دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

ارزیابی صفات زراعی در لاین‌های M4 حاصل از القای موتاسیون و شناسایی لاین‌های موتانت مطلوب در کلزا (*Brassica napus* L.)

پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات

مجید شجاعی

اساتید راهنما

دکتر احمد ارزانی

دکتر قدرت الله سعیدی

۱۳۹۲

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته اصلاح نباتات آقای مجید شجاعی

تحت عنوان

ارزیابی صفات زراعی در لاین‌های M4 حاصل از القای موتاسیون و شناسایی لاین‌های موتانت مطلوب در کلزا (*Brassica napus* L.)

در تاریخ ۱۳۹۲/۶/۲۵ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه	دکتر احمد ارزانی
۲- استاد راهنمای پایان نامه	دکتر قدرت الله سعیدی
۳- استاد داور	دکتر آقافخر میرلوحی
۴- استاد داور	دکتر مجید طالبی
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر محمد مهدی مجیدی

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

فهرست مطالب

عنوان ..... **صفحه**

چکیده ۱

فصل اول: مقدمه ۲

۱-۱-کلیات و اهداف ۲

۱-۲-اهداف آزمایش ۴

فصل دوم: بررسی منابع ۶

۲-۱-تاریخچه و اهمیت اقتصادی ۶

۲-۲-روابط بین ژنوم های کلزا ۷

۲-۳-گونه‌های زراعی براسیکا ۸

۲-۳-۱- کلزا (*B. napus* AACC, ۲n=۳۸) ۸

۲-۳-۲- شلغم روغنی (*B. rapa* AA, ۲n=۲۰) ۹

۲-۳-۳- خردل هندی (*B. juncea* AABB, ۲n=۳۶) ۹

۲-۳-۴ خردل حبشی (*B. carinata* BBCC, ۲n=۳۴) ۹

۲-۴- نیازهای اکولوژیک و زراعی ۱۰

۲-۵-مراحل رشو و نمو ۱۰

۲-۶- بیماری ها و آفات ۱۱

۲-۷- خصوصیات کیفی ۱۱

۲-۷-۱- کیفیت روغن کلزا ۱۱

۲-۷-۲ محتوای پروتئین ۱۲

۲-۷-۳-محتوای گلوکوزینولات ۱۲
۲-۸-موارد استفاده کلزا ۱۳
۲-۸-۱ مصارف خوراکی ۱۳
۲-۸-۲- تغذیه دام ۱۳
۲-۸-۳-مصارف صنعتی ۱۴
۲-۹-اهداف اصلاحی کلزا ۱۴
۲-۹-۱- کیفیت دانه ۱۴
۲-۹-۲-اصلاح برای بهبود کیفیت روغن ۱۴
۲-۹-۳-اصلاح برای کیفیت کنجاله بذر ۱۵
۲-۹-۴- بهبود عملکرد ۱۵
۲-۹-۵-اصلاح برای مقاومت به بیماریها و آفات ۱۶
۲-۹-۶- اصلاح صفات زراعی ۱۶
۲-۱۰- تجزیه تحلیل‌های چند متغیره ۱۷
۲-۱۰-۱- همبستگی بین صفات ۱۷
۲-۱۰- ۲- رگرسیون مرحله‌ای ۱۷
۲-۱۰- ۳- تجزیه و تحلیل ضرایب مسیر ۱۸
۲-۱۰-۴- تجزیه به عامل‌ها ۱۸
۲-۱۰-۵- تجزیه خوشه‌ای ۱۹
فصل سوم: مواد و روش‌ها ۲۱
۳-۱- خصوصیات جغرافیایی محل آزمایش ۲۱

۳-۲- مواد ژنتیکی و طرح آماری مورد استفاده ۲۳
۳-۳- عملیات زراعی ۲۳
۳-۴- خصوصیات مورد برررسی و نحوه اندازه‌گیری آنها ۲۳
۳-۵- تجزیه آماری اطلاعات ۲۴
فصل چهارم: نتایج و بحث ۲۸
۴-۱- تجزیه واریانس و مقایسه میانگین ها ۲۸
۴-۱-۱ روز تا گلدهی و رسیدگی ۲۹
۴-۱-۲- ارتفاع بوته ۲۹
۴-۱-۳- تعداد شاخه فرعی در بوته ۳۰
۴-۱-۴-تعداد غلاف در شاخه اصلی ۳۱
۴-۱-۵- وزن هزار دانه ۳۱
۴-۱-۶- تعداد غلاف در بوته ۳۲
۴-۱-۷- تعداد دانه در غلاف ۳۲
۴-۱-۸- عملکرد در واحد سطح ۳۳
۴-۱-۹- عملکرد دانه در بوته ۳۴
۴-۱-۱۰- عملکرد بیولوژیک ۳۴
۴-۱-۱۱- شاخص برداشت ۳۴
۴-۱-۱۲- میزان مقاومت به شته ۳۵
۴-۱-۱۲- مقاومت به ریزش دانه ۳۶
۴-۲- همبستگی بین صفات ۴۷

۴-۳- رگرسیون مرحله ای ۵۱

۴-۴- تجزیه ضرایب مسیر ۵۲

۴-۵- تجزیه به عامل ها ۵۴

۴-۶- نتایج تجزیه خوشه ای ۵۶

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۶۰

پیشنهادات ۶۲

منابع ۶۴

فهرست جداول

عنوان ..... **صفحه**

جدول ۳-۱- امید ریاضی تجزیه واریانس طرح لاتیس ساده ۲۵

جدول ۳- ۲: امید ریاضی مربوط به منابع تغییرات بر اساس طرح بلوک کامل تصادفی ۲۶

جدول ۴-۱ آمار توصیفی صفات مختلف زراعی برای لاین‌های کلزا در شرایط مزرعه ۳۷

جدول ۴-۲ نتایج تجزیه واریانس عملکرد، اجزای عملکرد و سایر صفات زراعی لاین‌های کلزا بر اساس طرح لاتیس ساده ۳۸

ادامه جدول ۴-۲ نتایج تجزیه واریانس عملکرد، اجزای عملکرد و سایر صفات زراعی لاین‌های کلزا بر اساس طرح لاتیس ساده ۳۹

جدول ۴-۳ نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه، اجزای عملکرد و سایر صفات زراعی لاین‌های کلزا بر اساس طرح بلوک کامل تصادفی ۴۰

جدول ۴-۴- میانگین عملکرد دانه، اجزای عملکرد و سایر صفات زراعی لاین‌های مورد ارزیابی ۴۱

ادامه جدول ۴-۴- میانگین عملکرد دانه، اجزای عملکرد و سایر صفات زراعی لاین‌های مورد ارزیابی ..۴۲

ادامه جدول ۴-۴- میانگین عملکرد دانه، اجزای عملکرد و سایر صفات زراعی لاین‌های مورد ارزیابی ..۴۳

ادامه جدول ۴-۴- میانگین عملکرد دانه، اجزای عملکرد و سایر صفات زراعی لاین‌های مورد ارزیابی ..۴۴

ادامه جدول ۴-۴- میانگین عملکرد دانه، اجزای عملکرد و سایر صفات زراعی لاین‌های مورد ارزیابی ..۴۵

جدول ۴-۵- محتوای روغن برخی از لاین ها.....۴۶

جدول ۴-۶- ضرایب همبستگی ساده صفات مختلف لاین‌های حاصل از موتاسیون با اشعه گاما در شرایط مزرعه ۵۰

جدول ۴- ۷- نتایج رگرسیون مرحله ای برای عملکرد به عنوان متغیر تابع در برابر سایر صفات ۵۲

جدول ۴- ۸- نتایج تجزیه مسیر عملکرد دانه در لاین‌های کلزا حاصل از متاسیون با اشعه گاما ۵۳

جدول ۴-۹-نتایج تجزیه به عامل‌ها شامل بار عامل دوران یافته، نسبت واریانس توجیه شده و نسبت واریانس تجمعی توجیه شد در ۱۰۰ لاین (۹۴ لاین و ۶ شاهد)کلزا در شرایط مزرعه.....۵۵

جدول ۴-۱۰- نتایج تجزیه واریانس و مقابسه میانگین صفات در گروههای حاصل از تجزیه خوشه ای لاین‌های کلزا تحت شرایط مزرعه بر اساس صفات زراعی ۵۹

فهرست اشکال

عنوان ..... **صفحه**

شکل ۴-۱- نمودار حاصل از تجزیه خوشه ای به روش وارد و بر مبنای مربع فاصله اقلیدسی در لاین های کلزا ۵۷

ادامه شکل ۴-۱- نمودار حاصل از تجزیه خوشه ای به روش وارد و بر مبنای مربع فاصله اقلیدسی در لاین های کلزا ۵۸

چکیده

با توجه به اهمیت گیاه کلزا (*Brassica napus L.*) به عنوان یک گیاه دانه روغنی و جایگاه بالای آن در بین سایر گیاهان دانه روغنی، افزایش عملکرد دانه و نیز درصد روغن از اهمیت بالایی برخوردار است. به منظور بررسی و ارزیابی صفات زراعی در لاین‌های M 4 حاصل از القای موتاسیون و شناسایی لاین‌های موتانت مطلوب در کلزا، آزمایشی در سال زراعی ۹۱-۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان به صورت طرح لاتیس ساده ۱۰×۱۰ با دو تکرار اجرا شد. در این آزمایش ۹۴ لاین جهش یافته با اشعه گاما بر روی ارقام ساریگل و RGS 003 به همراه ۶ ژنوتیپ شاهد مورد ارزیابی قرار گرفت. صفات زراعی و مورفولوژیک شامل روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در شاخه اصلی، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه در بوته، عملکرد در واحد سطح، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، مقاومت به شته، مقاومت به ریزش و همچنین محتوای روغن دانه بعضی ارقام اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که لاین‌ها اختلاف بسیار معنی داری($p<۰/۰۱$) برای همه صفات مورد مطالعه داشتند. طرح لاتیس ساده برای صفات روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی، تعداد شاخه جانبی، تعداد غلاف در شاخه اصلی، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، مقاومت به ریزش، نسبت به طرح بلوک از کارایی یکسان یا کمتری برخوردار بود، بنابراین برای صفات فوق تجزیه واریانس با استفاده از طرح بلوک کامل تصادفی انجام گرفت. نتایج برآورد وراثت پذیری نشان داد برای همه صفات مورد مطالعه به جز وزن هزار دانه وراثت‌پذیری عمومی بالای ۵۰ درصد بود. بالاترین وراثت‌پذیری متعلق به تعداد دانه در غلاف (۸۹/۹٪) و کمترین آن به وزن هزار دانه (۴۳٪) اختصاص داشت. تفاوت کمی بین ضرایب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی برای اکثر صفات مشاهده شد. همبستگی ساده بین صفات نشان داد که صفات تعداد شاخه جانبی، تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه در بوته، عملکرد در واحد سطح و شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی داری با هم داشتند. نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه نشان داد که تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه، تعداد دانه در غلاف، ۴۰ درصد از تنوع عملکرد دانه را توجیه نمودند. طبق نتایج تجزیه مسیر تعداد غلاف در بوته بیشتربن اثر مستقیم بر عملکرد دانه داشت، در حالی که اثر غیرمستقیم آن از طریق وزن هزار دانه و تعداد دانه در غلاف ناچیز و مثبت بود. نتایج تجزیه به عامل‌ها، ۴ عامل را مشخص نمود که ۶۴ درصد از تنوع کل را توجیه کرد. این عامل‌ها به ترتیب عامل بهره‌وری، عامل فنولوژی، شاخه‌دهی ومخزن نامیده شد. تجزیه کلاستر بر اساس صفات مورفولوژیک و زراعی، لاین‌هارا در ۴ کلاستر طبقه بندی کرد. لاین‌های گروه اول دارای صفات با عملکرد پایین، گروه دوم و سوم با عملکرد متوسط و گروه چهارم با عملکرد بالا می باشند. شماره به طور کلی نتایج این بررسی نشان داد که تنوع ژنتیکی وسیعی در میان لاین‌های مورد ارزیابی وجود دارد که می توان از آن برای دستیابی به لاین‌های مطلوب بهره جست.

کلمات کلیدی: کلزا، اجزای عملکرد، تجزیه همبستگی، رگرسیون گام به گام، تجزیه علیت

فصل اول
مقدمه

۱-۱-کلیات و اهداف

گیاهان دانه روغنی از محصولات با ارزش کشاورزی می‌باشند که در تأمین روغن و پروتئین انسان، دام و طیور نقش مهمی را ایفا می‌کنند. به طوری که دانه‌های روغنی به لحاظ کاربردهای فراوان روغن در تغذیه انسان و کنجاله آن در تغذیه دام و طیور و مصارف متعدد صنعتی از جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات کشاورزی برخوردارند و پس از غلات دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند [۲۳].

گیاهان دانه روغنی حاوی ۲۰ الی ۵۰٪ روغن می‌باشند که در اغلب موارد ترکیبات متوازنی از اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع دارند [۱۲]. ضمن اینکه کنجاله دانه‌های روغنی با برخورداری از حدود ۲۵ الی ۵۰ درصد پروتئین و دارا بودن ترکیبات متوازنی از اسیدهای آمینه نقش مهمی را در تغذیه انسان به طور غیرمستقیم ایفا می‌کند [۲۵]. حدود ۴۰گونه گیاه دانه روغنی دارای اهمیت می‌باشند که مهمترین آن‌ها شامل سویا، آفتابگردان، بادام زمینی، پنبه، کلزا، بزرک و کرچک می‌باشد [۳۰]. مصرف سالانه روغن کشور حدود یک میلیون و صد و پنجاه هزار تن برآورد شده که عمده آن از

طریق واردات می‌باشد [۱۰]. بنابراین افزایش سهم تولید در داخل کشور و همچنین بهبود کیفیت آن از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. به طور کلی روغن و پروتئین به عنوان منبع مهم انرژی محسوب شده به طوری که میزان انرژی حاصل از یک گرم چربی حدود دو برابر پروتئین است [۲۶]. دانه کلزا (*Brassica napus* L.) دارای بیش از ۲۵ تا ۵۵ درصد روغن غیرخشک شونده با ۱۸ تا ۲۴ درصد پروتئین و ۱۲ تا ۲۰ درصد پوسته می‌باشد [۱۶]. روغن کلزا دارای اسیدهای چرب ضروری امگا ۳ و امگا ۶ و ویتامین E و کارتنوئید می‌باشد که کلسترول خون را کاهش می‌دهند و در سلامت قلب و جلوگیری از سرطان مؤثر می‌باشند [۱۰۶].

امروزه در بسیاری از نقاط دنیا کاشت کلزا در سطح وسیع انجام می‌شود و ضمن اینکه کشورهای اروپایی و کشورهایی مثل کانادا، چین، هند از بزرگترین تولید کنندگان دانه و روغن کلزا در جهان هستند [۷۹]. ارقام زراعی کلزا به دو گونه کلزای معمولی (*B. napus* L.) و شلغم روغنی (*B. rapa* L.) تعلق داشته و به علت دارا بودن صفات زراعی مثبت نظیر مقاومت به سرما، مقاومت به کم آبی، تحمل به شوری، ارزش تناوبی بالا، کنترل علف های هرز، دارا بودن ژنوتیپ‌های بهاره وتابستانه، استفاده بهینه از رطوبت و بارندگی، سهولت عملیات کاشت، داشت و برداشت، هزینه کمتر تولید و سرانجام عملکرد بیشتر روغن در واحد سطح، نسبت به سایر دانه‌های روغنی در طی سال‌های اخیر مورد استقبال کشاورزان کشور قرار گرفته است [۳]. کشور ما جهت رفع نیاز داخلی سالانه نزدیک به یک میلیارد دلار صرف واردات روغن گیاهی و کنجاله حاصل از آن می‌نماید و کمتر از ۱۰٪ نیاز کشور با تولیدات داخلی تأمین می‌گردد.کاهش واردات روغن گیاهی و دانه‌های روغنی مستلزم برنامه‌ریزی همه جانبه و اصولی در زمینه افزایش تولید دانه‌های روغنی می‌باشد [۶]. موفقیت کلزا به عنوان یک گیاه دانه روغنی تجاری به طور عمده به عملکرد و محتوای روغن آن بستگی دارد، ولی تنوع ژنتیکی درون گونه‌های زراعی برای بهبود این صفات محدود است [۱۶]. به طور کلی دست‌یابی به تنوع ژنتیکی در گیاهان زراعی به منظور حفاظت از منابع ژنتیکی، توسعه زمینه ژنتیکی و کاربرد آن در برنامه‌های اصلاحی بسیار ضروری است[۷]. به عنوان مثال برای افزایش تولید و رسیدن به ارقامی با عملکرد بالا و مقاومت بیشتر به تنش‌های زنده و غیر زنده، به وجود تنوع ژنتیکی کافی در جوامع گیاهی نیاز می‌باشد [۲۷]. بیشترین تنوع ژنتیکی یک گونه گیاهی را می‌توان در ارقام بومی و نیز گونه‌های وحشی خویشاوند آن مشاهده کرد [۷].

القای جهش نیز روشی مؤثر برای بهبود و افزایش تنوع ژنتیکی مورد نیاز اصلاحگران بویژه برای صفاتی که میزان تنوع ژنتیکی محدودی در طبیعت دارند، می‌باشند [۱۲۸]. بطور کلی هدف از القای جهش مصنوعی افزایش تنوع ژنتیکی، تغییر یک یا چند ژن و شکستن پیوستگی بین ژن‌های مطلوب و نامطلوب می‌باشد. تاکنون تعداد زیادی ارقام اصلاح شده به کمک برنامه‌های اصلاحی جهش‌زایی در گیاهان زراعی-روغنی در سطح جهان آزاد شده است [۵۸]. در همین ارتباط اصلاح به کمک جهش‌زایی در کلزا برای مقاومت به علف‌کش [۱۱۹، ۴۷]، مقاومت به بیماریها [۴۷، ۴۸، ۱۰۲]، محتوای گلوکوزینولات کمتر [۹۵، ۵۷] و بهبود کیفیت و محتوای روغن [۱۳۰] به کار رفته است.

۱-۲-اهداف آزمایش

بیشتر تنوع ژنتیکی مورد استفاده در برنامه‌های اصلاحی تنوع طبیعی است که در کلکسیون‌های ذخایر توارثی وجود دارد. اما وقتی که این کلکسیون‌ها ژن‌های مورد نظر یا لاین‌های حاوی صفات مطلوب را دارا نباشند، موتاسیون القایی ابزار مناسبی را برای ایجاد سریع صفات مورد نظر فراهم می‌کند. همچنین در صورتی که یک رقم بومی یا تجاری دارای برخی صفات نامطلوب باشد از طریق موتاسیون می‌توان این صفات را اصلاح نمود. اصولاً ارقام بومی و تجاری که دارای سازگاری خوبی می‌باشند، ممکن است از لحاظ یک یا چند صفت دارای نقص باشند که القای جهش در جهت مرتفع نمودن آنها مفید است [۱۳۰]. با توجه به اهمیت گیاه دانه روغنی کلزا و تنوع ژنتیکی محدود ژرم پلاسم آن در کشور، ارزیابی و استفاده از لاین‌های حاصل از موتاسیون که دارای صفات مورد نظر باشند، حائز اهمیت است. بنابراین مطالعه حاضربا استفاده ۱۰۰ ژنوتیپ جهش یافته برای نیل به اهداف زیر طراحی گردید:

۱. شناسایی موتانت‌های مفید از لحاظ صفات زراعی مطلوب بویژه زودرسی، پاکوتاهی، مقاومت به شته و ریزش بذر وهمچنین از لحاظ کیفیت دانه (محتوای روغن)
۲. بررسی تنوع ژنتیکی صفات در بین لاین‌های حاصل از موتاسیون و برآورد پارامترهای ژنتیکی

فصل دوم
بررسی منابع

۲-۱-تاریخچه و اهمیت اقتصادی

کلزا با نام علمی *B. napus* L. گیاهی از تیره چلیپائیان یا شب بو (Brassicaceae (cruciferea یکی از مهم‌ترین گیاهان دانه روغنی است. احتمالاً جنس براسیکا جزء اولین گیاهان دانه روغنی محسوب می‌شود، زیرا فرم‌های سبزی آن در دوره نئولیتیک به طور معمول مورد استفاده بوده‌اند. در نوشته‌های سانسکریت هند که مربوط به ۱۵۰۰ سال قبل از میلاد است و همچنین در نوشته های چینی‌ها مربوط به ۱۱۲۲ سال قبل از میلاد به خردل‌ها اشاره شده است. فیثاغورث (حدود ۵۲۰ سال قبل از میلاد) و بقراط (۴۰۰ سال قبل از میلاد) به استفاده خردل برای مصارف ادویه‌ای و دارویی اشاره نموده‌اند [۳۱]

اعتقاد بر این است که زراعت کلزا و خردل در اروپا از اوایل قرون وسطی آغاز گردیده است. از اوایل قرن شانزدهم زراعت کلزا در سطح تجاری در هلند ثبت شده است و سپس در قرن هفدهم به عنوان یک گیاه روغنی به سایر نقاط دنیا گسترش یافت. در اواخر سده‌ای میانی از روغن کلزا در اروپا عمدتا جهت ساخت صابون و همچنین برای روشنایی استفاده می‌شده است و در قرن نوزدهم بطور

چشمگیری در صنایع راه آهن مورد استفاده قرار گرفت. همچنین به علت دو خصوصیت سوختن کند و فقدان بو در حین سوختن، این روغن به عنوان چراغ محراب در برخی از کلیساها مورد استفاده قرار گرفت [۱۳]. وجود اسید اروسیک بالا به شکل طبیعی در روغن کلزای معمولی باعث کاهش کیفیت تغذیه‌ای آن می‌شود. از طرفی اسید اروسیک بالا سبب افزایش پایداری روغن می‌گردد، بطوریکه قبل از جنگ جهانی دوم در صنایع ماشین بخار و بعد از آن نیز در صنایع هواپیماسازی مورد استفاده قرار گرفته است [۳۱، ۷۸]. کشت تجاری کلزا از سال ۱۹۴۲ در قسمت شمالی قاره آمریکا یعنی کشور کانادا آغاز شد. امکان استفاده از روغن خوراکی در سال ۱۹۴۸ مورد توجه قرار گرفت و اولین روغن‌های خوراکی در سال های ۱۹۵۶ و ۱۹۵۷ استخراج شدند. در طی سال های ۱۹۷۲ تا ۱۹۷۷ میزان اسید اروسیک روغن رقم‌های کلزا و شلغم روغنی به کمتر از ۲٪ کاهش یافت. در سال ۱۹۷۴ رقم tower به عنوان اولین رقم دو صفر کلزا که هم اسید اروسیک و هم گلوکوزینولات کمی داشت، تحت عنوان کانولا معرفی شد. در سال ۱۹۸۱ تولید رقم‌های کلزا با میزان گلوکوزینولات بالا تقریباً متوقف گردید [۲۵]. حدود ۴۵٪ تجارت جهانی کلزا در اختیار کشور کانادا و حدود ۴۵٪ آن نیز در اختیار اتحادیه اروپا است [۹۴].

۲-۲-روابط بین ژنوم های کلزا

مطالعات سیتوژنیکی حاکی از وجود سه گونه دیپلوئید، شامل کلم (*B. oleracea*, n=۹, CC)، خردل سیاه (*B. nigra*, n=۸, BB) وشلغم روغنی (*B. compestris* (rapa), n=۱۰, AA) و همچنین سه گونه آمفی دیپلوئید شامل کلزای معمولی (*B. napus*, n=۱۹, AC)، خردل هندی (*B. juncea,* n=۱۸, AB) و خردل وحشی (*B. carinata*, n=۱۹, AC) می‌باشد که از تلاقی گونه‌های دیپلوئید فوق‌الذکر حاصل شده‌اند [۱۱۰]. کلزا و شلغم روغنی هر دو دارای سه زیر گونه می‌باشند که به ترتیب برای تولید روغن، استفاده از علوفه و ریشه های مغذی آنها کشت می‌گردند. این دو گونه متعلق به جنس براسیکا، ارقام یکساله و دوساله می‌باشند [۹]. امروزه کلزا بعد از سویا و نخل روغنی به عنوان سومین و مهمترین منبع روغن نباتی در جهان است. ارقام زمستانه کلزا محصول عمده اروپا و بخش‌هایی از چین است و ارقام بهاره در کانادا، جنوب اروپا و چین می‌باشند [۱۲۷].

کشت کلزا در ایران به صورت آزمایشی و محدود از اواخر دهه چهل شمسی آغاز گردید. از حدود ۲۰ سال گذشته تلاش‌های زیادی جهت انتخاب ارقام مناسب کشت در ایران انجام شد. بذر کلزا از کشورهای مختلف دنیا تهیه و در مناطق مختلفی از جنوب تا شما کشور کشت گردید تا سازگاری اقلیمی و امکان تولید گسترده آنها مشخص گردید [۴]. در سالهای اخیر بدلیل توجه بیشتر به توسعه و ترویج کلزا، سطح زیر کشت آن افزایش قابل ملاحظه‌ای یافته‌است. انجام تحقیقات مداوم منجر به معرفی سه رقم کانولای (دوصفر) زرگل، طلایه و استقلال در سال ۷۶ شد. متعاقباً ارقام اصلاح شده دوصفر از جمله کالورت، اوکاپی، طلایه به صورت زمستانه و ساریگل، آپشن و هایولا ۴۰۱ به صورت بهاره آزاد شده و مورد کشت قرار گرفته است [۴].

برخی از ویژگی های کلزا که موجب گسترش جهانی تولید این محصول شده است، به شرح زیر است [۲۷]:

۱- کلزا می‌تواند در تناوب با زراعت گندم و جو قرار بگیرد، موجب کاهش تراکم بیماری‌ها، آفات و علف‌های هرز گردیده و در نهایت افزایش عملکرد دانه هر دو محصول را در پی خواهد داشت.

۲- وجود عادت رشدی بهاره، زمستانه و حد وسط، امکان کشت این گیاه را در شرایط متفاوت اقلیمی فراهم ساخته است.

۳- به لحاظ بقایای گیاهی، علاوه بر تأثیر مثبت بر میزان مواد آلی خاک، در تأمین علوفه مورد نیاز دامداران نیز مؤثر است.

۴- در توسعه صنعت زنبورداری ایفای نقش می‌نماید.

۵- زودرس بودن کلزا در مقایسه با گندم، امکان کشت دوم محصولات تابستانه را فراهم می‌سازد.

روغن کلزا در مقایسه با سایر دانه‌های روغنی از قبیل آفتابگردان، ذرت و سویا به دلیل وجود مقادیر زیاد اسیدهای چرب غیراشباع و اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه از کیفیت تغذیه‌ای بیشتری برخوردار است. کنجاله کلزا با دارا بودن ۴۶/۵ ٪ پروتئین، ۳/۵ ٪ چربی و ۱/۲ ٪ فسفر قابل جذب، نسبت به کنجاله سویا برتری دارد [۲۷]. گیاهان جنس براسیکا بر حسب میزان اسید اروسیک (اسید چرب مضر برای انسان و دام) به چهارگروه تقسیم می‌شوند [۳۷].

۱- کلزای سنتی (High Erucic Acid Rape =HEAR) حاوی ۲۲ تا ۶۰ ٪ اسید اروسیک در روغن و ۱۰۰ تا ۲۰۵ میکرو مول گلوکوزینولات در هر گرم کنجاله است.

۲- ارقام یک صفر (Low Erucic Acid Rape =LEAR) حاوی کمتر از ۵٪ اسید اروسیک در روغن و ۱۰۰ تا ۲۰۵ میکرو مول گلوکوزینولات در هر گرم کنجاله است.

۳- ارقام دو صفر: حاوی کمتر از ۲٪ اسید اروسیک و ۱۸ تا ۳۰ میکرومول گلوکوزینولات در هر گرم کنجاله است.

۴- ارقام سه صفر: نوع اصلاح شده ارقام کلزا بوده و اصطلاحاً Candle نامیده می‌شود که دارای حداقل میزان اسید اروسیک، گلوکوزینولات و فیبر می‌باشند.

۲-۳-گونه‌های زراعی براسیکا

۲-۳-۱- کلزا (*B. napus* AACC, 2n=۳۸)

کلزا آمفی دیپلوئید طبیعی حاصل از تلاقی شلغم روغنی و کلم می‌باشد. از آنجایی که منشأ این گونه‌ها منطقه مدیترانه می‌باشد، اعتقاد بر این است که کلزا نیز از جنوب اروپا منشأ گرفته باشد [۱۰۷]. ارقام بهاره و پاییزه این گونه به عنوان منبع روغن گیاهی کشت می‌شوند. این گونه خودگشن بوده و در

شرایط مزرعه میزان دگرگشنی آن بین ۵ تا ۱۵ ٪ متغیر می‌باشد [۲۵]. بذور این گونه به رنگ سیاه بوده و در حالت طبیعی فرم‌هایی با بذور زرد رنگ وجود ندارد، اما اصلاح ارقام دانه زرد هدف برخی از برنامه‌های به‌نژادی بوده است. زیرا رنگ زرد دانه با میزان کمتر تانن و پوسته بذری نازکتر ارتباط دارد که باعث می‌شود نسبت روغن و پروتئین در بذر بیشتر شده و مقدار الیاف در کنجاله کمتر شود.

۲-۳-۲- شلغم روغنی (*B. rapa* AA, 2n=۲۰)

شلغم روغنی در زمره اولین و قدیمی‌ترین گونه‌های دیپلوئید جنس براسیکا می‌باشد. این گونه حداقل ۲۰۰۰ سال قبل در ناحیه‌ای که از غرب تا شرق چین و کره و از شمال نروژ تا شمال صحرا و هند امتداد داشته است، یافت می‌شده است [۳۱]. مقاوم‌ترین ارقام براسیکا به سرما متعلق به این گونه هستند زیرا در دماهای پایین از سرعت رشد نسبتاً زیادی برخوردارند که ارقامی از این گونه در کانادا دارای دانه‌هایی قهوه‌ای و یا زرد رنگ هستند [۹۷]. این گونه در شرایط طبیعی حدوداً ۱۰۰٪ دگرگشن بوده و حساس به ریزش دانه است [۴۳، ۷۸].

۲-۳-۳- خردل هندی (*B. juncea* AABB, 2n=۳۶)

اعتقاد بر این است که مبدأ خردل هندی منطقه خاورمیانه است، زیرا در این منطقه شلغم روغنی و خردل سیاه که اجداد دیپلوئید خردل هندی می‌باشند نیز یافت می‌شوند. ضمن اینکه از چین و آسیای مرکزی به عنوان مبدأ اولیه این گونه یاد می‌شود [۷۸، ۳]. ارقام خردل هندی بر اساس رنگ دانه آن‌ها قابل شناسایی هستند. ارقام این گونه‌ها دارای بذور قهوه‌ای یا زرد رنگ می‌باشد. این گونه به شرایط خشک سازگاری کامل داشته و نسبتاً زودرس می‌باشد. این گونه، گیاه روغنی اصلی در شبه قاره هند به شمار می رود [۵]. این گونه تنها دارای عادت رشدی بهاره بوده و طبیعتاً بصورت خودگشن می‌باشد [۷۸].

۲-۳-۴ خردل حبشی (*B. carinata* BBCC, 2n=۳۴)

این گونه در شمال شرقی آفریقا جایی که گونه‌های اجدادی آن یعنی خردل سیاه و کلم به طور طبیعی رویش داشته‌اند، منشأ یافته است. پراکنش این گونه‌ها همواره محدود به اتیوپی و کشورهای همجوار آن می‌باشد [۳۱]. بذر آن بزرگ و غالباً سیاه رنگ است ولی انواعی با بذر زرد رنگ نیز وجود دارد. خردل حبشی بیشتر به عنوان منبع بذور بزرگ و زرد رنگ تحت مطالعه است [۸۶]. این گونه خودگشن بوده و میزان دگرگشنی آن حدود ۱۹-۱۸ درصد گزارش شده است [۳۱، ۲۵].

۲-۴- نیازهای اکولوژیک و زراعی

جوانه‌زنی بذر کلزا در دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد در مدت ۱ تا ۲ روز صورت می‌گیرد. اگرچه کلزا در تمام مراحل رشد تا حدودی نسبت به سرما متحمل است اما حداکثر تحمل به سرما در حالت روزت و حداقل آن در مرحله گلدهی است.

کلزا در گسترده وسیعی از خاکهای رسی نسبتاً سنگین تا خاکهای شنی سبک کشت می‌شود. زمین‌هایی که پس از باران سله می‌بندند برای این گیاه مناسب نیستند زیرا بذر آن کوچک است و گیاهچه حاصل نمی‌تواند از چنین خاکهایی خارج شود. از ویژگی‌های عمده خاک مناسب برای کلزا آن است که آب به سهولت از آن عبور نماید، زیرا مردابی شدن زمین در طول دوره خروج گیاهچه و مرحله رشد رویشی برای رشد و نمو گیاه زیان‌آور است.

۲-۵-مراحل رشو و نمو

انجمن کلزای کانادا مراحل رشد ونمو کلزا را به شش مرحله تقسیم‌بندی نموده است [۶۲]:

مرحله صفر- جوانه زنی: از شروع کاشت بذر تا خروج ریشه‌چه: افزایش طول ساقه‌چه و سپس مرحله رشد اولیه از شکافتن لپه‌ها تا رشد برگ‌های اولیه به طول می‌انجامد. ظهور جوانه اولیه ممکن است ۱ تا ۴ روز بطول انجامد. در طول این دوره گیاهچه به عوامل بیماریزای خاکزی حساس است.

مرحله اول- سبز شدن: از شروع تولید برگ تا زمانی که اولین میانگره قابل تشخیص می‌شود و با مرحله روزت در کلزای زمستانه کامل می‌گردد. این مرحله به علف هرز حساس است.

مرحله دوم- مرحله روزت: بین لپه‌ها و نقاط رشد فاصله ایجاد می‌شود. مشخصه این مرحله افزایش شاخص سطح برگ است. گیاه چند هفته در این مرحله باقی خواهد ماند و با افزایش طول روز و دما برای مرحله سوم تحریک می‌شود.

مرحله سوم- مرحله غنچه دهی: پژوهشگران این مرحله را مرحله جوانه سبز نامیده‌اند. بیش از نیمی از جوانه‌های گل، زرد بوده و جوانه‌های پایینی به مرحله گل‌دهی می‌رسند. در انتهای این مرحله از رشد، گیاه ۶۰-۳۰ ٪ از کل ماده خشک را تولید کرده است.

مرحله چهارم-گلدهی: این مرحله با ظهور گلها شروع و با پدیدار شدن غلاف‌ها پایان می‌پذیرد. حدود ۸۰ ٪ از کل جوانه‌های خوشه تشکیل گل داده و یا درحال گلدهی هستند.

مرحله پنجم- مرحله رسیدگی: گل‌های بارور شده یک نیام یا تخمدان یک سانتی‌متری را بعد از افتادن گلبرگ‌ها باقی می‌گذارند و تا زمانی که تمام نیام‌های بالقوه خوشه، بیش از ۲ سانتی‌متر طول دارند به اتمام می‌رسد.