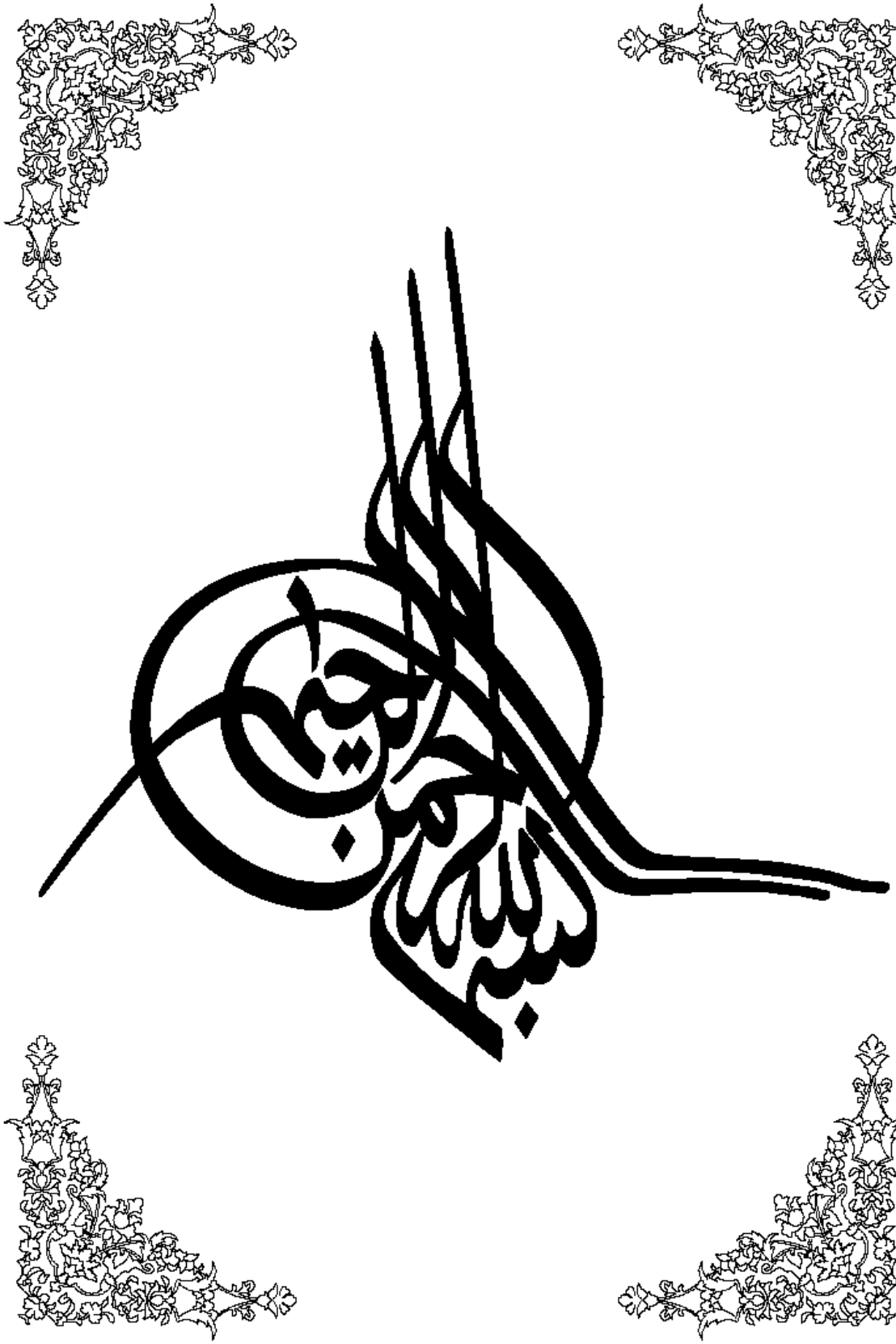

دانشکده کشاورزی

گروه اکوفیزیولوژی گیاهی

رساله برای دریافت درجه دکتری در رشته زراعت (فیزیولوژی گیاهان زراعی)

عنوان

ارزیابی تغییرات کیفی بذر و مقایسه رشد و عملکرد گیاهان حاصل از بذرهای با رسیدگی متفاوت کلزای پاییزی در واکنش به کم آبی

استادان راهنما

دکتر کاظم قاسمی گلعذانی　　دکتر محمد رضا شکیبا

استادان مشاور

دکتر ابوالقاسم محمدی　　دکتر صفر نصراله زاده

پژوهشگر

پریسا شیخ زاده مصدق

خرداد ۱۳۹۱　　شماره پایان نامه: ۱

تقدیم به پدرم بزرگوارم:

به او که نمی دانم از بزرگی‌اش بگویم یا مردانگی، سخاوت، سکوت، مهربانی و .....

تقدیم به مادر عزیزتر از جانم:

آنکه آفتاب مهرش در قلبم، همچنان پابرجاست و هرگز غروب نخواهد کرد.

تقدیم به همسر مهربانم:

اسطوره زندگیم، پناه خستگیم و امید بودنم

تقدیر و سپاسگزاری

سپاس بی‌کران پروردگار یکتا را که هستی‌مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمودمان شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت.

در پایان این پژوهش، برخود لازم می‌دانم تا سپاسگزار و قدردان کسانی باشم که همواره راهنمایان و راهگشایان من در طول این سال‌ها بودند.

از اساتید راهنمای بزرگوارم جناب آقای دکتر کاظم قاسمی گلعذانی و دکتر محمد رضا شکیبا که همواره با بردباری و دقت زائدالوصف راهنمایی‌های ارزنده‌ای را در طول اجرا و تدوین این رساله ارائه نمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از مساعدت‌های ارزنده و راهنمایی‌های بی‌دریغ اساتید مشاور ارجمندم جناب آقای دکتر ابوالقاسم محمدی و دکتر صفر نصراله‌زاده سپاسگزاری می‌کنم.

از داوران ارجمند رساله جناب آقای دکتر مهدی تاجبخش، دکتر سعید زهتاب و دکتر یعقوب راعی که زحمت بازخوانی را متقبل نموده‌اند و نظرات ارزشمندی را بیان فرمودند کمال تشکر را دارم.

از مدیریت محترم گروه اکوفیزیولوژی گیاهی جناب آقای دکتر یعقوب راعی و اساتید محترم گروه که در طول دوره تحصیل از محضر محترمشان کسب فیض نموده‌ام تقدیر و تشکر می‌نمایم.

همچنین از کلیه بزرگواران و عزیزانی که اینجانب را در اجرای این پژوهش یاری نموده‌اند صمیمانه سپاسگزاری می‌کنم.

در نهایت پاکترین و خالصانه‌ترین سپاس‌ها تقدیم می‌دارم به خانواده عزیز و همسر فداکارم که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم.

پریسا شیخ‌زاده مصدق

خرداد ۱۳۹۱

نام خانوادگی: شیخ زاده مصدق **نام**: پریسا

عنوان پایان‌نامه: ارزیابی تغییرات کیفی بذر و مقایسه رشد و عملکرد گیاهان حاصل از بذرهای با رسیدگی متفاوت کلزای پاییزی در واکنش به کم آبی

استادان راهنما: دکتر کاظم قاسمی گلعذانی و دکتر محمد رضا شکیبا

استادان مشاور: دکتر ابوالقاسم محمدی و دکتر صفر نصراله زاده

مقطع تحصیلی: دکتری **رشته**: زراعت **گرایش**: فیزیولوژی گیاهان زراعی

دانشگاه: تبریز **دانشکده**: کشاورزی

تعداد صفحات: ۱۵۷ **تاریخ فارغ التحصیلی**: **۱۳۹۱/۳/۲۰**

کلید واژه‌ها: اجزای عملکرد، رسیدگی وزنی، سبز شدن گیاهچه، کیفیت فیزیولوژیکی بذر، کلزای پاییزی، کمبود آب، نمو بذر

چکیده:

مرحله رسیدگی در زمان برداشت یکی از مهمترین عامل‌هاست که می‌تواند کیفیت فیزیولوژیکی بذرها را تحت تأثیر قرار دهد. این پژوهش در سال‌های ۸۹-۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تبریز اجرا شد تا تغییرات کیفی بذور ارقام کلزای پاییزی (مودنا، اپرا و SLM_{046}) در مراحل مختلف نمو و همچنین اثر بذور با رسیدگی متفاوت روی استقرار گیاهچه و عملکرد مزرعه‌ای تحت تیمارهای مختلف آبیاری مورد ارزیابی قرار گیرد. بذور به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه کشت شدند. بذور در ۹ مرحله در طول نمو و رسیدگی برداشت شدند. نتایج نشان داد که بسته به رقم حداکثر وزن دانه (رسیدگی وزنی) در ٤٨ تا ٥٤ روز بعد از گلدهی، وقتی که رطوبت بذرها حدود ٥٠-٤١ درصد بود، حاصل شد. در حالی‌که، حداکثر کیفیت بذر بر مبنای درصد بذور زنده، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه در حدود ۱۰ تا ۲۲ روز بعد از رسیدگی وزنی با رطوبت ١٤ تا ١٦٪ به دست آمد. بعد از آن کیفیت بذرها به علت پیری و فرسودگی کاهش یافت. حداکثر سرعت جوانه‌زنی رقم SLM_{046} و وزن خشک گیاهچه رقم اپرا به طور معنی‌داری بیشتر از دو رقم دیگر بود. این اختلاف در پارامترهای کیفی بذر به تفاوت در ساختار ژنتیکی بین ارقام کلزا نسبت داده شد. سرعت پر شدن دانه و حداکثر وزن دانه رقم اپرا به طور معنی‌داری بیشتر از رقم مودنا بود. سه توده بذر برداشت شده در ٣٦، ٦٤ و ٨٥ روز بعد از گلدهی (به ترتیب: V_1، V_2 و V_3) با سطوح مختلف جوانه‌زنی و قدرت برای ارزیابی مزرعه‌ای در آزمایش دوم انتخاب شدند. کیفیت توده بذری V_2 بیشتر از V_3 و آن هم بیشتر از V_1 بود. آزمایش مزرعه‌ای دوم به صورت اسپلیت پلات- فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. با محدودیت آب قابل دسترس، هدایت

الکتریکی و دمای برگ افزایش، ولی حداکثر وزن دانه کاهش یافت. با وجود این، سایر صفات مزرعه‌ای به دلیل وجود بارندگی‌های زیاد در بهار ۱۳۸۹ تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار نگرفتند. گیاهان حاصل از توده بذور V_1، V_2 و V_3 شاخص کلروفیل یکسانی در شرایط آبیاری مطلوب داشتند، ولی شاخص کلروفیل گیاهان حاصل از بذور با کیفیت پایین (V_1) به طور معنی‌داری تحت شرایط آبیاری محدود به‌ویژه در تنش شدید کم آبی کاهش یافت. اگرچه سرعت سبز شدن، ارتفاع بوته، سرعت پر شدن دانه و حداکثر وزن دانه رقم مودنا کمتر از سایر ارقام بود، ولی این رقم تعداد دانه در نیام و بوته و شاخص برداشت بیشتری داشت. در نهایت، عملکرد دانه در واحد سطح هر سه رقم از نظر آماری یکسان بود. درصد سبز شدن گیاهچه، تعداد دانه در واحد سطح، عملکرد بیولوژیکی و دانه با افت کیفیت بذر کاهش یافت. بیشترین عملکرد دانه برای ارقام مودنا و اپرا در گیاهان حاصل از V_2 مشاهده شد، اما برای رقم SLM_{046} بیشترین عملکرد دانه در گیاهان حاصل از بذور V_3 ثبت شد. شاخص برداشت رقم مودنا برای گیاهان حاصل از توده بذور با کیفیت متفاوت مشابه و به طور معنی‌داری بیشتر از اپرا و SLM_{046} بود. ماده خشک گیاهان حاصل از توده بذر V_2 در تمام تیمارهای آبیاری یکسان بود، ولی ماده خشک گیاهان حاصل از توده بذور V_1 و V_3 در شرایط آبیاری محدود و به‌ویژه در تنش شدید کم آبی (I_3) کاهش یافت. درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه همبستگی مثبتی با درصد سبز شدن، تعداد دانه در واحد سطح، عملکرد بیولوژیکی و دانه داشتند. با وجود این، همبستگی هدایت الکتریکی مواد نشتی از بذور با این صفات مزرعه‌ای منفی و معنی‌داری داشت. این همبستگی‌های معنی‌دار نشان می‌دهد که ۱) آزمون‌های کیفیت بذر می‌تواند اطلاعات با ارزشی را در رابطه با عملکرد بالقوه توده بذور مختلف در مزرعه فراهم نماید. ۲) کشت توده بذور با کیفیت بالا می‌تواند استقرار مطلوب و عملکرد رضایت‌بخشی را تحت دامنه وسیعی از شرایط محیطی تضمین نماید.

عنوان **فهرست مطالب** صفحه

مقدمه ۱

فصل اول: بررسی منابع ٤

۱-۱- تاریخچه و اهمیت کلزا ٤

۱-۲- تنش خشکی ٥

۱-۳- مکانیسم‌های مقاومت به خشکی ۷

۱-٤- معیارهای اندازه‌گیری مقاومت گیاهان به تنش خشکی ۸

۱-٤-۱- دمای برگ ۹

۱-٤-۲- وزن خشک بوته ۱۰

۱-٤-۳- ارتفاع بوته ۱۱

۱-٤-٤- اثر تنش خشکی بر نفوذپذیری غشای سلولی ۱۱

۱-٥- اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ۱۳

۱-٦- نمو بذر ۱۸

۱-٦-۱- نمو جنین ۱۹

۱-٦-۲- نمو و تمایز پوسته بذر ۲۰

۱-٦-۳- نمو آندوسپرم ۲۱

۱-۷- جوانه‌زنی بذر ۲۲

۱-۷-۱- فعال‌سازی ۲۳

۱-۷-۲- هضم و انتقال ۲۳

۱-۷-۳- رشد گیاهچه ۲۳

۱-۸- قدرت بذر ۲٤

۱-۹- تغییرات کیفیت بذر در مراحل مختلف نمو و رسیدگی ۲٦

۱-۱۰- اثر کیفیت بذر بر سبز کردن، نمو و عملکرد دانه ۳۱

۱-۱۱- اهداف ۳٥

فصل دوم: مواد و روش‌ها ۳٦

۲-۱- مشخصات محل اجرای آزمایش ۳٦

۲-۲- آزمایش سال اول (۸۸-۱۳۸۷) ۳۸
۲-۲-۱- طرح آزمایشی ۳۸
۲-۲-۲- عملیات زراعی ۳۸
۲-۲-۳- برداشت بذر ۳۹
۲-۲-٤- روند پر شدن بذرها ۳۹
۲-۲-۵- تعیین درصد رطوبت بذر ٤۰
۲-۲-٦- عملکرد و اجزای عملکرد بذر ٤۱
۲-۲-۷- آزمون‌های آزمایشگاهی ٤۲
۲-۳- آزمایش سال دوم (۸۹-۱۳۸۸) ٤٤
۲-۳-۱- طرح آزمایشی ٤٤
۲-۳-۲- عملیات زراعی ٤٤
۲-۳-۳- اندازه‌گیری صفات ٤۵
۲-۳-٤- محاسبات آماری ٤۹
فصل سوم: نتایج و بحث ۵۱
آزمایش اول ۵۱
۳- ۱- صفات مزرعه‌ای ۵۱
۳-۱-۱- ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی ۵۱
۳-۱-۲- تعداد نیام در بوته ۵۱
۳-۱-۳- تعداد دانه در نیام ۵۲
۳-۱-٤- تعداد دانه در بوته ۵۲
۳-۱-۵- سرعت و دوره پر شدن دانه ۵۳
۳-۱-٦- عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه در واحد سطح ۵٤
۳-۱-۷- شاخص برداشت ۵٤
۳-۲- روند تغییرات کیفی بذرها در مراحل مختلف نمو و رسیدگی ۵۷
۳-۲-۱- وزن بذر ۵۷

۳-۲-۲- درصد بذور زنده ۵۸
۳-۲-۳- درصد جوانه‌زنی ۵۹
۳-۲-٤- سرعت جوانه‌زنی ٦۱
۳-۲-۵- وزن خشک گیاهچه ٦۳
۳-۲-٦- درصد رطوبت بذرها ٦۵
۳-۳- تجزیه واریانس حداکثر صفات کیفی ٦۷
آزمایش دوم ٦۹
۳-٤- کیفیت بذرهای مورد آزمایش ٦۹
۳-٤-۱- وزن هزار بذر ۷۰
۳-٤-۲- نشت الکترولیت از بذرها ۷۱
۳-٤-۳- درصد بذور زنده ۷۲
۳-٤-٤- درصد جوانه‌زنی بذر ۷۳
۳-٤-۵- سرعت جوانه‌زنی ۷٤
۳-٤-٦- وزن خشک گیاهچه ۷٤
۳-۵- استقرار گیاه در مزرعه ۷٦
۳-۵-۱- درصد سبز شدن ۷٦
۳-۵-۲- سرعت سبز شدن ۷۸
۳-٦- درصد بقای زمستانی ۷۹
۳-۷- شاخص‌های رشد ۸۰
۳-۷-۱- تجمع ماده خشک (DMA) در بوته ۸۰
۳-۷-۲- سرعت رشد گیاه زراعی(CGR) ۸۷
۳-۷-۳- سرعت رشد نسبی (RGR) ۹۳
۳-۸- نشت الکترولیت از برگ ۹۹
۳-۹- دمای برگ ۹۹
۳-۱۰- تفاوت دماهای برگ و محیط ۱۰۳
۳- ۱۱- شاخص کلروفیل برگ ۱۰٦

۳-۱۲- ارتفاع بوته ۱۱۲
۳-۱۳-تعداد شاخه فرعی ۱۱۲
۳-۱٤- تعداد دانه در نیام ۱۱٤
۳-۱۵- تعداد دانه در بوته ۱۱٤
۳-۱٦- تعداد دانه در واحد سطح ۱۱۵
۳-۱۷- سرعت و دوره پر شدن دانه ۱۱٦
۳-۱۸- عملکرد بیولوژیکی ۱۲۳
۳-۱۹- عملکرد دانه ۱۲۵
۳-۲۰- شاخص برداشت ۱۲۷
۳-۲۱- همبستگی بین صفات مهم مورد بررسی در آزمایشگاه و مزرعه ۱۲۹
۳-۲۲- نتیجه‌گیری کلی ۱۳٤
پیشنهادها ۱۳٦
فصل چهارم: منابع ۱۳۷

مقدمه

پیش‌بینی می‌شود که جمعیت جهان در سال ۲۰۲۵ به ۸/۵ میلیارد نفر برسد. بنابراین برای تأمین نیازهای غذایی این جمعیت در حال رشد، احتیاج به افزایش حدود ۵۰٪ در تولید غذا به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه (آسیا، آفریقا و آمریکای لاتین) است که از طریق افزایش تولید گیاهان زراعی می‌تواند تامین شود. برای افزایش تولید گیاهان زراعی دو راه عمده شامل افزایش سطح زیر کشت و بهبود عملکرد در واحد سطح وجود دارد. با توجه به محدودیت اراضی قابل کشت، این افزایش به ناچار باید از طریق افزایش عملکرد گیاهان زراعی مورد کشت در زمین‌های قابل کشت موجود صورت گیرد که با بهبود در روش‌های به‌زراعی و به‌نژادی امکان‌پذیر خواهد بود (شارما و همکاران، ۲۰۰۰؛ بابو و همکاران، ۲۰۰۳؛ فائو، ۲۰۰۹).

دانه‌های روغنی پس از غلات دومین منبع غذایی مردم جهان را تشکیل می‌دهند. این محصولات علاوه بر دارا بودن ذخایر غنی اسیدهای چرب، حاوی پروتئین نیز هستند. همگام با رشد جمعیت و بهبود سطح زندگی به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه، تقاضا برای روغن و نیز پروتئین گیاهی که از محصولات فرعی دانه‌های روغنی هستند افزایش یافته است (سلیمان زاده و همکاران، ۱۳۸۷). با توجه به این که بخش عمده روغن خوراکی از طریق واردات تامین می‌شود، توسعه و بهبود کشت گیاهان دانه روغنی در نیل به خودکفایی از اهمیت قابل توجهی برخوردار است.

از میان گیاهان زراعی، کلزا یکی از مهمترین گیاهان دانه روغنی در سطح جهان به شمار می‌آید. روغن این گیاه از لحاظ کمیت و کیفیت از اهمیت زیادی برخوردار است و پس از سویا و نخل روغنی رتبه سوم را در تامین روغن مصرفی مردم جهان دارد (آروین و همکاران، ۱۳۸۸). دانه کلزا حاوی ٤٠ تا ٤٥ درصد روغن است. روغن این گیاه حاوی ٦١٪ اسید اولئیک و ۸/۸٪ اسید لینولئیک می‌باشد که در مقایسه با روغن حاصل از دانه‌های روغنی مانند آفتابگردان، ذرت و سویا به علت

برخورداری از کمترین میزان اسید چرب اشباع و بیشترین مقدار اسید چرب غیر اشباع از کیفیت بالایی برخوردار است (فرزین و همکاران، ۱۳۸۵). در حال حاضر این گیاه حدود ۱٤/۷ درصد کل تولید روغن نباتی را در جهان به خود اختصاص داده است. همچنین، رشد سالانه تولید کلزا نسبت به سایر گیاهان دانه روغنی به دلیل برخورداری از صفات زراعی مثبت از جمله توانایی رشد در دماهای پایین، سازگاری به دامنه وسیعی از شرایط محیطی، داشتن دو تیپ بهاری و پاییزی جهت استفاده در برنامه‌های تناوب زراعی، رسیدگی زود هنگام و نیاز آبی کمتر نسبت به بسیاری از گیاهان دیگر بیشتر است (کیمبر و مک گریگور، ۱۹۹۵). مطابق آمار سازمان جهانی خوار و بار و کشاورزی (FAO)، در سال ۲۰۰۹ سطح زیر کشت کلزا در جهان حدود ۱٦۲۳۱۸۵ هزار هکتار و عملکرد آن ۱٦۰۳/٦ Kg/ha بود. در ایران در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ (۲۰۰۹) سطح زیر کشت این گیاه حدود ۱۲٦ هزار هکتار و میزان محصول آن ۱۰۷۱/٤ Kg/ha گزارش شده است که نسبت به متوسط عملکرد جهانی پایین است (فائو، ۲۰۰۹).

اگر چه کلزا با شرایط خشک سازگار است، اما شرایط تنش کم آبی موجب ایجاد تغییراتی در رشد عادی این گیاه می‌شود (نصری و همکاران، ۲۰۰۸). تولید و کاشت بذرهایی با کیفیت مطلوب ممکن است در بهبود عملکرد در واحد سطح کلزای پاییزی بخصوص در شرایط تنش موثر باشد.

از بین عواملی که می‌توانند اثر عمده‌ای بر کیفیت بذرها داشته باشند، مرحله رسیدگی در زمان برداشت است که در این راستا تعیین بهترین و مناسب‌ترین مرحله برداشت بذور که در آن حداکثر قدرت و مرغوبیت حاصل شده باشد از اهمیت زیادی برخوردار است. چرا که بذرهای حاصل از برداشت‌های زودهنگام به دلیل عدم تکمیل ساختارهای ضروری از کیفیت پایینی برخوردار هستند. این بذرها غالباً چروکیده و ریز هستند (قاسمی گلعذانی و همکاران، ۱۳۷۵c؛ کلر و کولمن، ۱۹۹۹؛ اکپونگ و سوکپراکارن، ۲۰۰۸). تأخیر در برداشت نیز علاوه بر خطر ریزش دانه‌ها، می‌تواند به دو

طریق کیفیت بذرهای تولیدی را تحت تأثیر قرار دهد: اول این که به دنبال بارندگی‌های اتفاقی، بذرهایی که فاقد خواب هستند ممکن است روی گیاه مادری جوانه بزنند و در نتیجه ارزش بذری خود را از دست بدهند. دوم آن که با شروع فرسودگی، قدرت و قوه زیست بذرها کاهش می‌یابد (قاسمی گلعذانی و همکاران، ۱۳۷۵c؛ الیس و پیتافیلهو، ۱۹۹۲a).

یکی از روش‌های مهمی که می‌تواند در بهبود عملکرد تحت شرایط مساعد و نامساعد محیطی بسیار موثر باشد، استفاده از بذوری با کیفیت بالاست. کیفیت بالای بذرها از طریق افزایش سرعت و درصد سبز شدن گیاهچه‌های حاصل می‌تواند به تولید گیاهان قوی و استقرار مطلوب در دامنه وسیعی از شرایط محیطی منجر شود (قاسمی گلعذانی و همکاران، ۲۰۰۸b). این برتری موجب افزایش قدرت رقابت گیاهان حاصل با علف‌های هرز (قرینه و همکاران، ۱۳۸۳b)، مقاومت بیشتر در برابر آفات و بیماری‌ها (رابرتس و اسی بونسو، ۱۹۸۸)، بهبود زنده‌مانی زمستانی (قاسمی گلعذانی و همکاران، ۲۰۰۸b) و در نهایت افزایش محصول دانه در واحد سطح (قاسمی گلعذانی و همکاران، ۱۳۷۵c، ۲۰۱۰a,b؛ هاستروپ پدرسن و همکاران، ۱۹۹۳) می‌شود. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش سعی شده است تا با ارزیابی تغییرات کیفی بذرهای سه رقم کلزای پاییزی در مراحل مختلف نمو و رسیدگی در سال اول و بررسی عملکرد گیاهان حاصل از این بذرها در سال دوم، راهکار مناسبی برای تولید بذرهای مرغوب از هر رقم شناسایی گردیده و اهمیت استفاده از آن‌ها در عملکرد مزرعه‌ای تعیین گردد.

فصل اول

بررسی منابع

۱-۱- تاریخچه و اهمیت کلزا

کلزا[1] با نام علمی *Brassica napus* L. از جنس براسیکا[2] متعلق به تیره کروسیفر[3] است. در جنس براسیکا گونه‌های زراعی با ارزشی وجود دارد که کلزا مهمترین آن‌ها است. این گیاه ارتباط تنگاتنگی با سایر گیاهان جنس براسیکا مانند شلغم، کلم و خردل دارد. خاستگاه و مبدأ انتشار کلزا به درستی معلوم نیست، ولی براساس شواهد و مدارک تاریخی موجود، منشا این گیاه به کشورهای آسیایی و نواحی اطراف دریای مدیترانه نسبت داده شده است (تورمن و همکاران، ۱۹۹٤). اطلاعات موجود نشان می‌دهد که در حدود ۲۰۰۰ سال قبل، کلزا در هندوستان کشت می‌شد و روغن آن به مصارف مختلف غذایی، دارویی و سوخت چراغ‌های روشنایی می‌رسید. نخستین گزارشات مستند از زراعت کلزا در اروپا، مربوط به قرن ۱۳ میلادی است. در این زمان از روغن کلزا بیشتر در سوخت چراغ‌های روشنایی، استفاده می‌گردید. بعد از انقلاب صنعتی، روغن کلزا در اروپا از لحاظ صنعتی مورد توجه قرار گرفت (پیروز بخت، ۱۳۷۸). پس از جنگ جهانی دوم، با پی بردن به خواص دارویی و محتویات کنجاله کلزا تحول عظیمی در استفاده از این گیاه رخ داد. با مشاهده اثرات مفید آن برای محیط زیست، ارزش روغن کلزا برای مصارف صنعتی و خوراکی رو به افزایش گذاشت. ولی چون ارقام آن زمان مقادیر بالایی از اسید اروسیک (۲۲ الی ٦۰ درصد) و گلوکوزینولات را دارا بودند موجب پایین آمدن کیفیت غذایی این ارقام می‌شد، تلاش‌های گسترده‌ای برای اصلاح کلزا صورت گرفت به طوری که در سال ۱۹۷۸ در کانادا ارقام جدیدی از کلزا تولید شدند که از اسید اروسیک و

1. Oil seed rape
2. Brassica
3. Cruciferae

ترکیبات گلوکوزینولات کمی برخوردار بودند که این ارقام به کانولا شهرت یافتند. کانولا تمامی ارقام کلزایی را که روغنی با کمتر از ۲٪ اسید اروسیک و کنجاله‌ای با کمتر از ۳۰ میکرومول بر گرم گلوکوزینولات تولید می‌کنند، شامل می‌شود (شهیدی و فروزان، ۱۳۷٦). به طوری که امروزه دانه‌های کلزا (به دلیل داشتن حدود ٤۰ تا ٤٥٪ روغن) و گونه‌های روغنی جنس براسیکا بیش از ۱۲٪ از تولید جهانی روغن خوراکی را به خود اختصاص داده‌اند (کیمبر و مک گرگور، ۱۹۹۵). البته در برخی از کشورها از کنجاله کلزا به عنوان کود و همچنین ماده‌ای غنی از پروتئین برای تغذیه دام نیز استفاده می‌شود.

۱-۲- تنش خشکی

تنش خشکی به معنای کمبود آب قابل استفاده خاک برای گیاه بوده که ممکن است به گیاه آسیب برساند (برای، ۱۹۹۷). به عبارت دیگر تنش خشکی از عدم تعادل در بین تبخیر، تعرق و بارندگی به وجود می‌آید (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۷۹). به طوری که میزان تعرق از میزان جذب آب تجاوز می‌کند و میزان آب درون بافت‌ها و سلول‌های گیاهی به شدت کم شده، رشد کاهش یافته و در نهایت متوقف می‌شود (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳٦۸). کرامر (۱۹۸۳) خشکی را به صورت فقدان و یا کمبود نزولات در محیط گیاهی در نظر می‌گیرد که بر اثر آن گیاه آسیب می‌بیند. به نظر وی میزان خسارت وارده بسته به نوع گیاه، بافت و ساختمان خاک، شرایط جوی موثر بر تبخیر و تعرق و زمان بروز تنش متفاوت است.

هواشناسان خشکی را دوره کوتاه بدون بارندگی محسوس (حدود ۱۵ روز) تعریف می‌کنند که ظرفیت رطوبتی خاک، تقاضای اتمسفری تبخیر و نیز کارایی گیاه را متأثر می‌سازد (جونز، ۱۹۹۲). از نظر فیزیولوژیست‌های گیاهی خشکی مفهومی فراتر از نبود بارندگی دارد. از نقطه نظر کشاورزی، خشکی عبارت از عدم انطباق نزولات آسمانی با نیازهای گیاه است که آن را دچار تنش می‌سازد و

عملکرد را کاهش می‌دهد (مونس، ۱۹۸۸). تنش خشکی هنگامی افزایش می‌یابد کـه تقاضـای تبخیـر اتمسفر بالای برگ‌ها (تبخیر و تعرق پتانسیل) از ظرفیت و توانایی ریشه‌ها در استخراج آب از خـاک (تبخیر و تعرق حقیقی) فراتر رود که این رایج‌ترین تعریف خشکی در کشـاورزی اسـت کـه توسـط ادمیدس و همکاران (۱۹۸۹) مطرح شده‌است.

تنش کمبود آب بر جنبه‌های مختلف رشد و نمو گیاه، از جوانه‌زنی بذر تا مرحله دانه‌بندی و تولید محصول نهایی اثر می‌گذارد و موجب تغییرات آناتومیکی، مورفولوژیکی و بیوشیمیایی می‌گردد (کافی و همکاران، ۱۳۸۰؛ روبرتسون و هولند، ۲۰۰٤). واکنش گیاهان به کمبود آب، بسته به شدت تنش و طول دوره آن متغیر است. علاوه بر شدت و طول دوره تنش کمبود آب، مرحله رشد گیاه که در آن تنش رخ می‌دهد، نیز در میزان تأثیر تنش خشکی بر رشد و عملکرد گیاه حائز اهمیت می‌باشد (هاشمی دزفولی و همکاران، ۱۳۷٤). زمان وقوع تنش، بیش از شدت تنش خشکی اهمیت دارد (کورت و همکاران، ۱۹۸۳). در مرحله جوانه‌زنی بذرها، میزان آب موجود در خاک یک عامل مهم به شمار می‌آید و سرعت جوانه‌زنی به شدت با سرعت جذب آب و مقدار آب در دسترس رابطه دارد، به طوری که در شرایط کم آبی سرعت جوانه‌زنی کاهش یافته و در نتیجه زمان مورد نیاز برای خروج گیاهچه‌ها از خاک افزایش می‌یابد (قرینه، ۱۳۸۲). کلزا در مراحل جوانه‌زنی و همچنین پیدایش غنچه تا گلدهی و تشکیل نیام به خشکی حساس است (دادیور و خودشناس، ۱۳۸۵). در مرحله رشد رویشی، تنش آبی موجب کاهش محتوای نسبی آب و پتانسیل فشاری سلول‌های برگ و در نتیجه کاهش تقسیم سلولی برگ و توقف رشد می‌شود. علاوه بر این، افزایش میزان آبسیزیک اسید و تأمین نشدن مواد پرورده مورد نیاز برای رشد برگ در نتیجه کاهش فتوسنتز، باعث کاهش شاخص سطح برگ بر اثر تنش خشکی می‌گردد (بانون و همکاران، ۲۰۰٤). کمبود آب در طی مرحله زایشی موجب کاهش طول دوره گلدهی، پر شدن و رسیدگی دانه می‌شود، به طوری که در اثر تنش خشکی

ظهور و تکامل گل‌ها تسریع شده و در نهایت باعث کاهش عملکرد بیولوژیکی و دانه در گیاه می‌شود (موسوی فر و همکاران، ۱۳۸۹؛ نادری و همکاران، ۲۰۰٤).

۱-۳- مکانیسم‌های مقاومت به خشکی

مقاومت به خشکی[1] به مجموعه‌ای از مکانیسم‌ها و عکس العمل‌های گیاه برای تکمیل دوره رشد در مناطقی با کمبود آب گفته می‌شود (بلوم، ۱۹۸۸). رامیرز والجو و کلی (۱۹۹۸) مقاومت به خشکی را عملکرد نسبی یک ژنوتیپ در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها در شرایط خشکی معرفی کردند. در تعریف دیگر، مقاومت به خشکی به توان زنده ماندن، تولید مثل و تولید محصول اقتصادی یک گونه در شرایط کمبود آب اطلاق شده است (بلوم و همکاران، ۱۹۹۹a؛ بلترانو و رونکو، ۲۰۰۸).

لویت (۱۹۸۰) عنوان کرد که گیاهان، تحت شرایط محدودیت آب می‌توانند از طریق دو مکانیسم فرار از خشکی[2] و مقاومت به خشکی با کمبود آب خود را سازگار نمایند. این قبیل سازگاری‌ها باعث بقا و حتی ادامه رشد گیاه در شرایط بسیار سخت می‌شود. در حالت فرار از خشکی گیاه سعی می‌کند تا با کوتاه کردن دوره رشد و نمو به سرعت چرخه زندگی خود را به اتمام برساند و با کم آبی آخر فصل مواجه نشود. این مکانیسم یک استراتژی مهم برای تغییر فنولوژی گیاه در مناطقی است که فصل رشد آن‌ها کوتاه و تنش خشکی آخر فصل زراعی غالب است. توسعه سریع کانوپی گیاه برای استفاده مناسب از عوامل محیطی تولید از جمله نور، آب و دما ضروری است (بویر، ۱۹۹۵؛ گونسکرال و همکاران، ۲۰۰۳).

مقاومت به تنش خشکی شامل دو مکانیسم اجتناب از خشکی[3] و تحمل خشکی[4] می‌شود (کارامانوس و پاپاتوهاری، ۱۹۸۰). اجتناب از خشکی نوعی مقاومت به خشکی است که در آن گیاه

1. Drought resistance
2. Drought escape
3. Drought avoidance
4. Drought tolerance

در معرض تنش قرار گرفته، ولی مانع از ورود تنش به بافت‌ها و اندام‌های گیاهی می‌شود و گیاه می‌تواند به زندگی عادی خود ادامه دهد. اجتناب از تنش به خصوصیات فیزیولوژیکی و آناتومی گیاه مربوط می‌شود. گیاهان با استفاده از ریشه‌های عمیق و توسعه یافته، ساختمان و سطح مناسب تاج پوشش، تغییر زاویه و حرکت برگ، کوتیکول ضخیم، تنظیم سطح برگ، بستن روزنه در ساعات گرم و خشک و تنظیم اسمزی می‌توانند از تنش خشکی اجتناب نمایند (لویت، ۱۹۸۰). تحمل خشکی نوعی مقاومت به خشکی است که در آن گیاه تحت شرایط تنش قرار گرفته و نمی‌تواند از نفوذ تنش به بافت‌ها و اندام‌های گیاهی خود جلوگیری کند، ولی می‌تواند از عوارض تنش جلوگیری کند و یا این شرایط را تحمل کند و بعد از رفع تنش زندگی عادی خود را ادامه دهد. مواد محلول از جمله قندها، اسیدهای آمینه و ترکیبات آمونیوم موجب حفظ غشا می‌شوند. تحمل خشکی بستگی به توانایی سلول در نگهداری غشا و جلوگیری از تغییر ماهیت پروتئین دارد (شیخ و همکاران، ۱۳۸٤).

۱-٤- معیارهای اندازه‌گیری مقاومت گیاهان به تنش خشکی

انتخاب ارقام مقاوم به خشکی از طریق بررسی عملکرد تحت شرایط تنش امکان پذیر است. اما از آن جایی که عملکرد برآیند صفات متعدد فیزیولوژیکی گیاه است، می‌توان از هر یک از این صفات به عنوان معیاری برای انتخاب گیاهان مقاوم استفاده کرد (قادری و همکاران، ۱۳۸۵). صفات مختلفی برای ارزیابی مقاومت به خشکی در گیاهان گزارش شده است که شامل پتانسیل آب برگ[1] (LWP)، پتانسیل اسمزی و توان تنظیم اسمزی، دمای برگ، ارتفاع بوته، وزن خشک بوته، هدایت روزنه‌ای و فشار آماس، میزان کلروفیل و فتوسنتز و ویژگی‌های ریشه‌ای (کلارک و مک کایگ، ۱۹۹۳) می‌باشد.

1. Leaf water potential

۱-٤-۱- دمای برگ

اندازه‌گیری دمای برگ یا دمای تاج پوشش یک روش متداول برای ارزیابی مقاومت گیاه به تنش خشکی در گلرنگ پاییزی (پاسبان اسلام، ۱۳۹۰)، یونجه (جانسون و رومباگ، ۱۹۹۵)، براسیکاهای روغنی (کومار و سینگ، ۱۹۹۸) و ذرت، سویا و یونجه (بلوم و همکاران، ۱۹۹۹a) است. برای این منظور دماسنج قابل حمل مادون قرمز برای اندازه‌گیری دقیق، سریع و غیر تخریبی دمای برگ و تاج پوشش به کار می‌رود. متابولیسم گیاه در ساعاتی از روز که کمبود آب به حداکثر مقدار خود می‌رسد، مختل می‌شود. بسته شدن روزنه‌ها در طول این مدت باعث کاهش جذب CO_2 می‌گردد. در نتیجه، فتوسنتز کاهش یافته و دمای برگ افزایش می‌یابد. افزایش تنفس نیز باعث کاهش بیشتر فتوسنتز می‌شود (سینگ و همکاران، ۲۰۰٦). کومار و سینگ (۱۹۹۸) گزارش کردند که ژنوتیپ‌های کلزا با تنظیم اسمزی بالا در مقایسه با ژنوتیپ‌های با تنظیم اسمزی پایین، دمای برگ پایین‌تری دارند. گیاهانی که دمای برگ پایین دارند از میزان فتوسنتز بالاتری برخوردار هستند. علت پایین بودن فتوسنتز در شرایط تنش و دمای بالای برگ، افزایش تنفس گزارش شده است. دمای کانوپی با افزایش تنش خشکی افزایش می‌یابد و دامنه تغییرات دمای برگ در بین گیاهان آبیاری شده پایین می‌باشد (کردوانی، ۱۳۷۱؛ بلوم و همکاران، ۱۹۹۹b).

کومار و سینگ (۱۹۹۸) با بررسی کلزا پی بردند که گیاهان با تعادل اسمزی بالا، میزان تعرق بالاتری دارند، بنابراین پایین بودن دمای برگ نشان دهنده تفاوت زیاد دمای هوا و پوشش برگی است. بلوم (۱۹۹۷) در مطالعه روی گندم دریافت که عملکرد همبستگی مثبتی با دمای برگ در وسط روز دارد. واریته‌هایی با عملکرد پایدار تحت شرایط تنش کم آبی برگ‌های خنک‌تر و هدایت روزنه‌ای بالاتری داشتند. وی همچنین ارتباط مثبت بین هدایت روزنه‌ای، دمای کم برگ و عملکرد بالا در گندم را تحت شرایط آبیاری در هوای گرم و خشک گزارش کرد. شیخ و همکاران (۱۳۸٤)

دمای برگ و پایداری دمای گیاه زراعی را شاخص مناسبی برای انتخاب ارقام مقاوم به خشکی در شرایط کمبود آب معرفی نمودند.

۱-٤-۲- وزن خشک بوته

در گیاهان زراعی، دانه‌ها تنها بخشی از کل ماده خشک تولید شده را تشکیل می‌دهند. عملکرد بیولوژیکی شامل کل ماده خشک بخش هوایی و ریشه‌ها می‌باشد و عملکرد اقتصادی بخشی از عملکرد بیولوژیکی را شامل می‌شود. از آنجایی که معمولاً برداشت بخش زیرزمینی (ریشه‌ها) گیاه در مزرعه مشکل است، عملکرد بیولوژیکی گاهی تنها به وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه شامل برگ، ساقه و دانه اطلاق می‌شود (هاشمی دزفولی و همکاران، ۱۳۷٤). در کلزا، تنش کم آبی سبب کاهش معنی‌داری در وزن خشک بوته می‌شود (شیخ و همکاران، ۱۳۸٤؛ دادیور و خودشناس، ۱۳۸۵؛ پانو و همکاران، ۱۹۹۲). تورچی و همکاران (۲۰۰۳) اظهار کردند که در اثر تنش کمبود آب وزن خشک اندام‌های هوایی در برنج کاهش می‌یابد. در بررسی اثر تنش کم آبی بر سه رقم لوبیا قرمز مشخص شد که تنش کم آبی شدید بر وزن خشک بوته موثر بوده و آن را کاهش می‌دهد (علی خانی و همکاران، ۱۳۸۱). براساس بررسی‌های تقوایی و چایچی (۱۳۸۱) و سیناکی و همکاران (۲۰۰۷) نیز در ارقام بهاری و پاییزی کلزا تحت شرایط تنش خشکی با افزایش تنش خشکی از میزان وزن خشک بوته‌ها کاسته شد. کاهش وزن خشک بوته بر اثر تنش کم آبی در گیاهانی مانند برنج (سروستانی و همکاران، ۲۰۰۸)، گندم (جازی و همکاران، ۲۰۰۷)، سویا (آبایومی، ۲۰۰۸) و گلرنگ بهاری (موسوی فر و همکاران، ۱۳۸۹؛ نبی پور و همکاران، ۲۰۰۷) هم گزارش شده است.