فصل ۱

مقدمه

۱-۱- اهمیت و ضرورت انجام تحقیق

کلزا (*Brassica napus* L.) از دانه‌های روغنی عمدهٔ جهان به شمار می‌رود و سطح زیر کشت آن در جهان از ۸/۲ میلیون هکتار در سال ۱۹۷۰ به بیش از ۳۰/۳۱ میلیون هکتار تا سال ۲۰۰۸ افزایش یافته است و با تولید جهانی بیش از ۵۷/۸ میلیون تن دانه، در بین دانه‌های روغنی پس از سویا مقام دوّم را دارا می‌باشد (Anonymous, 2010)[1]. در ایران با مصرف سرانهٔ ۱۷ کیلوگرم روغن، سالانه بیش از یک میلیون تن روغن مورد نیاز می‌باشد که کمتر از ۱۰ درصد آن در داخل تولید می‌شود (احمدوند و نجف‌پور، ۱۳۸۶). مهم‌ترین هدف تولید کنندگان و به‌نژادگران کلزا، افزایش عملکرد دانه و روغن در واحد سطح می‌باشد که این صفت به شدت تحت تأثیر شرایط محیطی و اثر متقابل محیط و رقم قرار می‌گیرد. از طرفی به دلیل محدودیت توسعهٔ سطح زیر کشت در آینده، لازم است به زراعت‌های فشرده و ارقام پرمحصول توجه بیشتری شود (Marjanovic Jeromela *et al*., 2008).

از آنجا که دستیابی به امنیت غذایی توام با حفظ محیط زیست در کشور رابطهٔ تنگاتنگی با مباحث کشاورزی دارد بنابر این مدیریت منابع پایه در تولید محصولات کشاورزی و استفاده صحیح و مطلوب از آنها امری اجتناب ناپذیر می‌باشد (ابراهیم‌پور کسمانی و فروغی، ۱۳۸۲؛ وراوی‌پور، ۱۳۸۵). بدین ترتیب، ارزیابی سیستم‌های مختلف مدیریت تغذیه گیاهی به دلیل تأثیر بر میزان عملکرد و کیفیت محصول امری ضروری است (Tmar *et al*.,1995). یکی از راه‌کارهای مهم در راستای حفظ محیط‌زیست و دست‌یابی به توسعهٔ پایدار، کاهش مصرف کودهای شیمیایی و تلفیق آنها با کودهای آلی می‌باشد. بررسی‌ها نشان داده‌اند که منابع ارگانیک در تلفیق با کود شیمیایی می‌تواند به افزایش حاصلخیزی خاک و تولید محصول منجر شود، به ویژه این که در این سیستم اکثر نیازهای غذایی گیاه تأمین و کارآیی جذب مواد غذایی توسط محصول افزایش می‌یابد (Allivie *et al*., 1993; Eghbal *et al*., 1995; Parmar and Sharma, 1998). افزایش فعالیت بیولوژیک خاک برای نیل به کشاورزی پایدار حائز اهمیت بوده و این مهم از طریق افزایش مادهٔ آلی خاک به عنوان بستری برای فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک میسر است (Lupwayi *et*

[1]Food and Agriculture Organization

al., 2004b). کودهای آلی علاوه بر این که بر فعالیت‌های بیولوژیک و اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اثرات مثبت دارند به علت رهاسازی و جذب تدریجی، آلودگی کمتری را در محیط‌زیست ایجاد می‌کنند (Roe *et al*., 1997). همچنین افزایش مواد آلی در خاک‌های زراعی علاوه بر بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی، حلالیت فسفر و عناصر کم‌مصرف به ویژه آهن، روی، منگنز و مس را افزایش می‌دهد (Sathiyavelu *et al*., 1994). بررسی‌ها نشان داده است که کاربرد تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی نه تنها تولید را در سیستم‌های زراعی فشرده در حد بالا نگه می‌دارد بلکه باعث ایجاد ثبات و پایداری بیشتر تولید محصول در مقایسه با کاربرد کودهای شیمیایی می‌شود (Paul and Beauchamp, 1993; Ramshwar and Singh, 1998).

مدیریت کودهای نیتروژنه یکی از چالش‌های مهم تولید محصولات زراعی در بسیاری از نقاط جهان می‌باشد و مصرف کارآمد آن گام مؤثری در راستای پایداری نظام‌های زراعی می‌باشد (Fageria and Baligar, 2005). کلزای زمستانه مقادیر بیشتری از مواد غذایی و نیتروژن در مقایسه با غلات نیاز دارد و استفاده از کود نیتروژنه برای تولید عملکرد بهینه ضروری می‌باشد (Ratke *et al*., 2005). گوگرد نیز چهارمین عنصر عمدهٔ مورد نیاز گیاه کلزا است و نیاز گیاه کلزا به گوگرد حدود سه برابر بیشتر از غلات می‌باشد (Abdul and Fayyazul, 2006). علائم کمبود گوگرد بیشتر در خاک‌هایی با مواد آلی کم و دارای بافت سنگین و در سال‌های خشک و مناطقی که مقادیر بالایی نیتروژن به کار برده می‌شود ظاهر می‌گردد که این امر ضرورت حفظ توازن و تعادل بین نیتروژن و گوگرد را در زراعت کلزا نشان می‌دهد (Abdul and Fayyazul, 2006).

ارزش غذایی فراوان دانه‌های روغنی به ویژه کلزا توجه بیشتر کشاورزان دنیا را به خود جلب کرده است و به همین دلیل سطح کشت کلزا روز به روز در حال توسعه است. در کشور ما نیز علیرغم وجود پتانسیل‌های لازم برای توسعهٔ سطح کشت و افزایش تولید کلزا، هنوز بخش اعظمی از نیاز داخلی کشور به روغن نباتی از خارج تأمین می‌شود و این امر سبب کاهش ضریب خود اتکایی در تأمین روغن نباتی مورد نیاز کشور به حداقل ممکن شده است. توسعه کشت کلزا به عنوان یکی از نباتات عمدهٔ صنعتی جهان، ضمن ایجاد اشتغال،

درآمدزایی و بهره‌وری در بخش کشاورزی باعث گسترش اشتغال مولد در صنایع روغن‌کشی و بهره‌برداری از سرمایه‌گذاری‌های انجام شده و جلوگیری از واردات بی‌رویه روغن و کنجاله خواهد شد (شیرانی‌راد و رودی، ۱۳۸۲). به نظر می‌رسد مطالعه تأثیر مدیریت تغذیهٔ گیاه کلزا در شرایط نظام‌های مختلف تغذیه به دلیل تأثیرات آن بر بهبود وضعیت بستر کاشت، افزایش فراهمی، جذب و تجمع عناصر غذایی در دانه کلزا و ارتقاء صفات کمی و کیفی، گام مؤثری در راستای تأمین بهینه نیاز غذایی این گیاه و اقدامی مؤثر در جهت، پایداری عملکرد و افزایش ضریب خود اتکایی این محصول اساسی می‌باشد.

۱-۲- انواع و اهمیت کودهای آلی

تمامی کودهایی که از مواد آلی تشکیل شده باشد، از قبیل کمپوست تهیه شده از منابع آلی، کود آلی اطلاق می‌شود (بایبوردی و همکاران، ۱۳۷۹). در کشور ما به دلیل فقر مواد آلی در خاک‌های کشور از یک سو و تولید تجاری کودهای آلی از سوی دیگر تمایل به استفاده از این کودها رو به فزونی نهاده است (لطفی و همکاران، ۱۳۸۶). به علاوه کاربرد پسماندهای آلی و محصولات فرعی در زمین‌های زراعی به دلیل افزایش انرژی مورد نیاز برای تولید کودهای شیمیایی و همچنین هزینهٔ بالا و مشکلات زیست‌محیطی ناشی از دفن پسماندهای آلی مورد توجه خاص قرار گرفته است (Kumar *et al*., 2002). یک مدیریت دقیق در افزودن مواد آلی به خاک‌ها ممکن است پایداری ساختمان خاک را افزایش و مشکلات متراکم شدن و فرسایش خاک را تقلیل دهد. در نتیجه انتخاب کمیت، کیفیت و زمان کاربرد مواد آلی به منظور دستیابی به افزایش پایداری خاک لازم و ضروری است (Abiven *et al*., 2008). مواد آلی با جذب و نگهداری آهن و آلومینیوم در خاک های اسیدی و کلسیم در خاک‌های آهکی موجب تغذیهٔ بهتر فسفر می‌شود. کاربرد مادهٔ آلی سبب کاهش سمیت فلزات سنگین مانند بور در خاک‌های قلیایی می‌شود. همچنین مواد آلی خود به عنوان منبع عناصر ریزمغذی عمل می‌کنند (ملکوتی، ۱۳۷۸).

همچنین تجزیهٔ مواد آلی در خاک‌ها منجر به خاک سبب افزایش کربن، نیتروژن و فعالیت میکروبی خاک می‌شود و این تغییرات به عنوان معیاری برای سلامتی خاک محسوب می‌شود (;Doran *et al*., 1996

Hu *et al*., 1997; Van Bruggen and Semenov, 2000). افزایش مواد آلی خاک و افزایش جمعیت و تنوع موجودات مصرف‌کننده و تجزیه‌کنندهٔ مواد آلی در خاک، اصلاح ساختمان خاک، بهبود ظرفیت نگهداری و چرخهٔ آب و مواد غذایی در خاک با تعدیل وکاهش تخریب اکوسیستم‌های زراعی توأم می‌باشد (Hendrix *et al*., 1986). مواد آلی یک منبع کودی مهم طبیعی برای افزایش حاصلخیزی خاک به شمار می‌رود و به تدریج تجزیه شده و به عنوان منبع عناصر غذایی برای گیاهان عمل می‌کنند و بدین ترتیب این قبیل فنون مدیریتی نه تنها عملکرد محصول را افزایش می‌دهد بلکه از شیوع آفات جدید جلوگیری می‌کند (Akhtar and Malik, 2000). مکمل‌های آلی افزون بر کربن و نیتروژن آلی خاک، سایر عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان را به مقدار قابل توجهی تأمین می‌کنند (Khalil *et al*., 2002).

۱-۳- ضرورت استفاده از کمپوست

استفاده ازکمپوست به عنوان منبع نیتروژن و دیگر عناصر غذایی برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها، به خاک حیات می‌بخشد و یک سرمایه‌گذاری بلند مدّت و جزء دایمی از ساختمان خاک تلقی می‌شود (Ali Khan and Husain Khan, 2006). کمپوست آزولا (آزوکمپوست) برای اوّلین بار در زراعت کلزا مورد بررسی قرار گرفت که به نظر می‌رسد به دلیل دارا بودن مزیت‌هایی از قبیل بالا بودن درصد نیتروژن مادهٔ خشک، سهل‌الوصول بودن مادهٔ گیاهی، استقرار سریع گیاه، رشد و توسعهٔ سریع آن در مقایسه با سایر منابع مواد آلی مناسب‌تر می‌باشد. برای دستیابی به عملکرد بهینه، کاربرد کودهای آلی می‌تواند گام مؤثری در جهت کاهش اثرات سوء کودهای شیمیایی و بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و تأمین برخی عناصر کم‌مصرف مانند روی، بور و مس باشد (Adediran *et al*., 2004).

مادهٔ آلی کلید حاصلخیزی و باروری خاک است و جهت حفظ و افزایش حاصلخیزی و قدرت تولید یک خاک زراعی، میزان ماده آلی آن باید در سطح مناسبی حفظ شود (Baruzzini and Delzan, 1992). سطح مواد آلی خاک‌های زراعی کشور عمدتا کمتر از یک درصد است که این امر معلول مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به ویژه کودهای نیتروژنه و عدم کاربرد کودهای آلی در چند سال اخیر است (ملکوتی، ۱۳۷۸). به

دلیل بالا بودن نسبت کربن به نیتروژن در بقایای محصولات کشاورزی، کاربرد آن‌ها به عنوان یک راه‌حل برای افزایش مقدار مواد آلی خاک‌های زراعی کشور، چندان رضایت‌بخش نبوده است چون اوّلا زمان زیادی برای تجزیه لازم دارند ثانیا مصرف مستقیم آن‌ها در خاک سبب ایجاد رقابت بین گیاه و میکروارگانیسم‌های تجزیه کننده بقایای گیاهی بر سر استفاده از نیتروژن می‌شود. حل این معضل با تولید کمپوست از بقایای کشاورزی امکان‌پذیر است که ضمن کاهش نسبت کربن به نیتروژن، مشکلات دیگر آن از قبیل حجیم بودن و غلظت پایین عناصر غذایی را نیز در آن‌ها برطرف می‌کند.

سرعت معدنی شدن مواد آلی با نسبت کربن به نیتروژن (C/N) پایین، بیشتر از مواد آلی با نسبت کربن به نیتروژن (C/N) بالاست (Wei Xin *et al*., 2007). میزان استاندارد نسبت کربن به نیتروژن (C/N) در کمپوست باید کمتر از ۳۵:۱ باشد در غیر این صورت می‌تواند اثرات نامطلوبی بر رشد گیاه داشته باشد (Verdonck and Penninck, 1985; Manning and Tripepi, 1995). طبق نظر سازمان محیط زیست آمریکا مقدار رطوبت نسبی کمپوست بایستی ۳۵ تا ۵۵ درصد و اسیدیته (pH) آن از ۵/۵ تا ۸ متغیر باشد و کمپوست با رطوبت کمتر از ۳۵ درصد کمپوست خشک و غیرقابل استفاده می‌باشد و نسبت کربن به نیتروژن (C/N) کمپوست بالغ ۱۵ تا ۲۵ می‌باشد. حداکثر غلظت عناصر کمیاب در کمپوست حاصل از مواد آلی بر اساس قانون سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا عبارتست از: کادمیوم (۱۰)، مس (۱۰۰۰)، سرب (۱۰۰) و روی (۲۰۰۰) میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (Stoffella and kahn, 2000).

به طور کلی میزان مطلوب کمپوست با منشاء آلی برای هر هکتار زمین زراعی حدود ۵۰-۴۰ تن با رطوبتی معادل۳۰ درصد توصیه شده است (بایبوردی و همکاران، ۱۳۷۹). محققین گزارش کرده‌اند که نیتروژن آلی باقی‌مانده در کمپوست پس از افزودن به خاک با سرعت کمتری معدنی می‌شود چون ترکیبات پایدارتر و مقاوم‌تر آلی که نیتروژن را در بر گرفته است مانع از آزاد شدن سریع نیتروژن می‌گردد (نوربخش، ۱۳۸۲; Thuries *et al*., 2001; Balkom *et al*., 2001). هدف از کاربرد کمپوست در وهلهٔ نخست تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاه زراعی و در وهلهٔ دوّم، ارتقاء شرایط فیزیکی، شیمیایی و میکروبی خاک می‌باشد. بنابر این یکی از راه‌های تأمین مواد آلی مورد نیاز خاک، کاربرد کمپوست می‌باشد (Opera Nadi and Lal,

.(1987; Movahedi Naeini and Cook, 2000

همچنین کمپوست باعث افزایش هوموس و مواد آلی خاک، ویتامین‌ها، هورمون‌ها و آنزیم‌های گیاهی در خاک می‌شود که از طریق کودهای شیمیایی حاصل نمی‌شود (Alam, 2004). تأثیر کمپوست در بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک می‌تواند موجب افزایش عملکرد مادهٔ خشک و عملکرد دانه شود. در نتیجه در بسیاری از موارد افزایش عملکرد مادهٔ خشک و عملکرد دانه می‌تواند نتیجهٔ بهبود حاصلخیزی خاک و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک در اثر کاربرد کمپوست در خاک زراعی باشد (محمدیان و ملکوتی، ۱۳۸۱).

کمپوست سرخس آزولا (*Azolla filiculoides*) با نام تجاری آزوکمپوست (فرآوری شده در شرکت تحقیقاتی تولیدی سالم‌ساز محیط گیل در استان گیلان) از جملهٔ ترکیبات آلی است که نسبت به انواع دیگر کمپوست، دارای مزایای عمده به شرح زیر می‌باشد: اوّلا میزان نیتروژن موجود در آن بیشتر از کمپوست‌های دیگر است ثانیا محدودیتی در خصوص دسترسی به منابع آن وجود ندارد و به وفور در آبگیرها و تالاب‌های استان گیلان یافت می‌شود ثالثا گیاهی سریع الرشد می‌باشد و حجم یک مقدار معین آزولا در مدت ۳ تا ۵ روز به ۲ برابر افزایش می‌یابد. به طوری که در یک کشت آزمایشی در رشت در مدت ۱۵ روز مقدار ۱۵ تا ۲۰ تن محصول آزولا در هر هکتار تولید شده است (نصیریان، ۱۳۷۱).

تحقیقات نشان داده است که مقدار نیتروژن آزولا در طی ماه‌های مختلف سال بین ۳/۲ تا ۵/۱ درصد و میزان کربن آزولا بین ۴۵ تا ۵۵ درصد تغییر می‌کند (Scharpenseel and Knuth, 1987). در فرآیند کمپوست‌سازی کود دامی، قدرت حیات تمامی بذرهای علف‌های هرز در طی ۷۰ روز پس از کمپوست‌سازی به حد صفر می‌رسد که ناشی از درجهٔ حرارت‌های بالا و تولید اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه (اسید استیک) می‌باشد (Larney and Blackshaw, 2003). بدین ترتیب کمپوست کشاورزی اغلب به عنوان مواد آلی عاری از علف هرز شناخته می‌شود. چون درجهٔ حرارت‌های بالای ۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد در طی کمپوست‌سازی، قابلیت حیات بذرهای علف‌های هرز از بین می‌برد (Wiese *et al*., 1998; Eghball and Lesoing, 2000).

۱-۴- سؤال‌های تحقیق

با عنایت به اهمیت کلزا در تولید و تأمین روغن مورد نیاز کشور و نقش اساسی تغذیه و کاربرد کودهای آلی در بهبود عملکرد کمی و کیفی آن، این تحقیق در راستای دستیابی به پاسخ سوالات زیر انجام شد:

۱. آیا مدیریت تغذیه از طریق تلفیق آزوکمپوست با کود نیتروژنه و نیز کاربرد گوگرد سبب بهبود خصوصیات کمی و کیفی ارقام کلزای سازگار به مناطق سردسیر خواهد شد؟

۲. اثر برهمکنش کود نیتروژنه و کود گوگردی بر میزان روغن، پروتئین دانه، اسیدهای چرب و گلوکوزینولات کنجاله در ارقام کلزای سازگار به مناطق سردسیر چگونه خواهد بود؟

۳. آیا کاربرد آزوکمپوست تأثیری بر افزایش فراهمی و جذب عناصر غذایی و تجمع آن‌ها در دانه خواهد داشت؟

۴. آیا کاربرد مواد آلی فرآوری شده (آزولا) به صورت آزوکمپوست می‌تواند جایگزین مناسبی برای تأمین بخشی از نیتروژن مورد نیاز کلزای سازگار به مناطق سردسیر باشد؟

۱-۵- اهداف تحقیق

این پژوهش در راستای تأمین امنیت غذایی و بهبود شرایط زیست‌محیطی و تولیدات کشاورزی در کشور، افزایش کمیت و کیفیت عملکرد کلزا و دستیابی به توسعهٔ پایدار، با اهداف زیر مورد بررسی قرار گرفت:

۱. بررسی امکان کاهش مصرف کودهای نیتروژنه از طریق جایگزینی کود آلی (آزوکمپوست)

۲. بررسی اثر برهمکنش آزوکمپوست، کود نیتروژنه و کود گوگردی بر تجمع عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف در دانه ارقام مختلف کلزای سازگار به مناطق سردسیر

۳. مطالعهٔ اثر آزوکمپوست، کود نیتروژنه و کود گوگردی و برهمکنش آنها بر عملکرد دانه، پروتئین، روغن و اسیدهای چرب در ارقام کلزای سازگار به مناطق سردسیر

۴. بررسی اثر گوگرد بر میزان پروتئین دانه و گلوکوزینولات کنجاله در ارقام کلزای سازگار به مناطق سردسیر

۱-۶- فرضیه‌ها

با توجه به مطالب ارایه شده در مقدمه، فرضیه‌های این پژوهش به شرح ذیل بودند:

۱. کاربرد آزوکمپوست در زراعت ارقام کلزای سازگار به مناطق سردسیر مورد مطالعه، فراهمی و جذب عناصر غذایی را افزایش می‌دهد و باعث غنی‌سازی و بهبود کیفیت دانه می‌شود.

۲. توازن کاربرد کودهای نیتروژنه و گوگردی در تلفیق با آزوکمپوست باعث افزایش درصد روغن و پروتئین دانه در ارقام کلزای مورد مطالعه می‌شود.

۳. رفتار و تأثیر گوگرد بر عملکرد دانه، روغن، پروتئین و گلوکوزینولات کنجاله در ارقام کلزای مورد مطالعه، یکنواخت خواهد بود.

۴. اثر برهمکنش آزوکمپوست، کود نیتروژنه و کود گوگردی بر عملکرد دانه، روغن و اسیدهای چرب در ارقام مختلف کلزای سازگار به مناطق سرد سیر، متفاوت خواهد بود.

فصل ۲

مروری بر مطالعات انجام شده

۲-۱- کلیات

۲-۱-۱- دانه‌های روغنی: مهم‌ترین منبع انرژی

دانه‌های روغنی پس از غلات، دوّمین منبع غذایی مردم جهان و با ارزش‌ترین کالا در تجارت کشاورزی محسوب می‌شوند (Fioretto *et al*., 2001). کلزا با بیش از ۴۰ درصد روغن و ۴۴ - ۳۶ درصد پروتئین کنجاله از معدود گیاهان روغنی است که قابلیت کشت در شرایط اقلیمی مختلف را داراست (Raymer, 2002; Kimber, and Mc Gregor, 1995) و مهم‌ترین گونهٔ دانهٔ روغنی جهت استفاده در تناوب با غلات پائیزه به شمار می‌رود (Diepenbrock, 2000).

در کشور ما بخش اعظمی از روغن نباتی مورد نیاز کشور به دلیل داشتن الگوی متفاوت پخت و مصرف غذا، از خارج تأمین می‌شود. نگاهی به روند تولید و مصرف روغن نباتی در کشور نشان می‌دهد که در سال ۱۳۴۰ ضریب خوکفایی حدود ۷۶ درصد بوده که در سال ۱۳۸۴ به ۱۰ درصد کاهش و مصرف سرانه به علت افزایش روزافزون جمعیت کشور و افزایش مصرف روغن خانوارها از ۲/۵ کیلوگرم به ۱۷ کیلوگرم افزایش یافته است. بدین ترتیب در سال ۱۳۸۴ ضریب وابستگی به ۹۰ درصد افزایش یافته و بیش از ۶۱۲ میلیون دلار برای واردات روغن خام و ۳۲۳ میلیون دلار جهت واردات کنجاله دانه‌های روغنی از کشور خارج شده است (احمدوند و نجف‌پور، ۱۳۸۶).

۲-۱-۲- تاریخچه و توسعهٔ کشت کلزا

کشت تجاری کلزا از سال ۱۹۴۲ در کشور کانادا شروع گردید و امکان استفاده از روغن کلزا برای مصارف خوراکی مورد توجه قرار گرفت و در سال ۱۹۵۷ اولین کلزای روغنی با مقدار اندک اسید اروسیک اصلاح و تا سال ۱۹۶۵سطح وسیعی از اراضی زراعی به کشت کلزا اختصاص داده شد. در سال ۱۹۷۱ رقم اسپان[1]اولین رقم کلزا با میزان اسید اروسیک کم و سه سال بعد رقم تاور[2] با مقدار اندک اسید اروسیک و گلوکوزینولات در کانادا به عنوان اولین واریته‌های کانولا معرفی شدند و نام کانولا در سال ۱۹۷۸ توسط انجمن روغن‌گیری غرب کانادا به ثبت رسیده و امروزه نیز برای توصیف کلزایی که دارای مقادیر اندک اسید اروسیک و گلوکوزینولات

[1]Span
[2]Tower

است، استفاده می‌شود (رودی و همکاران، ۱۳۸۲).

در ایران زراعت کلزا در بین دانه‌های روغنی، پدیده‌ای جدید به شمار می‌آید و سازگاری آن به مناطق و اقلیم‌های مختلف، مطلوب بوده و سطح زیر کشت آن در حال افزایش است و نقطهٔ امیدی برای تأمین روغن مورد نیاز داخلی به شمار می‌رود (ربیعی و همکاران، ۱۳۸۳). کلزا تنها و مهم‌ترین دانهٔ روغنی بهاره و زمستانه است که در مناطق معتدله می‌تواند به عنوان جایگزین غلات پائیزه و بهاره و یا در تناوب با آنها کشت شود. کلزا به عنوان مهم‌ترین منبع تأمین روغن نباتی، در تمام استان‌های کشور کشت می‌شود. بازدهی روغن کلزا، آفتابگردان و روغن سویا به ترتیب ۳۵، ۲۲ و ۲۰ درصد گزارش شده و در سال ۱۳۸۴ بیش از ۵۱/۸ درصد روغن خام استحصالی در کشور از محصول کلزا بدست آمده است. مقیاس شاخص مزیت (SAI)[1] در برخی استان‌های کشور نظیر گلستان، مازندران و فارس بزرگ‌تر از یک بوده که نشان دهنده برتری آنها در تولید کلزا در مقایسه با سایر استان‌های کشور می‌باشد. در استان مرکزی مقیاس شاخص مزیت (SAI) برابر ۰/۸۴ و شاخص مزیت کارایی[2] (EAI) برابر ۱/۰۴ و شاخص مزیت جمعی[3] (AAI) که همان میانگین هندسی مقیاس شاخص مزیت (SAI) و شاخص مزیت کارایی (EAI) می‌باشد برابر ۰/۹۳ است. شاخص مزیت کارایی (EAI) عملکرد نسبی محصول را در یک منطقه یا استان نسبت به عملکرد نسبی همان محصول در کل کشور، نشان می‌دهد (احمدوند و نجف‌پور، ۱۳۸۶). بدین‌ترتیب استان مرکزی می‌تواند یکی از مناطق توسعهٔ کشت کلزا مدنظر قرار گیرد.

۲-۱-۳- مزایای تغذیه‌ای و زراعی کلزا

گر چه کلزا در درجهٔ اوّل به منظور تولید روغن دانه و پروتئین کنجاله کشت می‌شود امّا وجود سطوح معنی داری از عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در برگ‌ها سبب شده است اهمیت این گیاه به عنوان یک سبزی خوردنی دو چندان شود به نحوی که می‌تواند مقادیر معنی‌داری از عناصر پرمصرف و کم‌مصرف مورد نیاز رژیم غذایی انسان را تأمین کند و مصرف روزانه ۱۹ گرم از روغن کلزا می‌تواند بیماری عروق کرونری قلب را کاهش دهد (Miller *et al*., 2009). کلزا بسته به ترکیب اسیدهای چرب آن برای مصارف انسانی و یا صنعتی کاربرد

[1]Scale Advantage Index
[2] Efficiency Advantage Index
[3]Agregative Advantage Index

دارد و بدین ترتیب یک گیاه کاملا صنعتی محسوب می‌شود (Auld *et al.*, 1984). کلزا به علت دارا بودن صفات مطلوب زراعی نظیر کیفیت بالای روغن دانه، درصد بالای اسیدهای چرب به ویژه اولئیک و لینولئیک، مقاومت به سرما و کم‌آبی، تحمل شرایط شوری، دارا بودن تیپ‌های بهاره و پائیزه، استفاده بهینه از رطوبت و بارندگی پائیزه و زمستانه، هزینه کمتر تولید، عملکرد نسبی بالا، ثبات نسبی عملکرد و عملکرد بیشتر روغن در واحد سطح، داشت و برداشت آسان و سهولت مبارزه با علف‌های هرز نسبت به دیگر دانه‌های روغنی برتری داشته و برای کاشت در اکثر نقاط کشور قابل توصیه می‌باشد (آلیاری و همکاران، ۱۳۷۹؛ ملکوتی و سپهر، ۱۳۸۳). به علاوه کلزا فابلیت کشت در اراضی دیم کشور را نیز دارا می‌باشد و طبق برنامه پیش بینی شده حدود ۶۵ درصد روغن نباتی مورد نیاز کشور تا سال ۱۳۹۳ در داخل کشور و از طریق کشت کلزا تولید خواهد شد (ملکوتی و سپهر، ۱۳۸۳).

۲-۱-۴- تقسیم‌بندی گونه‌ها و ارقام کلزا

طبق نظر یو[1] (1935) سه گونه آمفی‌دیپلوییدکلزا (*Brassica napus* L.)، خردل هندی (*Brassica junceae* L.) و خردل حبشی (*Brassica carinata* L.) از آمیزش و مضاعف شدن کروموزوم دورگ‌های حاصل از تلاقی دو به دو گونه‌های دیپلوییدشلغم روغنی (*Brassica rapa* L.)، کلم (*Brassica oleraceae* L.) و خردل سیاه (*Brassica nigra* L.) ایجاد شده‌اند. دو گونه کلزا و شلغم روغنی که به‌ترتیب به کلزای سوئدی و کلزای شلغمی معروفند متعلق به خانواده چلیپائیان (*Cruciferae*) هستند که برخی از خصوصیات زراعی گونه‌های مهم جنس براسیکا به شرح زیر است:

الف) ارقام کلزای پاییزه (*Brassica napus* L.): بیشترین عملکرد و درصد روغن را داراست ولی مقاومت به سرمای آن از شلغم روغنی پاییزه کمتر است.

ب) ارقام کلزای بهاره (*Brassica napus* L.): عملکرد کم‌تری نسبت به ارقام پاییزه دارند ولی عملیات اصلاحی در کانادا برای افزایش محصول و میزان روغن ارقام بهاره، نتایج درخشانی داشته است.

ج) شلغم روغنی پاییزه (*Brassica rapa* L.): عملکرد دانه و درصد روغن آن کمتر از کلزای پاییزه است ولی

[1] U (1935)

تحمل بیشتری در برابر سرمای زمستان دارد.

د) شلغم روغنی بهاره (*Brassica rapa* L.): این گونه نسبت به کلزای بهاره کم محصول ولی زودرس‌تر هستند و برای کاشت در عرض‌های جغرافیایی بالاتر توصیه می‌شوند.

ه) خردل هندی یا قهوه‌ای (*Brassica juncea* L.). عمدتا در هندوستان کشت می‌شود و پر محصول‌تر از ارقام کلزای هندوستان و مصارف ادویه‌ای آن به ویژه در اروپا بیشتر است.

و) خردل سیاه (*Brassica nigra* L.). درسطح بسیار محدودی به عنوان زراعت روغنی و بیشتر به عنوان گیاه ادویه‌ای کشت می‌شود.

ز) منداب (*Eruca sativa* L.) نیز یکی دیگر از خویشاوندان دور خانواده چلیپائیان (*Cruciferae*) است که به طور عمده در کشور هندوستان به عنوان گیاهی کم محصول و در خاک‌های فقیر کشت می‌شود. بیشتر ارقام کلزای روغنی به چهار گونه کلزا، خردل، کلم و شلغم روغنی تعلق دارد (Small, 1999).

به طور کلی ارقام مختلف کلزا را بر اساس فاکتورهای کیفی می‌توان به چهار گروه عمده تقسیم کرد:

الف) ارقام کلزای سنتی با اسید اروسیک بالا[1] (HEAR) که حاوی ۶۰- ۲۲ درصد اسید اروسیک در روغن و ۲۰۵-۱۰۰ میکرومول گلوکوزینولات در هر گرم کنجاله می‌باشند. بالا بودن اسید اروسیک و گلوکوزینولات به ترتیب سبب کاهش کیفیت روغن برای مصارف خوراکی و کیفیت کنجاله کلزا برای تعلیف دام می‌شود.

ب) ارقام کلزای با اسید اروسیک پایین[2] (LEAR) نظیر ارقام کانادایی که به ارقام یک صفر[3] معروفند و حاوی کمتر از ۵ درصد اسید اروسیک در روغن و ۲۰۵-۱۰۰ میکرومول گلوکوزینولات در هر گرم کنجاله می‌باشند.

ج) ارقام کلزای دو صفر[4]، این ارقام که به کانولا معروفند حاوی کمتر از ۲ درصد اسید اروسیک در روغن و کمتر از ۳۰ میکرومول گلوکوزینولات در هر گرم کنجاله می‌باشند و بدین ترتیب از کیفیت تغذیه‌ای بالایی برخوردار هستند.

د) ارقام کلزای سه صفر[5] که اصطلاحا کندل[1] نامیده می‌شوند شامل ارقام اصلاح شده شلغم روغنی می‌باشند.

---

[1]High Erusic Acid Rape
[2]Low Erusic Acid Rape
[3]Single Zero
[4]Double Zero
[5]Triple Zer

در این ارقام میزان اسید اروسیک روغن به کمتر از ۲ درصد، میزان گلوکوزینولات کنجاله به کمتر از ۳۰ میکرومول در هر گرم کنجاله و میزان فیبر در کنجاله به حداقل ممکن کاهش داده شده است (شهیدی و فروزان، ۱۳۷۶).

۲-۲- گیاه شناسی کلزا

کلزا با نام علمی *Brassica napus* L. به تیرهٔ چلیپائیان (*Cruciferae*) تعلق دارد و گیاهی یک ساله با تیپ‌های رشد بهاره و پائیزه و دارای ۲n = ۳۸ کروموزوم می‌باشد که ارقام پائیزهٔ آن در شرایط آب و هوایی معتدل، خنک و مرطوب بیشترین عملکرد را تولید می‌کند. ارقام بهاره به دلیل کوتاه بودن دورهٔ رشد از عملکرد کمتری برخوردارند و بر خلاف ارقام پائیزه نیازی به بهاره‌سازی[۲] ندارند (Xiao *et al*., 1998). کلزا گیاهی روز بلند و دارای مسیر فتوسنتزی سه کربنه (C_3) می‌باشد. رشد اوّلیهٔ سریع، گلدهی زود هنگام پس از زمستان گذرانی، قوی بودن ساقه، عمودی بودن برگ‌ها، وجود طویل و عمودی بودن خورجین‌ها، بالا بودن تعداد خورجین در ساقهٔ اصلی و کاهش تعداد شاخه‌های فرعی از صفات مهم و مطلوب در جهت اصلاح و افزایش عملکرد دانه کلزا محسوب می‌شوند (فرجی، ۱۳۸۲).

۲-۲-۱- جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه

در زراعت کلزا صفاتی نظیر سرعت جوانه‌زنی بذرها، طول گیاهچه و طول ساقه می‌تواند در استقرار اوّلیه گیاهچه نقش به سزایی داشته باشد (خلج و همکاران، ۱۳۸۶). بقایای گیاهی محصول سال قبل به دلیل تولید کاه و کلش زیاد ممکن است در استقرار کلزا ایجاد اختلال کند (Franzluebbers, 1999). عوامل محیطی نظیر درجه حرارت بالا، تنش آبی و تراکم خاک سبب ایجاد بستر ضعیفی برای جوانه‌زنی بذرهای کلزا می‌شود (Angadi *et al*., 2003). درجهٔ حرارت پایه برای جوانه زنی کلزا ۵ - ۰/۴ درجهٔ سانتی‌گراد (Vigil *et al*., 1997) گزارش شده است. به طور کلی کاهش قابل توجهی در جوانه‌زنی بذرهای کلزا در دمای کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد ایجاد می‌شود (Nykiforuk *et al*., 1994). درجهٔ حرارت مطلوب برای جوانه‌زنی کلزا

---
[1] Candle
[2] Vernalization

حدود۱۰ تا۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد گزارش شده است (Kondra *et al*., 1983) و در دامنهٔ درجهٔ حرارت مطلوب، بیش از ۹۰ درصد بذرهای کلزا در مدت ۱ تا ۲ روز جوانه می‌زنند (امیری‌اوغان و رودی، ۱۳۸۱) و گیاهچه‌ها ۵ تا ۶ روز پس از کاشت بذرهای کلزا در پائیز، در سطح خاک ظاهر می‌شوند (احمدی، ۱۳۷۱).

۲-۲-۲- روزت[1]، زمستان گذرانی و بهاره‌سازی

دمای پایین یکی از فاکتورهای اوّلیهٔ تنش‌زای محیطی است که رشد و تولید گیاهان یک سالهٔ زمستانه را محدود می‌کند. کلزا یک گیاه زراعی ویژه کاشت در مناطق معتدل ساحلی است و در صورت رشد کافی در پائیز و ایجاد گیاهچه قوی، می‌تواند دمای ۱۵- درجه سانتی‌گراد را بدون پوشش برف به خوبی تحمل کند. در صورت افت شدید درجهٔ حرارت، برگ‌های بزرگ‌تر بوتهٔ کلزا خشک می‌شوند ولی طوقه سالم مانده و بقای خود را حفظ می‌کند و پس از سپری شدن دورهٔ یخبندان، رشد مجدد برگ‌های جوان از محل مریستم طوقه و رشد ریشه‌های جدید از مریستم‌های جانبی ریشه آغاز می‌شود (Andrews and Morrison, 1992). گیاهچهٔ کلزا دمای ۶- درجه سانتی گراد را می‌تواند تحمل کند بدون این که کاهش معنی‌دار در استقرار گیاه ایجاد گردد (Johnson *et al*., 1995). کلزا در تمام مراحل رشد به سرما متحمل است ولی در مرحلهٔ ۶ برگی تحمل آن به سرما بیشتر است (امیری‌اوغان و رودی، ۱۳۸۱). واکنش بهاره‌سازی و سازگاری با دمای پایین از مهم‌ترین مکانیسم‌های بقای گیاهان زمستانه به شمار می‌رود (Rife and Zeinali, 2003). در این رابطه، لاروچ[2] (۱۹۹۲) نشان داد که در ژاپن بسیاری از ارقام کلزا نیاز به دورهٔ بهاره‌سازی طولانی‌تر و مقاومت کمتری در برابر دمای پایین‌تر داشتند (Severo, 1993). همچنین رابطهٔ اندکی بین نیاز به بهاره‌سازی و مقاومت در برابر یخزدگی در لاین‌های حاصل از دابل‌هاپلوئید گزارش شده است (Markowski and Rapacz, 1994). برخی محققین دیگر گزارش کرده‌اند که همبستگی معنی‌داری بین نیاز به بهاره‌سازی و مقاومت در برابر یخ زدگی در ارقام حاوی اسید اروسیک بالا، وجود داشت ولی این نتایج در ارقام اصلاح شده ۲ صفر کلزا مشاهد نشد (Rapacz and Markowski, 1999). نیاز به بهاره‌سازی طولانی مدت ممکن است ورود گیاه به مرحلهٔ رشد زایشی را به تأخیر بیاندازد که یک مرحلهٔ حساس به سرماست (Fowler *et al*., 1996).

[1] Rosette
[2] Laroche (1992)

۲-۲-۳- ریشه، ساقه و برگ کلزا

کلزا دارای یک ریشهٔ اصلی عمودی و دوکی شکل و نیز ریشه‌های جانبی متعدد است که در اعماق سطحی خاک توسعه یافته و هر چه نفوذ و گستردگی ریشه در واحد حجم خاک بیشتر باشد مقاومت به تنش خشکی و استفادهٔ بهینه از رطوبت ذخیره شده در خاک افزایش می‌یابد که می‌تواند در مقاومت به خشکی گیاه نقش مؤثری ایفا نماید. ساقهٔ کلزا بخش اعظمی از کل مادهٔ خشک کلزا را تشکیل می‌دهد که به خاک برگردانده می‌شود و در مقایسه با دیواره خورجین‌ها و بذرهای کلزا حاوی عناصر غذایی بیشتری به ویژه گوگرد می‌باشد (Mc Grath and Zhao, 1996). کلزا دارای یک ساقه اصلی به ارتفاع ۲۰۰-۵۰ سانتی‌متر می‌باشد. پس از خروج گیاه از حالت روزت ابتدا ساقهٔ اصلی رشد کرده و وارد مرحلهٔ گلدهی می‌شود آنگاه شاخه‌های فرعی شروع به طویل شدن می‌کنند و هر بوتهٔ کلزا بر حسب نوع رقم، شرایط محیطی و عوامل به زراعی، دارای ۸ تا ۱۰ شاخه فرعی می‌باشد. برگ‌ها در مرحلهٔ روزت دارای دمبرگ بوده و اغلب به شکل بیضوی چند قسمتی و دارای کرک ولی برگ‌های میانی و بالایی فاقد دمبرگ و کرک می‌باشند که به صورت متناوب بر روی ساقه قرار می‌گیرند. برگ کلزا بسته به نوع رقم دارای سه فرم چسبیده ساقه آغوشی، چسبیده معمولی و دارای دمبرگ می‌باشد. بسته به طول دورهٔ رشد و شرایط محیطی، تعداد برگ‌ها در ارقام بهارهٔ کلزا تا بیش از ۳۰ برگ حقیقی در هر بوته متغیر می‌باشد (زواره و امام، ۱۳۷۹).

۲-۲-۴- گلدهی، تلقیح و میوهٔ کلزا

گلدهی کلزا غالبا زمانی آغاز می‌شود که ارتفاع ساقه اصلی تقریبا به نصف ارتفاع کامل گیاه رسیده باشد و بسته به نوع رقم و شرایط محیطی ۵-۳ هفته به طول می‌انجامد و در ارقام پائیزه عوامل محیطی به ویژه دمای پایین رشد غنچهٔ گل و تشکیل دانه در خورجین را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Campble and Kondra, 1992). گلدهی کلزا از قسمت پایین ساقهٔ اصلی شروع می‌شود و دارای گل‌آذین خوشه‌ای بلند و تخمدان دو برچه‌ای در انتهای ساقهٔ اصلی و شاخه‌های فرعی می‌باشد. کلزا دارای گلبرگ‌های زرد رنگ شامل ۴ کاسبرگ سبز رنگ و ۴ گلبرگ صلیبی شکل مجزا و ۶ پرچم می‌باشد که دو جفت از پرچم‌ها بلند و یک جفت آن کوتاه است. تعداد خورجین‌های تشکیل شده بر روی گل‌آذین تحت تأثیر شرایط اقلیمی و محیطی، عوامل به‌زراعی

و نوع رقم به مراتب کمتر از تعداد گل‌های تولید شده می‌باشد و حدود ۶۵ درصد گل‌ها به خورجین تبدیل شده و بقیهٔ گل‌ها می‌ریزند (Williams, 1978). هر چه تعداد گل در بوته بیشتر باشد درصد گل‌های تبدیل شده به میوه و در نتیجه عملکرد افزایش می‌یابد (Coffelt *et al*., 1989). بنابراین گلدهی زودهنگام کلزا پس از رفع سرمای زمستان در کشت های پائیزه، به شرطی که با افزایش شاخص سطح برگ (LAI)، برای دریافت کامل تشعشع خورشیدی تداخل نداشته باشد، می‌تواند یکی از خصوصیات تیپ ایده‌ال کلزا به شمار آید (Thurling, 1991).

گرده‌افشانی کلزا به دو صورت خودگشنی(حدود ۷۰ درصد) و دگرگشنی(حدود ۳۰ درصد) انجام می‌گیرد و حشرات بزرگ به ویژه زنبور عسل نقش مهمی در دگرگشنی کلزا و در نتیجه افزایش محصول ایفا می‌کنند (Campble and Kondra, 1992) و استقرار ۵ تا ۶ کندوی زنبور عسل در هر هکتار در مرحلهٔ ۱۰ تا ۲۰ درصد گلدهی، سبب تولید تعداد دانه بیشتری در خورجین و نیز یکنواختی در رسیدگی محصول می‌شود (شاهکومحلی و ذهبی، ۱۳۸۳).

میوه کلزا از خورجین دو برچه‌ای با یک دیواره کاذب و به طول ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر تشکیل شده است. شکوفا بودن دیوارهٔ خورجین در کلزا یک صفت وابسته به رقم می‌باشد و به دلیل ریزش بذرها به هنگام برداشت، یک صفت نامطلوب تلقی می‌شود. بذرهای کلزا دارای رنگ زرد، قهوه‌ای تیره و سیاه می‌باشند. وزن هزار دانه کلزا بین ۴ تا ۶ گرم و تعداد دانه در هر خورجین بین ۱۵ تا ۴۰ عدد متفاوت است (ناصری،۱۳۷۰). بذرهای زرد رنگ دارای پوستهٔ نازک و مقادیر زیادی روغن و پروتئین می‌باشند و در بذرهای تیره رنگ، پوست دانه، حدود ۱۶/۵ تا ۱۸/۷ درصد از وزن دانه را تشکیل می‌دهد در نتیجه دارای روغن و پروتئین کمتری است (Weiss, 1983).

۲-۳- مراحل فنولوژیک رشد و نمو کلزا

چرخه زندگی کلزا را می‌توان به ۷ مرحلهٔ اصلی شامل جوانه‌زنی و سبز شدن[1]، توسعهٔ ساقه[2]، نمو جوانهٔ

[1]Germination and emergence
[2]Stem elongation

گل[1]، گلدهی[2]، نمو خورجین[3] و نمو بذر[4] تقسیم کرد و هر مرحله نیز به نوبه خود به مراحل فرعی قابل تقسیم است (زواره و امام، ۱۳۷۹).

۲-۴- عوامل اکولوژیک مؤثر در رشد و نمو کلزا

از عوامل مهم اکولوژیک مؤثر بر رشد و نمو گیاه کلزا می‌توان درجهٔ حرارت، فتوپریود (طول روز)، تشعشع، رطوبت و خاک را نام برد. عملکرد کمّی و کیفی کلزا تحت تأثیر طول روز، درجهٔ حرارت و میزان بارندگی در طول فصل رشد و دیگر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (Adamsen and Coffelt, 2005; Faraji *et al*., 2009). عملکرد کلزا اغلب به وسیله دما و تنش آبی محدود می‌شود و کشت زود هنگام ممکن است از بروز تنش آبی و گرما در مراحل حساس رشد جلوگیری کند (Chen *et al*., 2005).

۲-۴-۱- درجهٔ حرارت

گیاه کلزا تا آغاز مرحلهٔ گلدهی، درجهٔ حرارت‌های پایین را ترجیح می‌دهد و در طی دورهٔ گلدهی درجهٔ حرارت‌های بالا را به خوبی تحمل می‌کند اما چنانچه درجهٔ حرارت‌های بالا با خشکی توأم گردد سبب کاهش اندازهٔ دانه و افت درصد روغن می‌شود (Andrews and Morrison, 1992). دما عامل اصلی کنترل نمو کلزا از مرحلهٔ گلدهی تا برداشت محصول می‌باشد (Mendham *et al*., 1981). سرمای دیررس بهاره اغلب ساقه های کلزا را به صورت S در می‌آورد و سرما در زمان گلدهی باعث نابودی گل‌آذین به ویژه گل‌آذین ساقهٔ اصلی شده و خسارت عمده‌ای به محصول وارد می‌سازد (دانشور، ۱۳۸۷). محققین نشان دادند که گلدهی کلزا در دمای بیش از ۲۷ درجهٔ سانتی‌گراد متوقف گردید (Morrison and Stewart, 2002). در دمای ۱۰ تا ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد بیشترین سرعت جوانه‌زنی دانهٔ گرده گزارش شده است و قرار گرفتن گل‌ها در معرض دمای ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد سبب عقیمی دانهٔ گرده می‌شود و درجهٔ حرارت‌های بالاتر از ۳۵ درجهٔ سانتی‌گراد باعث از بین رفتن قابلیت حیات و جوانه‌زنی دانهٔ گرده می‌شود (Castano and Merien, 1991).

[1] Flower bud development
[2] Flowering
[3] Pod development
[4] Seed development

محققان حد مطلوب دمای روزانه در طول دورهٔ گلدهی کلزا (*Brassica napus* L.) را حدود۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد گزارش کردند (Gan *et al*., 2004). با افزایش درجهٔ حرارت درصد روغن کاهش می‌یابد و ترکیبات روغن دانه در دامنهٔ دمایی ۱۰ تا ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد به بالاترین سطح ممکن می‌رسد. دورهٔ طولانی درجهٔ حرارت در طی دورهٔ نمو دانه علاوه بر افت عملکرد روغن، کیفیت روغن را نیز کاهش می‌دهد (Azooz and Arshad, 1998). محققین نشان دادند که تنش گرمایی در طول دورهٔ گلدهی سبب ریزش گل‌ها شده و عملکرد دانه را به مقدار زیادی کاهش داد (Nuttal *et al*., 1992). محققین دیگری گزارش کرده‌اند که با افزایش درجهٔ حرارت در طی دورهٔ پر شدن دانه، غلظت روغن دانهٔ کلزا نیز کاهش یافت (Pritchard *et al*., 2000) ولی میزان پروتئین در دماهای بالا و پایین افزایش یافت (Blondel and Renard, 1999). هر چه درجهٔ حرارت در طی پرشدن دانه بالاتر باشد محتوی اسید اولئیک در بالاترین میزان خواهد بود ولی در درجه حرارت‌های پایین محتوی اسید اولئیک روغن دانه کلزا کاهش می‌یابد (Burton *et al*., 2003).

۲-۴-۲- تشعشع و فتوپریود

طولانی بودن روز و افزایش تشعشع دریافتی توسط گیاه زراعی نقش مهمی در جلوگیری از ریزش گل‌ها و خورجین‌های نارس و تبدیل آن‌ها به میوه کامل دارد و بدین طریق سبب افزایش عملکرد دانهٔ کلزا می‌شود (Kimber and Mc Gregore, 1995). بالاترین میزان روغن در روزهای کوتاه، درجهٔ حرارت معتدل و رطوبت نسبی پایین‌تر تولید می‌شود ولی در روزهای کوتاه و دمای بالا، درصد پروتئین دانه افزایش می‌یابد (شهیدی و فروزان، ۱۳۷۶). تغییر غلظت اسیدهای چرب در اندام‌های هوایی کلزا نیز با تغییرات فصلی تشعشع و درجهٔ حرارت محیط همبستگی داشته (Gunase Kera *et al*., 2006b) و ارقام کلزا از نظر پتانسیل فتوسنتزی، جذب تشعشع و چگونگی تقسیم آن در داخل سایه‌انداز و مقدار تنفس گیاه، متفاوتند (Ozer, 2003; Cheema *et al*.,. 2001). ارقامی از کلزا که زودتر جوانه بزنند و سطح برگ بیشتری تولید کنند از تشعشع بیشتری بهره‌مند می‌شوند و کارایی استفاده از نور برگ‌ها و در نتیجه عملکرد آن‌ها افزایش می‌یابد (Hocking and Stapper, 2001). به علاوه بین مقدار تشعشع دریافتی به وسیله هر خورجین در طی دورهٔ تشکیل دانه و تعداد نهایی دانه در هر خورجین رابطهٔ مستقیم وجود دارد (Mendham *et al*., 1981). در