatiche

Il colza è una specie microterma quindi non necessita di temperature particolarmente elevate per il suo sviluppo, lo zero di vegetazione è a 0° C, resiste molto bene a inverni rigidi riuscendo a sopportare, allo stadio di rosetta con 6-8 foglie e un fittone di 15-20 cm, temperature fino a -15°C.

Le varietà esistenti si dividono in invernali che sopravvivono a temperature molto basse o che si adattano a un fotoperiodo inferiore a 10 ore, e primaverili, coltivate fino al circolo polare artico, con fotoperiodo di quasi 24 ore. Queste ultime varietà sono state ottenute da selezione e miglioramento genetico in modo che le piante per andare a fiore non necessitino di un periodo di freddo.

Nel nord Italia le varietà invernali sono le più diffuse, hanno un ciclo autunno-primaverile e necessitano di un periodo di freddo (vernalizzazione) perché avvenga la differenziazione a fiore. In Canada invece sono prevalenti le varietà primaverili poiché gli inverni troppo rigidi tipici di quelle zone rendono difficoltosa la sopravvivenza della pianta. Le varietà invernali sono caratterizzate da produzioni superiori rispetto alle varietà primaverili, per effetto di un più prolungato ciclo di sviluppo.

Durante la fase di fioritura preferisce temperature relativamente basse, mentre durante la maturazione tollera temperature alte, purché non vi siano carenze idriche. Il colza può essere coltivato anche in terreni cosiddetti marginali, non sufficientemente vocati per frumento e bietola; in genere cresce bene in suoli leggeri che facilitano una precoce ripresa primaverile e l'approfondimento dell'apparato radicale. Si adatta anche a terreni argillosi, calcarei e a quelli torbosi, purché ben drenati.

In Italia il periodo di semina è compreso tra settembre e i primi di ottobre, l'emergenza avviene dopo circa due settimane con le due foglie cotiledonari;

successivamente si ha l'emissione delle foglie con formazione della rosetta. In questo stadio è massima la resistenza al freddo. Durante l'inverno in seguito all'azione delle basse temperature avviene il viraggio dell'apice (vernalizzazione) che determina la fine della formazione di abbozzi fogliari in favore della differenziazione di quelli fiorali. Il periodo dell'induzione a fiore varia in relazione alla cultivar, all'epoca di semina, alla latitudine (località) e all'andamento delle temperature.

La levata inizia nella seconda metà di marzo e in questo mese il fusto è lungo circa 20 cm ed è già visibile l'infiorescenza principale. Nella prima decade di aprile, nonostante non sia ancora terminato l'accrescimento vegetativo, inizia la fioritura: in concomitanza dell'antesi dei fiori più alti si arresta la crescita vegetativa. La fioritura è molto abbondante (da 24'000 a 41'000 fiori m²) ma purtroppo molti fiori, soprattutto gli ultimi sbocciati, non giungono a maturazione e molti ovuli inoltre abortiscono. Questo è in parte dovuto a condizioni pedoclimatiche sfavorevoli e fa diminuire in ogni caso la potenzialità produttiva.

1.2. Tecnica colturale

1.2.1. Avvicendamento

Il colza è una coltura a ciclo autunno-primaverile, quindi nell'avvicendamento occupa lo stesso posto del frumento. La sua precocità di semina e raccolta, se da un lato ne rende difficile la successione con colture a maturazione tardiva, dall'altro permette l'ottenimento di un eventuale secondo raccolto estivo, oppure l'agevole preparazione del letto di semina per la coltura in successione. Si può considerare un'ottima coltura da rinnovo inserita in rotazione con i cereali, migliora il terreno per gli abbondanti residui colturali (radici, foglie e steli) che assicurano un buon apporto di sostanza organica se interrati. Un altro avvicendamento del colza di interesse è quello con il mais del quale riesce a sfruttare la concimazione azotata residua.

È altamente sconsigliata la monosuccessione soprattutto se si sono verificati degli attacchi di *Phoma lingam* (necrosi del colletto); solitamente il colza viene seminato sullo stesso terreno a intervalli non inferiori a quattro anni. Un rischio è anche la successione con altre oleaginose, in primis soia e girasole, con il quale condivide la suscettibilità a *Sclerotinia sclerotium*, un patogeno fungino molto dannoso. Inoltre è da evitare la successione con la barbabietola da zucchero, essendo anche il colza ospite del nematode *Heterodera schachtii*.

1.2.2. Preparazione del letto di semina

Il seme di colza è di dimensioni molto piccole, quindi è necessario preparare un buon letto di semina. La superficie del terreno non deve essere troppo fine né troppo grossolana per evitare che il seme venga deposto troppo in profondità o che si formi una crosta superficiale che provocherebbe successive difformità nell'emergenza. Inoltre una buona preparazione del letto di semina è importante per dare alla pianta la possibilità di svilupparsi prima del freddo invernale.

Bisogna inoltre prevedere una buona sistemazione idraulica del terreno, il ristagno d'acqua causa infatti una elevata suscettibilità ad attacchi fungini, danni da freddo e non consente un corretto sviluppo dell'apparato radicale.

Per quanto riguarda le lavorazioni vi sono più tecniche possibili, lavorazione tradizionale, minima lavorazione o semina su sodo; quella più adatta andrà scelta valutando il tipo di terreno e la zona climatica. In ogni caso è importante fare le lavorazioni del terreno quando questo è in tempera.

Le classiche lavorazioni possono ritenersi sufficienti, aratura a 25-30 cm come lavorazione principale e una successiva erpicatura per il raffinamento; l'obiettivo principale da raggiungere è ottenere un letto di semina che favorisca un'emergenza quanto più uniforme possibile e che consenta l'approfondimento del fittone principale e un buon sviluppo delle radici secondarie fibrose. A tal proposito si può eseguire una rullatura nei casi in cui si ritenga che il letto di semina non sia sufficientemente fine, in modo da farlo aderire meglio al seme.

Nel caso si voglia coltivare il colza con la minima lavorazione o la semina su sodo è importante che i residui della coltura precedente vengano asportati, per evitare che nei primi strati del terreno si formi un'eccessiva macro-porosità che potrebbe far essiccare le radici nelle fasi sviluppo iniziali.

La minima lavorazione è comunque una tecnica che va diffondendosi, infatti riducendo le lavorazioni si diminuisce l'energia ed il tempo investiti, si ha un minor sconvolgimento degli strati e l'assenza della tipica suola di lavorazione che può generare ristagno idrico.

1.2.3. Semina

La semina può essere con seminatrice da frumento a file, con interfila a 20 cm, oppure con seminatrici pneumatiche di precisione (figura 5) prevedendo appositi dischi correlati alla dimensione minuta del seme, con interfila di 45 cm e distanza sulla fila di 2,5-5 cm. Con la prima si esegue una semina fitta mentre con la seconda si ha la possibilità di eseguire il controllo meccanico delle infestanti tramite sarchiatura. Il seme deve essere posto a una profondità non superiore a 2 cm e deve disporre di sufficiente umidità per germinare, l'emergenza dei due cotiledoni dovrebbe avvenire dopo circa 7-10 giorni.

Questa operazione risulta molto importante perché un investimento regolare permette una più omogenea e precoce maturazione. La densità di piante è importante in quanto influenza la produzione di granella, determinando la quantità di luce che le piante riescono a intercettare, il numero di ramificazioni e di silique per pianta e la capacità di assorbimento e utilizzazione di acqua e nutrienti. La densità ottimale alla raccolta è di 40-50 piante per m², ottenuta con la semina di 70-80 semi per m² (pari a 3-4 kg per ha di seme).



Figura 5: Seminatrice pneumatica di precisione impiegata per la semina del colza

L'epoca di semina varia in funzione dell'ambiente di coltivazione e nel Nord Italia avviene indicativamente tra la metà e la fine di settembre. In linea generale si opera in modo da far raggiungere alla pianta lo stadio di rosetta al sopraggiungere dei primi freddi; anticipando il periodo di semina si rischia che la pianta sia troppo sviluppata prima dell'inverno, sopportando con difficoltà le basse temperature, mentre posticipando la semina le piantine rischiano di essere soggette a scalzatura a causa del gelo invernale.



Figura 6: Colza in fase di emergenza
(stadio cotiledonare)

Sarebbe opportuno ritardare la semina in caso di autunno caldo e secco, onde evitare una scarsa germinazione. Negli ambienti dell'Italia meridionale è bene scegliere varietà precoci per evitare che la pianta si trovi nella fase di riempimento del seme durante la stagione secca.

1.2.4. Concimazione

La concimazione è una pratica importante per integrare gli elementi nutritivi presenti nel terreno e per far in modo che siano più facilmente assimilabili dalle colture. In questo modo è possibile ottenere un miglioramento delle rese e un prodotto di migliore qualità. La concimazione deve essere eseguita nel maggior rispetto possibile per l'ambiente, prestando particolare attenzione alle possibili perdite per dilavamento di elementi lisciviabili come l'azoto, che tra l'altro potrebbe creare inquinamento delle falde.

Per calcolare in modo ottimale la quantità di concime da distribuire è utile partire dalle analisi del terreno per vedere la quantità di micro e macroelementi presenti. Inoltre, diventa utile conoscere le restituzioni tramite i residui colturali: il colza ad esempio sfrutta circa il 45% dell'azoto, il 50% del fosforo e il 10% del potassio per la formazione della semente, la restante quota ritorna al terreno tramite i residui colturali.

Il colza è una coltura abbastanza esigente per quanto riguarda la concimazione, per ottenere un'ipotetica produzione di 3 t ha^{-1} sono necessari 210 kg ha^{-1} di N, 75 kg ha^{-1} di P_2O_5 e 300 kg ha^{-1} di K_2O . Considerando quanto viene realmente accumulato nella granella si può stimare che le reali asportazioni di elementi nutritivi dal terreno sono di 95 kg ha^{-1} di N, 40 kg ha^{-1} di P_2O_5 e 30 kg ha^{-1} di K_2O . La coltura del colza è anche in grado di sfruttare le eventuali concimazioni organiche apportate al terreno. Oltre ai tre elementi principali sono importanti anche i microelementi, principalmente zolfo e boro.

Questi due elementi sono essenziali per assicurare un buon numero di silique per pianta e una buona presenza di semi all'interno delle silique; il boro ha anche una funzione allegante. In particolare si forniscono di norma 70-90 kg ha⁻¹ di SO₃.

Per quanto riguarda la concimazione azotata questa deve essere divisa in 2-3 interventi, un'eccessiva quantità distribuita in presemina determina una crescita maggiormente accentuata delle piante prima dell'inverno e ne limita la resistenza al freddo; la quantità di azoto distribuita in presemina sarà quindi il 20-25% della dose totale prevista (30-40 kg ha⁻¹) (Toniolo e Mosca, 1986).

Per poter determinare il dosaggio è utile conoscere alcuni parametri, come la quantità di elementi nutritivi presenti nel terreno, la natura del suolo, la coltura precedente, l'accrescimento del colza a fine inverno e le esigenze della specifica cultivar. Un dato importante da conoscere è inoltre l'intensità con cui vengono assorbiti gli elementi nutritivi, che non è costante durante tutto il ciclo della coltura ma varia con le fasi fenologiche.



Figura 7:
Concimazione azotata del
Colza in copertura

A differenza dell'azoto, il fosforo e il potassio sono poco mobili nel terreno e devono essere distribuiti in presemina e interrati con le lavorazioni principali, in modo da incorporarli nel terreno e renderli facilmente intercettabili dall'apparato radicale. Nel caso della semina su sodo questi due elementi dovrebbero essere apportati alla coltura che precede il colza.

Il fosforo è generalmente presente in notevole quantità nei nostri terreni ma a causa della sua scarsa mobilità è necessario somministrarlo per consentire alla pianta di assimilarlo.

Anche il potassio è un elemento largamente presente nei nostri terreni e risulta molto importante durante la fioritura, fase in cui la pianta può assimilarne fino a 3 kg ha⁻¹.

L'azoto è un elemento molto importante perché stimola l'accrescimento della pianta in tutte le sue parti; una sua carenza o un suo eccesso causano diverse problematiche. In dose ideale stimola lo sviluppo dell'apparato fogliare e l'efficienza fotosintetica, stimola inoltre la produzione di infiorescenze. All'aumentare della dose di azoto le infiorescenze si distribuiscono anche nelle ramificazioni più basse, quando naturalmente tenderebbero ad andare a fiore solo quelle portate nelle ramificazioni più alte. Un eccesso porta all'aumento dei fiori con un maggiore aborto, la produzione di granella per ettaro aumenta ma tende a peggiorare la quantità e la qualità dell'olio (Berry P.M., Spink J.H., 2006). La quota non distribuita in presemina deve essere somministrata prima della levata, che varia a seconda della zona da fine febbraio a metà marzo. L'azoto risulta importante nella fase che va dalla levata sino all'inizio della fioritura. Un eccesso porterà a una maggior competizione delle infestanti e a un maggior rischio di allettamento per le varietà a taglia elevata. Un rischio da non sottovalutare è la perdita per dilavamento con conseguente inquinamento delle falde acquifere. Nel caso in cui si volesse stimare con precisione la quantità di concime azotato da distribuire alla ripresa vegetativa, è stato messo a punto in Francia il metodo "*Réglette Azote*" (CETIOM, 1998). Tale metodo, ponendosi un realistico obiettivo finale di resa, e definendo pochi parametri del proprio terreno (contenuto di s.o. e profondità), rispetto al peso fresco che hanno raggiunto le piante all'uscita dall'inverno, è in grado di definire la corretta dose di azoto da apportare. Il peso può essere stimato campionando le piante (per pesata) o valutando il peso empiricamente (valutazione visiva). In questo modo si possono ridurre gli apporti di azoto fino al 50% senza causare rilevanti cali di rese.

1.2.5. Controllo delle malerbe

Il controllo delle malerbe in colza è di grande importanza soprattutto nelle prime fasi di accrescimento in quanto possono limitare lo sviluppo delle giovani piantine, sottraendo acqua e nutrienti, impedendo così uno sviluppo sufficiente al superamento delle basse temperature invernali e provocando quindi diminuzioni di resa anche del 30%. La presenza di infestanti appartenenti alla famiglia delle *Brassicaceae* (*Sinapis arvensis*, *Raphanus raphanistrum*, *Capsella bursa-pastoris*), oltre ai danni legati alla competizione per luce, acqua e nutrienti può causare peggioramenti delle caratteristiche qualitative dell'olio. Altre infestanti che si presentano sono le stesse dei cereali autunno-vernini: le monocotiledoni *Alopecurus myosuroides* (Figura 8), *Avena* spp., *Phalaris* spp. e *Lolium* spp.; le dicotiledoni *Stellaria media*, *Capsella bursa-pastoris* (Figura 9), *Galium aparine*, varie *Asteraceae*, *Poligonaceae* e *Brassicaceae*. Queste ultime sono molto difficili da contenere non esistendo erbicidi selettivi. Le linee di intervento per il diserbo sono ridotte vista la scarsa presenza di principi attivi registrati per colza.

Le alternative sono principalmente due: nel caso di semina con interfila di 45 cm, si consiglia un intervento chimico in pre-emergenza seguito da interventi meccanici di sarchiatura prima che la coltura si sviluppi tanto da impedire l'entrata in campo; mentre nel caso di semine fitte (15-20 cm) può bastare un unico trattamento in pre-emergenza. Il principio attivo registrato e utilizzabile in pre-emergenza è il *metazachlor*, efficace contro le dicotiledoni, mentre per le graminacee è consigliato il *Trifluralin*. Le dicotiledoni sono di più difficile controllo in post-emergenza dove il *metazachlor* è meno efficace e l'unica alternativa è rappresentata dal *clopyralid*, mentre contro le graminacee è disponibile una vasta gamma di erbicidi appartenenti ai gruppi dei cicloesenoni e arinossifenossipropionati (Catizone e Zanin, 2001).



Figura 8: *Alopecurus myosuroides*

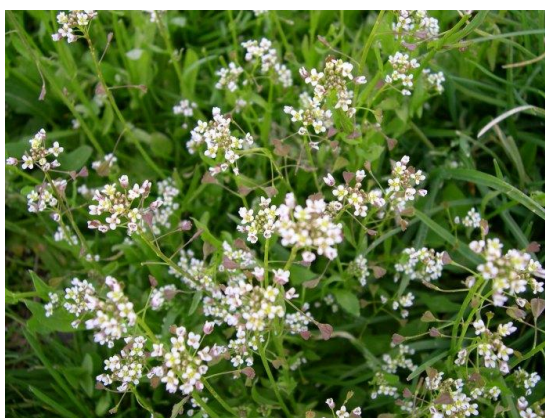


Figura 9: *Capsella bursa-pastoris*

1.2.6. Avversità

Il colza è soggetto ad attacchi di diversi patogeni fungini e di diversi insetti. Sembra che i glucosinolati, nelle varietà in cui sono presenti in forte quantità, entrino nei meccanismi di difesa contro i vari parassiti che colpiscono il colza. Le varietà a doppio zero quindi sono potenzialmente più suscettibili alle principali avversità.

Gli insetti che causano i maggiori danni al colza sono:

- *Psylliodes chrysocephala* (altica del colza): le larve di questo coleottero creano il danno maggiore scavando delle gallerie, per questo è utile distribuire al momento della semina un geodisinfestante oppure eseguire dei trattamenti insetticidi sulla vegetazione. Gli adulti sono in grado di provocare erosioni alla lamina fogliare o anche alla base del fusto e possono ritardare la crescita, o in casi estremi provocano la morte della pianta. Questo insetto attacca sia in autunno, tramite gli adulti, sia alla ripresa vegetativa con le larve.
- *Meligethes aeneus* (meligete delle crucifere): coleottero di piccole dimensioni che compare durante lo stadio di bocciolo fiorale, inizia il ciclo sulla coltura a marzo-aprile raggiungendo il picco massimo di popolazione a maggio. Questo insetto nutrendosi di polline provoca la distruzione dell'ovario e l'erosione del bocciolo. Il trattamento insetticida deve essere eseguito prima della fioritura.



Figura 10: Fiori infestati da
Meligethes aeneus

- *Ceuthorrhynchus assimilis* (punteruolo delle silique) questo coleottero varia la sua incidenza in base alla diffusione locale della coltura, provoca danni maggiori in quelle zone dove la coltura è maggiormente affermata. Compare all'inizio della fioritura e depone le uova sulle silique che poi verranno erose dalle larve. Il danno deriva dalla distruzione dei bottoni fiorali e successivamente dall'erosione delle giovani silique.

Per quanto riguarda i patogeni fungini, quelli che colpiscono il colza sono:

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

1.2.7. Raccolta

Nel nord Italia la raccolta del colza avviene tra la seconda e la terza decade di giugno, generalmente al momento della raccolta la pianta si presenta con silique e ramificazioni secche e la parte inferiore ancora verde.

Viene impiegata una mietitrebbiatrice con testata apposita, dotata di barra di taglio avanzata di almeno 50 cm e di barre falcianti verticali laterali che in caso di prodotto allettato evitano il trascinarsi delle piante della fila adiacente (Figura 11).

Con tali accorgimenti si riducono significativamente le perdite di seme. La testata deve essere opportunamente regolata con barra falciante alta. La mietitrebbiatrice deve essere regolata con ventilazione, velocità del battitore e distanza tra questo e il controbattitore al minimo. Le operazioni di raccolta dovrebbero iniziare nelle prime ore del mattino e vanno interrotte nelle ore più calde al fine di ridurre le perdite per deiscenza.



Figura 11: Mietitrebbiatrice Claas dotata di testata idonea per il colza

Quando il seme raggiunge un'umidità del 35% è stata raggiunta la maturazione fisiologica. La trebbiatura dovrebbe quindi avvenire con umidità del seme compresa tra il 12 e il 18%; se questa operazione viene eseguita quando l'umidità è inferiore al 12% si può incorrere in rotture e decorticazioni del seme, compromettendone la conservabilità. Inoltre, si presenta il grave problema della deiscenza delle silique e dell'allettamento delle piante. In raccolte anticipate, invece, l'eccessivo contenuto di clorofilla rende l'olio di qualità scadente. Per lo stoccaggio la granella deve presentare un'umidità del 6-8% (massimo 9%), raggiunta dopo un'essiccazione a 40 °C.

In nord Italia, le rese medie per colture a ciclo autunno-primaverile variano fra 3 e 4 t ha⁻¹ di granella, mentre per quelle a semina primaverile le rese sono molto più basse, 1,5-2 t ha⁻¹ di granella.

1.3. Panorama Varietale

Le varietà di colza disponibili sul mercato sono numerose, una loro prima classificazione si può fare in base al contenuto di acido erucico e di glucosinolati, avremo quindi varietà dette:

- “0”: a basso tenore di acido erucico;
- “00” o “doppio zero”: con un tenore quasi nullo di acido erucico e non più di 5-10 micromoli di glucosinolati per grammo di farina disoleata. Queste varietà sono anche definite LEAR (*Low Erucic Acid Rapeseed*);
- “000” o “triplo zero”: basso tenore di acido erucico, glucosinolati e fibra;
- “HEAR” (*High Erucic Acid Rapeseed*), con tenore di acido erucico elevato, pari al 45-60%, possono presentare alto o basso livello di glucosinolati;
- “doppio alto”: alto contenuto di acido erucico e glucosinolati, sono varietà *no food*, con livelli in acido erucico del 30%;
- “HOLL” (*High Oleic Low Linolenic*): producono un olio ricco in acido oleico e povero in acido linolenico, responsabile dell’odore sgradevole, generalmente utilizzato in friggitoria.

Analizzando invece le caratteristiche genetiche, le cultivar di colza si differenziano in:

- *Varietà tradizionali a impollinazione libera*, caratterizzate da un buon accrescimento soprattutto in terreni marginali, poco consoni alla coltivazione del colza. Presentano un accrescimento meno vigoroso rispetto agli ibridi, e riescono a raggiungere rese di 4 t ha^{-1} , la semina deve avvenire entro la fine di settembre;
- *Linee ibride composite CHL (Composite Hybrid Line)*, sono varietà ottenute dalla mescolanza di una linea impollinante (20%) con una linea maschiosterile (80%); questo tipo di varietà è stata la prima ottenuta ma è stata soppiantata dai veri ibridi CHH (*Composite Hybrid Hybrid*) che presentano fertilità maschile completamente ristorata;
- *Ibridi CHH (Composite Hybrid Hybrid) a taglia normale*, hanno oggi sostituito le più vecchie varietà CHL, possiedono una potenzialità produttiva anche superiore a 5 t ha^{-1} di granella secca e presentano un accrescimento vigoroso che li rende idonei anche a semine ritardate, comunque non oltre i primi di ottobre, in modo che possano superare agevolmente l’inverno. Questi genotipi tuttavia hanno uno svantaggio, in condizioni favorevoli la loro altezza elevata li penalizza, causando

un più facile allettamento causa di perdite alla raccolta fino al 20-30%. In condizioni ottimali questa tipologia di varietà dà significativi vantaggi rispetto alle varietà tradizionali nel caso in cui si lavori in regime di low input, mentre con input normali tale vantaggio scompare del tutto.

- *Ibridi CHH di tipo nano o semi-nano (dwarf o semi dwarf)*, sono tipologie di ibridi a taglia più bassa rispetto alle altre varietà. Il primo tipo (nano) si usa per produrre ibridi di tipo seminano tramite incrocio con ibridi a taglia normale, in modo da migliorarne le scarse rese. I semi-nani invece vengono coltivati direttamente, presentano internodi più ravvicinati e un accrescimento più contenuto rispetto agli ibridi a taglia normale, fattori che hanno portato ad una riduzione delle rese di circa il 5-10%. Il vantaggio di questi genotipi deriva dal fatto che possono essere coltivati in ambienti particolari (presenza di molto vento e di buona sostanza organica nel terreno) perché presentano una maggiore resistenza all'allettamento; essendo cultivar precoci vengono generalmente seminate tra la metà e la fine settembre (Mosca e Zanetti, 2007).

2. SCOPO DELLA TESI

Considerando come il miglioramento genetico del colza invernale da olio abbia di recente introdotto nel mercato sementiero materiali morfologicamente molto differenti e con caratteristiche di precocità e adattamento a differenti condizioni climatiche e ambientali molto eterogenee, risulta di fondamentale interesse riuscire a definire per ciascuno di questi la più idonea epoca di semina.

Nell'areale Veneto, il colza viene generalmente seminato a fine settembre in successione al frumento, con ampio spazio per un possibile anticipo dell'epoca di semina. Tuttavia, semine eccessivamente anticipate (prima metà di settembre) possono incontrare terreno troppo secco o dare luogo a un eccessivo sviluppo vegetativo pre-inverno. Al contrario, la possibilità di coltivare il colza in successione al mais determinerebbe un ritardo di semina rispetto all'epoca convenzionale che, in combinazione con andamenti climatici poco favorevoli, potrebbe ostacolare l'affrancamento della coltura e causare lo scalzamento di piante nel periodo invernale, soprattutto nei terreni pesanti. Se i nuovi materiali ibridi, che risultano particolarmente vigorosi, possono adattarsi anche a semine di tipo ritardato, gli studi più recenti definiscono le semine anticipate come una possibile strategia vincente sia per permettere alla coltura di raggiungere rese più elevate in virtù di un allungamento del ciclo colturale, ma anche per ridurre la concimazione, in particolare quella azotata, visto che le plantule potrebbero formare un apparato radicale più espanso prima dell'inverno e quindi assorbire più nutrienti autonomamente dal terreno.

Lo scopo del lavoro di tesi è stato quello di valutare gli effetti a livello morfologico (rilievo partitioning), fisiologico e fenologico di epoche di semina molto differenziate in tre genotipi di colza invernale da olio a diversa vigoria e di valutare le eventuali variazioni delle caratteristiche qualitative dell'olio a destinazione biodiesel nella varietà con resa maggiormente stabile nell'ambiente di coltivazione in esame.

3. MATERIALI E METODI

3.1. Terreno di prova

La sperimentazione oggetto di questa tesi si è svolta nell'annata 2011-2012 presso l'Azienda Agraria Sperimentale "L. Toniolo" dell'Università di Padova, situata nel comune di Legnaro.

L'appezzamento che ha ospitato la prova presenta un terreno di tipo alluvionale, profondo, di medio impasto, franco-limoso (Tabella 2) con una buona dotazione in sostanza organica, una buona capacità di scambio cationico (C.S.C.) e un pH leggermente basico.

Il terreno presenta una sistemazione idraulica alla ferrarese e la giacitura pianeggiante favorisce lo sgrondo delle acque in eccesso, evitando il ristagno idrico e permettendo un ottimo sviluppo della coltura. La falda freatica si trova alla profondità di 1-1,5 m.

La coltura precedente era frumento, questo per non influenzare la prova con eccessivi residui di concimazione.

Parametro		Anno 2006
Sabbia	%	28,6
Limo	%	56,6
Argilla	%	14,8
Classe di tessitura		franco - limoso
Sostanza organica	%	2,52
Carbonio organico	%	1,41
Capacità di scambio cationico	meq/100 g	22,6
Rapporto C/N	%	15,5
Azoto totale (per combustione)	%	0,096
Fosforo assimilabile	mg/Kg P	35
Fosforo totale	mg/Kg P	822
Potassio scambiabile	mg/Kg	117
Zolfo (come S)	mg/Kg	61
Solfati	mg/Kg SO ₄	183
pH		8,38

Tabella 2: proprietà chimico-fisiche del suolo utilizzato nella sperimentazione.

3.2. Materiale vegetale

La sperimentazione ha previsto la coltivazione in parcelle a pieno campo di 3 diverse cultivar di colza invernale da olio (*Brassica napus* L. var. *oleifera* D.C.):

- Varietà a impollinazione libera: **Catalina**
- Ibrido CHH a taglia convenzionale: **Excalibur**
- Ibrido CHH semi-nano: **PR45D01**

Catalina è una varietà ad impollinazione libera, a fioritura e maturazione precoce, commercializzata da *Dekalb - Monsanto*. Presenta una taglia relativamente bassa che da origine ad una ridotta produzione di biomassa, garantendo una buona resistenza all'allettamento. Ha una buona capacità di ramificazione e un'ampia adattabilità ambientale e pedologica. Raggiunge una soddisfacente produttività con una resistenza alla deiscenza che facilita e velocizza la raccolta. È ideale per semine precoci effettuabili anche con seminatrici da grano. Presenta un elevato peso di 1000 semi e un contenuto in olio sopra la media.

Excalibur è un ibrido CHH precoce a taglia convenzionale commercializzato da *Dekalb - Monsanto*. Si presenta comunque come il più basso tra gli ibridi della ditta. È caratterizzato da un'ampia adattabilità ambientale, pur preferendo suoli profondi e ben drenati, ma adattandosi ad areali soggetti a stress idrico, sia autunnale che primaverile, grazie alla sua rapida ripresa vegetativa. Resiste bene al freddo, all'allettamento e alla deiscenza. La sua tolleranza alle malattie consente la sanità dello stelo fino alla raccolta. Si può impiegare anche in semine tardive e ha una buona produttività. Il peso di 1000 semi è elevato, con buon tenore in olio.

PR45D01 è un ibrido commerciale CHH semi-nano (*semi-dwarf*) distribuito da *Pioneer*. Presenta una taglia contenuta che lo rende particolarmente resistente all'allettamento, permettendone la coltivazione in terreni fertili come quelli della Pianura Padana. È caratterizzato da un ciclo di media lunghezza ed è idoneo per le semine anticipate. Ha una maturazione molto uniforme, con una rapidissima perdita finale dell'umidità che ne consente una facile mietitrebbiatura. Il suo seme ha un buon contenuto in olio e il tenore in glucosinolati è inferiore a 12 $\mu\text{mol g}^{-1}$. È tollerante a *Phoma* e *Cylindrosporiosi*.

3.3. Andamento climatico

Durante il ciclo colturale, da settembre 2011 a giugno 2012, l'andamento climatico per quanto riguarda la temperatura è stato simile alla media storica 1995-2008, con uno scostamento delle temperature medie di +0,5 °C.

In particolare, come si vede nel grafico 2, si sono verificate temperature più elevate rispetto alla media nei mesi di settembre, marzo e giugno.

Nei mesi invernali gennaio e febbraio invece le temperature sono state leggermente inferiori rispetto alla media (-2 °C).

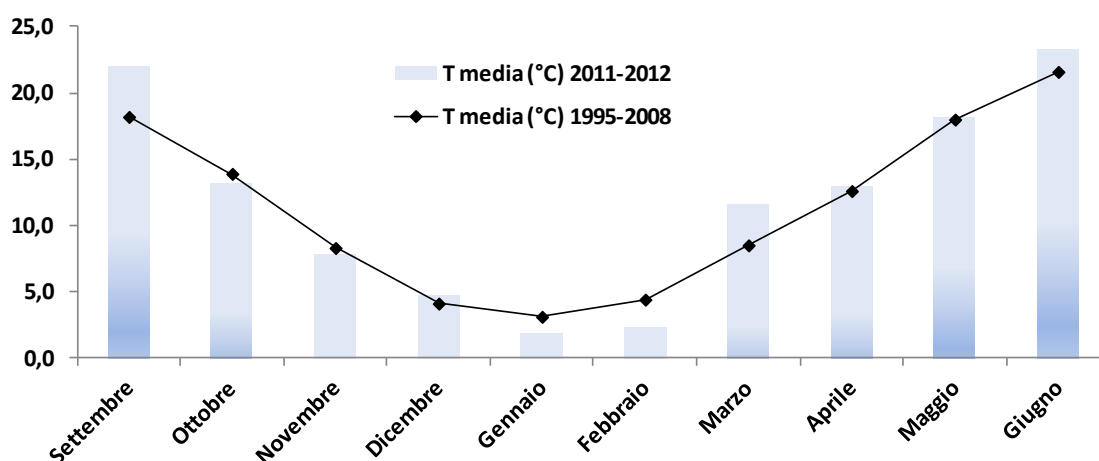


Grafico 2. Andamento delle temperature medie del periodo settembre-giugno 2011-2012 a confronto con la media 1995-2008

Per quanto riguarda le precipitazioni l'andamento è stato molto diverso, con valori inferiori rispetto alla media storica 1995-2008.

In particolare, come illustrato nel grafico 3, la quantità totale di precipitazioni nell'annata 2011-2012 è stata molto inferiore alla media (-228,5 mm). Solo i bimestri ottobre-novembre e aprile-maggio non si sono discostati dalla media, nei restanti mesi le precipitazioni sono state molto inferiori (dai -20 ai -50 mm mensili), soprattutto nei mesi invernali da dicembre a marzo.

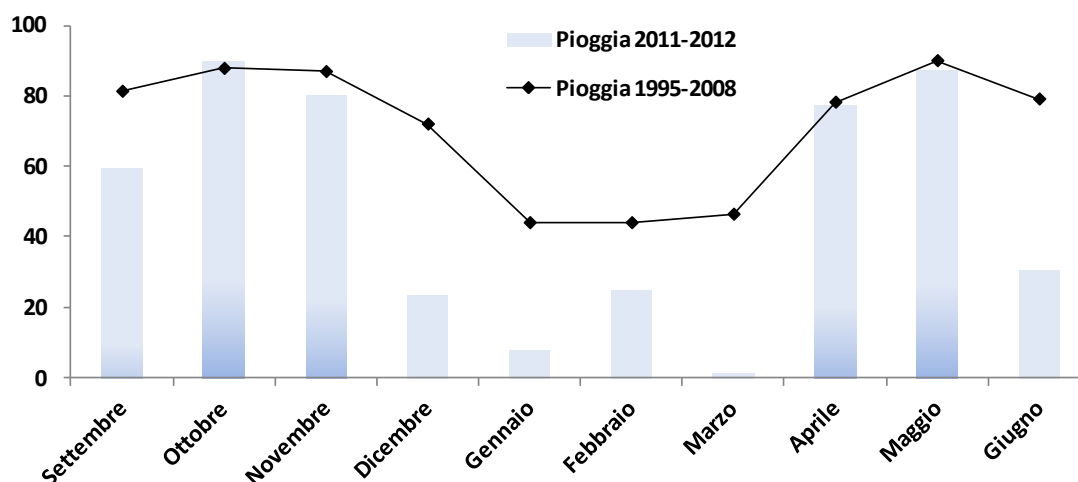


Grafico 3. Andamento delle precipitazioni nel periodo settembre-giugno 2011-12 a confronto con la media 1995-2008

Tutti i dati climatici sono stati rilevati presso la stazione meteorologica dell'ARPAV installata presso l'Azienda Agraria Sperimentale 'L. Toniolo' dell'Università degli Studi di Padova.

Mese	Temperatura media (°C)			Pioggia (mm)		
	2011-2012	1995-2008	Var.	2011-2012	1995-2008	Var.
Settembre	22,1	18,2	3,9	59,6	81,4	-21,8
Ottobre	13,2	13,9	-0,7	89,6	87,9	1,7
Novembre	7,8	8,3	-0,5	80,4	87	-6,6
Dicembre	4,6	4,1	0,5	23,4	72,1	-48,7
Gennaio	1,8	3,1	-1,3	7,8	44,1	-36,3
Febbraio	2,3	4,4	-2,1	25	44,1	-19,1
Marzo	11,5	8,5	3,0	1,2	46,5	-45,3
Aprile	12,9	12,6	0,3	77,4	78,3	-0,9
Maggio	18,1	18,0	0,1	87,4	90,1	-2,7
Giugno	23,3	21,6	1,7	30,4	79,2	-48,8
Totale	11,8	11,3	0,5	482,2	710,7	-228,5

Tabella 3: Dati pluviometrici e termici mensili registrati durante il ciclo colturale confrontati con la media storica

3.4. Protocollo sperimentale

3.4.1. Organizzazione della prova

La prova sperimentale è stata condotta su parcelle di forma rettangolare che misuravano 8,1 x 30 m, per un totale di 243 m², le file di coltura per ogni parcella erano 18 ad una distanza di 45 cm.

Sono state coltivate le 3 cultivar seminate in 3 epoche diverse, ogni unità sperimentale così ottenuta è stata ripetuta 3 volte randomizzando la posizione delle tesi. La superficie totale comprendeva quindi un totale di 27 parcelle e 6561 m².

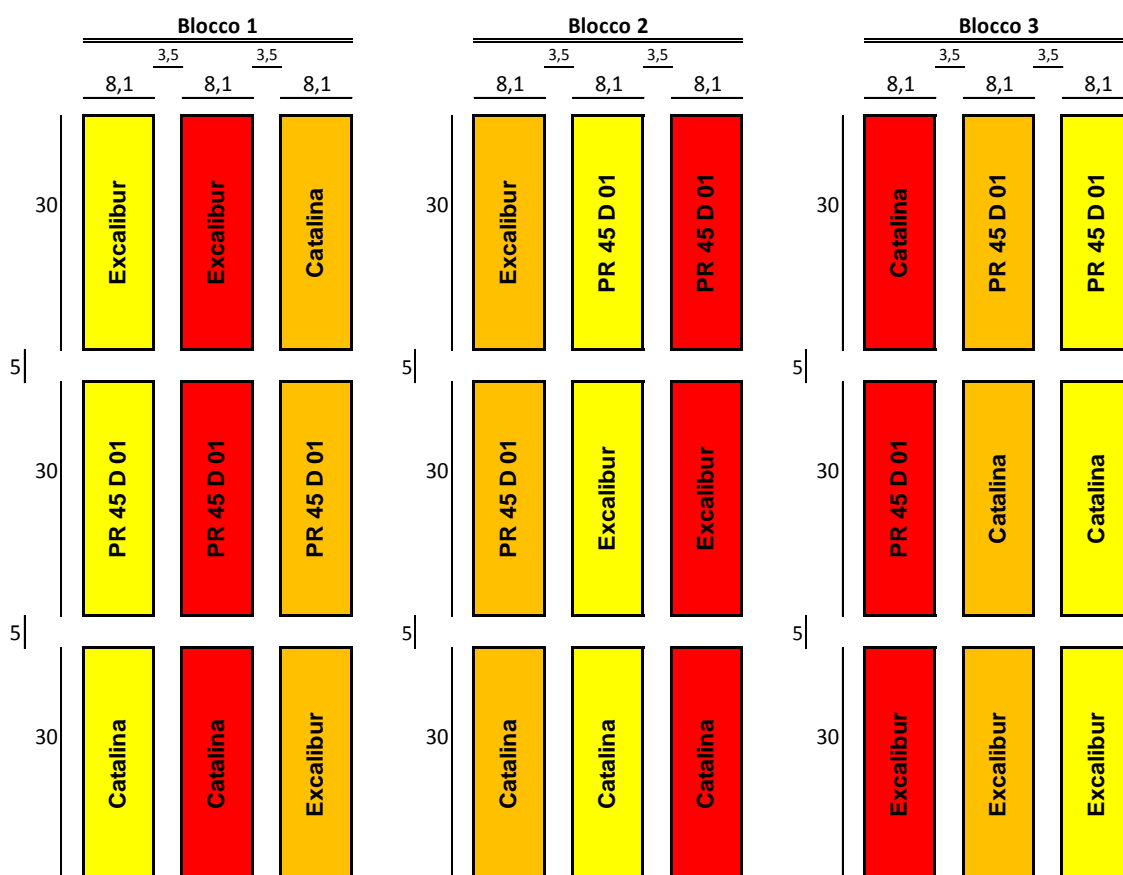


Figura 12: Disposizione parcelle, in rosso epoca anticipata, in arancione epoca ottimale, in giallo epoca posticipata. I blocchi erano disposti in linea nord-sud con il blocco 1 a nord, blocco 2 al centro e blocco 3 a sud. Le misure sono espresse in metri.

3.4.2. Tecnica colturale

Le lavorazioni del terreno, per tutte e 3 le epoche di semina, sono state una discatura alla profondità di 15-20 cm, seguita da una estirpatura a 20 cm e da una erpicatura per la preparazione finale del letto di semina.

La semina è stata fatta in 3 epoche diverse:

- Anticipata: 02/09/2011
- Ottimale: 24/09/2011
- Posticipata 13/10/2011

Le semine sono state eseguite usando una seminatrice di precisione equipaggiata con dischi da colza a 120 fori con diametro di 1,2 mm. La densità di semina è stata di 44 semi m⁻², con un'interfila di 45 cm e una distanza sulla fila di 5 cm.

La concimazione, dopo aver considerato la naturale dotazione del terreno, per tutte e tre le epoche è stata effettuata in pre-semine con 130 kg ha⁻¹ di perfosfato triplo (al 48% di P₂O₅) e 120 kg ha⁻¹ di solfato potassico (al 50% di K₂O) per un totale di 0-60-60 unità di N, P₂O₅ e K₂O, rispettivamente.

In copertura (16/02/2012) sono stati distribuiti in un'unica dose 80 kg ha⁻¹ di N come solfato ammonico (al 20,6% di N) che, oltre all'apporto azotato, ha fornito anche una discreta quantità di zolfo (24% di SO₃) molto importante per il colza.

Per la gestione delle infestanti il 15/10/11 è stata effettuata una fresatura interfilare nella prima epoca di semina. Nella terza epoca di semina la stessa operazione è stata svolta il 08/03/2012.

Per il controllo degli insetti dannosi sono stati effettuati 2 trattamenti:

- 26/9/2011: trattamento insetticida contro *Meligete aeneus* e *Ceuthorrhynchus assimilis*, prodotto usato Karate Zeon (principio attivo Lambda- Cyhalothrin 9.48% 100 g l⁻¹).
- 27/03/2012: trattamento insetticida contro *Meligete aeneus* e *Ceuthorrhynchus assimilis*, prodotto usato Karate Zeon (principio attivo Lambda- Cyhalothrin 9.48% 100 g l⁻¹).

La raccolta è stata effettuata il 20-22 giugno per l'epoca anticipata, 21-23 giugno per l'epoca ottimale e 25-26 giugno per l'epoca ritardata. È stata utilizzata la mietitrebbiatrice parcellare di proprietà dell'azienda stessa.

3.4.3. Rilievi

Durante tutto il ciclo della coltura sono stati effettuati numerosi rilievi allo scopo di studiare la risposta morfologica, fenologica, produttiva e le differenti suscettibilità alle avversità climatiche e fitofaghe in base alle tre differenti epoche di semina.

Rilievi effettuati:

- 1) Verifica dell'emergenza Eseguita a 10 e a 20 GDS (Giorni Dopo la Semina), contando il numero di piante presente su 3 file lunghe 2,22 m, corrispondenti ad un'area di 1 m², per ciascuna parcella.
- 2) Fenologia Le fasi fenologiche sono state datate seguendo i criteri fissati dalla scala BBCH per il colza, ogni prelievo di biomassa è stato effettuato allo stesso BBCH per ogni epoca, quindi in date diverse in base alla diversa epoca di semina.
- 3) Prelievi di biomassa aerea Sono stati eseguiti considerando le piante presenti in 3 o 2 file da 1,11 m per ogni parcella, corrispondenti ad un'area di 0,5 m². Le piante sono state tagliate all'altezza del colletto, pesate per determinarne il peso verde (escluse le foglie gialle) ed essiccate per 48 ore a 65 °C. Infine è stato misurato il peso secco e calcolata la relativa umidità.

I rilievi di questo tipo sono stati 5, e sono avvenuti nelle seguenti fasi fenologiche: BBCH 12 (2 foglie vere, il 14/12/2011); BBCH 18 (8 foglie vere, il 25/01/2012); BBCH 61 (inizio fioritura, il 02/04/2012 per l'epoca anticipata; il 03/04/2012 per l'ottimale e il 07/04/2012 per la posticipata); BBCH 71 (fine fioritura, il 04/05/2012 per le epoche anticipata e ottimale, il 09/05/2012 per la posticipata); BBCH 80 (riempimento silique, il 25/05/2012 per l'epoca anticipata, il 30/05/2015 per l'ottimale e il 31/05/2012 per la posticipata).

- 4) Biomass partitioning a BBCH 71, fine fioritura, il 07/05/2012 per tutte le epoche e per ciascuna parcella sono state prelevate, tagliandole al colletto, le piante sulla fila per una lunghezza corrispondente a 0,5 m² (1,11 m). Ogni pianta è stata suddivisa in foglie gialle, foglie verdi, fusti, ramificazioni e silique; per ogni frazione è stato determinato il peso fresco, ed il peso secco (essiccazione a 48 ore a 65°C). Altri 2 rilievi sono stati svolti con le stesse modalità, però su di un'area di 1 m² e separando solo il seme dalla biomassa totale. Sono stati fatti entrambi a BBCH 90 (maturazione piena), il primo il 07/06/2012 per le epoche anticipata e ottimale, e il 16/06/2012 per la posticipata; il secondo l'11/06/2012 per le epoche anticipata e ottimale, e il 18/06/2012 per la posticipata.

- 5) Resa È stata calcolata su un'area di saggio pari a quella di tutta la parcella, al netto di una fila di bordo, per evitare errori dovuti al diverso sviluppo delle file esterne. Il peso è stato corretto per l'umidità residua ed espresso in sostanza secca
- 6) Indice di raccolta e peso di 1000 semi L'indice di raccolta (harvest index) è il rapporto fra la biomassa raccolta con il prodotto agrario utile (in questo caso la granella) e la biomassa totale prodotta dalla coltura sulla medesima superficie (Giardini, 2004). È stato calcolato sulla base dei dati raccolti nell'ultimo rilievo di biomass partitioning. Il peso di 1000 semi è stato ottenuto pesando i semi disposti in un disco forato contenente 100 piccoli fori e collegato ad un aspirapolvere; in questo modo venivano prelevati 100 semi, per poi essere pesati. Si è eseguita questa operazione tre volte per ogni cultivar e successivamente è stata fatta una media delle pesate, per ridurre il margine di errore, i valori sono stati rapportati poi a 1000 semi.

3.5. Analisi statistica

Tutti i dati sono stati analizzati tramite ANOVA, verificando preliminarmente la normalità dei dati (test Shapiro-Wilks) e l'omogeneità delle varianze (test di Bartlett). Le medie statisticamente differenti sono state separate con il test di Newman-Keuls ($P \leq 0,05$), utilizzando il programma statistico Statgraphics Centurion XV.

L'analisi discriminante e l'analisi dei fattori principali sono state eseguite mediante il software "R".

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

4.1. Densità di piante

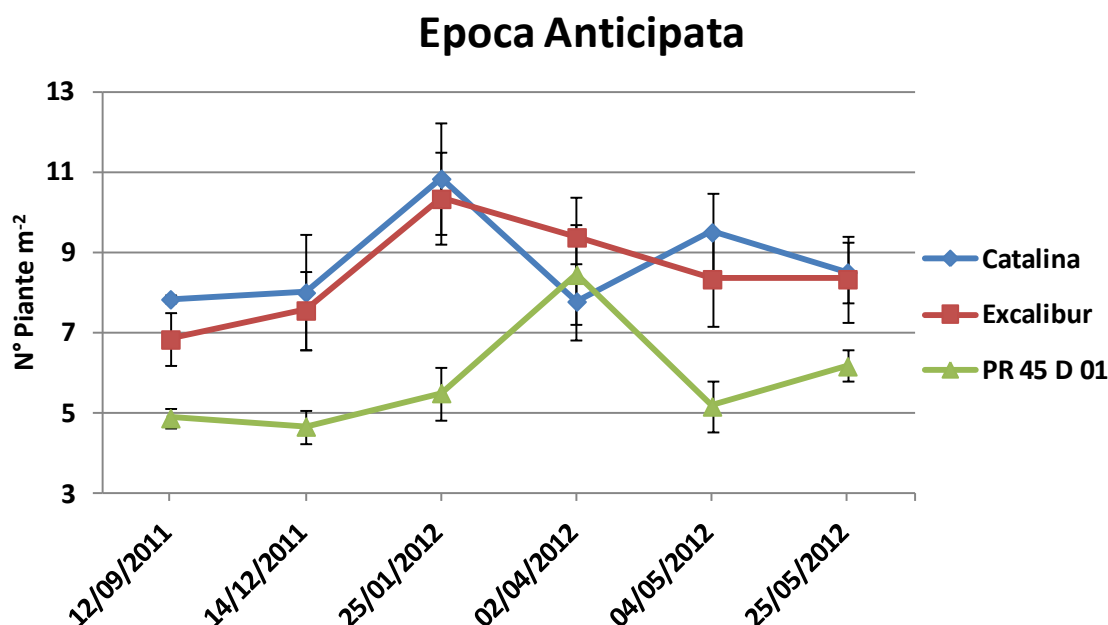


Grafico 4. Variazione del n° piante m⁻² in *epoca anticipata* per le tre varietà allo studio.

Osservando la densità di piante per m² (grafico 4) si vede come PR45D01 in epoca anticipata presenti una maggiore difficoltà di germinazione e di affrancamento, con un parziale recupero di investimento a inizio primavera ritardato rispetto alle altre due varietà (rilievo del 2/4/2012) Il numero di piante medio per m² infatti per Catalina ed Excalibur è rispettivamente di 8,74 e 8,46 mentre per PR45 è di 5,80. Catalina ed Excalibur mostrano dopo gennaio un leggero decremento di popolazione probabilmente dovuto alla produzione di piante giunte troppo sviluppate ai primi freddi invernali. Il recupero di popolazione di PR45D01 dovuto allo sfruttamento dell'incremento termico è probabilmente vanificato dall'aumento di competizione tra piante con diversi stadi di sviluppo (Marshall B., Squire G.R., 1996).

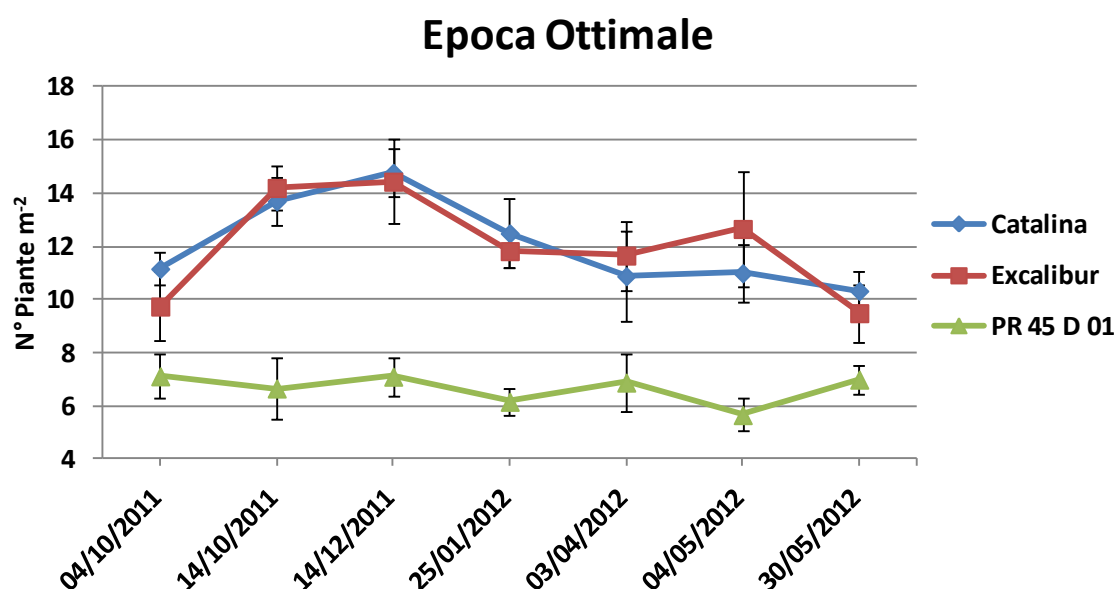


Grafico 5. Variazione del n° piante m⁻² in *epoca ottimale* per le tre varietà allo studio.

Con l'epoca ottimale di semina (grafico 5) l'andamento dell'investimento per m² nel tempo ha la stessa dinamica osservata per l'epoca anticipata, ma con densità medie in campo superiori (Catalina ed Excalibur si attestano intorno a 12 piante m⁻², PR45D01 raggiunge una densità media di 6,66 piante m⁻²).

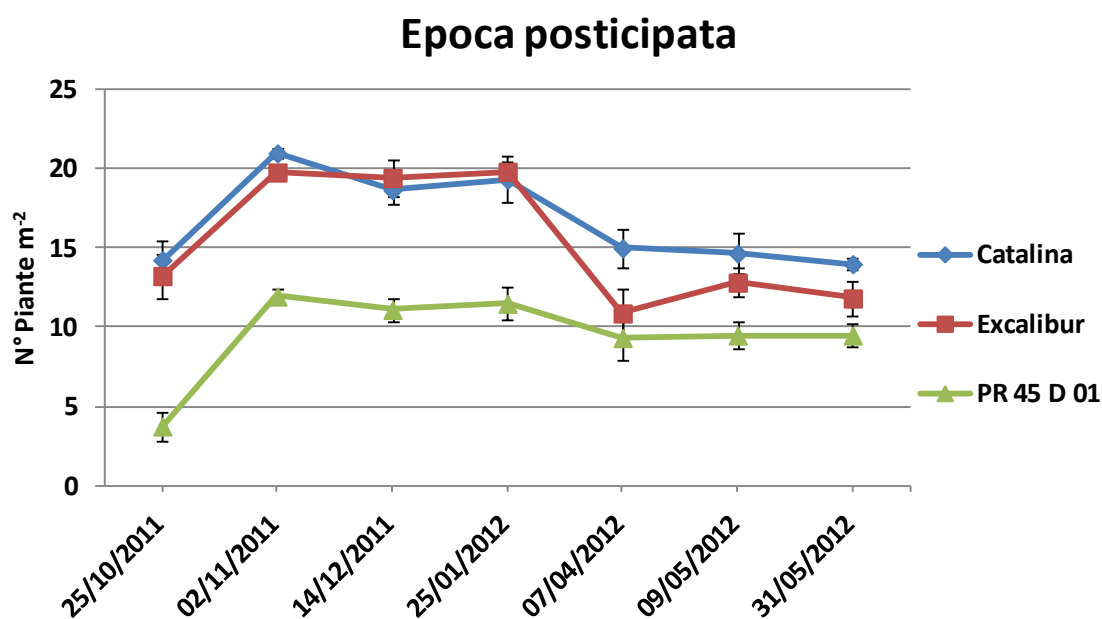


Grafico 6. Variazione del n° piante m⁻² in *epoca posticipata* per le tre varietà allo studio.

L'epoca posticipata (grafico 6) presenta andamenti molto simili ai precedenti, ma con una diminuzione dell'investimento medio (da 18 a 13 piante m⁻²) di Catalina ed Excalibur da gennaio ad aprile, probabilmente dovuto ad un effetto di scalzamento delle piante provocato dal gelo invernale e alla competizione fra piante con grado di sviluppo differente. PR45D01 invece mantiene una densità di piante costante (circa 10 piante m⁻²) grazie alla produzione di piante mediamente più vigorose e resistenti allo scalzamento.

4.2. Diagramma a facce di Chernoff

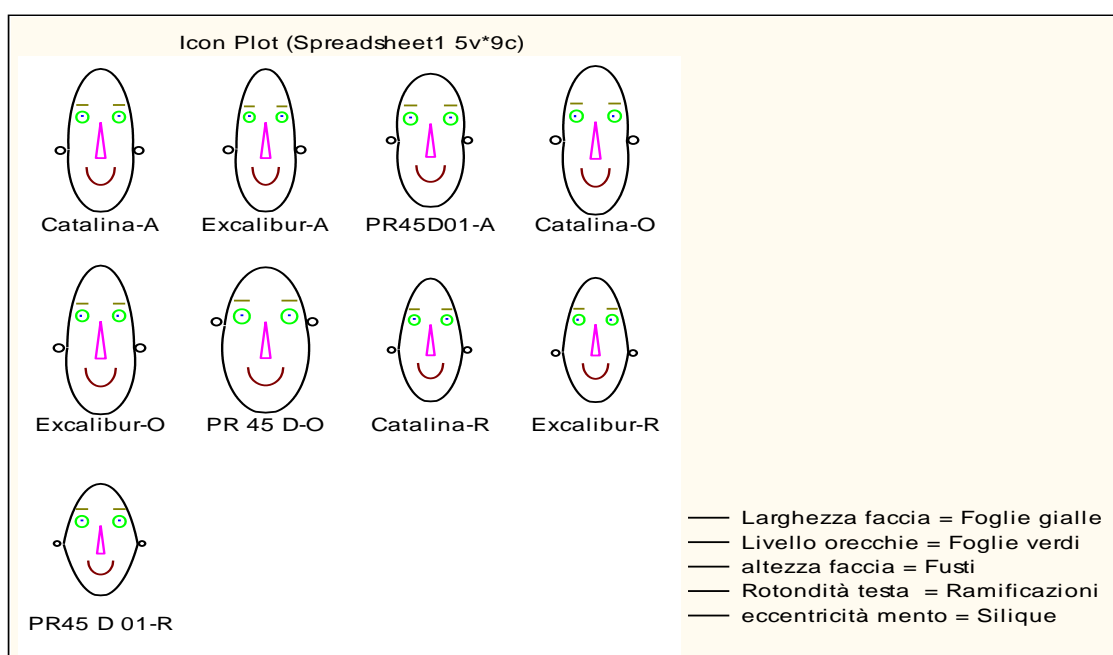


Grafico 7. Diagramma a facce di Chernoff per le tre varietà e le tre epoche di semina: A = epoca anticipata, O = epoca ottimale, R = epoca posticipata.

In generale l'ibrido semi-nano PR45D01 presenta densità di popolazione in campo mediamente inferiori (7,5 piante m², media delle tre epoche) rispetto a Catalina (12,5 piante m²) ed Excalibur (12 piante m²), con un conseguente maggior sviluppo vegetativo, maggior grado di ramificazioni e minor produzione di silique (26% della biomassa per PR45D01 e 33% circa per Catalina ed Excalibur).

Generalmente l'epoca anticipata e quella ottimale inducono un maggior grado di sviluppo vegetativo nella pianta.

Excalibur va un po' in controtendenza incrementando la sua biomassa vegetativa solo in epoca ottimale, per contro sia l'epoca anticipata che quella posticipata producono una biomassa in silique superiore.

4.3. Andamento biomassa

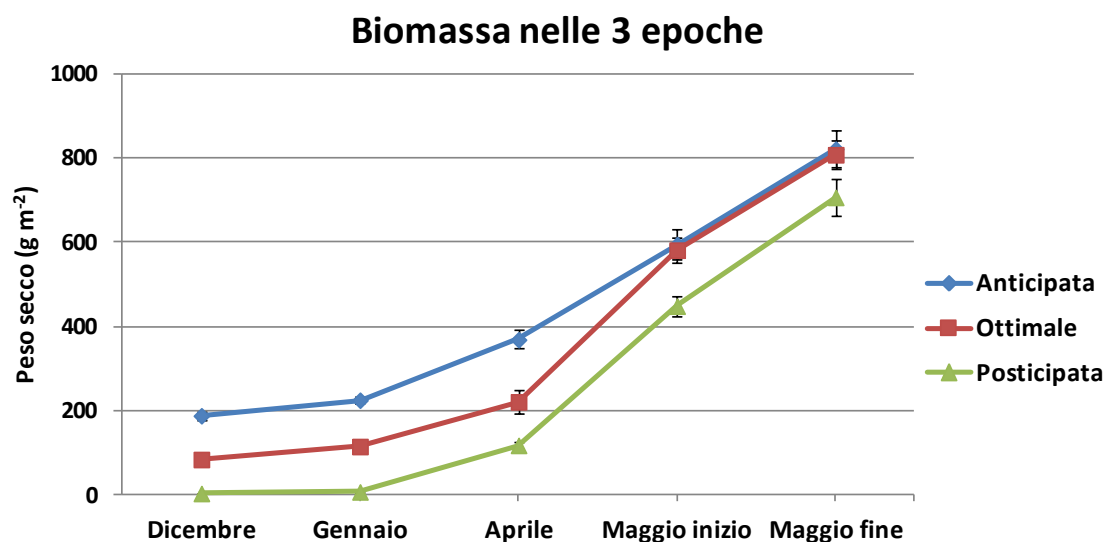


Grafico 8. Andamento del peso secco della biomassa nelle 3 epoche di semina allo studio.

La differenza di densità tra PR45D01 e le altre 2 varietà Catalina e Excalibur non si ripercuote sull'andamento del peso secco della biomassa nelle 3 epoche di semina. L'analisi della varianza sul peso secco della biomassa prodotta ($P < 0,05$) non ha rivelato differenze significative tra le varietà allo studio, ha invece mostrato una differenza tra le 3 epoche di semina, con l'epoca posticipata che produce biomasse significativamente inferiori rispetto alle altre 2 epoche. (512 g m^{-2} per l'epoca posticipata; 724 e 880 g m^{-2} rispettivamente per le epoche ottimale e anticipata).

4.4. Partitioning

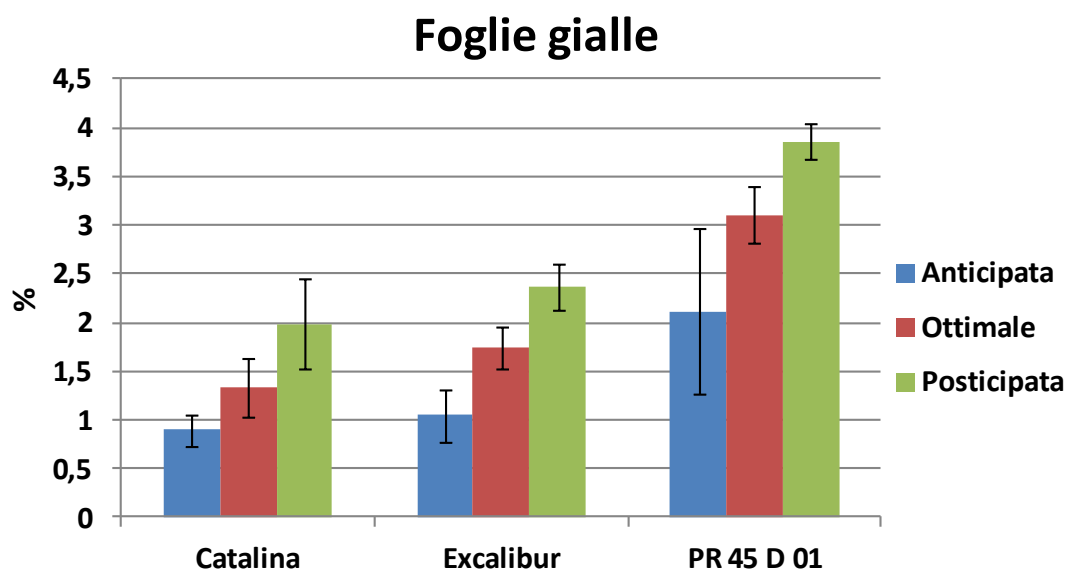


Grafico 9. Percentuale di foglie gialle sulla biomassa totale del rilievo partitioning.

L'analisi statistica ha evidenziato una differenza significativa tra la velocit  dei cicli vegetativi delle 3 variet  e delle 3 epoche allo studio. L'ibrido semi-nano PR45D01   la variet  con ciclo pi  veloce, (3% di foglie gialle a BBCH 71, $LSD = 0,62$, $P < 0,05$); Excalibur e Catalina hanno lunghezza del ciclo simile (1,7 e 1,4% di foglie gialle rispettivamente, $LSD = 0,62$, $P < 0,05$). Tutte e 3 le epoche di coltivazione sono significativamente differenti per la percentuale di foglie gialle presenti, 1,35 - 2,06 - 2,7 % per l'epoca anticipata, ottimale e posticipata rispettivamente ($LSD = 0,62$, $P < 0,05$).

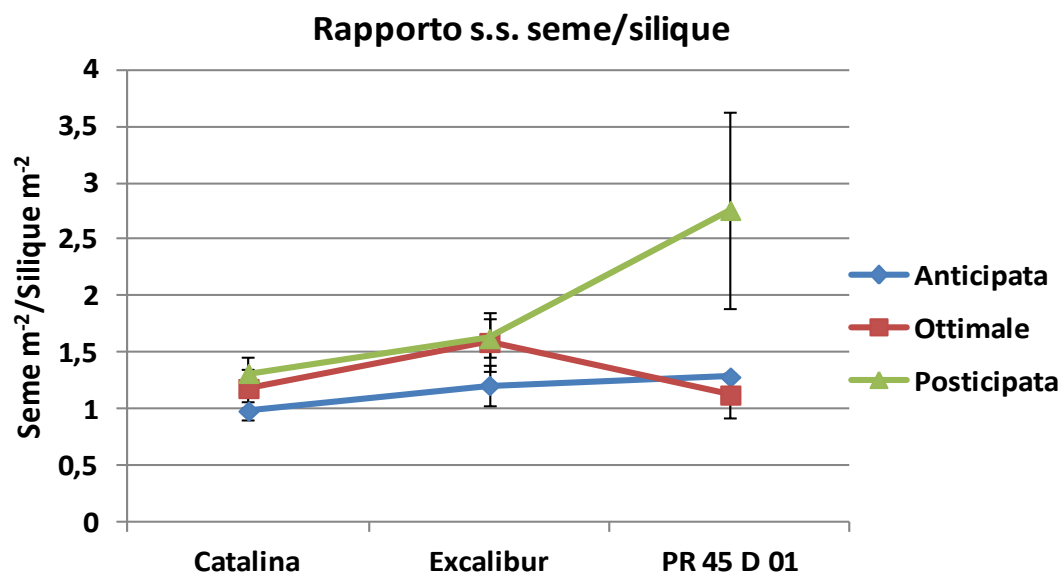


Grafico 10. Variazione dell'indice S per le 3 varietà allo studio al variare dell'epoca di semina.

L'epoca di semina e la varietà influenzano l'indice S, calcolato come rapporto tra resa m^{-2} e peso secco delle silique: l'epoca di semina posticipata presenta valori di indice superiori (1,90) rispetto alle altre 2 epoche (anticipata: 1,16; ottimale: 1,30) indicando una possibile maggiore efficienza di riempimento della siliqua.

PR45D01 ha un indice di riempimento S superiore (1,59) seguita da Excalibur e Catalina (1,26 e 1,11; $P < 0,05$).

Dall'interazione tra epoca e varietà (grafico 10) si nota che il rapporto tra il peso secco del seme e quello delle silique nelle varietà Catalina ed Excalibur non è influenzato dall'epoca di semina, in PR45D01 invece l'indice è superiore in epoca posticipata, diminuisce leggermente in epoca ottimale mentre resta simile in epoca anticipata.

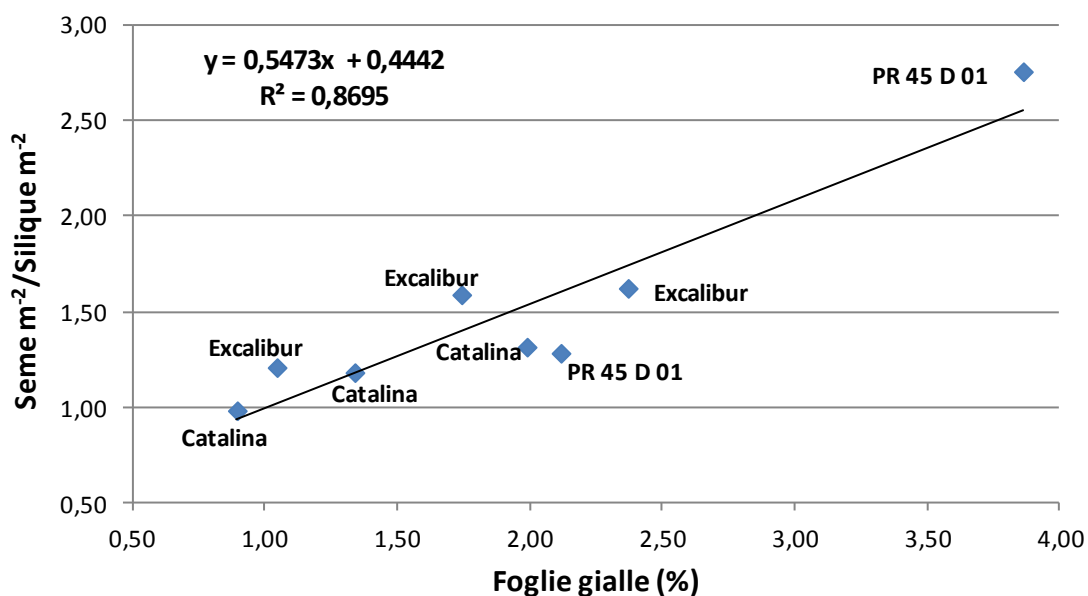


Grafico 11. Correlazione Indice S - Foglie gialle per le diverse varietà.

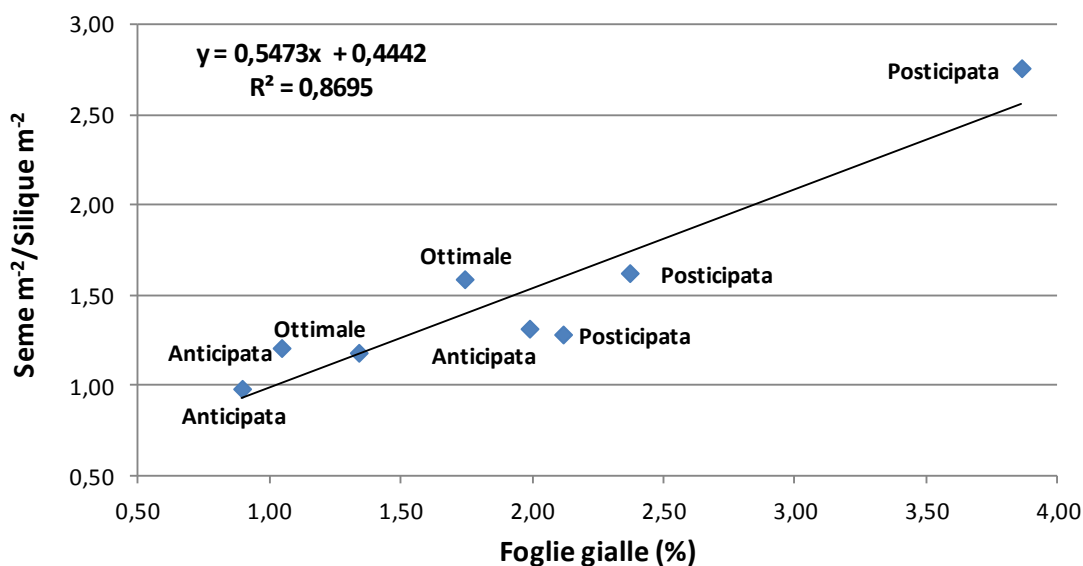


Grafico 12. Correlazione Indice S - Foglie gialle per le diverse epoche di semina.

Correlando l'indice S con la % di foglie gialle, che da un'informazione sullo stato di senescenza della pianta, si ottiene un coefficiente di determinazione pari a 0,87 (grafici 11 e 12), dalla correlazione si nota quindi che più velocemente la pianta raggiunge la senescenza maggiore è la percentuale in peso del seme sulla massa totale della siliqua; la pianta cioè usa le sue risorse metaboliche per produrre seme a scapito della parte strutturale vegetativa della siliqua tanto più quanto il ciclo è vegetativo è veloce.

Biomassa silique

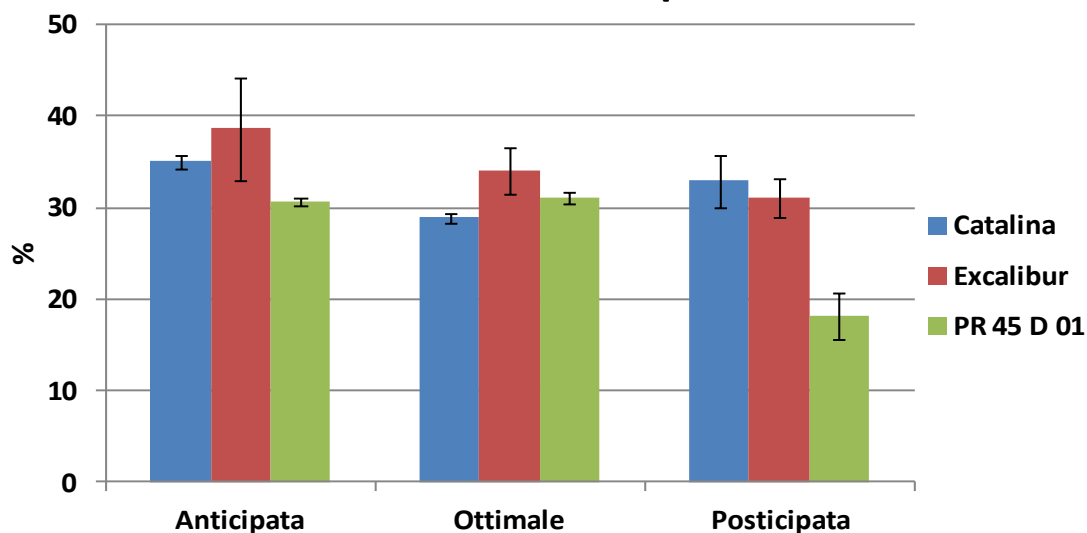


Grafico 13. Percentuale di silique sulla biomassa totale del rilievo partitioning.

Interazione varietà x epoca

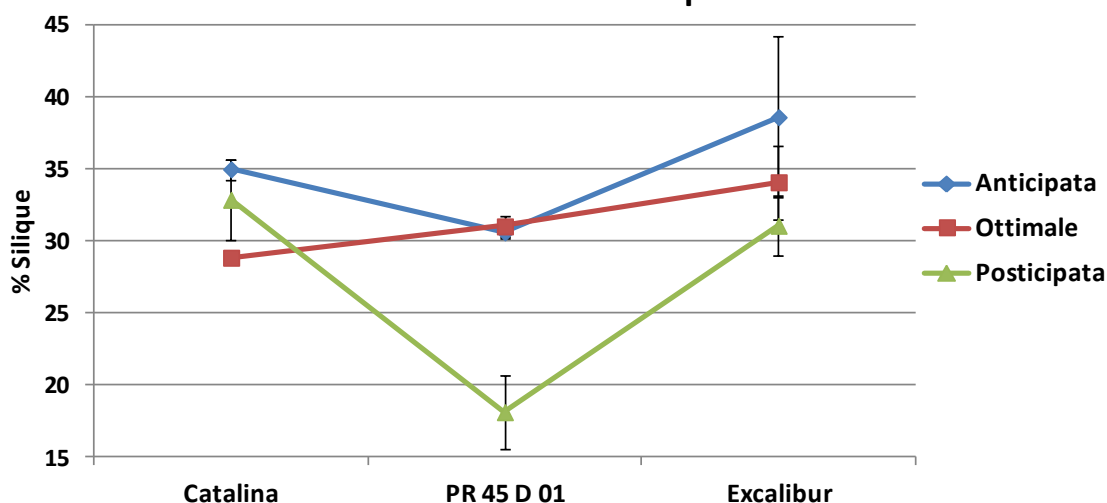


Grafico 14. Interazione tra varietà ed epoca di semina nella determinazione della % di silique.

La percentuale di silique prodotte (grafici 13 e 14) in Excalibur e Catalina non viene influenzata dall'epoca di semina tranne in epoca ottimale dove Excalibur ha una percentuale di silique superiore. PR45D01 invece mostra una interazione tra varietà ed epoca di semina, per quest'ultima varietà le tesi in semina posticipata presentano una percentuale di silique molto inferiore rispetto alle altre due epoche (la percentuale di silique in Catalina oscilla a seconda dell'epoca da 28 a 34%, in Excalibur da 31 a 38%, in PR45D01 invece da 31 a 18%).

4.5. Resa

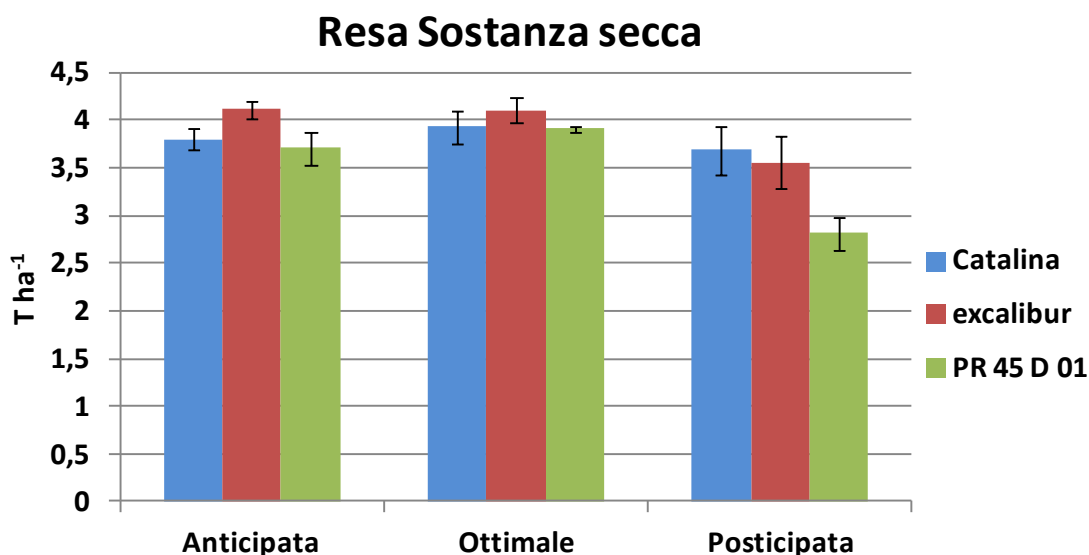


Grafico 15. Resa in granella (sostanza secca), espressa in tonnellate per ettaro.

Prendendo in considerazione la resa in sostanza secca per ettaro (grafico 15) sono risultati significativi sia l'effetto varietà che l'effetto epoca di semina (ANOVA $P < 0,05$). La resa media delle epoche anticipata e ottimale è simile, circa $3,9 \text{ t ha}^{-1}$, mentre l'epoca posticipata ha produzioni mediamente inferiori $3,4 \text{ t ha}^{-1}$.

Le varietà Excalibur e Catalina risultano maggiormente produttive con una resa media di $3,85 \text{ t/ha}$ mentre PR45D01 è la varietà meno produttiva ($3,48 \text{ t ha}^{-1}$).

4.6. Peso di 1000 semi

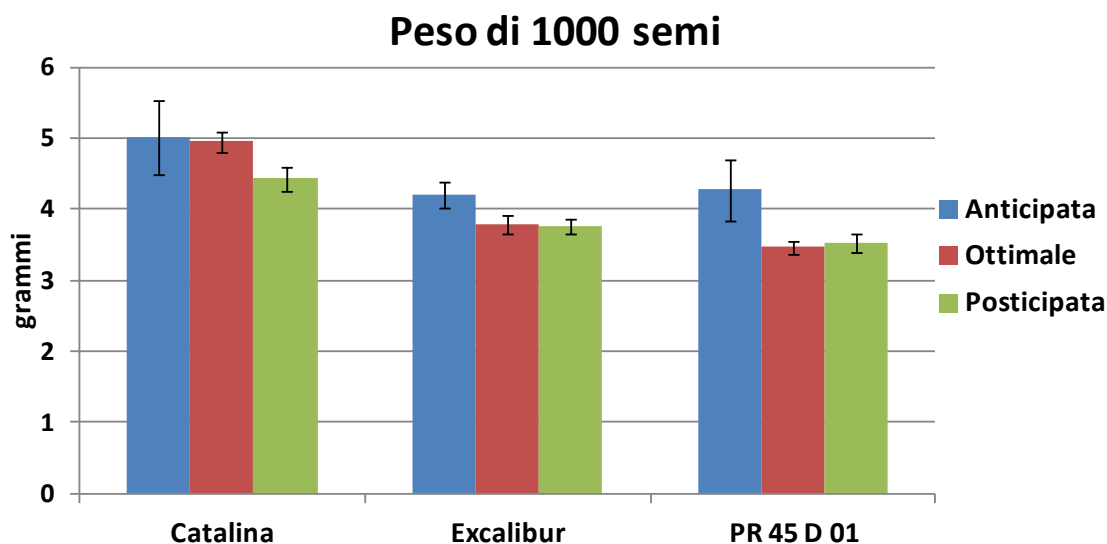


Grafico 16. Pesi di 1000 semi delle varie epoche di semina nelle 3 varietà allo studio.

Il peso medio di 1000 semi (grafico 16) è influenzato significativamente ($P < 0,05$) dal fattore varietale e dall'epoca di semina. Catalina ha un peso medio di 1000 semi di 4,92 g, Excalibur e PR45D01 invece hanno semi mediamente più leggeri con pesi di 1000 semi di 3,92 e 3,63 g rispettivamente. L'epoca di semina anticipata presenta pesi di 1000 semi superiori (4,50 g) rispetto alle epoche ottimale e posticipata (4,06 e 3,91g).

4.7. RGR medio

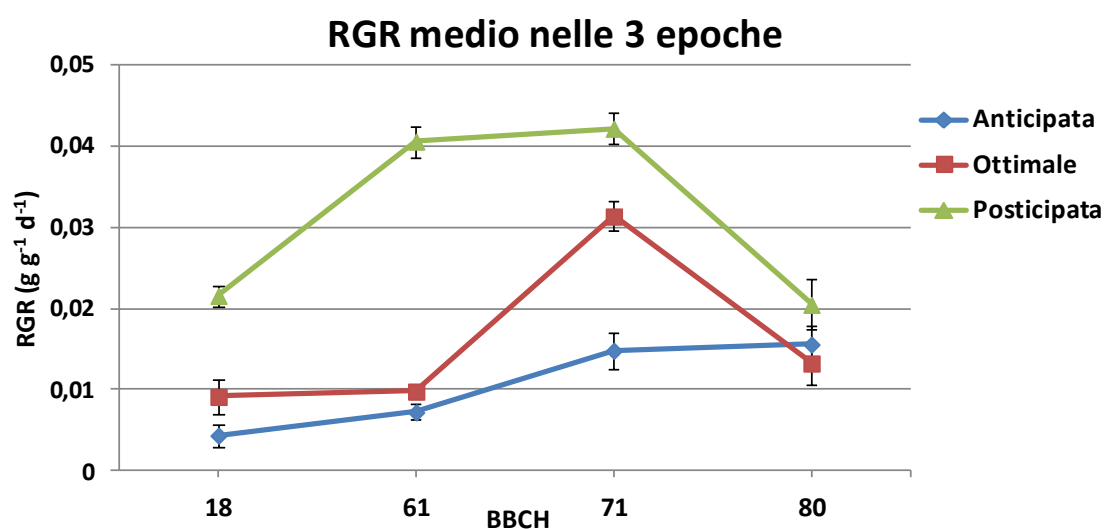


Grafico 17. Andamento dell'indice RGR medio durante la stagione per le 3 epoche in esame.

Dai dati di produzione di biomassa media raccolti lungo tutto il ciclo è stato possibile calcolare l'indice RGR (Relative Growth Rates) che misura l'accrescimento della coltura allo studio indipendentemente dalla massa della pianta in via di crescita, poiché viene preso come riferimento l'unità di peso iniziale (grafico 17).

L'indice RGR è stato calcolato con la seguente formula:

$$RGR = \frac{(\ln W_2 - \ln W_1)}{(T_2 - T_1)}$$

W2 e W1 = pesi della biomassa ai tempi T2 e T1.

Dall'analisi della varianza si è visto che questo indice è influenzato dalla sola epoca di semina, le epoche anticipata e ottimale presentano valori di RGR inferiori. L'epoca anticipata inoltre ha un RGR relativamente costante nel tempo che favorisce la formazione di semi di peso maggiore.

Un ciclo più lungo infatti permette il mantenimento di un metabolismo più lento tendenzialmente più favorevole al riempimento del seme rispetto all'accrescimento della restante biomassa.

L'epoca posticipata presentando un indice RGR superiore alle altre due epoche per tutta la durata del ciclo evidenzia un veloce sviluppo vegetativo e una penalizzazione delle strutture riproduttive, con conseguenze negative sia sul peso dei 1000 semi che sulla resa in sostanza secca di granella.

4.8. Grafici multivariata

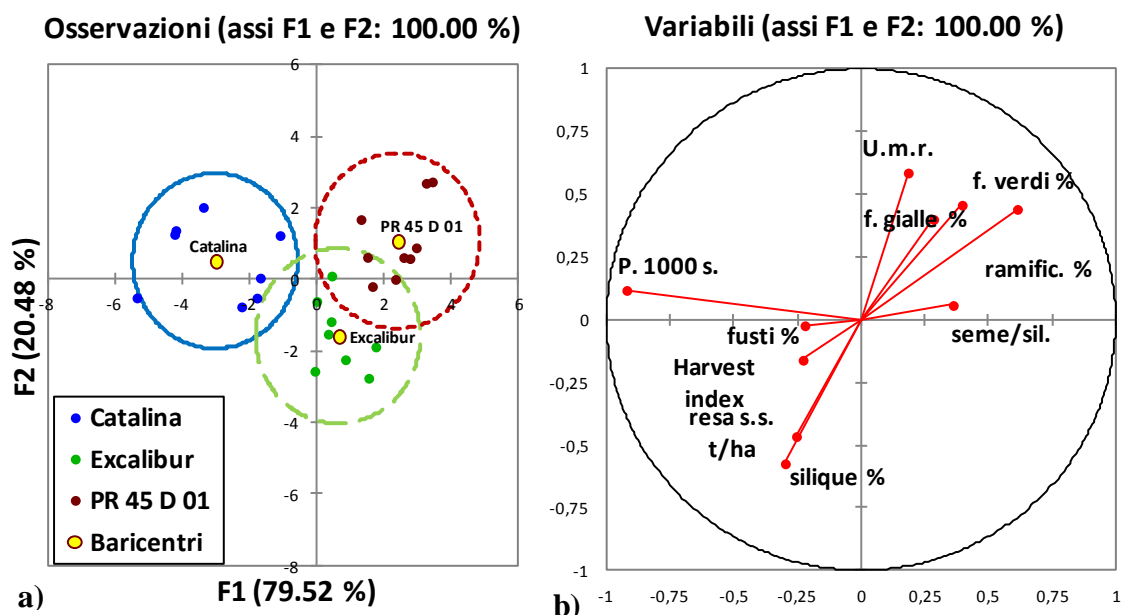


Grafico 18. a) Analisi discriminante, b) analisi dei fattori principali per le 3 varietà allo studio.

Generalmente le varietà coltivate (grafico 18) si sono differenziate dal punto di vista fisiologico e vegetativo.

PR45D01 ed Excalibur hanno prodotto una maggiore biomassa vegetativa, con una percentuale maggiore di foglie verdi e ramificazioni. Si trovano infatti sulla parte destra del grafico discriminante (grafico 18 a), PR45D01 è la varietà che in assoluto aveva piante di maggiore dimensione, a causa di una minore densità di piante dovuta ad un peggior affrancamento della coltura.

La varietà Catalina trovandosi nella parte sinistra del grafico presenta valori di peso di 1000 semi e di resa superiori alla media. Excalibur pur mostrando un buon livello di vegetazione ha raggiunto rese comparabili con Catalina.

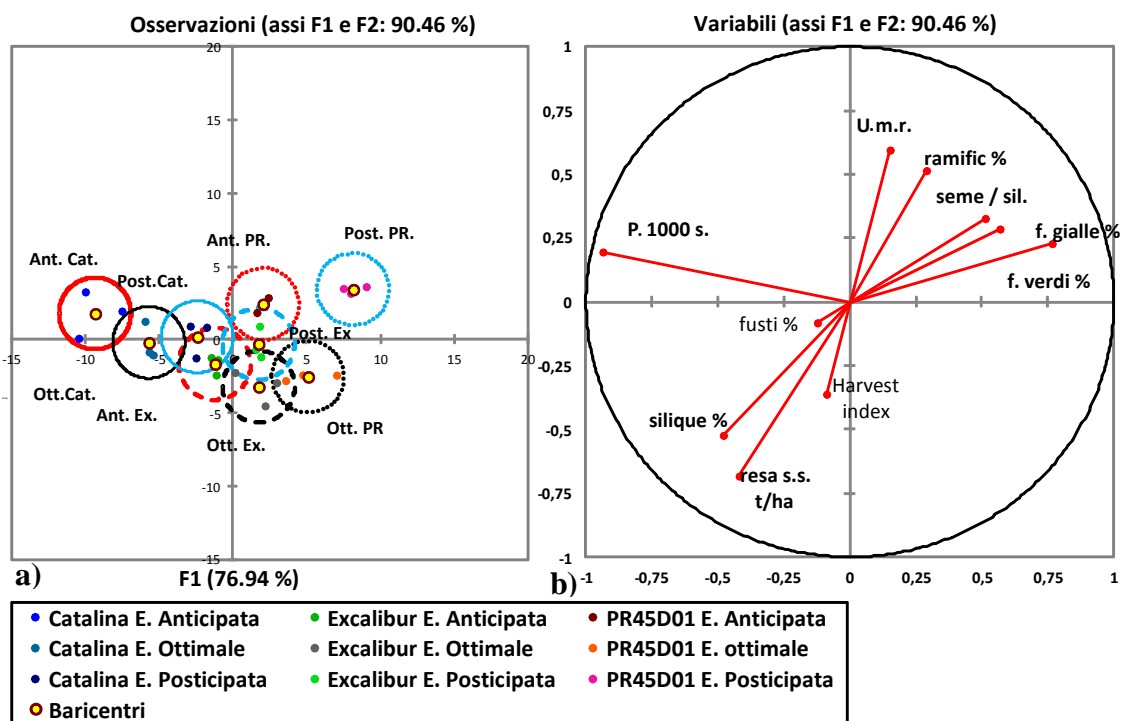


Grafico 19. a) Analisi discriminante, **b)** analisi dei fattori principali per l'interazione varietà x epoca di semina.

Osservando i risultati dell'analisi discriminante relativa all'interazione tra epoca e varietà (grafico 19) si nota che la maggior parte della variabilità è spiegata dalla funzione F1 che è influenzata con un alto fattore di loading (0,93) dalla variabile peso di 1000 semi. Quest'ultima variabile è risultata dunque essere molto sensibile al fattore epoca di semina in un contesto multivariato.

Come già anticipato si osserva che il ritardo dell'epoca di semina comporta una riduzione del peso dei 1000 semi. Le variazioni riscontrabili in tutte le varietà sono più elevate in Catalina e PR45D01.

4.9. Caratteristiche dell'olio

Volendo verificare se la variazione del peso dei 1000 semi ottenuta dalla modulazione dell'epoca di semina influenzasse le caratteristiche qualitative dell'olio, si è deciso di sottoporre ad analisi l'olio della varietà più stabile e produttiva nell'areale di coltivazione considerato: Excalibur.

Sono stati analizzati campioni di semi provenienti dalle epoche anticipata e posticipata, ottenendo i seguenti risultati medi:

Excalibur	u.m.	Anticipata	Posticipata
<u>Esteri metilici degli acidi grassi:</u>			
Acido palmitico	%	4,85	4,83
Acido palmitoleico	%	0,24	0,25
Acido stearico	%	1,64	1,76
Acido oleico	%	64,55	64,31
Acido linoleico	%	20,24	20,62
Acido linolenico	%	7,02	6,80
Acido arachico	%	0,48	0,48
Acido eicosenoico	%	0,98	0,95
Numero di iodio calcolato	G I ₂ /100 g	109,0	109,0
Zolfo	mg/kg	14,1	21,3

Tabella 4. Analisi qualitativa dell'olio per la varietà Excalibur coltivata in epoca anticipata e posticipata.

L'epoca di semina anticipata favorisce solo tendenzialmente un incremento degli acidi insaturi oleico e linolenico, potenzialmente più soggetti a reazioni chimiche di esterificazione con conseguente formazione di gomme, (una delle maggiori componenti dei residui di combustione).

Il numero di iodio costante tra le due epoche di semina suggerisce che la variazione del profilo dell'olio non è significativa dal punto di vista qualitativo. Il numero di iodio infatti indica il grado di insaturazione dell'olio e quindi la sua propensione a far reagire i doppi legami presenti con composti di natura secondaria per formare composti gommosi.

A fronte di un numero di iodio costante la variazione dell'epoca di semina ha permesso di ottenere oli con percentuale di zolfo molto diversa:

L'epoca di semina anticipata ha portato ad un decremento del contenuto in zolfo nell'olio del 33,8% rispetto all'epoca posticipata (14,1 mg/kg contro 21,3 mg/kg).

Verosimilmente la quantità di zolfo allocata nella siliqua e nel seme da parte di un certo genotipo è relativamente costante durante il ciclo vegetativo, la variazione del peso di mille semi conseguente ad una diversa epoca di semina potrebbe comportare una maggiore diluizione dello zolfo a causa del maggiore contenuto in olio e/o a causa della e maggiore allocazione dello zolfo stesso nelle diverse strutture del seme e della siliqua.

5. CONCLUSIONI

L'ibrido Excalibur si conferma essere una varietà con rese produttive molto stabili ed elevate, Catalina pur essendo una varietà geneticamente meno recente ha ottenuto ottime produzioni in tutte le epoche di semina e si è distinta per un peso di 1000 semi particolarmente elevato; PR45D01 è risultata la varietà con la resa minore in funzione di una emergenza generalmente meno omogenea.

L'epoca di semina anticipata ha raggiunto rese paragonabili all'epoca ottimale con il pregio di aver prodotto semi dal peso maggiore e nel caso di Excalibur con un più basso contenuto in zolfo.

La quantità di S è un parametro molto importante per l'utilizzo dell'olio di colza come biocarburante, la normativa DIN V 51605 ne stabilisce un contenuto massimo, calcolato secondo la normativa UNI EN ISO 20884/20846, pari a 10 mg kg^{-1} .

La varietà Excalibur coltivata in epoca posticipata ha prodotto un olio che non rientrava nei limiti di legge per il contenuto in S.

L'interazione tra varietà ed epoca di semina ha sottolineato una più importante variazione del peso dei 1000 semi per Catalina e PR45D01.

Ulteriori approfondimenti sperimentali sono auspicabili al fine di confermare i risultati preliminari ottenuti.

BIBLIOGRAFIA

1. Berry P.M., Spink J.H., 2006. A physiological analysis of oilseed rape yields: past and future. *J. Agric. Sci.*, 144, 381-392.
2. Catizone P., Zanin G., 2001. *Malerbologia*. Patron Editore, Bologna, 739-740.
3. CETIOM 1998. Nitrogen and rape in spring. *Olèoscope*, 48, 9-26.
4. Giardini L., 2004. *Agronomia generale*. Patron Editore, Bologna.
5. Marshall B., Squire G.R., 1996. Non-linearity in rate-temperature relations of germination in oilseed rape. *J. Exp. Bot.*, 47, 1369-1375.
6. Meier U., Bleiholder H., Buhr L., Feller C., Hack H., Hess M., Lancashire P.D., Schnock U., Stauss R., Van den Boom T., Weber E., Zwerger P., 2009. The BBCH system to coding the phenological growth stages of plants - history and publications. *J. Für Kulturpflanzen*, 61, 41-52.
7. Mosca G. e Zanetti F., 2007. Ottime rese dal colza con le giuste scelte agronomiche. *L'informatore agrario*, 33, 38-43.
8. Toniolo L. e Mosca G., 1986. *Il Colza manuale pratico*. REDA edizioni per l'agricoltura, 76-105.
9. 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*. Patron Editore, Bologna, 20-52.

Siti internet consultati:

- a) www.agronomico.com
- b) www.pioneer.com
- c) www.dekalb.eu
- d) www.carlasementi.it
- e) www.arpa.veneto.it
- f) www.agraria.org
- g) www.claas.it
- h) faostat.fao.org