



دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی

گروه آموزش زراعت و اصلاح نباتات

رساله برای دریافت درجه دکتری تخصصی  
رشته زراعت گرایش فیزیولوژی گیاهان زراعی

# تأثیر کودهای زیستی بر عملکرد و خصوصیات اگروفیزیولوژیک کلزا تحت شرایط کاربرد کود نیتروژنه و محدودیت آبی

پژوهشگر:

حسین وطن دوست

استاد راهنما:

دکتر رئوف سیدشریفی

استاد مشاور:

دکتر سلیم فرزانه

دکتر داوود حسن پناه

دی ۱۳۹۷



واژه‌های کلیدی: شرایط محدودیت آبی، خصوصیات آگروفیزیولوژیک، کلزا، کود نیتروژنه، کود زیستی

## ۱-۱- مقدمه

دانه‌های روغنی پس از غلات دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند. این محصولات علاوه بر دارا بودن ذخایر غنی اسید چرب، حاوی پروتئین نیز می‌باشند. کلزا یکی از این دانه‌های روغنی مهم در جهان است که بعد از سویا و نخل زینتی سومین سطح زیر کشت را دارا می‌باشد. دانه کلزا به طور متوسط ۴۰ تا ۴۵ درصد روغن دارد (Kimber and McGregor, 2000). روغن کلزا در مقایسه با روغن به دست آمده از دیگر دانه‌های روغنی از کیفیت بالاتری برخوردار می‌باشد. ضمن آنکه سازگاری آن با شرایط اقلیمی، مقاومت در برابر کم آبی، امکان کاشت آن در تناوب با غلات و عملکرد مناسب موجب شده است که در سال‌های اخیر به عنوان یک منبع اصلی تأمین روغن مورد توجه قرار گیرد (جیران و مهربانیان، ۱۳۸۴). در حال حاضر مصرف سرانه روغن در ایران حدود ۱۷ کیلوگرم است.

زیادیدرصد روغن در دانه کلزا و همچنینترکیبمناسب اسیدهایچرب وروغنارقاماصلاحشده، تسلطآنها بر بازارهایروغنجهانیفرامگردد. این مسئله موجب وابستگی شدید کشور به واردات روغن و مستلزم خروج سالیانه میلیون‌ها دلار ارز از کشور می‌باشد. به همین منظور برای تأمین بخشی از نیاز داخلی کشور لزوم اهمیت به کشت، فرآوری و نگهداری دانه‌های روغنی به‌ویژه کلزا به دلیل تولید بالای جهانی آن بیشتر مشخص می‌شود (مالک، ۱۳۷۹).

امروزه تنش‌های محیطی به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش دهنده عملکرد گیاهان زراعی به شمار می‌روند و مقابله یا تخفیف آثار تنش‌ها به عنوان راه کار مفیدی در جهت افزایش عملکرد این محصولات پیش رو قرار گرفته است (Koyro, 2000). تنش‌های زنده و غیر زنده نظیر شوری، خشکی، آفات و ... از مشکلات اصلی سیستم‌های کشاورزی هستند (Munns, 2002). تنش‌های غیر زنده عامل مهم کاهش ۷۱ درصدی عملکرد محصولات زراعی در سطح جهان است که برای تنش خشکی ۴۰٪، شوری ۲۰٪، دمای بالا ۱۷٪، دمای پایین ۱۵٪ و سایر عوامل ۸٪ تخمین زده می‌شود (کافی و

همکاران، ۱۳۸۸). در این بین تنش خشکی یکی از رایج‌ترین و مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که تولید محصولات کشاورزی را محدود می‌نماید. الگوهای نامنظم بارش در نواحی خشک دنیا، گیاهان را در معرض شدت‌های مختلفی از محدودیت آبی قرار داده است. محدودیت آبی یک دوره‌ی بدون بارندگی موثر را شامل می‌شود که آب قابل دسترس خاک نیز به علت شرایط آب و هوایی (تعرق و تبخیر) کاهش می‌یابد (جلیل و همکاران، ۲۰۰۷). با توجه به شرایط اقلیم ایران، کمبود آب مهم‌ترین عامل محدود کننده - تولید گیاهان زراعی است. محدودیت آبی به عنوان اولین تنش غیر زیستی قادر است عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد (Singh and Singh, 1994). علت اصلی محدودیت آبی در گیاهان از شیمی انتفاعات آبی تا کافین بودن میزبان جذب آب و یاتر کیبیا ز هر دو عامل است که بر اثر آن میزبان تفاوتاً بناشیا ز تعرق بر میزبان توسط ریشه‌ها برتری داشته و میزبان تنش افزایش می‌یابد (حاجبی و حیدری شریف‌آباد، ۱۳۸۴).

کودهای دامی از جمله‌ی کودهای عالی هستند که قادر به افزایش قدرت نگه‌داری آب توسط خاک، کاهش تنش‌ها از جمله تنش خشکی، افزایش تنوع میکروبی خاک (Oehl et al., 2004)، بهبود ساختمان فیزیکی خاک و جلوگیری از فرسایش خاک می‌باشند (Pulleman et al., 2003) که به همراه تأمین بخشی از مواد غذایی مورد نیاز گیاه، رشد و عملکرد گیاه را بهبود بخشیده و کیفیت و سلامت محصول را افزایش می‌دهند (Turgut et al., 2005). همچنین با توجه به نتایج بسیاری از پژوهش‌ها توسعه حاصلخیزی و کیفیت خاک به خصوص در شرایط استفاده از سیستم‌هایی که در آن حجم ورودی مواد و انرژی پایین است نیازمند ورود مواد آلی به خاک می‌باشد (Palm et al., 2001). مشکل عمده کودهای حیوانی بالا بودن نسبت کربن به نیتروژن است که موجب کاهش رشد اولیه گیاه در مزرعه می‌گردد و جهت رفع این مشکل باید سرعت تجزیه این مواد را بالا برد (Khaliq et al., 2006). میکروارگانیسم‌هایی مانند باکتری‌های محرک رشد با افزایش فتوسنتز، تولید ترکیبات فعال زیستی مانند هورمون‌ها و آنزیم‌ها، تسریع در تجزیه مواد فتوسنتزی و کنترل بیماری‌های خاک‌زی سلامتی محصول و میزان عملکرد را توسعه می‌دهند (Higa, 2000).

نیتروژن عاملی کلیدی در تولید عملکرد مطلوب در گیاهان است و یکی از عناصر مهمی است که در مقادیر بالا (۱ الی ۳ درصد ماده خشک) توسط گیاهان مصرف می‌شود و محدود کننده‌ترین عنصر برای تولید بیوماس است. دسترسی به نیتروژن بر چندین

فرآیند رشدی مانند تعداد برگ و میزان ظهور آن تأثیرگذار است. کاهش سطح برگ ناشی از کمبود نیتروژن مهمترین عامل کاهش در فتوسنتز کانوپی است (Anwar et al., 2011). گزارش‌ها حاکی از آن است که نیتروژن نقش کلیدی در متابولیسم و تولید انرژی گیاهان بر عهده دارد و بطور معنی‌داری عملکرد دانه، دوام سطح برگ، شاخص سطح برگ و میزان فتوسنتز گیاهانرا افزایش می‌دهد. با این حال نیتروژن از گران‌ترین نهاده‌ها است و مصرف بیش از حد آن نیز نه تنها منجر به آلودگی محیط زیست می‌شود، بلکه کاهش عملکرد دانه را در پی خواهد داشت (Arshad et al., 2013). در اغلب گیاهان کارایی مصرف نیتروژن پایین است (Metwally et al., 2011) و بنابراین تعیین مقدار مطلوب نیتروژن مورد استفاده گیاه برای کاهش هزینه‌ها و آلودگی محیط زیست همراه با افزایش عملکرد گیاه ضروری به نظر می‌رسد (Manzoor et al., 2006).

در طی زمان استفاده از کودهای شیمیایی منجر به آسیب‌هایی از جمله آلودگی آب‌های زیر زمینی، از بین بردن میکروارگانیسم‌ها و حشرات مفید، افزایش حساسیت گیاهان به حملات آفات و بیماری‌ها و کاهش حاصلخیزی خاک شده است (El-Lithy et al., 2014). با گذشت زمان کشاورزان متوجه شده‌اند که کودهای زیستی می‌توانند جایگزینی برای کودهای شیمیایی باشند که ضمن افزایش عملکرد، از صدمات ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی جلوگیری کنند (سیدشریفی و نامور، ۱۳۹۴). کودهای زیستی میکروارگانیسم‌های زنده‌ای هستند که با افزایش دسترسی به مواد غذایی موجب افزایش رشد گیاهان می‌شوند (Schoebitz et al., 2014). این کودها معمولاً شامل تثبیت‌کننده‌های نیتروژن، باکتری‌های حل‌کننده فسفر نامحلول خاک، میکروارگانیسم‌های تبدیل‌کننده چندین عنصر به فرم محلول و میکروارگانیسم‌های معدنی‌کننده نیتروژن در خاک هستند (Zaredost et al., 2012). باکتری‌های محرک رشد با تولید مواد محرک رشدی، رشد گیاه را افزایش می‌دهند. این میکروارگانیسم‌ها در فرآیندهای مهم اکوسیستم‌ها دخالت دارند و فعالیت آن‌ها شامل کنترل بیولوژیکی پاتوژن‌های گیاهی، تثبیت نیتروژن، معدنی شدن مواد غذایی و تولید فیتوهورمون‌ها است (Simmons et al., 2014).

## ۱-۲- هدف

نیاز روزافزون کشور به روغن و توسعه کشت دانه‌های روغنی مانند کلزا به دلیل سازگاری وسیع با شرایط متفاوت اقلیمی کشور می‌تواند در تأمین قسمت عمده‌ای از

روغن مورد نیاز کشور موثر واقع شود. از این رو به دلیل نقش کلزا به عنوان یکی از مهمترین دانه‌های روغنی و تأثیر مدیریت صحیح زراعی به خصوص تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در بهبود یا تعدیل اثر ناشی از کمبود آب در مناطق برخوردار از محدودیت آبی موجب شد تا دو آزمایش جداگانه به صورت تأثیر کودهای زیستی به همراه کاربرد کود شیمیایی نیتروژنه و کود دامی و تأثیر کودهای زیستی در شرایط محدودیت آبی بر عملکرد و برخی خصوصیات آگروفیزیولوژیک کلزا بر صفات زیر مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد:

- ۱- سرعت و طول دوره پر شدن دانه.
- ۲- برخی شاخص‌های فیزیولوژیک نظیر زیست توده (TDM)، سرعت رشد محصول (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR) و شاخص سطح برگ (LAI) کلزا.
- ۳- عملکرد کمی و کیفی و برخی دیگر از صفات مرتبط با عملکرد.
- ۴- میزان پرولین.
- ۵- روند تغییرات شاخص کلروفیل، هدایت روزنه‌ای، کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II.
- ۶- میزان کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید.
- ۷- میزان اسیدهای چرب.
- ۸- میزان پروتئین دانه و اندام هوایی.



## ۲- مبانی و پیشینه تحقیق

### ۲-۱- تاریخچه و مبدأ کلزا

زراعت کلزا از ۳۰۰۰ سال قبل در هندوستان رواج داشته است و از آنجا به چین و ژاپن راه یافته‌است. استخراج روغن از دانه کلزا و دانه سایر گونه‌های جنس براسیکا از قرن شانزدهم رواج داشته است (دهشیری، ۱۳۷۸). در زمان‌های قدیم در آسیا و نواحی مدیترانه از روغن کلزا برای روشن کردن چراغ (روشنایی) استفاده می‌کردند که بعدها از این روغن به عنوان ماده اولیه برای روشن کردن چراغ در اروپا استفاده شد، چرا که از منابع انرژی فسیلی ارزان‌تر است. البته امروزه روغن کلزا به عنوان ماده غذایی استفاده می‌شود (حجازی، ۱۳۷۹). در مورد کشت کلزا در اروپا گزارش‌های متفاوتی وجود دارد. در کشور بلژیک کلزا قبل از اینکه روغن آن قابل استفاده باشد به عنوان یک علف هرز مضر به حساب می‌آمد (عاشوری، ۱۳۸۰). امکان استفاده از روغن کلزا برای مصرف خوراکی در سال ۱۹۴۸ مورد توجه قرار گرفت و منجر به استخراج روغن خوراکی از کلزا در سال‌های ۱۹۵۷-۱۹۵۶ گردید. در سال ۱۹۶۸ اولین رقم کلزا با میزان اسید اروسیک پایین در کانادا تولید شد. ارقام میداس، اسپان و تورچ از نخستین رقم‌های اصلاح شده با اسید اروسیک پایین می‌باشند که در کانادا مورد کشت قرار گرفته‌اند (دهشیری، ۱۳۷۸). گرچه مبدا گونه‌های مختلف به طور کامل روشن نیست، ولی *B. napus* باید از یک تلاقی بین *B. rapa* و *B. oleracea* به وجود آمده باشد. چون منشأ گونه اخیر از منطقه مدیترانه است، اعتقاد بر این است که *B. napus* از جنوب اروپا منشأ گرفته‌هو از آنجا در اوایل قرن ۱۸ به آسیا وارد شده باشد (داونی و رولبن، ۱۹۸۹). بیشتر رقم‌های *B. napus* در چین، کره و ژاپن از تلاقی بین *B. napus* اروپایی و واریته‌های بومی *B. campestris* ایجاد شده‌اند. *B. napus* در اوایل قرن ۱۹ در آسیا به دلیل عملکرد بهتری که نسبت به دانه‌های روغنی بومی *B. campestris* تولید می‌کرد، مرسوم شد (Shiga, 1970). موطن کلزا



هنوز به طور دقیق مشخص نیست ولی به احتمال قوی خاستگاه آن ناحیه آسیا و اروپا است چون زیر گونه‌های متعلق به شلغم روغنی به صورت وحشی از اروپای غربی تا چین پراکنده است. بنابراین می‌توان پذیرفت که دارای دو موطن یکی در ناحیه افغانستان، پاکستان و دیگری در ناحیه مدیترانه باشد و همچنین ممکن است یک ناحیه فرعی آن ترکیه - ایران باشد. از طرفی چون پراکنش اولیه‌ی دو گونه تشکیل دهنده کلزا یعنی کلم و شلغم روغنی در ناحیه خاوری اروپا به هم رسیده و تداخل می‌یابند، برخی بر این باورند که گیاه کلزا برای اولین بار در این منطقه از ترکیب دو گونه فوق به وجود آمده است (دهشیری، ۱۳۷۸).

## ۲-۲- گیاهشناسی

کلزا با نام علمی براسیکا ناپوس<sup>۱</sup> از تیره‌ی شب‌بو یا چلیپاییان است. این گیاه یک گونه‌ی آمفی دیپلوئید می‌باشد که از تلاقی فرم‌هایی از گونه‌ی کلم<sup>۲</sup> با شلغم<sup>۳</sup> به وجود آمده است (Kimber and McGregor, 2000). کلزا گیاهی یکساله، سردادوست و روز بلند است که صفر فیزیولوژیک آن دو درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد. از نظر نیاز به شرایط آب و هوایی، گیاه مناطق معتدل محسوب می‌شود. توانایی گونه‌های کلزا برای جوانه‌زنی و رشد در دماهای پایین موجب شده است تا این گونه جزو محدود گیاهانی باشد که می‌تواند در شرایط خنک، ارتفاعات بالا و مناطق معتدله کشت شود. گل‌های این گیاه دوجنس و خود ناسازگار است. میزان خود باروری آن حدود ۷۰ درصد بوده و دگر باروری آن به ۳۰ درصد می‌رسد. دانه کلزا حاوی ۴۰ درصد روغن و ۳۸ تا ۴۳ درصد پروتئین در کنجاله است و میزان رطوبت دانه در حدود ۵ درصد می‌باشد. نسبت اسید لینولئیک به لینولنیک در روغن کلزا تقریباً ۱:۲ است که برای مصرف انسان نسبت متعادلی به شمار می‌رود (Kimber and McGregor, 2000). طول دوره رشد کلزا در ارقام زودرس و کشت بهاره ۹۰ تا ۱۵۰ روز و در کشت پاییزه ۲۰۰ تا ۳۳۰ روز است. این گیاه دارای ریشه مستقیم و توسعه یافته است که تا عمق بیشتر از ۱/۵ متر می‌تواند گسترش یابد. با آغاز تحریکات گل‌دهی، رشد میانگره‌ها آغاز می‌شود و گیاه وارد فاز گل‌دهی می‌گردد. ارتفاع ساقه در ارقام زراعی ۸۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر است. شاخه‌های جانبی از زاویه داخلی برگ‌های فوقانی ساقه به صورت کوتاه رشد می‌کنند و تشکیل آن‌ها به طرف پایین ادامه می‌-

<sup>۱</sup>*Brassica napus* L.

<sup>۲</sup>*Brassica oleracea* L.

<sup>۳</sup>*Brassica campestris* L.

یابد. برگ‌های پایینی بوته به شکل روزت قرار دارند، این برگ‌ها به شکل بیضی به رنگ سبز تیره و دارای ترشحات واکسی هستند. ولی برگ‌های روی ساقه، کشیده و دارای بریدگی‌های عمیق و حاشیه مضرس‌اند و به طور متناوب روی ساقه آرایش یافته‌اند. گل-آذین کلزا به صورت خوشه‌ای و در انتهای ساقه اصلی و شاخه‌های جانبی ظاهر می‌شود. گل‌های آن اغلب زرد رنگ هستند. هر گل از چهار کاسبرگ، چهار گلبرگ، شش پرچم و یک مادگی زبرین دو برچه‌ای تشکیل شده است. کلزا گیاهی خودگشناس است، اما، میزان دگرگشنی ممکن است تا ۵۰ درصد هم برسد. میوه کلزا خورجینی بلند و باریک به طول ۱۰-۵ سانتی‌متر است که از دو برچه تشکیل شده و دو برچه توسط غشای نازکی از هم جدا شده‌اند. نیام در کلزا شکوفا است و ریزش دانه یکی از مشکلات کشت این گیاه است. در هر خورجین ۱۰ تا ۴۰ دانه کوچک و گرد به قطر ۱ تا ۲/۵ میلی‌متر وجود دارد. دانه به رنگ‌های زرد، قرمز تیره، قهوه‌ای و یا سیاه دیده می‌شود. وزن هزار دانه ۳/۵ تا ۶ گرم است (خواجه پور، ۱۳۸۵). زمین‌های خشک سردسیری، عمده مناطق تولید بالقوه کلزا هستند. باران کم، کاهش دمای سریع و عدم فراهمی آب آبیاری مشکلاتی است که در رابطه با کشت پاییزه کلزا در این مناطق وجود دارد. شاید بهترین توصیه برای این مناطق کشت بهاره باشد که امکان کشت زود هنگام در بهار را فراهم می‌آورد (Alizadeh, 2003). کلزا در خاک‌های سبک رسی تا رسی سنگین و شنی رشد می‌کند، ولی در خاک‌های سنگین ممکن است در زمان جوانه‌زنی اشکالاتی پیش آید. دمای مناسب برای جوانه‌زنی بذر کلزا ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد است و تا زمانی که طول ساقه‌چه کلزا به سه سانتی‌متری برسد به سرمای زیر سه درجه سانتی‌گراد حساس است و موجب خسارت سرمازدگی می‌شود (خواجه پور، ۱۳۸۵).

## ۳-۲- اهمیت اقتصادی

در نیمه دوم قرن بیستم بشر بیش‌تر به ارزش گیاه کلزا واقف شده است. کلزا در میان دانه‌های روغنی دارای خصوصیات منحصر به فردی می‌باشد. این گیاه به عنوان دانه روغنی پاییزه یک ساله در بین دانه‌های روغنی دیگر به راحتی در تناوب با غلات قرار می‌گیرد و با توجه به ویژگی‌های غذایی مفید روغن کلزا، تأثیر مثبت آن برای محیط زیست، مصارف صنعتی منجر به افزایش سطح زیر کشت کلزا برای تولید روغن شده است (عاشوری، ۱۳۸۰). بذور کلزا حاوی بیش از ۴۰٪ روغن و در عین حال بقایای حاصل از روغن‌کشی (کنجاله) دارای ۶ تا ۴۰ درصد پروتئین است که این مقدار پروتئین در

کنجاله توأم با ترکیب متوازن اسیدهای آمینه در آن، موجب می‌شود کنجاله کلزا به عنوان یک منبع پروتئینی در جیره‌ی غذایی دام مطرح شود. همچنین از کنجاله آن می‌توان به عنوان کود نیز استفاده کرد. روغن ارقام دارای اسید اروسیک بالا در صنایع صابون‌سازی (Kimber and McGregor, 2000)، پلاستیک‌سازی و همچنین به عنوان روان کننده در دستگاه‌های صنعتی و موتور جت (به دلیل تحمل حرارت بالا) کاربرد دارد (عاشوری، ۱۳۸۰). میزان زیاد روغن در دانه کلزا و همچنین ترکیب مناسب اسیدهای چرب ارقام اصلاح شده موجب تسلط آن بر بازارهای جهانی شده است. امروزه در تمام قاره‌های جهان، کلزا تولید می‌شود و از کشورهای بزرگ تولید کننده آن می‌توان به چین، هندوستان و کانادا اشاره کرد. کلزا به عنوان دانه روغنی سنتی در مناطق معتدله شمالی شناخته می‌شود و در گذشته به دلیل نامطلوب بودن ترکیبات روغن و ارزش غذایی کم آن مورد توجه قرار نمی‌گرفت (خواجه‌پور، ۱۳۸۶). روغن کلزا به‌طور وسیع در پخت و پز، سالاد و ساخت مارگارین استفاده می‌شود و به علت داشتن مقادیر کمتر اسیدهای چرب اشباع، نسبت به سایر روغن‌های گیاهی بیشتر مورد توجه مصرف کنندگان می‌باشد. کنجاله کلزا نیز منبع بسیار عالی پروتئین با ترکیب متوازنی از اسیدهای آمینه است و به عنوان مکمل غذایی در تغذیه دام‌ها و انسان استفاده می‌شود (Shahidi, 1990).

## ۲-۴- وضعیت کلزا در ایران و جهان

از نظر تولید کلزا در سال ۲۰۱۲، آسیا ۳۵/۱٪، اروپا ۳۵٪، آمریکا ۲۵٪، اقیانوسیه ۴/۵٪ و آفریقا ۰/۳٪ از کل تولید جهانی را به خود اختصاص داده‌اند. کشورهای عمده تولید کننده کلزا در سال ۲۰۱۲ شامل کانادا، چین و هند با ۶/۷ میلیون می‌باشند (فائو، ۲۰۱۲). در ایران استان گلستان با ۳۸/۶۵٪ تولید همانند سطح کشت در جایگاه نخست تولید کننده قرار گرفته است و استان‌های فارس، مازندران و همدان به ترتیب با ۱۴/۹۵، ۱۲/۴۱ و ۵/۳۴٪ تولید در مقام‌های دوم تا چهارم قرار گرفته‌اند (بی‌نام، ۱۳۸۸). در سال‌های اخیر به دلیل توجه بیشتر به توسعه و ترویج کلزا، سطح زیر کشت آن افزایش قابل ملاحظه‌ای یافته است. از جمله ویژگی‌های گیاهی کلزا که کشت آن را در ایران توجیه می‌نمایند، می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- نیازهای اکولوژیکی این گیاه و سازگاری بالای آن با اغلب نواحی اقلیمی کشور.
- خصوصیات زراعی کلزا به خصوص مقاوم بودن به خشکی و تا حدودی به شوری،

- مقاومت در برابر سرما و همچنین نیاز کم این گیاه تسببت به آب و امکان قرار گرفتن آن در تناوب با گندم.
- میزان روغن دانه کلزا حدود ۴۴ درصد و کنجاله آن دارای ۳۶ تا ۴۴ درصد پروتئین خام می‌باشد (خواجه پور، ۱۳۸۵).
  - دارا بودن تیپ‌های بهاره، زمستانه و حد واسط، امکان کشت این گیاه را در شرایط متفاوت اقلیمی فراهم می‌سازد.
  - گل‌دهی کلزا در زمانی که هیچ گل دیگری در منطقه موجود نمی‌باشد برای زنبور عسل بسیار جذاب می‌باشد و موجب توسعه زنبورداری می‌شود.
  - پتانسیل تولید علوفه سبز حدود ۵ تا ۳۰ تن در هکتار می‌باشد و میزان تولید ماده خشک در هر هکتار ۷-۵ تن گزارش شده است.
  - کنجاله ارقام اصلاح شده به راحتی جایگزین کنجاله سویا می‌شود.
  - قابلیت هضم مواد آلی کلزا (۹۳ درصد) در مقایسه با قابلیت هضم علوفه ذرت (۷۲ درصد) و یونجه (۶۸ درصد) بالاتر است (دهشیری، ۱۳۷۸).

## ۲-۵- مراحل نمو کلزا

چرخه حیاتی به مراحل اصلی تقسیم شده و سپس هر مرحله بر حسب ضرورت به مراحل ریزتری تفکیک می‌شود. مراحل نمو کلزا به اختصار عبارتند از:

۱- **کاشت:** بذر ممکن است در زمان‌های مختلفی در خاک قرار داده شود، ولی کاشت زمانی موثر محسوب می‌شود که بذرهای قرار داده شده در خاک شروع به جذب آب از خاک کنند.

۲- **سبز شدن:** به‌طور میانگین زمان سبز شدن هنگامی است که لپه‌ها در ۵۰ درصد از نقطه‌های کاشت سر از خاک بیرون آورده باشند و لپه‌ها از یکدیگر جدا شده باشند.

۳- **گیاهچه:** این مرحله از پایان مرحله سبز شدن و شروع رشد اولین برگ آغاز شده و تا شروع مرحله رشد روزت تا دوام می‌یابد.

۴- **روزت (غنچه‌ای):** این مرحله، از رسیدن گره برگ اول به سطح خاک تا شروع رشد طولی ساقه به طول می‌انجامد. طی این مرحله، برگ‌ها از ناحیه طوقه و میانگره‌های

رشد نیافته به وجود می‌آیند. برگ‌های جدید میانی به حالت عمودی و برگ‌های کناری به حالت افقی در اطراف طوقه قرار گرفته‌اند. در اوایل دوره رشد روزت و در اثر انقباض تدریجی محور زیر لپه، طوقه و جوانه انتهایی به سطح و حتی کمی زیر خاک کشیده می‌شوند. در نتیجه برگ‌ها در سطح خاک گسترش می‌یابند. شروع این مرحله هنگامی به حساب می‌آید که گره اولین برگ در ۵۰ درصد بوته‌ها به سطح خاک برسد.

**۵- شروع رشد طولی ساقه:** این مرحله با پیدایش اولین تحریکات گل‌دهی و شروع تغییر شکل مریستم انتهایی ساقه اصلی از حالت گنبد رویشی به فرم اولیه گل‌آذین آغاز می‌شود. از نظر ظاهری، شروع رشد طولی ساقه با ارتفاع‌گیری اولین میانگره از سطح خاک به طول حداقل یک سانتی‌متر قابل مشاهده است. وقوع این مرحله در ۵۰ درصد از بوته‌های مزرعه را می‌توان معادل رشد طولی ساقه محسوب کرد. ارتفاع ساقه به تدریج و با وقوع رشد طولی میانگره‌های بعدی و تا تکمیل رشد میانگره آخرین برگ، افزایش می‌یابد.

**۶- تورم جوانه انتهایی:** در این مرحله، گل‌آذین شکل گرفته است ولی هنوز توسط برگ‌های جوان انتهایی ساقه اصلی احاطه شده است. این مرحله را می‌توان با لمس جوانه انتهایی ساقه اصلی به صورت یک تورم تشخیص داد. وقوع این مرحله در ۵۰ درصد بوته‌های مزرعه را می‌توان معادل تورم جوانه انتهایی محسوب کرد.

**۷- گل‌آذین سبز:** اولین زمانی که گل‌آذین اصلی به رنگ سبز در رأس ساقه اصلی ۵۰ درصد از بوته‌ها و در بالای برگ‌ها قابل رویت می‌گردد به نام مرحله گل‌آذین سبز شناخته می‌شود. این مرحله با تشکیل گامت‌ها هم‌زمان است.

**۸- شروع گل‌دهی:** این مرحله با باز شدن اولین گل در روی گل‌آذین اصلی ۵۰ درصد از بوته‌های مزرعه مشخص می‌شود. این مرحله با شروع گرده افشانی نیز هم‌زمان است. گل‌دهی از پایین گل‌آذین آغاز شده و به طرف بالا ادامه می‌یابد.

**۹- پایان گل‌دهی:** در این مرحله کلیه گل‌های زنده موجود روی گل‌آذین اصلی ۵۰ درصد از بوته‌های مزرعه باز شده‌اند.

**۱۰- شروع نیام‌بندی:** این مرحله هنگامی است که پایین‌ترین نیام واقع در گل‌آذین اصلی ۵۰ درصد از بوته‌های مزرعه به طول حداقل ۲ سانتی‌متر رسیده باشد.

۱۱- **پایان نیام‌بندی:** این مرحله هنگامی است که طول تمام نیام‌های واقع در گل-آذین اصلی (حاصل از پایان گل‌دهی) در ۵۰ درصد از بوته‌های مزرعه به بیش از ۲ سانتی‌متر رسیده باشد.

۱۲- **شروع دانه‌بندی:** این مرحله هنگامی است که وجود دانه در نیام‌های ثلث پایینی گل‌آذین اصلی در ۵۰ درصد از بوته‌های مزرعه قابل احساس باشد.

۱۳- **مرحله رسیدگی فیزیولوژیک:** در این مرحله بوته‌ها شروع به زرد شدن نموده، دانه در نیام‌های ثلث میانی گل‌آذین ۵۰ درصد از بوته‌ها به رنگ سبز-قهوه‌ای درآمده و میانگین رطوبت دانه‌های بوته ۳۰ تا ۳۵ درصد باشد. در این مرحله، دانه‌ها در اثر فشردن بین انگشتان دست له نشده و به راحتی می‌چرخند.

۱۴- **رسیدگی کامل:** در این مرحله کلیه دانه‌ها سخت و سیاه شده و یا رنگ رقم مربوطه را دارند و رطوبت آن‌ها کمتر از ۱۵ درصد می‌باشد (Thomas, 1984).

## ۶-۲- گونه‌های کلزا

توانایی بذر گونه‌های کلزا برای جوانه زدن و رشد در دماهای پایین موجب شده است که این گونه‌ها به عنوان یکی از محدود گیاهان زراعی روغنی که می‌توان آن‌ها را در مناطق معتدله، ارتفاعات بالا و تحت شرایط نسبتاً خنک کشت کرد به صورت گیاهان زمستانه مطرح باشند. پنج گونه‌ی کلزا به عنوان گیاهان روغنی در سراسر دنیا کشت می‌شوند که عبارتند از:

### ۶-۲-۱- *Brassica napus* L.

*Brassica napus* همان کلزای معمولی است که عموماً در اروپا و کانادا کشت می‌شود. در کانادا به کلزای آرژانتینی نیز معروف است. زیرا برای اولین بار از آنجا به کانادا وارد شده است. ارقام بهاره و زمستانه این گونه به عنوان منبع روغن گیاهی کشت می‌شوند ولی ارقام زمستانه در شرایط مساعد معمولاً پرمحصول‌تر می‌باشند و همچنین ارقام بهاره در عرض‌های جغرافیایی و ارتفاعات بالاتر و در نقاطی که شانس بقای گیاه در زمستان کم است کشت و کار می‌شود. بذور این گونه به رنگ سیاه هستند و در حالت طبیعی فرم‌هایی با بذور زرد رنگ وجود ندارند (عزیزی و همکاران، ۱۳۷۸).

### *Brassica rapa* L.-۲-۶-۲

*B. campestris* در گذشته *B. rapa* یا شلغم روغنی نامیده می‌شد. این گونه در کانادا به کلزای لهستانی معروف است. زیرا اولین بار از آنجا وارد کانادا شده است. این گونه یکی از فرم‌های بدون غده شلغم واقعی می‌باشد. ارقام بهاره و زمستانه این گونه به عنوان منبع روغن مورد کشت و کار قرار می‌گیرند. مقاوم‌ترین ارقام کلزا به سرما به این گونه تعلق دارند و در دماهای پایین از سرعت رشد تا حدود بالایی برخوردار هستند. ارقام این گونه در عرض‌های جغرافیایی بالاتر زودرس‌تر می‌باشند (عزیزی و همکاران، ۱۳۷۸).

### *Brassica juncea* L.-۳-۶-۲

*B. juncea* یا خردل هندی دارای بذور قهوه‌ای یا زرد رنگ است و می‌توان به وسیله رنگ بذور آن، ارقام این گونه را شناسایی کرد. این گونه به شرایط خشک سازگاری کامل دارد و نسبتاً زودرس می‌باشد. به طور گسترده‌ای به عنوان یک گیاه روغنی در شمال شبه قاره هند و بخش‌های مختلف چین که در آن نقاط تنوع فرم‌های زراعی زیاد است، کشت می‌شود. این گونه توان قابل توجهی برای مطرح شدن به عنوان یک گیاه روغنی دارد (عزیزی و همکاران، ۱۳۷۸).

### *Brassica carinata* L.-۴-۶-۲

این گونه دارای رشد کمی است. بذور این گونه بزرگ و غالباً سیاه رنگ هستند ولی فرم‌های دارای بذور زرد نیز وجود دارد (عزیزی و همکاران، ۱۳۷۸).

### *Sinapisalba* L.-۵-۶-۲

این گونه *Brassica hirta* نیز نامیده می‌شود که در اروپا به خردل سفید و در شمال امریکا به خردل زرد معروف است. بذور این گونه بزرگ و دارای رنگ زرد روشن است (عزیزی و همکاران، ۱۳۷۸).

### ۲-۷-تنش

تنش عبارت از هر عامل زیستی یا محیطی است که بتواند به موجود زنده صدمه وارد نماید. تنش نتیجه برهم خوردن فرآیندهای حیاتی سلول‌های گیاهی است که در اثر یک یا چند عامل زیستی و محیطی حاصل می‌شود. در اثر تنش جوانه‌زنی، رشد و نمو، کیفیت و عملکرد محصول تحت تأثیر قرار می‌گیرد. به‌علاوه تنش ممکن است موجب مرگ

بخشی از گیاه یا تمام آن شود (Latini et al., 2007). تنش‌های محیطی (شوری، خشکی، سرما، گرما، عناصر سنگین و ...) مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر گیاهان زراعی به شمار می‌آیند. تنش‌های محیطی را به دو دسته‌ی تنش‌های زیستی و غیرزیستی (فیزیوشیمیایی) تقسیم می‌کنند. تنش‌های زیستی، خسارت انواع آفات، علف‌های هرز و عوامل بیماری‌زا به گیاهان را شامل می‌شود. به طور کلی تنش فیزیوشیمیایی یا غیرزیستی به پنج گروه خشکی، شوری، درجه حرارت بالا و پایین، نور و عناصر غذایی تقسیم می‌شوند و خسارات ناشی از محدودیت آب، شوری و دما در سطح جهان گسترده‌تر است (Nagarjan, 2010). تنش‌های غیر زیستی از موانع و تهدیدهای مهم برای کشاورزی به حساب می‌آیند که در این میان، تنش کمبود آب در مقایسه با سایر تنش‌ها خسارت بیشتری در جهان به گیاهان زراعی وارد می‌کند (Wang et al., 2003).

## ۲-۸- محدودیت آبی

خشکی در ایران و جهان پدیده‌ای اجتناب‌ناپذیر است که همه ساله با شدت‌های متفاوتی، تولید محصولات کشاورزی را کاهش می‌دهد. عدم بارندگی کافی و توزیع غیر یکنواخت آن در طول فصل رشد در مناطق خشک و نیمه خشک موجب شده است که کشت بیشتر محصولات کشاورزی در شرایط دیم امکان‌پذیر نباشد (Gubis et al., 2007). خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل تنش‌زای محیطی است که بر بیشتر مراحل رشد گیاه و همچنین ساختار و فعالیت اندام‌ها آثار مخرب و زیان‌باری دارد (Yordanov et al., 2000). کمبود آب، آماس سلول‌پودر نتیجه باز و بسته شدن روزنه‌ها، فرآیندهای فتوسنتز، تنفس و تعرق را تحت تأثیر قرار داده و از طرف دیگر با تأثیر بر فرآیندهای آنزیمی که به طور مستقیم با پتانسیل آب کنترل می‌شوند بر رشد گیاه اثر منفی می‌گذارد (Gubis et al., 2007). کرامر (Kramer, 1999) تنش خشکی را کمبود نزولات در محیط گیاه تعریف می‌کند که بر اثر آن گیاه آسیب می‌بیند و میزان این آسیب بستگی به نوع گیاه، ظرفیت نگهداری آب در خاک و شرایط جوی مؤثر بر تبخیر و تعرق دارد. تنش کم آبی موجب تغییرات آناتومی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان می‌گردد و تنش‌هایی مانند شوری، سرمازدگی و یخ زدگی چون همراه با از دست رفتن آب بافت می‌باشد منجر به تنش کم آبی در گیاهان می‌شوند. در شرایط تنش خشکی تولید انواع گونه‌های فعال اکسیژن منجر به خسارت اکسیداتیو و در نتیجه اختلال در اعمال فیزیولوژیکی سلول‌ها می‌گردد، همچنین در شرایط تنش فرآیندهای مخرب غشاء فعال شده و منجر به اکسیداسیون



لیپیدهای غشاء می‌شود. واکنش گیاهان به سطوح مختلف محدودیت آبی متفاوت است و به شدت و مدت تنش، گونه گیاهی و مرحله رشدی گیاه بستگی دارد (Chaves et al., 2003). محدودیت آبی هم‌چنین رشد گیاه را از طریق ایجاد تغییرات مورفولوژیک در ساختار گیاه، تأثیر بر فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، تنفس، متابولیسم عناصر غذایی، تراوایی غشاهای سلولی و ... تحت تأثیر قرار می‌دهد (Jaleel et al., 2009).

## ۲-۹- آثار مخرب محدودیت آبی

یکی از حساس‌ترین مراحل فیزیولوژیکی به محدودیت آبی، رشد سلول‌هاست که علت آن کاهش فشار تورگراست. توسعه سلول می‌تواند تنها در زمانیکه فشار تورگریش از پتانسیل تورگر استانه‌استرخ دهد. محدودیت آبی توسعه سلول‌ها را در گیاهها به علت فشار پایینی که متوقف می‌سازد (Makersie and Leshem, 1994). هم‌چنین، کاهش جذب آب از ریشه‌ها، با کاهش تورژسانس سلول همراه بوده و موجب کاهش تقسیم سلولی و مهار رشد سلول‌ها می‌گردد (Yordanov and Tsonev, 2003). کاهش میزان آب در محیط جذب، با اختلال در انتقال مواد غذایی لازم برای رشد و عدم توانایی در تولید ماده خشک، کاهش شدت رابهدنبا دارد. کاهش آبدربافت‌های گیاهی موجب لوله‌ای شدن و پیچ خوردن برگ‌ها، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز، اثر بر تنفس، کاهش فضای بین سلولی، تخریب پروتئین و آنزیم‌ها، تولید مواد سمی، اختلال آتهورمونی از جمله افزایش اسید آسزیک، افزایش تولید انواع اکسیژن‌واکنش‌گر، کاهش شدید کننده‌های رشد و تجمع پرولین و قند می‌شود (Shimshi et al., 1992). محدودیت آب هم‌چنین موجب آسیب به رنگیزه‌ها و پلاستیدها، کاهش کلروفیل، کاروتنوئید و کاهش ضخامت تیلاکوئیدها در اغلب گیاهان می‌گردد (Follows and Boyer, 1996).

## ۲-۱۰- راه کارهای تحمل به محدودیت آبی

تحمل محدودیت آبی یک خصوصیت پیچیده بوده و سازوکارهای ژنتیکی و فیزیولوژیکی مربوط به آن نیز به خوبی شناخته نشده است. واکنش گیاهان به محدودیت آبی به ماهیت کمبود آب بستگی داشته و می‌تواند به صورت زیر باشد :

۱- پاسخ‌های فیزیولوژیک به تنش کوتاه مدت (پاسخ کوتاه مدت)

۲- تطابق غیر قابل توارث با سطح مشخصی از محدودیت آب (پاسخ میان مدت)

### ۳- تطابق قابل توارث با محدودیت آبی (پاسخ بلند مدت)

پاسخ کوتاه مدت به محدودیت آب با کاهش حداکثر جذب  $CO_2$  همراه است. از جمله‌ی پاسخ‌های میان مدت به محدودیت آبی، تنظیم اسمزی به وسیله‌ی تجمع نمک‌های آلی و پاسخ بلند مدت به محدودیت آبی شامل الگوهای ژنتیکی است (Pessaraki, 1999). گیاهان به وسیله‌ی مکانیسم‌های مختلف، از جمله پست‌تنروزنه‌ها، ضخیم شدن کوتیکول، کاهش سطح برگ، کاهش پروتئین تنظیم‌اسمزی می‌توانند در برابر محدودیت آب مقاومت کنند (Levitt, 1980). کاهش تعداد و سطح برگ در مراحل اولیه‌ی رشد، عامل بسیار مهم برای مصرف آب در مواقع خشکسالی و کم‌آبی است. تغییر زاویه‌ی برگ، وضعیت قرار گرفتن آن در برابر تابش نور، لوله‌ای شدن و پژمرده شدن همگی واکنش‌هایی به منظور کاهش بارحرارتی و تلفات آب می‌باشد که نوعی سازش در برابر شرایط نامساعد محیطی محسوب می‌شوند (Baly, 2003).

### ۲-۱۱- مکانیسم‌های مقاومت به محدودیت آبی

مقاومت به محدودیت آبی یعنی توانایی یک گیاه برای زنده ماندن، رشد و عملکرد رضایت بخش، زمانی که در معرض دوره‌های کم آبی قرار می‌گیرد. مکانیسم مقاومت به محدودیت آبی در گیاهان تلفیقی از مکانیسم‌های اجتناب<sup>۱</sup>، تحمل<sup>۲</sup> و باز یافت می‌باشد (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۹).

### ۲-۱۱-۱- اجتناب از محدودیت آبی

به توانایی یک گیاه برای نگه‌داری پتانسیل آب بالا و باقیماندن در این وضعیت در طول مدت کم آبی اجتناب از محدودیت آبی می‌گویند. اجتناب از محدودیت آبی به این معنی است که با سطح بالای هیدراسیون، فرآیندهای متعدد متابولیک، بیوشیمیایی و فیزیولوژیک که در رشد و عملکرد نقش دارد نسبت به محدودیت آبی حفاظت می‌شوند (Blum, 1998). اجتناب از محدودیت آبی را می‌توان قابلیت از گیاه برای دوری از خسارت به بافت‌ها در دوره‌های کم آبی نامید. بدین وسیله گیاه از طریق کاهش تبخیر و تعرق، جذب رطوبت زیاده‌تر از پروفیل خاک و یا ترکیبی از هر دو موجب می‌شود که از

<sup>1</sup> Avoidance

<sup>2</sup> Tolerance

<sup>3</sup> Recycle

Title and Author: **The effect of bio-fertilizers on yield and agrophysiological traits of rapeseed under application of nitrogen fertilizer and water restriction conditions/ Hossein Vatan Doost**  
Supervisor: **Raouf Seyed Sharifi**  
Graduation date: **2019/1/8**  
Number of pages: **165**

### **Abstract**

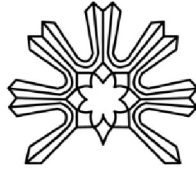
**Research Aim:** Study of the effect of growth stimulating bacteria on some morpho-physiological traits, grain filling and some fatty acids composition of rapeseed.

**Research method:** The present study was carried out based on two factorial experiments in a randomized complete block design with three replications in Agricultural Research Station of Ardabil in 2016. The first experiment consisted of three factors including irrigation levels (full irrigation, irrigation withholding at flowering stage and pod formation, irrigation withholding in the seed formation stage), growth stimulating bacteria in four levels (no seed inoculation with bacteria, inoculation with *Nitrobacter*, *pseudomonas* and *azosperilium*).

**Findings:** Results showed that with application of water restriction, seed number per pod, grain filling rate, grain filling duration, photosynthetic pigments decreased but proline content increased. Means comparison showed that maximum yield (1.62 t/ha), seed number per pod (30.66), grain filling duration (54.42 days), chlorophyll a (23.33 mg.g.Fw), total chlorophyll (29.83 mg.g.Fw), Oleic acid (71.24%) and linolenic acid (11.54%) were obtained by inoculum with *Azosperilium* and full irrigation. The highest content of proline (2.14 mg/g Fw) was observed in the combination of *Azosperilium* application and irrigation withholding at flowering stage and pod formation. The results showed that irrigation withholding at flowering and pod formation stage and seed formation stage reduced grain yield by 38.8 and 42.1%, respectively. The use of bacteria stimulating growth of *Azosperilium*, *Pseudomonas* and *Nitrobacter* led to increase the yield by 74.6, 8.33 and 11.2% respectively. Means comparison showed that maximum yield (1.786 t/ha), seed number per pod (32), effective filling duration (57.029 days), chlorophyll b (7.90 mg.g.Fw), total chlorophyll (33.02 mg.g.Fw) were obtained by inoculum with *Azosperilium* and 50% FYM + 50% nitrogen. Experimental factors in second experiment included five levels of nitrogen and farmyard manure (100% nitrogen, 25% FYM+75% nitrogen, 50% FYM+50% nitrogen, 75% FYM +25% nitrogen and 100% FYM and four bio fertilizers levels, such as no biofertilizer, seed inoculation with *Nitrobacter*, *Pseudomonas*, *Azosperillum*. The unsaturated fatty acids (oleic acids, linoneic, linoleic and palminoleic acid) increased at 50% N+50% FMY along with bio fertilizer compared to the control, while it was found vice versa in case of saturated fatty acids (palmetic and arashidic acid). Application of 100% FYM decreased oil (low erucic acid) and enhances the seed protein. Application of 50% FYM + 50% nitrogen along with *Pseudomonas* treated plants caused an increase of about 111% in seed yield of canola in comparison to that without inoculation and 100% FYM.

**Conclusion:** In general, it can be concluded that water stress causes a significant reduction in many agro-physiological traits, but the use of biofertilizers in these conditions can reduce the effects of destructive stress, and in some cases, also improved the value of these traits. Furthermore, combined use of chemical, organic and biological fertilizers increased the yield and yield components of canola as compared to using 100% alone. The greatest impact on the canola production increment has been achieved by 50% application of chemical and livestock manure plus inoculation of seeds with growth-promoting bacteria.

**Keywords:** Agrophysiological characteristics, Biofertilizer, Nitrogen fertilizer, Rapeseed, Water deficit conditions



**University of Mohaghegh Ardabili**  
**Faculty of Agriculture and Natural Resources**  
**Department of Agronomy and Plant Breeding**

Dissertation submitted in partial fulfillment for the degree of Doctor  
of Philosophy  
in Crop Physiology

**The effect of bio-fertilizers on yield and  
agrophysiological traits of rapeseed under  
application of nitrogen fertilizer and water  
restriction conditions**

By:  
**Hossein Vatan Doost**

Supervisor:  
**Raouf Seyed Sharifi**

Advisor:  
**Salim Farzaneh**  
**Davood Hasanpanah**

**January 2019**