بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده کشاورزی

(پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد)

بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن کلزا در شرایط شاهرود

استاد راهنما:

آقای دکتر منوچهر قلی پور

اساتید مشاور:

آقای دکتر حمید عباس دخت

آقای دکتر حمید رضا اصغری

نگارنده:

شهره نقاش نژاد

پاییز ۸۶

تقدیم ...

به تکیه گاهم

پدرم

، به زیبا مهرم

مادرم

و

به استاد فرهیخته و مهربانم

جناب آقای دکتر چائی چی

که در مکتب ایثار و عشق و انسانیت، همیشه شاگردشان بوده و خواهم بود.

سپاس بی حد خداوندی را سزاست که همواره بشر را با مشعله نور هدایت خویش به سمت اشـراق سـعادت و نجات و رستگاری فرا می خواند. خداوندی که فرستاده بر حق و پیام آور لطف بی حـدش، علـم را مـونس تنهایی و راهنمای سختی برشمرده است.

بر خود واجب می دانم از زحمات بی دریغ پدر و مادر عزیزم و بویژه استاد محبوب و ارجمندم جناب آقـای دکتر چائی چی که با راهنمایی های ارزنده شان طی انجام پایان نامه همواره یاری ام نمودند، همچنـین آقـای مهندس عادلی زاده، آقای دکتر شیرانی راد، آقای مهندس خدابنده، خانم مهندس شیرین نقاش نژاد، آقـای مهندس شاکری و همه عزیزانی که در این راه به هر نحو یاری ام نمودند، قدردانی کنم. امیدوارم که همواره سایه سار رحمت و حکمت الهی بر وجود پر مهر تک تک ایشان مستدام باد.

چکیده

ایران در منطقه خشک و نیمه خشک قرار دارد و کمبود آب برای آبیاری، از عوامل محدود کننده رشد و نمو گیاهان بشمار می آید. برهمین اساس، ارزیابی واکنش گیاه در شرایط مختلف رطوبتی خاک و کاربرد نتایج بمنظور استفاده بهینه از آب (دور آبیاری مطلوب) امری ضروری و اجتناب ناپذیر به نظر می رسد. به همین منظور، برای بررسی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد، درصد روغن و پروتئین دانه کلزا و تعیین دور آبیاری مطلوب آزمایشی در سال زراعی ۸۵-۸۴، در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی، با چهار تکرار در مزرعه دانشگاه صنعتی شاهرود انجام گرفت که سطوح تیمار به صورت آبیاری در رطوبت های ۶۵٪ (شاهد)، ۵۵٪، ۴۵٪ و ۳۵٪ ظرفیت مزرعه (FC) اعمال گردید. روش اعمال تنش در این تحقیق، روش سریع اندازه گیری رطوبت خاک (روش فلاسک) بود. در این پژوهش، صفاتی از قبیل ارتفاع بوته، طول شاخه فرعی، تعداد شاخه فرعی، شاخص برداشت، عملکرد دانه، عملکردکاه وکلش، ماده خشک کل، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، درصد روغن و پروتئین دانه مورد بررسی قرار گرفتند. بنا بر نتایج این بررسی، صفات شاخص برداشت و وزن هزار دانه تحت تأثیر تنش خشکی اعمال شده قرار نگرفتند. این در حالی است که با اعمال تنش خشکی خفیف (FC ۵۵٪)، کاهش چشمگیری از نظر صفات تعداد دانه در بوته (میزان کاهش در سطح دوم تنش (خفیف) نسبت به شاهد: ۳۰٪)، تعداد غلاف در بوته (۲۲٪)، ارتفاع بوته (۲۴٪) و نیز تجمع ماده خشک نهایی (۱۸٪) مشاهده شد. گرچه این کاهش پایدار نبود (بین برخی سطوح تنش، اختلاف معنی دار وجود نداشت) اما کمترین مقدار این صفات در تنش شدید (سطح چهارم تنش) بدست آمد. درمورد صفات درصد روغن، عملکرد کاه و کلش، عملکرد دانه، طول شاخه فرعی و تعداد شاخه در بوته نیز کاهش پایداری حاصل نشد؛ اما این صفات، برخلاف صفاتی که قبلاً اشاره شد، با اعمال تنش خفیف تحت تأثیر واقع نشدند ولی کاهش این صفات در سطح چهارم تنش نسبت به شاهد، قابل ملاحظه و به ترتیب برابر با ۸٪، ۳۶٪، ۵۲٪، ۴۲٪ و ۳۹٪ بود. افزایش شدت تنش، موجب افزایش قابل توجه درصد پروتئین دانه گردید (میزان افزایش در سطح چهارم نسبت به شاهد: ۹٪). بررسی روند شاخص رشدی در این آزمایش نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش NAR، CGR، RGR، LAI و TDM می شود. در نهایت از نظر دور آبیاری باید اشاره کرد که در تیمار شاهد (آبیاری در رطوبت ۶۵٪ ظرفیت مزرعه)، دورهای ۷ تا ۹ روز حاصل شد (۷روز برای دوره های گرم تر و ۹ روز برای دوره های خنک تر آب و هوایی). برای سایر سطوح تیمار نیز به ترتیب ۸ تا ۱۱ روز (FC

۵۵٪)، ۱۱ تا ۱۲ روز و ۱۳ تا ۱۵ روز بدست آمد. با توجه به موارد فوق الذکر و در نظـر گـرفتن مقـدار عملکـرد دانه و درصد روغن دانه، بنظر می رسد که دورهای آبیاری ۸ تا ۱۱ روز (آبیاری در رطوبت FC ۵۵٪) مطلـوب و قابل توصیه است. شایان ذکر است که گرچه بیشترین درصد پروتئین برای تنش شدید بدست آمد ولـی از نظـر مقدار هکتاری، این سطح تنش کمترین میزان این صفت را به خود اختصاص داد.

کلمات کلیدی: کلزای پاییزه- خشکی- پروتئین- روغن.

فهرست مطالب

فصل اول- مقدمه

۱-۱- تعریف موضوع ۲

۱-۲- ضرورت انجام تحقیق ۳

۱-۳- هدف از انجام تحقیق ۳

فصل دوم- کلیات

۲-۱- تاریخچه کلزا ۵

۲-۲- اهمیت کلزا در ایران ۷

۲-۳- گیاهشناسی کلزا ۸

۲-۳-۱- ریشه ۹

۲-۳-۲- ساقه ۹

۲-۳-۳- برگ ۱۰

۲-۳-۴- گل ۱۰

۲-۴- ترکیبات شیمیایی ۱۱

۲-۵- کاشت، داشت، برداشت کلزا ۱۵

۲-۵-۱- کاشت ۱۵

۲-۵-۱-۱- انتخاب مزرعه و تناوب زراعی ۱۵

۲-۵-۱-۲- انتخاب رقم ۱۶

۲-۵-۱-۳- آماده سازی زمین ۱۷

۲-۵-۱-۴- تاریخ کاشت ۱۸

۲-۵-۱-۵- عمق و ابعاد کشت ۱۸

۲-۵-۱-۶- روش کاشت ۱۹

۲-۵-۲- داشت ۲۰

۲-۵-۲-۱- تغذیه کلزا ۲۰

۲-۵-۲-۲- کنترل علف های هرز کلزا ۲۱

۲-۵-۳- برداشت ۲۲

فصل سوم- بررسی منابع

۳-۱- تنش خشکی

۳-۱-۱- نقش آب در گیاه ۲۵

۳-۱-۲- پاسخ به خشکی ۲۸

۳-۱-۲-۱- فرار یا اجتناب از خشکی ۲۸

۳-۱-۲-۲- مقاومت به خشکی ۲۸

۳-۱-۲-۲-۱- اجتناب یا تأخیر در پسابیدگی ۲۸

۳-۱-۲-۲-۲- تحمل پسابیدگی ۲۹

۳-۱- ۳- مصرف آب و ارتباط با عملکرد بذر ۳۲

۳-۲- اجزای عملکرد کلزا ۳۳

۳-۳- تأثیر تنش خشکی بر گیاه کلزا ۳۴

۳-۳- ۱- اثر تنش خشکی بر رشد رویشی کلزا..... ۳۴

۳-۳- ۲- اثر تنش خشکی بر رشد زایشی کلزا ۳۵

۳-۳- ۳- تأثیر تنش خشکی بر ویژگی های مورفولوژیک، ساختاری، زراعی و اجزای عملکرد.... ۳۶

۳-۳-۳-۱- ارتفاع بوته ۳۶

۳-۳-۳-۲- تعداد شاخه فرعی در بوته ۳۷

۳-۳-۳-۳- تعداد غلاف در ساقه اصلی ۳۷

۳-۳-۳-۴- تعداد غلاف در شاخه فرعی ۳۸

۳-۳-۳-۵- تعداد دانه در غلاف در ساقه اصلی ۳۸

۳-۳-۳-۶- تعداد دانه در غلاف در شاخه فرعی ۳۹

۳-۳-۳-۷- تعداد غلاف در بوته ۴۰

۳-۳-۳-۸- وزن هزار دانه ۴۱
۳-۳-۴- تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و شاخص برداشت ۴۲
۳-۳-۴-۱- تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه ۴۲
۳-۳-۴-۲- تأثیر تنش خشکی بر عملکرد کاه و کلش ۴۴
۳-۳-۴-۳- تأثیر خشکی بر شاخص برداشت ۴۵
۳-۳-۵- تأثیر تنش خشکی بر میزان آب نسبی و پتانسیل آب برگ ۴۶
۳-۳-۶- تأثیر تنش خشکی بر شاخص های رشد ۴۷
۳-۳-۶-۱- تأثیر تنش خشکی بر شاخص سطح برگ (LAI) ۴۷
۳-۳-۶-۲- تأثیر تنش خشکی بر سایر شاخص های رشد(NAR،RGR،SLA،LAR...)
.....۴۹
۳-۳-۷- تأثیر تنش خشکی بر صفات کیفی کلزا ۴۹
۳-۳-۷-۱- تأثیر خشکی بر درصد روغن دانه ۴۹
۳-۳-۷-۲- تأثیر تنش خشکی بر محتوای پروتئین دانه ۵۰
فصل چهارم- مواد و روش ها
۴-۱- مکان اجرای آزمایش ۵۳
۴-۲- نحوه اجرای طرح ۵۳
۴-۲- ۱- مشخصات طرح ۵۳
۴-۲-۲- آماده سازی زمین ۵۴
۴-۲-۳- کاشت ۵۶
۴-۲-۴- داشت ۵۶
۴-۲-۵- برداشت ۵۸
۴-۳- نمونه برداری ۵۸
۴-۳-۱- نمونه برداری از خاک (روش فلاسک) ۵۸
۴-۳-۲- نمونه برداری از گیاه ۵۹

۴-۴- محاسبه شاخص های (آنالیز های) رشد ۵۹
۴-۵- تعیین درصد روغن ۶۰
۴-۶- تعیین درصد پروتئین ۶۱
۴-۶- ۱- روش قدیمی ۶۱
۴-۶- ۲- روش جدید ۶۲
۴-۷- محاسبات آماری ۶۲

فصل پنجم- نتیجه و بحث

۵-۱- تأثیر تنش خشکی (کم آبی) بر گیاه کلزا ۶۴
۵-۲- ارتفاع بوته ۶۵
۵-۳- تعداد شاخه فرعی در بوته ۶۷
۵-۳-۱- تعداد شاخه فرعی درجه یک ۶۷
۵-۳-۲- تعداد شاخه فرعی درجه دو ۶۷
۵-۴- طول شاخه فرعی ۷۰
۵-۵- تعداد غلاف در ساقه اصلی ۷۱
۵-۶- تعداد غلاف در شاخه فرعی ۷۳
۵-۷- تعداد دانه در ساقه اصلی ۷۵
۵-۸- تعداد دانه در شاخه فرعی ۷۷
۵-۹- تعداد غلاف در بوته ۷۹
۵-۱۰- تعداد دانه در بوته ۸۲
۵-۱۱- وزن هزار دانه ۸۳
۵-۱۲- تأثیر خشکی بر شاخص برداشت ۸۶
۵-۱۳- تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه ۸۹
۵-۱۴- تأثیر تنش خشکی بر عملکرد کاه و کلش ۹۲
۵-۱۵- تأثیر خشکی بر درصد روغن دانه ۹۴

۵-۱۶- تأثیر تنش خشکی بر محتوای پروتئین دانه ۹۷
۵-۱۷- تأثیر تنش خشکی بر کل ماده خشک ۹۹
۵-۱۸- تأثیر پذیری روند تجمع ماده خشک از سطوح مختلف خشکی ۱۰۰
۵-۱۹- تأثیر تنش خشکی بر سرعت رشد گیاه (CGR) ۱۰۲
۵-۲۰- تأثیر تنش خشکی بر سرعت رشد نسبی (RGR) ۱۰۴
۵-۲۱- تأثیر تنش خشکی بر سرعت اسیمیلاسیون خالص (NAR) ۱۰۵
۵-۲۲- تأثیر تنش خشکی بر شاخص سطح برگ (LAI) ۱۰۶
۵-۲۳- تعیین میزان تأثیرپذیری از خشکی با توجه به شیب تغییرات صفت تحت تأثیر تنش ۱۰۸
۵-۲۴- نتیجه گیری کلی ۱۱۰
فصل ششم- منابع ۱۱۱
فصل هفتم- پیوست ۱۳۲
پیوست شماره یک- نقشه طرح ۱۳۳

فهرست جداول

جدول ۲-۱- سطح زیر کشت، تولید و عملکرد کلزا در دنیا طی سال های مختلف ۷

جدول ۲-۲- مقایسه ترکیب اسیدهای چرب کلزا، سویا، آفتابگردان و ذرت ۱۲

جدول ۲-۳- ترکیب اسیدهای آمینه پروتئین کلزای دو صفر ۱۳

جدول ۲-۴- مقایسه مشخصات تغذیه ای کنجاله کلزا با کنجاله سویا ۱۴

جدول ۲-۵- ارتباط رنگ پوسته دانه کلزا با ترکیبات شیمیایی دانه ۱۵

جدول ۲-۶- فهرست گیاهان زراعی مهم و فاصله زمانی بین تولید آنها با کشت کلزا ۱۶

جدول ۴-۱- تجزیه شیمیایی و مکانیکی خاک مزرعه ۵۵

جدول ۴-۲- مراحل فنولوژیک گیاه در زمان اعمال تیمارهای تنش خشکی ۵۷

جدول ۷-۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات زایشی گیاه کلزا تحت تأثیر تنش خشکی ۱۳۴

جدول ۷-۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات رویشی گیاه کلزا تحت تأثیر تنش خشکی۱۳۵

جدول ۷-۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کیفی بذر در گیاه کلزا تحت تأثیر تنش خشکی ۱۳۶

جدول ۷-۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تجمع ماده خشک در گیاه کلزا تحت تأثیر تنش خشکی (نمونه برداری اول تا ششم) ۱۳۷

جدول ۷-۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تجمع ماده خشک در گیاه کلزا تحت تأثیر تنش خشکی (نمونه برداری هفتم تا دهم) ۱۳۸

جدول ۷-۶- ضرایب معادلات TDM(وزن خشک کل) و LAI (شاخص سطح برگ) ۱۳۹

جدول ۷-۷- آمار ۸ ساله بارندگی ماهانه شهرستان بسطام ۱۴۰

جدول ۷-۸- آمار ۸ ساله میانگین دمای حداکثر طی ماه های مختلف سال ۱۴۱

جدول ۷-۹- آمار ۷ ساله میانگین دمای حداقل طی ماه های مختلف سال ۱۴۲

فهرست اشکال

شکل ۵-۱- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر ارتفاع بوته کلزا ۶۶

شکل ۵-۲- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر تعداد شاخه فرعی در گیاه ۶۸

شکل ۵-۳- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر تعداد شاخه فرعی درجه یک ۶۸

شکل ۵-۴- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر تعداد شاخه فرعی درجه دو ۶۹

شکل ۵-۵- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر طول شاخه فرعی در گیاه ۷۰

شکل ۵-۶- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر تعداد غلاف در ساقه اصلی ۷۲

شکل ۵-۷- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر تعداد غلاف در شاخه فرعی ۷۴

شکل ۵-۸- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر تعداد دانه در ساقه اصلی ۷۶

شکل ۵-۹- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر تعداد دانه در شاخه فرعی ۷۸

شکل ۵-۱۰- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر تعداد غلاف در بوته ۸۱

شکل ۵-۱۱- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر تعداد دانه در بوته ۸۲

شکل ۵-۱۲- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر وزن هزار دانه ۸۵

شکل ۵-۱۳- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر شاخص برداشت ۸۸

شکل ۵-۱۴- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر عملکرد دانه ۹۱

شکل ۵-۱۵- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر عملکرد کاه و کلش ۹۳

شکل ۵-۱۶- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر درصد روغن دانه ۹۶

شکل ۵-۱۷- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر درصد پروتئین دانه ۹۸

شکل ۵-۱۸- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر کل ماده خشک ۱۰۰

شکل ۵-۱۹- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر تجمع ماده خشک ۱۰۱

شکل ۵-۲۰- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر سرعت رشد محصول (CGR) ۱۰۳

شکل ۵-۲۱- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر سرعت رشد نسبی (RGR) ۱۰۴

شکل ۵-۲۲- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر سرعت اسیمیلاسیون خالص (NAR) ۱۰۵

شکل ۵-۲۳- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر شاخص سطح برگ (LAI) ۱۰۷

شکل ۵-۲۴- شیب تغییرات عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی ۱۰۸

شکل ۵-۲۵- شیب تغییرات درصد روغن دانه تحت شرایط تنش خشکی ۱۰۹

شکل ۵-۲۶- شیب تغییرات درصد پروتئین دانه تحت شرایط تنش خشکی ۱۰۹

مقدمه

۱-۱- تعریف موضوع

کلزا *(Brassica napus)* یکی از گیاهان روغنی است که کشت آن جهت تولید روغن، از چند سال پیش در کشور مورد توجه قرار گرفته است. این گیاه بعد از سویا و نخل روغنی مقام سوم را به لحاظ تأمین روغن نباتی خوراکی، داشته و با دارا بودن بیش از ۴۰ درصد روغن خوراکی در دانه ها، جایگاه ویژه ای دارد و حدود ۱۴/۷ درصد کل تولید روغن نباتی جهان را بخود اختصاص داده است.

در بین محصولات غذایی ایران، روغن از نظر درصد وابستگی اولین رتبه را در کشور دارا بوده و امروزه بیش از ۹۰ درصد روغن خوراکی مورد نیاز (۹۵-۹۳ درصد)، از طریق واردات تأمین می گردد (ماهنامه روغن نباتی ، ۱۳۸۳). لذا اهمیت دانه های روغنی و کشت آنها جهت خودکفایی روغن، امری واضح و غیر قابل انکار است. از سوی دیگر، پس از استحصال روغن از دانه ها، تفاله باقیمانده، حاوی ۳۰ درصد پروتئین بوده که از نظر تغذیه دام، ارزشمند است. همچنین ترکیب مناسب اسیدهای چرب روغن ارقام دارای اسید اروسیک، در صنایع صابون سازی، پلاستیک سازی و نیز بعنوان روان کننده در دستگاه های صنعتی و موتور جت، کاربرد دارد (دهشیری ،۱۳۷۸). شایان ذکر است که حدود ۸۰ درصد ارزش دلاری بذر، از استحصال روغن و نیز کنجاله غنی از پروتئین حاصل می گردد (داونی و همکاران، ۱۹۸۹).

نیاز آبی کلزا بطور تقریبی همانند گندم بوده و تأمین رطوبت کافی جهت جوانه زنی بذور، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. نظر به اینکه اغلب بارندگی ها در اکثر استانهای کشور در پاییز، زمستان و اوایل بهار رخ می دهد، کلزای پاییزه می تواند از رطوبت کافی در فصول فوق استفاده نماید (رودی،۱۳۸۲). در مناطقی که در بهار به علت محدودیت آب و همزمانی آبیاری محصولات بهاره با آخرین آب، مشکلاتی در آب وجود دارد، می توان با کشت کلزا بویژه ارقام زودرس این مشکل را حل نمود. در عین حال که این گیاه به آب زیادی نیاز ندارد، در مراحل جوانه زنی، روزت، ساقه روی، تولید گل آذین و تشکیل میوه و رشد آنها، نیاز به آب محسوس است (شیرانی راد و دهشیری، ۱۳۸۱) .

با توجه به اینکه ایران در منطقه خشک و نیمه خشک قرار دارد، کمبود آب برای آبیاری، از عوامل محدود کننده معمول بشمار می آید. برهمین اساس، ارزیابی واکنش گیاه در شرایط مختلف رطوبتی خاک و کاربرد نتایج بمنظور استفاده بهینه از آب (دور آبیاری مطلوب) امری ضروری و اجتناب ناپذیر به نظر می رسد.

۱-۲- ضرورت انجام تحقیق

کمبود آب اثر سوء بر عملکرد کلزا دارد. گزارش شده است که حساسترین زمان برای آبیاری، مرحله گلدهی و اوایل غلاف بندی بوده و کمبود آب در این مرحله موجب کاهش تعداد غلاف و دانه بندی ، کم شدن مقدار روغن و کوچک ماندن دانه ها می گردد (بارسزاک و همکاران، ۱۹۹۳). در تجمع ماده خشک نهایی و شاخص برداشت کلزای روییده در شرایط تنش، کاهش قابل ملاحظه ای نسبت به حالت بدون تنش (شاهد) دیده شده است (گوناسکارا و همکاران، ۲۰۰۵). بنابر نتایج آزمایشات، علاوه بر وزن خشک، سطح برگ، عملکرد و اجزای عملکرد نیز در شرایط تنش تحت تأثیر قرار می گیرد (رایت و همکاران، ۱۹۹۶).

۱-۳- هدف از انجام تحقیق

۱) تعیین دور آبیاری مطلوب در زراعت کلزا، با استفاده از روش فلاسک در شرایط شاهرود و استفاده از آن برای اجتناب از آبیاری بیش از حد (و هدر رفتن آب) و یا مواجه شدن گیاه با تنش خشکی .

۲) ارزیابی کمی شیب تغییرات عملکرد دانه و همچنین در صد روغن دانه و اطلاع از تغییرات کمی و کیفی تولید دانه در شرایط آبیاری تقلیل یافته.

۳) بررسی حساسیت نسبی اجزای عملکرد به شرایط آبیاری تقلیل یافته.

فصل دوم
کلیات

کلیاتی درباره کلزا

۲-۱- تاریخچه کلزا

کلزا در زبان های اروپایی با نـام هـای Rapeseed، Raps، Colza، شـهرت دارد. کلـزای روغنـی مهمترین گونه زراعی جنس *Brassica* است و به احتمال قـوی گـسترش فـرم وحـشی آن بـه اروپـا و افریقای شمالی محدود می شود (وبلاگ کشاورزی الف ،۱۳۸۴). محتمل ترین موطن آن ناحیه ای اسـت که در آن شلغم روغنی (*B. compestris*) و کلم روغنی (*B. oleracea*) در مجاورت هم روییده اند؛ زیرا کلزا (*B. napus*) از تلاقی این دو گونه و دوبرابر شدن کروموزوم های هیبریدحاصـل، ایجـاد شـده است (شیرانی راد و دهشیری، ۱۳۸۱).

اعتقاد بر این است که زراعت کلزا و خردل در اروپا از اوایل قرون وسطی آغاز گردیده و از اوایل قرن شانزدهم زراعت تجاری کلزا در هلند ثبت شده است. در آن زمان از روغن این گیاه بعنوان سوخت چراغ و روان کننده ماشین های بخار استفاده می گردید (عاشوری، ۱۳۸۰). کشت تجاری کلزا از سـال ۱۹۴۲ در کشور کانادا[۲] شروع شد و امکان استفاده از روغن خوراکی در سال ۱۹۴۸ مـورد توجـه قـرار گرفـت و منجر به استخراج روغن خوراکی در سال های ۱۹۵۶ و ۱۹۵۷ گردید. در سال ۱۹۶۸ اولین رقم کلـزا بـا میزان اسید اروسیک پایین[۱] در کانادا تولید شد و هم اکنون کانادا به یک تولید کننده عمده کلزا تبدیل

---

۱. اسید اروسیک اسید چرب سمی و مضر برای سلامت انسان و دام بوده و بر این اساس، گیاهان براسـیکا را بـه دو گـروه عمده با علامت اختصاری HEAR(که روغن آنها بیش از ۵ درصد اسید اروسیک داشته و مـصرف خـوراکی ندارنـد) و LEAR (که روغن آنها کمتر از ۵ درصد اسید اروسیک داشته و مصرف خوراکی دارند) تقسیم می کنند.

۲. کانادا شمالی ترین کشور امریکای شمالی و امروزه از صادر کنندگان عمده روغن کلزاست.

گردیده است. زراعت کلزا در استرالیا از سال ۱۹۶۹ آغازگردید که در اصل از ژاپن و کانادا به این کشور وارد شده است. در سال های ۱۹۷۲ تا ۱۹۷۷ میزان اسید اروسیک روغن رقم های کلزا و شلغم روغنی به کمتر از ۲ درصد کاهش داده شد. در سال ۱۹۷۴ رقم Tower بعنوان اولین رقم دوصفر کلزا که هم میزان اسید اروسیک وهم میزان گلوکوزینولات آن پایین بود، معرفی شد. در سال ۱۹۸۱ تولید رقم های کلزا با میزان گلوکوزینولات بالا تقریبا متوقف شد (عزیزی و همکاران، ۱۳۷۸ ؛ وبلاگ کشاورزی الف، ۱۳۸۴).

در ایران از دو دهه گذشته، آزمایشات به نژادی و به زراعی متعدد و متنوعی در بخش تحقیقات دانه های روغنی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر روی گیاه کلزا صورت گرفته و منجر به معرفی چهار رقم کلزای اصلاح شده به نام های زرگل، طلایه، استقلال و ساری گل شده است (وبلاگ کشاورزی ، ۱۳۸۴ الف).

صادرات روغن فرانسه از تقریباً صفر درصد در سال ۱۹۹۹ به ۱۳ درصد[1] در سال ۲۰۰۴ رسیده و این کشور به چهارمین صادر کننده روغن کلزا تبدیل شده است (USDA, 2005). بعد از اروپا به ترتیب امریکای جنوبی، امریکای شمالی و مرکزی، اقیانوسیه، آسیا و افریقا قرار دارند. در سال ۲۰۰۰، متوسط عملکرد دانه کلزا در ایران، ۹۸۷ کیلوگرم در هکتار بوده که ۶۷ درصد متوسط جهانی بوده است. سطح زیر کشت کلزا در سال های۱۳۷۴-۱۳۷۲ حدود ۹۴/۵ هکتار، در سال زراعی ۱۳۸۰-۱۳۷۹ بالغ بر ۷۰۰۰۰ هکتار بوده و میزان تولید آن در سال پایه برابر ۵۱/۲ تن و در سال زراعی ۱۳۸۰-۱۳۷۹ معادل ۲۷۹۵۰ تن و در سال زراعی ۱۳۸۱-۱۳۸۰ بیش از ۶۵۰۰۰ تن بوده است (شیرانی راد ، ۱۳۸۰). در سال ۲۰۰۴ متوسط عملکرد دانه کلزا در ایران، نسبت به سایر کشورها به غیر از اتحادیه اروپا، بیشتر و رقمی حدود ۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده است (ماهنامه روغن نباتی، ۱۳۸۳). این درحالی است که متوسط

---

۱. درصدهای ذکر شده مربوط به صادرات روغن کلزا نسبت به صادرات روغن (کل گیاهان دانه روغنی) در کشور فرانسه می باشد.

عملکرد در دنیا زیر ۱۴۰۰ کیلوگرم بوده و در اتحادیه اروپا بیش از ۱۵۰۰ کیلـوگرم اسـت و مـی تـوان گفت تاحدودی به اتحادیه اروپا نزدیک شده ایم (ماهنامه روغن نباتی، ۱۳۸۳). سطح زیر کشت، تولیـد و عملکرد هکتاری کلزا در دنیا، طی سالهای مختلف در جدول۲-۱ نشان داده شده است.

جدول۲-۱-سطح زیر کشت، تولید و عملکرد کلزا در دنیا طی سال های مختلف (اقتباس از آلیاری و همکاران ، ۱۳۷۹)

سال های تولید	سطح زیر کشت (هزار هکتار)	تولید (هزار تن)	عملکرد (کیلوگرم/ هکتار)
۱۹۷۹-۸۱	۱۱۶۳۲	۱۱۲۹۲	۹۷۱
۱۹۹۱	۱۹۹۴۲	۲۷۸۹۳	۱۲۹۹
۱۹۹۲	۲۰۱۵۴	۲۶۷۱۵	۱۳۲۶
۱۹۹۳	۲۰۷۰۰	۲۶۲۳۹	۱۲۶۸
۱۹۹۹	۲۷۰۵۹۲	–	۱۵۰۰
۲۰۰۲	۲۴۰۰۰۰۰۰	۳۶۰۰۰۰۰۰	۱۵۰۰

۲-۲-اهمیت کلزا در ایران

ویژگی های گیاه کلزا و سازگاری آن با شرایط مختلف آب و هوایی اهمیت ایـن محـصول را بیـشتر نموده و بعنوان نقطه امیدی جهت تأمین روغن خوراکی مورد نیاز کشور به شمار آمده است. از جمله این ویژگی ها، می توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱) کلزا می تواند در تناوب با زراعت گندم و جو قرار گرفته و از تراکم بیماری ها و آفـات و علف های هرز کاسته و موجب افزایش عملکرد دانه این محصولات شود.

۲) دارا بودن تیپ بهاره و زمستانه و حد واسط، امکان کشت این گیاه را در شرایط متفاوت اقلیمی فراهم می سازد.

۳) کلزا دارای پتانسیل عملکرد بالا بوده و در بین دانه های روغنی از درصد روغن دانه بالایی (۴۵-۴۰ درصد) برخوردار است.

۴) در کشت پاییزه به آبیاری کمتری نیاز داشته و امکان استفاده از نزولات آسمانی پاییزه و زمستانه وجود دارد (شیرانی راد و دهشیری ،۱۳۸۱).

۵) امکان نگهداری محصول بمدت طولانی.

۶) ریشه بندی قوی و توان جذب رطوبت از اعماق خاک.

۷) هزینه تولید کم با توجه به زراعت های مشابه (احمدی و جاویدفر ، ۱۳۷۷).

۲-۳- گیاهشناسی کلزا

کلزا گیاهی است از راسته Rhodales خانواده Brassicaceae و از جنس *Brassica*. نوع وحشی آن منداب است که بومی ایران می باشد (خواجه پور، ۱۳۸۳). توانایی بذور مختلف جنس *Brassica*در جوانه زنی و رشد در دمای پایین موجب شده است که این گونه های آن بعنوان یکی از معدود گیاهان زراعی و روغنی زمستانه که می توان آنها را در مناطق معتدل، ارتفاعات و در شرایط نسبتاً خشک کشت کرد، مطرح باشند (احمدی و جاویدفر، ۱۳۷۷). این گیاه، یکساله و علفی، روز بلند و سرما دوست بوده و دارای دو تیپ پاییزه و بهاره است که ارقام پاییزه در شرایط مساعد معمولاً پرمحصول تر هستند. این گیاه آلوتتراپلوئید، با ۱۹ جفت کروموزوم (2n=38) است که بصورت بوته ای استوار، با انشعابات محدود و ارتفاع متوسط تا بلند رشد می کند (خواجه پور، ۱۳۸۳). گل آذین آن خوشه ای است، که گلدهی از قاعده ساقه اصلی و شاخه فرعی آغاز شده و به سمت نوک شاخه حرکت می کند. میوه آن نیام و بذور آن معمولاً به رنگ قهوه ای یا سیاهرنگ می باشند. البته در حالت طبیعی فرم هایی با بذر زرد رنگ وجود ندارد. اما تولید ارقام دارای بذور زرد رنگ، به منظور اهداف اصلاحی و به نژادی صورت می گیرد. بنظر می رسد رنگ زرد بذر، با مقدار کمتر تانن در بذور و نازک تر بودن پوسته بذر

ارتباط داشته و سبب می شود که میزان روغن و پروتئین بذر بیشتر و مقدار الیاف و فیبر کنجالـه کمتـر باشد (مجله آنلاین کشاورزی، ۱۳۸۵؛ پراکاش، ۱۹۸۰).

۲-۳-۱- ریشه

کلزا دارای یک ریشه اصلی عمودی و غالباً بلند و دوکی شکل می باشد که قطر قـسمت فوقـانی آن ۳-۱ سانتیمتر بوده و می تواند تا عمق ۸۰ سانتیمتر خاک نفوذ نماید. همچنین دارای ریشه های جانبی متعددی است که معمولاً افقی هستند و کمتر در عمق خاک نفوذ می کنند (شهیدی و فـروزان، ۱۳۷۶). عمق نفوذ و گستردگی سیستم ریشه نقش بسزایی در تحمل خشکی و استفاده بهینه از رطوبـت ذخیـره شده در خاک داشته و می تواند گیاه را در ارتفاعات زیاد یا کشت متراکم در مقابل بادهای شدید، حفـظ کند. (ناصری، ۱۳۷۵).

کلزا در مقابل موانع موجود در خاک[1] حـساس بـوده و معمـولاً در چنـین شـرایطی ریـشه بـصورت چنگالی درآمده یا رشد آن شدیداً کاهش می یابد. این عامل می تواند گیاه را نسبت به ورس حساس تـر نماید (آلیاری و همکاران، ۱۳۷۸). در خاک های رسی عمق نفوذ ریشه کاملاً محدود می شود. (ناصـری، ۱۳۷۵).

۲-۳-۲- ساقه

کلزا تولید یک ساقه اصلی می کند که شاخه های فرعـی از آن منـشعب مـی شـوند. پـس از پایـان زمستان (در ارقام پاییزه) ابتدا ساقه اصلی طویل می شود و پس از آن، شاخه های فرعی نیـز شـروع بـه طویل شدن می کنند. ساقه عمودی، با مقطع تقریباً مدور برنگ سبز روشن است، که به مرور زمـان زرد می شود. ارتفاع ساقه در واریته های مختلف ۲۰۰-۵۰ سانتیمتر متغیـر اسـت؛ ولـی معمـولاً ارتفـاع آن حدود ۱۵۰-۸۰ سانتیمتر می باشد.

---

[1]. منظور از موانع موجود در خاک، موانع فیزیکی از قبیل سنگ و سایر موانع و حتی خـاک هـای سـنگین بافـت اسـت؛ بـه طوریکه نفوذ ریشه در خاک به راحتی صورت نگیرد.

کلزا غالبا از قوه تجدید رویش خوبی برخوردار است و در صورت فراهم بودن مواد غذایی کافی می تواند با ایجاد شاخه های فرعی متعدد، اثرات تعداد کم بوته را جبران نماید (الیاری و همکاران، ۱۳۷۸ ؛ وبلاگ کشاورزی ب، ۱۳۸۵).

۲-۳-۳- برگ

برگ های کلزا به فرم های چسبیده، ساقه آغوش و چسبیده معمولی و دارای دمبرگ هستند. برگ های روزت اغلب بیضوی و چند قسمتی با یک لوب بزرگ در رأس برگ بوده و دارای دمبرگ نیز می باشند. رنگ برگ ها سبز مایل به آبی است و در متن آنها رگبرگ ها مشاهده می شوند.

برگ های پایینی ساقه و برگ های رزت، کمی کرک دارند ولی برگهای میانی و فوقانی فاقد کرک، دمبرگ و لوب هستند و لبه آنها ممکن است دندانه دار و یا صاف باشد. این برگ ها به شکل قلب بوده و در محل اتصال یک سوم ساقه را می پوشانند. آرایش برگ ها روی ساقه بصورت متناوب است (آلیاری و همکاران، ۱۳۷۹ ؛ وبلاگ کشاورزی ب، ۱۳۸۵).

۲-۳-۴- گل

گل بصورت صلیبی بوده و آرایش آن به شکل خوشه ای بلند می باشد. خوشه ها در انتهای ساقه اصلی و شاخه های گروه های بعدی تولید می شوند. گل های انفرادی در یک گل آذین از قسمت پایین خوشه شروع به باز شدن می نمایند. مادگی قبل از باز شدن گل و گرده افشانی، آماده باروری است (Protogeni).

کلزا گیاهی خود گشن است و بسته به شرایط محیطی میزان دگرگشنی در آن می تواند به بیش از ۵۰ درصد برسد (آلیاری و همکاران، ۱۳۷۹). معمولاً لقاح این گیاه در محیطی خنک و مرطوب باعث کاهش دانه می گردد (حجازی، ۱۳۷۹).

جدول ۲ -۲- مقایسه ترکیب اسیدهای چرب کلزا، سویا، آفتابگردان، ذرت (اقتباس از اسکاریبریک و دانیل، ۱۹۸۶)

گیاه	اسید چرب (درصد)						
	پالمتیک	استئاریک	اولئیک	لینولئیک	لینولنیک	ایکوزینوئیک	اروسیک
کلزا	۲-۵	۱-۳	۵۳-۵۸	۱۹-۲۳	۸-۱۲	۱-۲	۱
سویا	۱۰-۱۱	۴	۲۳-۲۶	۵۰-۵۴	۷-۹	–	–
آفتابگردان	۵-۷	۳-۵	۲۰-۲۳	۶۴-۶۸	۱	–	–
ذرت	۱۰-۱۲	۲-۴	۲۶-۲۸	۵۵-۵۸	۱	–	–

کنجاله کلزا نسبت به کنجاله سویا دارای محاسن زیر است:

- پروتئین کنجاله کلزا ارزان تر از کنجاله سویا تمام می شود.
- کنجاله کلزا دارای فسفر و ویتامین بیشتری است.
- کنجاله کلزا دارای کاربرد وسیعی بوده و داخل سیلوها متراکم نمی شود.
- در محاسبه هزینه های تولید دام، مقرون به صرفه تر است (شهیدی و فروزان، ۱۳۷۵).

مقایسه مشخصات تغذیه ای کنجاله کلزا با کنجاله سویا در جدول (۲-۴) درج شده است. از طرفی برگ های گیاه کلزا نیز می تواند به تنهایی علوفه مناسبی باشد. در یک آزمایش ثابت شد که در گیاه رشد کرده به مدت ۱۲ هفته، میزان پروتئین خام در برگ ها ۲۷ و در ساقه ۱۲ درصد است. همچنین در این مرحله، کل پروتئین گیاه می تواند ۲۲ تا ۲۴ درصد و سلولز آن ۱۴ تا ۱۷ درصد ماده خشک باشد (حجازی، ۱۳۷۹).

پوسته کلزا تقریبا ۱۸/۵-۱۶/۵ درصد وزن خشک دانه را تشکیل می دهد و ثابت شده که رنگ پوست دانه با ترکیب شیمیایی دانه در ارتباط است (جدول ۲-۵).

جدول۲-۳- ترکیب اسیدهای آمینه پروتئین کلزای دو صفر (اقتباس از وبلاگ کشاورزی، ۱۳۸۴ الف)

اسید آمینه ضروری (گرم در صد گرم پروتئین خام)	
ایزولوسین	۴/۴۷
لوسین	۷/۴۷
لیزین	۶/۶
متیونین	۲/۲۴
فنیل آلانین	۴/۶۷
ترلولین	۴/۸۱
تریپتوفان	ــــ
والین	65/5
اسید آمینه غیر ضروری (گرم در صد گرم پروتئین خام)	
هیستیدین	۳/۱۸
سیستئین	۲/۰۸
تیروزین	۳/۱۹
اسید اسپارتیک	۷/۷۹
سرین	۴/۴۱
اسید گلوتامیک	۲۰/۸۱
پرولین	۶/۲۲
گلیسین	۴/۶
آلانین	۴/۵۳
آرژنین	۷/۲۸

جدول۲-۴-مقایسه مشخصات تغذیه ای کنجاله کلزا با کنجاله سویا (اقتباس از روتکووسکی، ۱۹۷۹)

موادمغذی (درصد)	کلزا	سویا
لیزین	۵/۸	۶/۲
متیونین + سیستئین	۳/۱	۲/۰۵
انرژی قابل جذب	۶۳-۷۳	۷۳-۷۸
ضریب هضم پروتئین	۸۰-۸۶	۸۹-۹۳
پروتئین خالص	۳۶/۵	۴۸/۵
چربی	۳/۵	۰/۹
فسفر قابل جذب	۱۲	۶
آرژنین	۲/۳۲	۲/۹
هیستیدین	۱/۰۷	۱/۰۸
ایزولویسین	۱/۵۱	۲/۱۱
لویسین	۲/۶۵	۳/۳۷
متیونین	۰/۷	۰/۶۳
سیستئین	۰/۷۲	۰/۲۹
فنیل آلانین	۱/۵۲	۲/۱۶
تایروسین	۰/۹۳	۱/۲۶
تایرونین	۱/۷۱	۱/۷۱
تریپتوفان	۰/۴۴	۰/۵۴
والین	۱/۹۴	۲/۲۵
کلسیم	۰/۶	۰/۲۹
فسفر	۱/۱۷	۰/۶۵
سدیم	۰/۰۳	۰/۰۳
کلراید	۰/۰۲	۰/۰۴
پتاسیم	۱/۲۹	۲
منگنز	۰/۶۴	۰/۲۷

جدول ۲-۵- ارتباط رنگ پوسته دانه کلزا با ترکیب شیمیایی دانه (اقتباس از مجله آنلاین کشاورزی، ۱۳۸۵ب)

ارتباط رنگ پوسته دانه کلزا با ترکیب شیمیایی دانه			
رنگ دانه	فیبرخام(٪)	پروتئین(٪)	روغن(٪)
قهوه ای تیره	۱۳/۷	۳۹/۳	۳۹/۹
زرد مایل قهوه ای	۱۱/۵	۴۱	۴۲/۲
زرد	۸/۹	۴۲/۱	۴۵/۵

۲-۵-کاشت، داشت و برداشت کلزا

۲-۵-۱-کاشت

۲-۵-۱-۱- انتخاب مزرعه و تناوب زراعی

کلزا در محدوده وسیعی از خاک ها رشد می کند، ولی مناسب ترین اراضی برای رشد کلزا، خاک هایی با بافت متوسط، زهکشی مناسب، مواد آلی کافی و pH حدود ۶/۵ می باشد. کلزا در شرایط ایستابی، سیلابی و زهکشی ضعیف زمین و pH پایین تر از ۵/۵ کاهش رشد نشان می دهد. این گیاه در تناوب هر محصولی که اجازه تهیه بستر مناسب بذر را داده و از توسعه عوامل بیماری زای خاکزی جلوگیری کند، رشد می نماید. به ویژه در تناوب با غلات، از رشد و نمو خوبی برخوردار است. این تناوب باعث کنترل بیماری ها، آفات و علف های هرز کلزا می گردد. کشت متوالی کلزا در یک زمین یا کشت آن در تناوب با سایر گیاهان جنس براسیکا باعث تشدید بیماری های کلزا می گردد؛ چرا که در این حالت عامل بیماری زا می تواند در سال های متوالی در خاک و روی گیاه میزبان باقی بماند و جمعیت خود را افزایش دهد. بنابراین هنگام انتخاب یک منطقه برای تولید کلزا، توجه به تناوب زراعی منطقه بسیار مهم است. در جدول ۲-۶، فاصله زمانی کشت کلزا با برخی از گیاهان مهم آورده شده است.

جدول۲-۶- فهرست گیاهان زراعی مهم و فاصله زمانی بین تولید آنها با کشت کلزا (اقتباس از بی نام، ۱۳۷۸)

محصول	تناوب سال	ملاحظات
گندم، یولاف، جو	۰	هیچ بیماری مشترکی وجود ندارد. این گیاهان می توانند قبل یا بعد از کلزا کشت گردند. دقت شود باقی مانده علف کش کشت را به تعویق می اندازد.
ذرت و سورگوم	۱	در مناطقی که آترازین برای کنترل علف هرز استفاده می شود.
سیب زمینی، شبدر، لوبیا و پنبه	۱	بیماری مشترک ریزوکتونیا و فوزاریوم ریشه
یونجه و سویا	۲	بیماری مشترک ریزوکتونیا، فوزاریو ریشه و پوسیدگی اسکلروتینیایی ساقه.
آفتابگردان و کلزا	۳	بیماریهای مشترک ریزوکتونیا، فوزاریوم ریشه، و وسیدگی اسکلروتینیایی ساقه، برای جلوگیری از افزایش بیماری ها، آفات و علف های هرز، کلزا نباید بیش از یک مرتبه در یک دوره چهارساله کشت گردد.

۲-۵-۱-۲-انتخاب رقم

ارقام کلزا از نظر تیپ رشد با توجه به ریخته ارثی به سه گروه عمده تقسیم می شوند که بسته به وضعیت اقلیمی منطقه می توانند مورد کشت قرار گیرند:

- ارقام کلزا با تیپ رشد بهاره (Spring): این ارقام برای به گل رفتن به درجه حرارت حدود ۳ درجه سانتی گراد به مدت یک هفته نیاز دارند.
- ارقام کلزا با تیپ رشد بینابین (Intermediate): این ارقام جهت بهاره سازی یا شروع رشد زایشی، به مدت یک ماه نیاز به درجه حرارت حدود ۳ درجه سانتی گراد و کمتر دارند. تیپ رشد بینابین نیز به دو زیر گروه تیپ رشد بینابین زودرس و بینابین متحمل به سرما تقسیم می شود.

- ارقام کلزا با تیپ رشد زمستانه (Winter): این گروه تحمل به سرمای بسیار خوبی داشته و جهت شروع رشد زایشی به درجه حرارت حدود ۳ درجه سانتی گراد و کمتر، به مدت یک و نیم ماه نیاز دارند (بی نام، ۱۳۷۸).

۲-۵-۱-۳-آماده سازی زمین

مجموعه شرایطی که سرعت جوانه زنی و ایجاد پوشش سریع و یکنواخت را فراهم می سازد، باعث بهبود کنترل علف های هرز و افزایش عملکرد دانه می شود. بستر بذر باید نسبتاً هموار و ساختمان سطح خاک نیز باید در سطح مطلوبی باشد. اگر بستر بذر حاوی دانه های ریزخاک زیادی باشد، به واسطه سله بندی سطح بسیار محکمی را ایجاد می کند که این موضوع باعث استقرار ضعیف گیاهچه ها و اتلاف رطوبت از شکاف ها می گردد. بنابراین جهت تهیه بستر بذر مناسب، ضمن دقت در انتخاب مزرعه معمولاً عملیات آماده سازی زمین شامل شخم، دیسک و ماله انجام می گیرد.

پس از شخم عمیق برای از بین بردن کلوخه های خاک، دو بار دیسک عمود بر هم ضروری می باشد. در این مرحله می توان علف کش پیش از کاشت مانند ترفلان را نیز با خاک مخلوط نمود، همچنین از کودهای شیمیایی پایه مورد نیاز استفاده کرد. جهت استفاده از علف کش ترفلان، تهیه زمین و بستر کاشت باید به نحو مطلوبی انجام پذیرد. به لحاظ اینکه این علف کش در مرحله جوانه زنی، علف های هرز را کنترل می کند، بنابراین باید خاک تا حدی مرطوب بوده و علف کش در عمق ۱۰ سانتی متری خاک قرار گیرد. پس از دیسک زدن، از ماله نیز جهت تسطیح زمین و کمک به سبز شدن یکنواخت مزرعه استفاده می گردد (عزیزی و همکاران، ۱۳۷۸؛ منیر و رحمان خان، ۱۹۸۷).

۲-۵-۱-۴-تاریخ کاشت

جهت پوشش مناسب مزرعه و رشد مطلوب و افزایش تحمل به سرما، کلزا باید در تاریخ مناسب کشت گردد. به طور کلی کلزا باید ۶ هفته قبل از شروع اولین یخبندان (دمای کمتر از ۴- درجه سانتی گراد) کشت شود. کاشت زود هنگام باعث جذب مقدار زیادی آب و مواد غذایی در طول فصل پاییز و در نتیجه رشد زیاد بوته ها (ساقه روی) شده، بقای گیاه در زمستان را کاهش می دهد. از طرف دیگر کاشت با تأخیر نیز موجب کوچک ماندن گیاه و عدم ذخیره کافی مواد غذایی شده و این مسئله نیز خطر سرمازدگی را افزایش می دهد. چنانچه قبل از شروع زمستان، بوته ۸ برگی، قطر طوقه ۸ میلی متر، طول ریشه عمودی گیاه ۱۵ تا ۲۰ سانتی متر و وزن خشک بوته ۶ تا ۸ گرم باشد، درجه حرارت ۱۸- تا ۲۲- درجه سانتی گراد برای بوته قابل تحمل است و اگر بوته قبل از شروع زمستان در مرحله ۴ برگی با قطر طوقه ۵ میلی متر و طول ریشه عمودی ۷ تا ۹ سانتی متر باشد، درجه حرارت ۱۳- تا ۱۷- درجه سانتی گراد را تحمل می نماید (عزیزی و همکاران، ۱۳۷۸ ؛ رودی، ۱۳۸۲).

۲-۵-۱-۵- عمق و ابعاد کشت

بذر کلزا را به دلیل ریز بودن باید در عمق کم کشت کرد. با توجه به نوع رقم، بافت و ساختمان خاک، رطوبت خاک و اقلیم منطقه، عمق کاشت معمولاً بین ۱ تا ۳ سانتی متر در نظر گرفته می شود. در شرایط ایده آل رطوبتی، بذرهای ریز باید با خاک پوشانده شوند، اما در مناطق خشک لازم است بذر کمی عمیق تر کاشته شود تا با اطمینان بیشتری با رطوبت خاک در تماس باشد. عمق کاشت بیش از ۴ سانتی متر، جوانه زنی را به تاخیر انداخته و تکامل گیاهچه را در پاییز به تعویق می اندازد. فاصله خطوط کاشت می تواند روی کنترل علف های هرز، حساسیت به خوابیدگی، میزان مصرف آب و

کود ازته و در نهایت عملکرد دانه اثر داشته باشد. فاصله خطوط ۱۵ تا ۳۵ سانتی متر که در اغلب بذرکارهای غلات دانه ریز قابل تنظیم است، برای کشت کلزا نیز مناسب می باشد. فاصله بوته ها روی ردیف هم ۳ تا ۴ سانتی متر در نظر گرفته می شود (شهیدی و فروزان، ۱۳۷۵ ؛ آلیاری و همکاران، ۱۳۷۹).

۲-۵-۱-۶-روش کاشت

کلزا را به دو روش دست پاش و مکانیزه می کارند. در کشت دست پاش به میزان بذر بیشتری نیاز خواهد بود. در این روش، بستر بذر باید کاملاً مسطح گردد و پس از پخش بذر، یک دیسک یا غلطک بسیار سبک زده شود تا تماس کافی بین بذر و خاک ایجاد گردد. آبیاری نیز باید با دقت زیاد انجام گیرد تا از شسته شدن بذر و عدم یکنواختی در بستر مزرعه جلوگیری گردد.

در روش کشت مکانیزه می توان هم با خطی کار غلات و هم بذرکار پنوماتیک، عمل کاشت را انجام داد. در هنگام استفاده از بذرکار غلات باید تنظیم دستگاه را با توجه به عمق مناسب کاشت و میزان بذر مطلوب تغییر دارد. این عمل کمی مشکل است؛ زیرا که بذر کلزا نسبت به بذر غلات ریزتر و عمق کاشت آن سطحی تر می باشد. همچنین می توان از موزع مخصوص کلزا و تثبیت کننده عمق در این دستگاه ها استفاده نمود. از آنجایی که شرایط فیزیکی خاک در همه مناطق کشور مناسب نبوده و تمامی بذور کلزای کشت شده قادر به سبز شدن نمی باشند، استفاده از دستگاه پنوماتیک به جز در مناطق خاص کشور توصیه نمی شود.

در روش کشت مسطح، بهتر است فاصله خطوط کشت ۳۰سانتی متر در نظر گرفته شود و در روش کشت ردیفی ، فاصله ردیف ها ۶۰ سانتی متر و در روی هر ردیف، دو خط کشت در نظر گرفته می شود.

۲-۵-۲-داشت

۲-۵-۲-۱- تغذیه کلزا

در تولید کلزا ابتدا باید مطمئن شد که تغذیه گیاه متعادل است. زیرا کلید موفقیت به حداکثر رساندن تولید کلزا، حاصلخیزی است. آزمایش خاک را در تابستان به عنوان جزیی از کار و قبل از کاشت کلزا باید انجام داد. کلزا تقریبا به نسبت های زیر، نیازمند عناصر پرمصرف است:

N	P_2O_5	K_2O	S
۵	۲/۴	۴	۱

اگر آزمون خاک نشان دهد که مقداری از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، در خاک وجود دارد، کوددهی باید به میزانی باشد که نسبت فوق رعایت شود. اضافه بر آن هدر دادن پول و کود است.

در بسیاری از کشورها با استفاده از سه اصل زیر مقدار کود دهی را تعیین می کنند:

- درصد عنصر در ساختمان گیاه.
- مقدار این عنصر در خاک (که با آزمون خاک تعیین می گردد).
- عملکرد مورد نظر (بر حسب کیلوگرم در هکتار).

فرمول محاسبه مقدار N، P_2O_5 و K_2O به شرح زیر است (مارکرافت و استنلی، ۲۰۰۵):

الف- مقدارN

مقدارN - NO_3موجود در خاک (کیلوگرم در هکتار)- (عملکرد مورد نظر به کیلوگرم در هکتار) × (۰/۰۶۵)= N مصرفی

ب-۱- مقدار P_2O_5 به روش بری

عملکرد مورد نظر × {(مقدارP_2O_5 در آزمون خاک بر حسب ppm) (۰/۰۰۱۷)-۰/۰۳۶} = P_2O_5 مصرفی

ب-۲-مقدار P_2O_5 به روش اولسون

P_2O_5 مصرفی = {۰/۰۳۶ - (۰/۰۰۲۲) (ppm مقدار P_2O_5 موجود در خاک بر حسب)} × عملکرد مورد نظر

ج- تعیین K_2O

K_2O مصرفی = {۰/۰۵۴ – (۰/۰۰۰۳۴) (ppm مقدار K_2O در آزمون خاک بر حسب)} × عملکرد مورد نظر

مثلا اگر در آزمون خاک مقدار P_2O_5 به روش اولسون ۱۳ ppm تعیین شد و عملکرد مورد نظر ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار باشد، مقدار P_2O_5 قابل توصیه عبارتست از:

P_2O_5 مصرفی = {۰/۰۳۶-(۰/۰۰۲۲) (۱۳)} × ۲۵۰۰= ۱۸/۵ کیلوگرم در هکتار

به طور کلی اعتقاد بر این است که در زراعت کلزای پاییزه، باید کود پتاسه و فسفره در پاییز به زمین داده شود. این در حالی است که حدود یک سوم کود نیتروژنه را در موقع کاشت، حدود یک سوم را در شروع ساقه رفتن و یک سوم باقی مانده را در اوایل گل کردن باید داد (مارکرافت و استنلی، ۲۰۰۵).

۲-۵-۲-۲-کنترل علف های هرز کلزا

علف های هرز نازک برگ مزارع کلزا، تیپ تابستانه مانند سوروف، قیاق، دوم روباهی، و یا تیپ زمستانه مانند یولاف وحشی، چچم، فالاریس، و به تعداد زیاد گندم و جوی باقی مانده از زراعت قبلی می باشند. بهترین راه کنترل علف های هرز در مناطقی که مشکل آب ندارند، آبیاری قبل از برداشت و برگرداندن بذور سبز شده در خاک توسط دیسک است. کوتیواتور زدن، وجین دستی، موور و در مناطقی که مشکل آب دارند، استفاده از علف کش، از جمله روش های کنترل علف های هرز به شمار می آیند.

برای کنترل علف های هرز کلزا می توان از علف کش های زیر استفاده نمود:

- علفکش گالانت؛ به مقدار ۱/۵ تا ۲ لیتر در هکتار در مرحله ۳ تا ۵ برگی علف هرز.

- علفکش نابواس؛ به مقدار۲ تا ۳ لیتر در هکتار در مرحله ۳ تا ۵ برگی علف هرز.
- علفکش سوپر گالانت؛ به مقدار ۵ تا ۷ لیتر در هکتار در مرحله ۳ تا ۵ برگی علف هرز.
- علفکش فوکوس؛ به مقدار ۱/۵ تا ۲ لیتر در هکتار در مرحله ۳ تا ۵ برگی علف هرز.

نکات مهم:

- این علف کش ها باید درشرایطی که دمای محیط متعادل بوده و احتمال یخبندان شدید شبانه یا روزانه نباشد، بکار رود.
- هنگام کاربرد علف کش، علف هرز و محصول نباید در مرحله توقف رشد باشند.
- این علف کش ها در دمای محیطی پائین، دیرتر اثر می کنند (وبلاگ کشاورزی ب، ۱۳۸۴).

۲-۵-۳-برداشت

کلزا به دو روش مستقیم (با کمباین) و غیر مستقیم (ابتدا بریده و سپس خرمنکوبی می شود) برداشت می گردد. برداشت زودهنگام موجب کاهش میزان روغن، رطوبت زاید در بذر و وجود مقدار زیادی بذر سبز می شود. همچنین برداشت دیرهنگام نیز باعث اتلاف بذر ناشی از ریزش دانه خواهد شد (رودی، ۱۳۸۲). لازمه برداشت در رطوبت بالا، وجود امکانات خشک کن برای رساندن رطوبت بذر به ۹ درصد، جهت انبارداری است. درصورت عدم دسترسی به خشک کن، لازم است محصول برداشت شده، برای رسیدن به این سطح از رطوبت، در مزرعه باقی بماند (وارد و همکاران، ۱۹۹۱).

تلفات بذر در زمان برداشت حتی می تواند به ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار برسد و مهم ترین علت آن تنظیم نامناسب کمباین می باشد. همچنین ارقام مقاوم که در زمان برداشت ایستاده هستند، در برابر بادهای شدید آسیب پذیر می باشند و تلفات بذر آنها در هنگام برداشت زیاد است. بهترین ارقام آنهایی

هستند که در زمان رسیدن، ساقه هایشان کمی خم می شود و یک کانوپی نسبتاً مقاوم به ریزش ایجـاد می نمایند (شیرانی راد و دهشیری، ۱۳۸۱).

بررسی منابع

۳-۱- تنش خشکی

۳-۱-۱- نقش آب در گیاه

آب برای رشد گیاهان ضروری است؛ چرا که در گیاهان اعمال زیادی انجام می دهد و گیاهان حساسیت های متفاوتی به تنش آب نشان می دهند . به طور خلاصه نقش آب در گیاه عبارتست از (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱):

۱- به عنوان یک ماده ساختمانی با هزینه متابولیکی خیلی کم عمل می کند؛ سلول های گیاهان واکوئل های خیلی بزرگی دارند، که عمدتاً حاوی آب هستند و توزیع مقدار کمی ماده خشک را در یک سطح یا حجم بزرگ میسر می سازند. این امر، کارایی را افزایش می دهد؛ به این صورت که ریشه ها در خاک گسترش بیشتری می یابند و شاخ و برگ، از جو و انرژی خورشیدی بهتر استفاده می کنند.

۲- اصطلاحاً آب به عنوان «محیط» انجام متابولیسم می باشد؛ زیرا بسیاری از گازها، نمک ها و ترکیبات آلی در آب محلول هستند. مواد معدنی به صورت محلول از خاک جذب شده و از طریق آوندهای چوبی به برگ ها انتقال می یابند. تبادلات گازی از طریق لایه نازکی از آب در داخل و خارج سلول های مزوفیل صورت می گیرد و متابولیت ها در گیاهان به صورت محلول در آوندهای آبکش حرکت می کنند. نیروی پیوستگی مولکول ها این اجازه را به آب می دهد که بدون گسستن داخل لوله های آوندهای چوبی، به بالاترین برگ های درختان منتقل شوند.

۳- کاهش دادن نوسانات درجه حرارت؛ فقط حدود یک درصد تشعشع خورشیدی رسیده به کانوپی گیاه در فتوسنتز به کار می رود و بخش بزرگی از آن جهت تبخیر آب از برگ ها (تعرق) مصرف می شود، بنابراین تبخیر آب سبب سرد شدن آنها و جلوگیری از گرمای زیاد می شود (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱).

عوامل رطوبتی که می تواند عملکرد را محدود نماید، شامل موارد زیر می باشد :

۱- ذخیره رطوبت بهاره خاک .

۲- سرعت و مدت بارندگی و یا آبیاری طی فصل رشد .

۳- توانایی خاک در جذب ، نگهداری و فراهم کردن آب برای گیاه (انجمن کلزا کانادا، ۲۰۰۵) .

به طور کلی، خشکی به دو صورت خشکی کشاورزی و خشکی هیدرولوژیکی قابل تعریف است. علاوه بر این، طول مدت وقوع خشکی نیز می تواند به عنوان شاخص تقسیم بندی مورد استفاده واقع شود.

چرخه هیدرولوژیک یا آبی زمین، یک چرخه بسته است؛ به این مفهوم که آب از بین نمی رود.

خشکی کشاورزی از نظر طول مدت، بین چند هفته تا چند سال متغیر است.بدیهی است وقتی این نوع خشکی رخ می دهد، گیاهان رطوبت کافی در اختیار ندارند. به طور کلی، خشکی کشاورزی عمومی تر از خشکی هیدرولوژیکی است و اثرات قابل ملاحظه آن آشکارتر می باشد (راسل، ۲۰۰۵).

گرچه تعاریف ارایه شده در مورد تنش، ممکن است ناکافی باشد، اما به طور کلی تنش به عنوان یک عامل خارجی که اثرات سوء بر گیاهان به جای می گذارد، شناخته می شود. گیاهان تحت شرایط طبیعی و زراعی، به طور پیوسته در معرض تنش هستند (کافی و همکاران، ۱۳۷۹ الف)؛ به طوری که تنش های محیطی مهم ترین عامل کاهش دهنده عملکرد محصولات کشاورزی در سطح جهان محسوب می شوند. اگر تنش های محیطی حادث نمی شدند، عملکرد واقعی برابر با عملکردهای پتانسیل گیاهان می بود. این در حالی است که در بسیاری از گیاهان زراعی، متوسط عملکرد کمتر از ۲۰ – ۱۰ درصد پتانسیل عملکرد آنان است.

در نقاط خاصی از کره زمین به دلیل موقعیت ویژه جغرافیایی، عوامل تنش زا در تولید محصولات کشاورزی، تأثیر منفی بیشتری دارند و کشاورزی در آن مناطق با تحمل هزینه بیشتر و بازه کمتر صورت می گیرد. ایران از جمله کشورهایی است که در اکثر نقاط آن، تنش های مهم غیر زنده نظیر خشکی ،

شوری و ... و تنش های زنده شامل قارچ ها، باکتری ها و ... موجب کاهش عملکرد، از بین رفتن حاصلخیزی خاک و در مواردی، عدم امکان تداوم کشاورزی گردیده است.

با وجود خسارت شدید عوامل تنش زا بر عملکرد محصولات کشاورزی در ایران، سابقه تحقیقات در مورد کشاورزی تحت تنش کم است و عمدتاً تحقیقات کشاورزی در شرایط بدون تنش انجام شده است. در حالی که کشاورزان معمولاً قادر به فراهم نمودن چنین شرایطی نمی باشند و همین مسئله علت اختلاف شدید بین عملکرد گیاهان در شرایط ایستگاه های تحقیقاتی و مزارع کشاورزان می باشد (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱).

به طور کلی برخی عوامل محیطی (مانند دمای هوا) در مدت چند دقیقه می توانند تنش زا شوند. در صورتی که در مورد برخی عوامل محیطی دیگر ممکن است روزها تا هفته ها (مانند رطوبت) و حتی ماه ها (مانند مواد معدنی) به طول انجامد (کافی و همکاران، ۱۳۷۹ الف). تنش های خشکی و گرمایی دو تنش مهم محدود کننده باروری گیاهان زراعی در سرتاسر جهان می باشند (لودلو و موچو، ۱۹۹۰).

یکی از موارد مهم در تنش خشکی، تنش های ثانویه ای است که بر گیاه تحمیل می شود. از جمله این تنش ها که تقریباً بین تمام فیزیولوژیست های گیاهی بر سر آنها اتفاق نظر وجود دارد، عبارتند از:

۱. تجمع نمک ها در لایه های بالایی خاک و اطراف ریشه ها که منجر به تنش اسمزی و سمیت یونی می شود.
۲. غیر قابل دسترس شدن مواد غذایی به خصوص در افق های بالایی خاک که سریعاً خشک می شوند ولی از لحاظ معدنی غنی ترین افق خاک هستند.
۳. افزایش سختی خاک در اثر خشک شدن آن که به نحو مطلوبی رشد ریشه را تحت تأثیر قرار داده، منجر به کاهش رشد برگ ها و فتوسنتز مخصوصاً در گیاهچه ها می شود (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱).

۳-۱-۲- پاسخ به خشکی

بر اساس طبقه بندی لویت (۱۹۸۰) و مک ویلیام (۱۹۸۹) و لودلو و موچو (۱۹۹۰) پاسخ به خشکی به صورت های زیر انجام می گیرد:

۳-۱-۲-۱- فرار یا اجتناب از خشکی

این عمل به صورت توانایی (ساختاری یا اختیاری) کامل کردن رشد قبل از شدید شدن خشکی و حفظ بقاء در فصل خشک به وسیله دانه (غلات ، علوفه ای های یک ساله) یا به صورت خواب، در برخی از گیاهان قابل تعریف است.

۳-۱-۲-۲- مقاومت به خشکی

توانایی رشد و داشتن عملکرد در شرایط خشک را مقاومت به خشکی می نامند که به اشکال زیر می باشد :

۳-۱-۲-۲-۱- **اجتناب یا تأخیر در پسابیدگی** : حفظ محتوای نسبی آب (RWC[1]) و حجم پروتوپلاست یا آماس طی خشکی؛ رشد ممکن است کاهش یافته و یا کاهش پیدا نکند، ولی فرایندهای متابولیکی ادامه یابد.

۳-۱-۲-۲-۱-۱- **کنترل** جذب آب و مواد معدنی از خاک، رشد ریشه، توازن هدایت و توزیع در شرایط محتمل خشکی.

۳-۱-۲-۲-۱-۲- کنترل تلفات آب از طریق برگ ها، از طریق بسته شدن روزنه در پاسخ به کمبود فشار بخار (VPD[2])، افزایش پتانسیل یا ارسال علایم توسط ریشه، مقاومت کوتیکولی بالا، انعکاس بالای

---

1. Relative Water Content
2. Vapor Pressure Deficit

نور به واسطه وجود موم یا کرکدار بودن، حرکت های برگ، ریزش برگ، تغییر از متابولیسم C_3 به CAM[1].

۳-۱-۲-۲-۱-۳- تنظیم اسمزی: معمولاً برای حفظ آماس سلولی انجام می شود.

۳-۱-۲-۲-۱-۴- تغییر در خصوصیات دیواره و اندازه سلول.

۳-۱-۲-۲-۲- **تحمل پسابیدگی**: توانایی تحمل دوره های کاهش در RWC. کاهش حجم یا کاهش آماس و بهبودی پس از آن.

۳-۱-۲-۲-۲-۱- **تنظیم اسمزی**، تغییر در اندازه سلول و تغییر شکل دیواره جهت جلوگیری از پلاسمولیز، و از بین رفتن دیواره همراه با چروکیده شدن پروتوپلاست (گان و همکاران، ۲۰۰۴)؛ به طور کلی تنظیم اسمزی عبارتست از پایین رفتن پتانسیل اسمزی در پاسخ به تنش آب. این امر ممکن است از دو طریق صورت گیرد:

- تنظیم غیر فعال؛ که در نتیجه تقلیل مقدار آب نسبی بافت است.
- تنظیم فعال؛ که به وسیله تجمع املاح یا متابولیت ها، یا به وسیله کاهش گسترش حجم سلول صورت می گیرد.

ثابت شده است که تحت شرایط تنش آب، فتوسنتز نسبت به مصرف مواد اسیمیله در طول دوره رشد، کمتر تحت تأثیر قرار گرفته و بنابراین، اغلب قندها (به جز نشاسته) و بقیه محصولات متابولیکی انباشته می شوند. شایان ذکر است که اهمیت نسبی این مواد در تنظیم اسمزی بستگی به گونه، بافت و سرعت خشکی داشت (میلبورن، ۱۹۷۹؛ او تول و بلند، ۱۹۸۹).

تنظیم اسمزی می تواند در حفظ سطح سبز برگ و انتقال مجدد کربوهیدرات های ذخیره شده در بافت رویشی به اندام زایشی (دانه)، مؤثر باشد (انتز و فاولر، ۱۹۹۰). بنا بر اظهار هندری (۱۹۹۳)، بسیاری از گونه های مناطق معتدل نظیر علف های چمنی، فروکتان ها را بیش از نشاسته ذخیره می

---

1. Crassulacean Acid Metabolism

نمایند. او بیان کرد که دلیل این امر آن است که در طول تاریخ تکامل، آنها تحت فشار بوده و در نتیجه با خشکی و بقیه تنش ها، سازگار شده اند.

به طور کلی کلزا و خردل هندی از نظر تنظیم اسمزی ضعیف هستند. اما خردل نسبت به کلزا تحت شرایط کمبود آب شدید، پتانسیل آماس (تورگر) بیشتر و در نتیجه عملکرد بذر و ماده خشک بیشتری را تولید می نماید (سوبارائو و همکاران، ۱۹۹۵).

۳-۱-۲- ۲- ۲- ۲ – **ثبات غشاء:** تغییر در تراکم و نفوذ پذیری فسفولیپیدی، حفاظت کننده اسمزی، تنظیم کنندگان سوپر اکسید.

۳-۱-۲- ۲ – ۲- ۳- توانایی انتقال ذخایر به اجزای اقتصادی تحت تنش شدید.

۳-۱-۲- ۲- ۲- ۴ – حفظ اعمال حیاتی بافت برگ در RWC پایین و درجه حرارت بالا برای برگشت به وضعیت بدون تنش.

۳-۱-۲- ۲ – ۲-۵- سیستم ریشه: گیاهان برای جذب آب از ذخایر خاک، وابسته به سیستم های ریشه ای خود هستند. عمق ریشه ای، تراکم طول ریشه و هدایت هیدرولیک ریشه از جمله ویژگی های مهمی هستند که در گونه های مختلف گیاهی متفاوتند (تورنر و همکاران، ۲۰۰۱).

۱. **عمق ریشه:** تحت شرایط آبیاری با آب باران (Rainfed) سیستم ریشه ای عمیق تر بوده و در نتیجه می تواند پایداری عملکرد گیاه را تأمین نماید (لودلو و موچو، ۱۹۹۰).

عمق ریشه، با محیط رشد، دسترسی به مواد مغذی، دمای خاک، دسترسی به آب در عمق، بافت خاک و روش های شخم تغییر می کند. نتیجه مشاهدات حاکی از آن است که اختلافات گیاهان زراعی از لحاظ تراکم طول ریشه اصلی بیشتر در عمق های تحتانی محسوس می باشد. گیاهان دارای ریشه سطحی از جمله نخود سبز، طول ریشه کمتری در مقایسه با برخی از گیاهان زراعی دیگر مثل کلزا، دارند. بنابراین دارای کارایی کمتری نیز برای جذب آب از عمق می باشند (آنگادی و همکاران، ۱۹۹۹).

۲. **هدایت هیدرولیک ریشه:** هدایت هیدرولیکی ریشه نشان دهنده مقدار آب استخراج شده در واحد طول ریشه است. گزارش شده است که گونه های برخوردار از هدایت هیـدرولیکی کمتر ریشه، به لحاظ انتقال کند تر رطوبت از خاک به اندام هوایی و در نتیجه امکـان بـاقی ماندن آب بیشتر برای دوره رشد زایشی، می توانند بر گونه های دارای هدایت هیـدرولیکی بیشتر ریشه ارجحیت داشته باشند (آنگادی و همکاران، ۱۹۹۹).

۳-۱-۲-۲-۲-۶- تنظیم روزنه ها: بخش عمده آب استخراج شده توسط سیـستم ریـشه ای، در زمانی که برگ ها طی فتوسنتز CO_2 دریافت می نمایند، از دسترس گیاه خارج و بـه اتمـسفر وارد مـی شود. روزنه های برگ نقش مهمی در این تبادل ایفا می کنند. برخی از گیاهان از جمله لوبیا چشم بلبلی (Cowpea) از نظر تنظیم بازشدگی روزنه ها کارآمد هستند؛ بـه طـوری کـه تلفـات آب در وسـط روز، یعنی به هنگام بیشترین تقاضا برای آب، کاهش می یابد.

۳-۱-۲-۲-۲-۷- حرکت برگی: تشعشع خورشیدی منبع اصلی انرژی جهت تبخیر آب از بـرگ (تعرق) است. برخی گیاهان زراعی طی تنش خشکی، به منظور کاهش بارگیری تشعشع، استراتژی هـای حرکت برگی را اتخاذ می نمایند. این استراتژی ها شامل خم شدن و پلاسیده شدن (مثـل آفتـابگردان)، لوله شدن (مثل گندم) و تاشدن (مثل بقولات) می باشد (آنگادی و همکاران، ۱۹۹۹).

۳-۱-۲-۲-۲-۸- پرولین: تجمع اسید آمینه ناشی از کاهش پـروتئین، در واقـع نـوعی سـازش است. پرولین را اولین بار بیتس و همکاران (۱۹۷۳)، با روش خاص خود استخراج و آنرا به نام خود ثبـت نمودند. آنها بیان کردند که پرولین شناخته شده ترین اسید آمینه بعنوان تنظـیم کننـده فـشار اسـمزی گیاهان عالی روییده در شرایط تنش شوری و خشکی است.

در واقع انباشته شدن پرولین در برگ ها می تواند عامل حفاظت کننده گیاه باشد؛ چـرا کـه کـاربرد خارجی آن سبب افزایش تحمل به خشکی می شود. لازم به ذکر است که اسید آمینـه پـرولین، پـس از

جذب مجدد آب و آماس سلولی، اکسید شده و به ترکیب های تشکیل دهنده خود مانند اسید گلوتامیک تبدیل می شود (او تول و بلند، ۱۹۸۹). وارطانیان و همکاران (۱۹۹۲) در بررسی های خود در خصوص اثر تنش خشکی بر کلزا به این نتیجه رسیدند که گیاه به منظور تحمل خشکی، محتوای پرولین ریشه خود را بالا می برد. در این بررسی مشخص شد که آبیاری مجدد سبب تحریک تجزیه پرولین و انتقال آن به بخش های دیگر گیاه می گردد..

۳-۱-۳- مصرف آب و ارتباط با عملکرد بذر

در کلیه گیاهان زراعی، با افزایش آب در دسترس (تا حد مشخص) عملکرد بذر به طور خطی زیاد می شود. با این حال، برخی گیاهان نسبت به سایرین بسیار کارآمد تر هستند (آنگادی و همکاران، ۱۹۹۹). به عنوان مثال، گیاهان دانه روغنی براسیکا، کارایی استفاده از آب پایینی دارند. یک استرس آبی متوسط، برای آغازش پر شدن دانه در گیاهان رشد نامحدود مثل بقولات، ضروری است. این ویژگی بقولات، آنها را برای مناطق نیمه خشک بسیار مناسب ساخته است (سوبارائو و همکاران، ۱۹۹۵).

به طور کلی عکس العمل گیاهان زراعی به شرایط محیط در تمام طول دوره رشد گیاه (از کاشت بذر تا برداشت محصول)، از طریق تغییر در عملکرد نمود می یابد . بنابراین، ارزیابی تأثیر تنش روی گیاه زراعی بستگی به اثر متقابل بین عوامل مربوط به تنش و عوامل مرتبط با گیاه زراعی دارد. در عین حال که شدت، مدت و تعداد در معرض قرارگیری و دفعات مواجهه با تنش حائز اهمیت است، واکنش گیاه به تنش بستگی به فرایندهای فیزیولوژیکی تحت تأثیر، حساسیت های بافت ها یا اندام ها، مرحله نمو گیاه و یا واریته تحت تنش دارد. به طور کلی گل دهی، حساس ترین مرحله بوده و هرگونه تنشی طی این دوره می تواند موجب کاهش معنی دار عملکرد در اکثر گیاهان گردد؛ چرا که در اثر تنش در این مرحله قابلیت زنده ماندن و جوانه زنی دانه گرده کاهش یافته، موجب تأخیر یا اختلال در مسیر رشد و نمو و در نتیجه آغاز گل دهی می شود (گان و همکاران، ۲۰۰۴).

به طوری که اشاره شد، به هنگام وقوع تنش، مکانیسم های کنترلی گوناگونی به منظور تنظیم سایر فرایندها جهت بالانس عملکرد، وارد عمل می شوند (سوبارائو و همکاران، ۱۹۹۵).

۳-۲ - اجزای عملکرد کلزا

اجزای عملکرد در کلزا از تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه تشکیل مـی شـود. بنظـر می رسد قابلیت جبرانی اجزای عملکرد در کلزا نسبت به غلات کمتر است. تولید ماده خشک، بویژه ماده خشک غلاف و دانه بعد از ریزش برگ ها با شدت ادامه می یابد و حداقل نیمـی از مـاده خـشک دانـه از طریق فتوسنتز غلاف ها تولید می گردد. در مرحله گلدهی نقش برگ ها در رشد و تکامـل گیـاه تقریبـاً پایان می پذیرد؛ ولی آنها به تأمین مواد غذایی از طریق انتقال مجدد ادامه می دهند (احمـدی و جاویـد فر، ۱۳۷۹). تحقیقات نشان داد که مواد فتوسنتزی برگ های بالایی کلزا عمدتاً برای رشد و نمو سـاقه و شاخه های بالایی مصرف شد. همچنین جوان ترین قسمت های ساقه، بویژه قسمت های دارای کپـسول، بیشترین فعالیت فتوسنتزی را داشتند. تقریباً ۷۵ درصد مواد فتوسنتزی برگ پـرچم کلـزا، کـه در واقـع آخرین و بالاترین برگ تشکیل شده در این گیاه می باشد، به کپسول هـای در حـال رشـد منتقـل مـی گردد. در زمان حداکثر ذخیره ماده خشک در دانه ها، فعالیت فتوسنتزی پوسته کپـسول (۲۸ درصـد) و قسمت هایی از ساقه دارای کپسول (۴۱ درصد) ، بیشتر از فعالیت فتوسنتزی برگ ها بدست آمده اسـت (شیرانی راد و دهشیری، ۱۳۸۱).

۳-۳ – تأثیر تنش خشکی بر گیاه کلزا

۳-۳-۱ – اثر تنش خشکی بر رشد رویشی کلزا

رشد اندام ها، به سرعت تولید سلول های جدید و سرعت بزرگ شدن این سلول ها بستگی دارد. هر دو فرایند، به آماس سلولی حساس هستند. اما میزان این حساسیت، احتمالاً به بافت، گونه یا شدت تنش بستگی دارد (مورگان، ۱۹۹۱؛ لاولور و انفوک، ۱۹۷۷). ظاهراً کلزا بطور معمول در برابر کمبود شدید رطوبت خاک، از سایر گونه های جنس خود مقاوم تر است. خصیصه مقاومت کلزا به خشکی در کشورهای گرمسیری مرتفع ، ویژگی قابل توجهی به شمار می رود ؛ زیرا در بسیاری از این مناطق، بارندگی کم است و یک محصول دانه روغنی که توان مقاومت در برابر باران کم را داشته باشد، بالقوه ارزشمند است (ناصری ، ۱۳۷۵). بررسی ها نشان داد که تنش خشکی بر رشد طولی ریشه و ساقه مؤثر بود؛ اما تأثیر آن بر رشد طولی و وزن خشک ریشه، به اندازه ساقه، تاج گیاه و سطح برگ نبود (سرمد نیا و کوچکی، ۱۳۷۶).

پریسکو و حداد (۱۹۹۲) نشان دادند که تنش خشکی، تعداد بذر جوانه زده و قوه نامیه را کاهش داد. گوناسکارا و همکاران (۱۹۹۳) کاهش در صد جوانه زنی را با کاهش رطوبت خاک از حد ظرفیت زراعی به سمت تخلیه رطوبتی خاک گزارش نمودند. بررسی های نیلسن (۱۹۹۷) نشان داد که استرس آبی طی مراحل رشد رویشی، توسعه سطح برگ را محدود نمود. اما وقتی بعداً در طول فصل رشد ، آب کافی در دسترس بود، گیاه، این کمبود را جبران کرده، سطح بیشتری تولید نمود.

۳-۳-۲- اثر تنش خشکی بر رشد زایشی کلزا

زمان به گل رفتن کلزا بسیار مهم میباشد؛ چرا که در نتیجه کمبود زیاد رطوبت و دمای بالا، ریزش گل ها پیش از تشکیل بذر رخ می دهد و گاهی این رخداد ممکن است در عرض یک هفته به اتفاق بیفتد (دنیس، ۲۰۰۲).

کلزا به هنگام جوانه زنی و نیز در مرحله گلدهی و رشد غلاف ها به خشکی حساس است. همچنین گزارش شده است که تأمین آب در شروع مرحله رشد غلاف ضروری است. هر تنش آبی در ابتدای دوره رشد، غلاف ها و تعداد آنها را تحت تأثیر قرار می دهد؛ حال آنکه تنش خشکی در مراحل بعد، بر تعداد دانه در غلاف مؤثر است (پوزت، ۱۹۹۵). در بررسی نیلسن (۱۹۹۷) مشخص شد که در مرحله زایشی، تنش آبی می تواند بیشترین تأثیر محدود کنندگی را بر گسترش سطح برگ بر جای گذارد. در کلزا بهاره، وقوع تنش خشکی در مرحله گلدهی تا رسیدگی دانه، موجب کاهش معنی دار عملکرد دانه، عملکرد کاه و کلش و شاخص برداشت می شود. کاهش عملکرد دانه، اساساً به علت کاهش تعداد غلاف در گیاه است. بر اساس نتایج خورگامی و همکاران (۲۰۰۵)، استنباط می شود که تأمین آب کافی در طول دوره گلدهی تا پرشدن غلاف کلزا جهت حصول عملکرد روغن و بذر زیاد، ضروری است (خورگامی و همکاران، ۲۰۰۵).

در سویا مشخص شد که حساسترین مرحله رشد به استرس خشکی، مرحله پر شدن دانه بود (قبادی و همکاران، ۲۰۰۶). رائو و همکاران (۱۹۹۱) دریافتند که گلدهی دانه های روغنی، مرحله بحرانی و حساس به استرس آبی است. ثابت شده که حساس ترین مراحل نمو کلزا نسبت به تنش خشکی، ابتدا گلدهی و سپس نمو غلاف بود. چامپولیویر و مرین (۱۹۹۶) گزارش دادند که حساس ترین دوره کلزا به استرس آبی، بین گلدهی و نمو غلاف است.

در اثر آبیاری (تقلیل تنش خشکی)، سطح برگ ها و غلاف ها و دوام آنها افزایش می یابد؛ ولی افزایش عملکرد دانه به نسبت بالاتری انجام می شود (عزیزی و همکاران، ۱۳۷۸). مینگوآ (۱۹۷۴) بیان

نمودند که در کلزا، مرحله شکوفا شدن گل ها تا دو هفته پس از آن، دوره ای بحرانی بوده و وقوع تـنش خشکی کم در این مرحله می تواند عملکرد را حتی به میزان ۲۰ درصد کاهش دهد. در صـورت تخفیـف یافتن تنش در مرحله قبل از رسیدگی،این کاهش می تواند تا حد زیادی جبران شود.

۳-۳-۳ – تأثیر تنش خشکی بر ویژگی های مورفولوژیک، سـاختاری، زراعـی و اجـزای عملکرد

اجزای عملکرد اغلب در زمان برداشت، اندازه گیری می شوند تا معین شود که کدام یک در اختلاف بین ژنوتیپ ها یا تیمارها مهم ترین نقش را داشته است (عزیزی و همکاران، ۱۳۷۸).

۳-۳-۳-۱ – ارتفاع بوته

پژوهش ها نشان داد که ارتفاع بوته گونه های براسیکا تفاوت معنی داری با یکدیگر داشتند (سـانا و همکاران، ۲۰۰۳). ویلسون (۱۹۸۶)، با مطالعه اثر تنش خـشکی روی رشـد رویـشی کلـزا اظهـار داشـت خشکی از طریق کاهش رشد میانگره ها، سبب کم شدن ارتفاع ساقه مـی گـردد. از طرفـی تـأثیر اولیـه خشکی بر ارتفاع ساقه بوده ولی در تنش های شدیدتر، رشد عرضی ساقه نیز کاهش می یابد. بـه عقیـده الثابت و همکاران (۲۰۰۳) فواصل آبیاری به طور معنی داری بر تمام ویژگیهای رشد و عملکـرد کلـزا بـه استثناء قطر ساقه اصلی تأثیر می گذارد.

دسکلاکس و همکاران (۲۰۰۰) در آزمایش خود روی سویا به این نتیجه رسیدند که میانگین ارتفاع گیاه نسبت به اعمال تنش خشکی در مراحل رویشی و گلدهی، حساس ترین صفت به شمار می رود و در این شرایط کاهش می یابد.

هوگن بوم و همکاران (۱۹۸۷) براین عقیده بودند که افزایش رشد طولی ساقه مربوط به بیشتر شدن تعداد گره و طول میانگره می باشد که در اکثر مواقع، طویل شدن میانگره بیش از سرعت تشکیل گره تحت تأثیر تنش خشکی قرار می گیرد. دلیل کاهش طول میانگره ، کاهش مقدار فتوسنتز از طریق مکانیسم هایی مانند کاهش سطح برگ عنوان شده است. علیزاده (۱۳۷۸) بیان داشت که تنش خشکی با اثر روی جذب عناصر غذایی، انتقال مواد و فرآیندهای فیزیولوژیکی، می تواند رشد گیاه را کاهش دهد؛ که این کاهش رشد، با کاهش اندازه سلول ها و کاهش حجم منافذ بین سلولی را همراه است.

۳-۳-۳-۲- تعداد شاخه فرعی در بوته

نتایج بررسی های نیلسن و جانیک (۱۹۹۶) روی اثر تنش خشکی بر کلزا حاکی است که تنش خشکی اعمال شده در دوره پر شدن دانه نسبت به تنش اعمال شده در سایر مراحل رشد، موجب شد که تعداد کمتری شاخه فرعی در بوته تولید گردد. همچنین مشخص شده است که کاهش عملکرد بهنگام وقوع تنش خشکی در زمان پر شدن دانه، ناشی از کم شدن تعداد شاخه در گیاه، غلاف در شاخه و بذور کوچکتر بود. استرس آبی طی مرحله زایشی نسبت به سایر مراحل رشد، موجب تولید شاخه های کمتر در گیاه می شود(نیلسن، ۱۹۹۷). کومار و الستون (۱۹۹۳) نیز به کاهش تعداد شاخه فرعی در بوته بهنگام تنش خشکی معتقد بودند.

۳-۳-۳-۳- تعداد غلاف در ساقه اصلی

مندهام و همکاران (۱۹۸۴) و سالیسبوری (۱۹۹۱) تأکید داشتند که تأمین آب در شروع مرحله رشد غلاف ها اهمیت زیادی دارد. ولی آنها مشاهده نمودند که تنش آب در ابتدای دوره رشد غلاف ها، بر تعداد غلاف ها اثر می گذارد.

نتایج بررسی خورگامی و همکاران (۲۰۰۵) نشان داد که قطع آب از مرحله طویل شدن ساقه، تأثیر نامطلوب بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد دارد. تعداد غلاف در ساقه اصلی و شاخه های فرعی تحت تأثیر نامطلوب استرس آبی واقع می گردد. تعداد غلاف ساقه اصلی و شاخه های جانبی در استرس آبی به طور مشابه (۹ درصد) کاهش نشان داده اند.

رایت وهمکاران (۱۹۹۵) در مقایسه عملکرد کلزا وخردل هندی اظهار داشتند که تعداد غلاف در کلزا، هم در ساقه اصلی و هم در شاخه فرعی، یکی از اجزای حساس به تنش خشکی بود و در حالت کلی در کلزا، تعداد غلاف در هر گیاه کمتر و تعداد دانه در هر غلاف، بیشتر از خردل هندی بود.

۳-۳-۳-۴- تعداد غلاف در شاخه فرعی

تریبوی و رینارد (۱۹۹۹) مشاهده کردند که تعداد غلاف ها در بوته همانند عملکرد دانه تحت تأثیر تنش خشکی کاهش می یابد. بیشترین کاهش غلاف ها روی شاخه های پایین تر بود که این شاخه ها در زمان نزدیک به گلدهی ایجاد شده بودند. همچنین رایت و همکاران (۱۹۹۶) در مقایسه عملکرد کلزا و خردل هندی اظهار داشتند که تعداد غلاف در کلزا هم در ساقه اصلی و هم در شاخه فرعی یکی از اجزای حساس به تنش خشکی بود.

الثابت و همکاران (۲۰۰۳) نیز کاهش تعداد غلاف در شاخه فرعی را در کلزا در اثر تنش خشکی مشاهده نمودند. همچنین ثابت شده که کم شدن عملکرد طی دوره پرشدن دانه، ناشی از کم شدن تعداد شاخه در گیاه و تعداد غلاف در شاخه و بذور کوچکتر بود (نیلسن، ۱۹۹۷).

۳-۳-۳-۵- تعداد دانه در غلاف در ساقه اصلی

تعداد دانه در غلاف بیشتر تحت تأثیر عوامل ژنتیکی است و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می گیرد (حسینی آغوزینی ، ۱۳۸۲). بر اساس آزمایش رایت و همکاران (۱۹۹۵)، تعداد دانه در غلاف

کلزا از تنش خشکی متأثر گردیده، ولی در مقایسه با خردل هندی، تعداد دانه در هر غلاف کلزای تنش دیده، دو برابر خردل هندی در این شرایط بود.

بررسی ها نشان داد تعداد دانه در غلاف ساقه اصلی و شاخه های جانبی در شرایط تنش خشکی کاهش (۹ درصد) می یابد (خورگامی و همکاران، ۲۰۰۵). پازوکی(۱۳۷۹) در آزمایش خود به منظور بررسی اثر تنش آب در کلزا مشاهده کرد که با کاهش دور آبیاری و به عبارت دیگر کاهش فواصل آبیاری، تعداد دانه در غلاف افزایش یافت. وی علت کاهش تعداد دانه با افزایش مقدار تنش را، کم شدن گل ها و کم شدن تعداد گل هایی که به دانه تبدیل می شوند، نسبت داد.

۳-۳-۳-۶- تعداد دانه در غلاف در شاخه فرعی

تعداد دانه در غلاف اساساً به عملکرد نهایی در کلزا کمک می کند (سانا و همکاران، ۲۰۰۳). تعداد دانه در گیاه کلزا، از اجزای مهم عملکرد دانه می باشد که تحت تأثیر تنش آب قرار می گیرد (چمپولیویر و مرین، ۱۹۹۶). کمبود آب در مرحله نمو دانه کلزا بهاره منجر به کاهش تعداد دانه در غلاف گردیده و در جبران آن طبیعی است که وزن دانه افزایش یابد ولی هیچ وقت امکان جبران کامل کاهش عملکرد وجود ندارد (مینگوآ، ۱۹۷۴).

چمپولیویر و مرین (۱۹۹۶) در رابطه با بررسی اثرات تنش خشکی روی کلزا به این نتیجه رسیدند که اعمال تنش در مرحله شکوفا شدن گل، نیمی از غلاف های گل آذین اصلی را کاهش داده و از این مرحله تا ۱۰ روز پس از بزرگ شدن دانه در داخل غلاف، تنش خشکی موجب کاهش تعداد دانه در داخل غلاف شاخه فرعی می گردد.

به طوری که اشاره شد، خورگامی و همکاران (۲۰۰۵) به این نتیجه رسیدند که قطع آب در مرحله طویل شدن ساقه، موجب کاهش تعداد دانه در غلاف شاخه جانبی (۹ درصد) می شود. کلارک و سیمپسون (۱۹۷۸) اظهار داشتند که تعداد غلاف در هر بوته و تعداد دانه در غلاف از اجزای عملکرد

متأثر از خشکی بودند. همچنین در آزمایش آنها مشخص گردید که هیچگونه فرآیند جبرانی بین تعداد غلاف و تعداد دانه موجود در آنها به هنگام خشکی وجود ندارد.

۳-۳-۳-۷- تعداد غلاف در بوته

در بررسی تأثیر استرس آبی دیرهنگام بر ویژگی های کمی و کیفی کلزا بهاره مشخص شد که استرس آبی از مرحله گلدهی تا رسیدن دانه، موجب کاهش غیر معنی دار عملکرد دانه، عملکرد کاه و کلش و شاخص برداشت شد که کاهش عملکرد دانه اساساً به دلیل کاهش تعداد غلاف در گیاه بود (قبادی و همکاران، ۲۰۰۵). کمبود رطوبت بعد از گرده افشانی موجب کاهش تعداد غلاف ها در گیاه گردید (هاکینگ و ماسون، ۱۹۹۳).

به عقیده قبادی و همکاران (۲۰۰۶) تعداد غلاف ها در گیاه، حساسترین جزء از اجزای عملکرد، به استرس خشکی طی رشد زایشی بود. وی اظهار داشت در هنگام استرس خشکی شدید، تعداد غلاف در گیاه و وزن بذر، کاهش معنی داری می یابد. کاهش عملکرد بذر ناشی از تنش خشکی طی گلدهی، وابسته به کاهش تعداد غلاف در گیاه (۲۶/۵ درصد)و تعداد بذر در غلاف (۹/۹ درصد) بود.

تریبوی و رینارد (۱۹۹۹) در بررسی اثر درجه حرارت (۱۰°C/۱۸ °C و ۱۸°C/۲۶ °C- شب/ روز) و تنش خشکی روی کلزا پاییزه از دوره مابین پایان گلدهی تا مرحله بلوغ فیزیولوژیک مشاهده کردند که عملکرد دانه بطور معنی داری، تحت تأثیر شرایط خشکی، کاهش یافت. همچنین تعداد غلاف در واحد سطح همانند عملکرد دانه تحت تأثیر خشکی کاهش نشان داد. کاهش غلاف ها بیشتر روی شاخه های پایین تر بوته که در پایان مرحله گلدهی تشکیل شده بودند، مشاهده شد.

نتایج حاصل از بررسی کلارک و سیمپسون (۱۹۷۸) روی تأثیر آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا نشان داد که آبیاری در کلزا، تعداد دانه در غلاف را در اثر طولانی کردن مرحله گلدهی و نیز وجود سطح برگ بالاتر در زمان گلدهی افزایش داد.

شکاری (۱۳۸۰) نشان داد که تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر دو عامل تنش و زمان اعمال آن قرار گرفت. بدین صورت که با کاهش میزان آب در دسترس، از تعداد غلاف ها نیز کاسته شد. کمترین تعداد غلاف ها نسبت به شاهد، در خشکی اعمال شده در اوایل مرحله غلاف دهی مشاهده شد. کاهش غلاف ها، بیشتر بر اثر ریزش آنها بود. لطیفی (۱۳۷۴) با بررسی اثر کمبود آب در مراحل قبل و بعد از گلدهی مشاهده کرد که تعداد کل غلاف در بوته هایی که پس از گلدهی، آبیاری نشده بودند، ۶۶ درصد کمتر از بوته های تنش ندیده بود. وی این طور نتیجه گیری نمود که کمبود آب در مراحل پس از گلدهی اثر قابل توجهی بر ریزش غلاف ها و لذا کاهش تعداد غلاف در بوته دارد و این اثر در مراحل تشکیل و رشد غلاف ها شدیدتر است.

پانو و همکاران (۱۹۹۲) بیان کردند آبیاری قبل از گلدهی می تواند تعداد غلاف در مترمربع را افزایش دهد و وقتی دیرتر صورت گرفت، تعداد دانه در غلاف را افزایش داد. از آنجا که تنش خشکی میزان فتوسنتز و ساخت وساز مواد غذایی را در گیاه محدود می سازد، گیاه از میزان اجزای عملکرد خود، به ویژه تعداد غلاف در بوته می کاهد تا خود را با میزان مواد غذایی در دسترس تطبیق دهد. کمبود آب در مرحله گرده افشانی یا پر شدن دانه در گیاه کلزا کاهش معنی دار تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف را در پی دارد (نیکنام و تورنر، ۱۹۹۹).

۳-۳-۳-۸- وزن هزار دانه

وزن هزار دانه بیانگر مقدار رشد دانه است که عامل مهم و تعیین کننده عملکرد دانه است و نقش مهمی در نشان دادن پتانسیل عملکرد یک رقم ایفا می کند (سانا و همکاران، ۲۰۰۳).

کومار و همکاران (۱۹۹۴) نشان دادند که تنش آبی در کلزا موجب کاهش تعداد دانه در غلاف می شود و در مقابل، وزن دانه ها به صورت جبرانی افزایش می یابد. جنسن و همکاران (۱۹۹۶) نیز گزارش

دادند هنگامی که کلزا در مرحله پر شدن دانه در معرض تنش شدید خشکی قرار مـی گیـرد نـسبت بـه شاهد دانه های درشت تری تولید می کند.

به اعتقاد کیلر و مورگان (۱۹۸۸) و سایرتس و همکاران (۱۹۸۷) در کلزا عموماً میـانگین وزن دانـه کمتر از تعداد غلاف در واحد سطح و تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می گیـرد. وزن هزار دانه هم در درجه حرارت بالا و هم درجه حرارت پایین، در شرایط تنش آبی کاهش می یابد (پوما و همکاران، ۱۹۹۹).

هاشم و همکاران (۱۹۹۸) و اُم و همکاران (۱۹۹۹) معتقدند که تنش خشکی ملایم تأثیر چندانی بر وزن هزار دانه ندارد. بر اساس گزارشات پژوهشگران مذکور، از میان اجزای عملکرد، کاهش وزن هر دانـه (۸ درصد) و به ویژه تعداد دانه در غـلاف (۱۱/۳) بیـشترین سـهم را در کـاهش عملکـرد بـذر بـه خـود اختصاص می دهند. قبادی و همکاران (۲۰۰۶) نیز بیان داشـتند در اسـترس خـشکی شـدید، وزن بـذر کاهش معنی دار یافت.آنها نتیجه گرفتند که استرس آبی طی نمو بذر، عملکرد بـذر را از طریـق کـاهش وزن بذر، کاهش داد.

۳-۳-۴-تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و شاخص برداشت

۳-۳-۴-۱-تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه

عملکرد بهینه از مهم ترین اهداف کشت کلزا بـه شـمار مـی رود (اوزر و اورال، ۱۹۹۹). تـنش هـای طبیعی مانند خشکی، سقط اجزای زایشی را افزایش داده، تعداد دانه را محدود می نمایـد. اینکـه چنـین تنش هایی ممکن است کل بیوماس را کاهش دهد، جای تعجب نیست؛ اما کاهش تشکیل غلاف ممکـن است اثر مستقیم در کاهش عملکرد داشته باشد (اسکنوبک و همکـاران، ۱۹۸۶) . نتـایج حاصـل از یـک تحقیق نشان داد که عملکرد واجزای عملکرد، به وسیله کمبود آب به وجود آمده از گلدهی تا پایـان پـر

شدن دانه، تحت تأثیر قرار می گیرد و بیشترین کاهش عملکرد دانه به میزان ۴۸درصد، زمانی مشاهده شد که تنها ۳۷درصد از کل آب مورد نیاز گیاه در طول این مرحله تأمین شده بود (چمپولیویر و مرین، ۱۹۹۶). شیرانی راد (۱۳۸۳) گزارش داد که ارقام مختلف کلزا در شرایط تنش کم آبی از لحاظ عملکرد دانه، اختلاف معنی داری داشتند (شیرانی راد، ۱۳۸۳). در آزمایشات انجام شده روی دو رقم کلزا تحت شش سطح خشکی، قطع آب در مرحله روزت، قطع آب در مرحله ساقه رفتن، قطع آب در مرحله گلدهی، قطع آب در مرحله غلاف دهی، قطع آب در مرحله پر شدن دانه و تیمار شاهد (آبیاری در تمام مراحل رشد)، مشخص گردید که تنش خشکی، عملکرد دانه را به طور معنی داری کاهش می دهد و بیشترین عملکرد دانه به ترتیب مربوط به تیمار شاهد (آبیاری در تمام مراحل رشد) و تیمار قطع آب در مرحله ساقه رفتن بود، و کمترین عملکرد دانه، به تیمار قطع آب در مرحله غلاف دهی و پر شدن دانه تعلق داشت. همچنین قطع آب در مرحله رشد رویشی این گیاه، تأثیر چندانی بر عملکرد دانه نداشت (فنایی و کیخا، ۱۳۸۱).

نتایج بررسی تأثیر رژیم های مختلف رطوبتی خاک در مرحله گلدهی بر عوامل متابولیکی مرتبط با پتانسیل عملکرد کلزا نشان داد که تنش خشکی به طور معنی داری عملکرد دانه و عملکرد کاه و کلش را کاهش میدهد (دیپاک و واتال، ۱۹۹۵).

نتایج پژوهش ها حاکی از آن است که انجام آبیاری بعد از ۵۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A (شاهد) در گیاه کلزا، بیشترین عملکرد دانه را تولید می نماید؛ ولی با افزایش دور آبیاری به ۸۰ میلی متر تبخیر از تشک کلاس A، کاهش عملکرد دانه، معنی دار نشد، در حالی که دور آبیاری ۱۱۰ میلیمتر، کاهش معنی داری را در عملکرد دانه ایجاد نمود (شیرانی راد، ۱۳۷۹). پانو وهمکاران (۱۹۹۲) نیز به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی در کلزا باعث پایین آمدن عملکرد دانه می گردد. کمبود رطوبت خاک بعد از گرده افشانی ممکن است عملکرد را تا ۵۰ درصد کاهش دهد که بیشترین احتمال، عقیم ماندن بذور است (هاکینگ و ماسون، ۱۹۹۳).

آزمایشات مزرعه ای نشان می دهد که بیشتر بودن عملکرد (۱۶ درصد) در تیمارهـای تـنش ندیـده نسبت به تیمار تنش، از نظر آماری معنی دار است (پالومو و همکاران، ۱۹۹۹). کلزای پـرورش یافتـه در مناطق کم باران غرب استرالیا، غلظت روغن و عملکرد بذر آن معمولاً پـایین و بـی ثبـات اسـت (سـی و والتون، ۲۰۰۶). نتایج حاصله از بررسی سه تیمار بدون آبیاری، در زمان گلدهی و مرحله تـشکیل غـلاف روی عملکرد دانه کلزا، نشان داد که کمترین عملکرد دانه مربوط به تیمار بدون آبیاری و بیشترین مقدار آن مربوط به تیمار دو بار آبیاری بود. لذا میتوان نتیجه گرفت که با افزایش تعداد دفعات آبیاری، عملکرد دانه نیز افزایش می یابد (خوش (Ghosh) و همکاران، ۱۹۹۴). در بررسی واکنش کلزا و خردل هنـدی به درجه حرارت کوتاه مدت و تنش آب در مراحل مختلف رشد، مشخص گردیـد کـه تـنش خـشکی در زمان های تشکیل غلاف، گلدهی و نمو غلاف به ترتیب عملکرد دانـه را بـه میـزان ۱۵، ۵۸ و ۷۷ درصـد کاهش داد. با وجود اینکه با انجام کارهای اصلاحی، توانسته اند تعداد غلاف را در *B. Juncea* افـزایش دهند، ولی در شرایط نیمه خشک تعداد غلاف دارای دانه، تعیین کننده عملکرد است (رایت و همکـاران، ۱۹۹۶). تسفامریم (۲۰۰۴) نیز به لزوم در دسترس بودن آب کافی بویژه در مرحله گلـدهی و نیـز تـأثیر کمبود آب در این مرحله روی عملکرد دانه کلزا اشاره کرده است.

۳-۳-۴-۲-تأثیر تنش خشکی بر عملکرد کاه و کلش

عامل اصلی جهت دستیابی به عملکرد بالا، تولید ماده خشک زیاد (عملکرد کاه و کلش بالا) در واحد سطح است. ماده خشک کل گیاه یا عملکرد کاه و کلش، حاصل تجمع مواد فتوسنتزی می باشد که مـی تواند تحت تأثیر عوامل محیطی از جمله کمبود آب و خشکی قرار گیرد.

گوناسکارا و همکاران (۲۰۰۳) در یک آزمایش مزرعه ای روی *B. napus* و *B. Juncea* در غرب استرالیا، مشاهده کرد که متوسط عملکرد کاه و کلش در استرس آبی متوسط و شـدید رشـد زایـشی در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱۷/۹ درصد و ۳۲/۲ درصد بود. همچنین قبادی و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی

دوره های کوتاه مدت و بلند مدت استرس خشکی طی مراحل مختلف رشد کلزا به این نتیجه رسیدند که عملکرد کاه و کلش بدست آمده در تنش خشکی متوسط و شدید، به ترتیب ۲۰/۷ و ۳۱/۲ درصد کمتر از شاهد است.

۳-۳-۴-۳- تأثیر خشکی بر شاخص برداشت

کارایی یا راندمان فیزیولوژیکی و توانایی یک گیاه زراعی برای تبدیل بیوماس کل (ماده خشک کل) به عملکرد دانه، معرف شاخص برداشت گیاه است (سانا و همکاران، ۲۰۰۳). تحقیقات نشان داده است که ارقام مختلف کلزا از نظر شاخص برداشت، با یکدیگر تفاوت معنی داری دارند و این موضوع به عوامل محیطی و ژنتیکی بستگی دارد (مونیر و رحمان خان، ۱۹۸۷؛ کرت و همکاران، ۲۰۰۰).

با مطالعه اثرات کمبود آب روی کلزا (*B.napus*) مشاهده شده است که کمبود آب در جریان مراحل رشد رویشی و گلدهی گیاه، موجب کاهش ماده خشک کل می گردد. گیاهان تحت تنش در مقایسه با گیاهان روییده در شرایط مطلوب، کاه، غلاف و دانه کمتری در واحد سطح تولید کردند. به طور کلی کمبود آب هم در مراحل رشد رویشی و گلدهی و هم در مرحله پر شدن دانه، شاخص برداشت را به طور معنی داری کاهش داد (جنسن و همکاران، ۱۹۹۶).

برادران (۱۳۸۵)، در بررسی اثر تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و عملکرد ارقام پاییزه کلزا، به این نتیجه رسید که تنش اعمال شده از مرحله ساقه دهی به بعد، گلدهی به بعد، ومرحله پر شدن دانه به بعد، موجب کاهش شاخص برداشت شد که البته این کاهش، معنی دار نبود. دانشمند (۱۳۸۲) نیز به نتیجه مشابهی دست یافت. وی اظهار داشت که در شرایط تنش خشکی، میزان شاخص برداشت کمتر از شاهد (آبیاری معمول) بود. او این مسئله را به عدم وجود مقصد (Sink) قوی، ناشی از ریزش اندک غلاف ها، و از طرفی، کاهش تعداد دانه و وزن هزار دانه نسبت داد و بیان کرد که کاهش

تعداد دانه و وزن هزار دانه، موجب کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به عملکرد کاه و کلش می شود و در نهایت این موضوع در شاخص برداشت منعکس می گردد. نتایج آزمایش گلخانه ای موندال و پل (۱۹۹۵) نیز حاکی از این مطلب است که گیاهان کاملاً آبیاری شده خردل هندی، مواد فتوسنتزی بیشتری را به مقاصد زایشی (sink) انتقال دادند.

۳-۳- ۵-تأثیر تنش خشکی بر میزان آب نسبی و پتانسیل آب برگ

کاربرد پتانسیل آب برگ به منظور نشان دادن کمبود آب در گیاهان پیشنهاد شده است (هزیو، ۱۹۷۳). در آزمایش اشرف و محمود (۱۹۹۰)، روی چهار گونه براسیکا مشخص شد که کاهش میزان آب خاک در هر چهار گونه، موجب کاهش پتانسیل آب برگ می شود. با این تفاوت که کاهش پتانسیل آب برگ در کلزا شدیدتر از سایر گونه ها بود. بر اساس گزارش رایت و همکاران (۱۹۹۶)، روی کلزا و خردل هندی، پتانسیل آب و مقدار نسبی آب در شرایط تنش خشکی ملایم، ثابت ماند. در حالی که هر دو گونه در شرایط تنش شدید (تدریجی)، افت یکنواخت پتانسیل آب و مقدار نسبی آب را نشان دادند. این در حالی است که در شرایط اخیر، میزان افت نسبی، مقدار نسبی، مقدار نسبی آب برگ و پتانسیل آب آن در کلزا به مراتب بیشتر از خردل هندی بود. کمبود آب برگ می تواند موجب کاهش پتانسیل آب برگ گردد. این امر، می تواند منجر به کاهش تورم (آماس)، هدایت روزنه ای، فتوسنتز و در نهایت رشد و عملکرد شود (کافی و همکاران، ۱۳۷۹ب).

لازکانوفرات و لاوات (۱۹۹۹) نشان دادند که تنش کمبود آب، باعث کاهش معنی دار RWC در بخش هوایی لوبیا شد. کومار و همکاران (۱۹۹۳) مشاهده نمودند که در کلزای روییده در شرایط تنش، هدایت روزنه ای بطور نزدیکی با RWC و فشار آماس (تورگر) در ارتباط بود. بنابراین کاهش RWC در شرایط کمبود آب منجر به کاهش هدایت روزنه ای و ورود CO_2 و در نهایت موجب کاهش فتوسنتز می گردد.

در بررسی اثر خشکی (کمبود آب) در مرحله آغاز گلدهی بر ارقام نخود، مشخص گردید که در شرایط خشکی، رابطه RWC با سطح برگ و SLA[1] (سطح مخصوص برگ) منفی به دست آمد. بعلاوه مشخص شد که مقادیر بالای RWC تحت شرایط تنش خشکی، با مقادیر زیاد مواد فتوسنتزی انتقال یافته مرتبط است (آنیا و هرزوق، ۲۰۰۴).

۳-۳-۶-تأثیر تنش خشکی بر شاخص های رشد

شناخت و بررسی شاخص های رشد در تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر عملکرد و اجزای آن از اهمیت زیادی برخوردار است و روش هایی که برای ارزیابی کمی اجزای رشد محصول به کار گرفته می شود، در مجموع تجزیه و تحلیل رشد نامیده می شود (عزیزی، ۱۳۷۷). تنها اندازه گیری دو عامل سطح برگ و وزن خشک در فواصل مکرر، لازمه تجزیه و تحلیل رشد است. سایر کمیت های تجزیه و تحلیل رشد توسط محاسبه بدست می آیند (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۷). دهشیری (۱۳۷۷) به این نتیجه رسید که دور آبیاری بر شاخص های رشد شامل سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ، نسبت سطح برگ، سرعت رشد نسبی و سرعت فتوسنتز خالص اثر داشته، این شاخص ها در دور آبیاری ۱۱۰ میلیمتر تبخیر از تشتک کلاس A (تنش شدید) و با دو بار آبیاری، کاهش محسوسی یافتند.

۳-۳-۶-۱-تأثیر تنش خشکی بر شاخص سطح برگ (LAI[2])

شاخص سطح برگ عبارتست از نسبت سطح برگ به سطح خاکی که بوسیله آن برگ اشغال می شود. معمولاً شاخص سطح برگ ۳ تا ۵ برای تولید حداکثر ماده خشک در اغلب محصولات زراعی مناسب می باشد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۷).

---

1. Specific Leaf Area
2. Leaf Area Index

مشخص شده که در ابتدای گلدهی در کلزا، شاخص سطح برگ به حداکثر میزان خود رسید (مندهام و همکاران، ۱۹۸۴). کم شدن سطح برگ در شرایط آب و هوای خشک، مکانیسمی است تا گیاه از هدر رفتن آب از طریق تعرق جلوگیری نماید. با شدت گرفتن تنش خشکی، گسترش برگ ها محدود می شود که این یکی از اولین نشانه ها می باشد (عزیزی، ۱۳۷۷). بررسی ها نشان داد که مهم ترین اثر کمبود آب، محدود کردن میزان توسعه برگ بود که در بیشتر موارد تجمع ماده خشک و عملکرد گیاه زراعی را محدود نمود. مندل و پل (۱۹۹۵) نیز در یک آزمایش گلخانه ای نشان دادند که گیاهان خردل هندی خوب آبیاری شده، ماده خشک کل و شاخص سطح برگ بالاتری نسبت به گیاهان خشکی دیده داشتند.

کومار و الستون (۱۹۹۷) بر این عقیده بودند که در کلزا، سطح برگ و توسعه آن در تنش رطوبتی ایجاد شده در مرحله رشد زایشی، سریع ترین کاهش را نشان داد. همچنین تنش رطوبتی، موجب تسریع پیری برگ شد. اشرف و محمود (۱۹۹۰) بیان کردند که در تمامی گونه های جنس براسیکا، بهنگام تنش خشکی، سطح برگ بطور معنی داری کاهش یافت. کلزا در مقایسه با سایر گونه های براسیکا، پس از اتمام تنش، از سطح برگ بیشتری برخوردار بود. بررسی های دانشیان (۱۳۷۸) حاکی از این نکته بود که در شرایط افت آب خاک، کاهش رشد برگ مشاهده شد. او اظهار داشت که اعمال تنش خشکی در مراحل طویل شدن ساقه، اوایل گلدهی و اوایل غلاف دهی در مزرعه، سبب کاهش سطح برگ گشت. ولی در مرحله طویل شدن ساقه یعنی در زمان فعال ترین رشد رویشی کلزا، بیشترین کاهش سطح برگ دیده شد؛ که این امر از افزایش طبیعی ریزش برگ در مراحل انتهایی و از طرف دیگر از کاهش رشد و اندام زایی در این مرحله ناشی شد.

۳-۳-۶-۲-تأثیر تنش خشکی بر سایر شاخص های رشد (LAR[1], SLA[2], RGR[3], NAR[4] و ...)

مندل و پل (۱۹۹۵) در بررسی های گلخانه ای خود به این نتیجه رسیدند که نسبت سطح برگ (LAR) و سطح مخصوص برگ (SLA) در گیاهان کاملاً آبیاری شده، میزان بالاتری داشتند. در صورتیکه سرعت رشد نسبی (RGR)، سرعت فتوسنتز خالص (NAR)، سرعت رشد نسبی برگ (RLGR[5]) و سطح ویژه برگ (SLA) تحت تأثیر میزان آب خاک قرار نگرفتند.

رایت و همکاران (۱۹۹۶) بیان کردند که در خردل رویيده در شرایط تنش خشکی، دوام سطح برگ بالاتر ولی وزن مخصوص برگ پایین تر از کلزای تحت تنش خشکی است. دیده شده که گیاه خردل با بالا نگه داشتن فشار آماس برگ خود، دوام سطح برگ (LAD[6]) خود را در شرایط خشکی بالا نگه داشت که این امر به وزن خشک و عملکرد دانه بیشتر تحت شرایط تنش خشکی منجر گردید.

دانشیان (۱۳۷۸) در بررسی اثرات تنش خشکی روی شاخص های رشد سویا، اظهار داشت که خشکی باعث کاهش شاخص سطح برگ (LAI)، سرعت رشد نسبی (RGR)، سرعت رشد محصول و افت سریع تر سرعت فتوسنتز خالص گردید.

۳-۳-۷-تأثیر تنش خشکی بر صفات کیفی کلزا

۳-۳-۷-۱-تأثیر خشکی بر درصد روغن دانه

روغن با ارزشترین ترکیب دانه کلزاست که دارای مصارف خوراکی و صنعتی می باشد. در موقع جوانه زدن بذر، روغن منبع اصلی انرژی و کربن به شمار می آید. در هنگام رسیدگی، حدود ۸۰ درصد روغن در سلول های لپه متمرکز است. مقدار روغن هیپوکوتیل و ریشه چه اندک بوده، پوسته بذر فقط ۷

1. Leaf Area Ratio
2. Specific Leaf Area
3. Relative Growth Rate
4. Net Assimilation Rate
5. Relative Leaf Growth Rate
6. Leaf Area Duration

تا ۱۲ درصد روغن دانه را شامل می باشد (عزیزی و همکاران، ۱۳۷۸). آبیاری می تواند موجب افـزایش مقدار روغن شود (کورگمن و هابس، ۱۹۷۵). در صورتی که تنش خشکی موجب کاهش آن شد (مایلر و کورنیش، ۱۹۸۷).

مندهام و همکاران (۱۹۸۴) اظهار داشتند در شرایطی که رسیدگی محصول تحت تنش انجـام شـد، درصد روغن فقط قدری (۲ تا ۴ درصد) کاهش یافت. مندهام و سالیبوری (۱۹۹۵) بیان کردند که تـنش خشکی تأثیر عمده ای روی کیفیت دانه داشت؛ ولی تنش در مرحله گلدهی، مقدار روغن دانه را کـاهش داد. نتایج پژوهش های قریب عشقی و همکاران (۲۰۰۵) روی تأثیر استرس خشکی بر عملکرد بذر و محتوای کلروفیل ارقام کلزا نیز نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش عملکرد روغن شد که البته ایـن کاهش معنی دار نبود. آزمایش قبادی و همکاران (۲۰۰۶) روی تأثیر دوره های کوتاه و بلند مدت تـنش خشکی بر کلزا حاکی است که خشکی شدید، تأثیر معنی دار بر محتوای روغن دانه کلزا داشت. آنها اشاره کردند که دوره های طولانی مدت و کوتاه مدت استرس خشکی، روغن دانه را کاهش می دهد.

۳-۳-۷-۲-تأثیر تنش خشکی بر محتوای پروتئین دانه

بخش اعظم پروتئین دانه در لپه ها قرار دارد (عزیزی و همکاران، ۱۳۷۸). کینگ و همکاران (۱۹۷۷) گزارش کردند که ۷۶ درصد پروتئین دانه در لپه ها، ۱۷ درصد آن در بقیه قسمت های جنین و فقـط ۷ درصد آن در پوسته بذر، قرار دارد.

شرایط استرس خشکی موجب کاهش اندک سنتز پروتئین در برگ ها می گردد و پس از رفع تنش، سنتز آن تحریک می شود. کمبود آب اعمال شده در مرحله گلدهی یا مراحل ابتدایی رشد رویشی، بطور معنی داری، درصد پروتئین دانه را افزایش داد (پالومو و همکاران، ۱۹۹۹). همچنین هنری و مک دونالد (۱۹۷۸) گزارش دادند که اعمال خشکی شدید بر گیاهان تولید کننده دانه های روغنی، محتوای پروتئین را افزایش داد. قبادی و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی های خود روی تأثیر دوره های کوتـاه مـدت و بلنـد

مدت استرس خشکی طی مراحل مختلف رشد کلزا به این نتیجه رسیدند که استرس شدید آبی بر محتوای پروتئین دانه تأثیر معنی داری داشت. وی اظهار داشت که دوره های طولانی مدت و کوتاه مدت استرس خشکی غلظت پروتئین دانه را افزایش داد.

مواد و روش ها

۴-۱- مکان اجرای آزمایش

آزمایش در مزرعه آموزشی و تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، به مساحت۲۴ هکتار، در موقعیت جغرافیایی ۵۵ درجه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۳۶۶ متر از سطح دریا، انجام گرفت. مزرعه محل انجام طرح، درفاصله ۶ کیلومتری شمال شهرستان شاهرود (شهرک رضوی بسطام) و از توابع شاهرود، قرار داشت. بر اساس طبقه بندی اقلیمی، آب و هوای این ناحیه معتدل و خشک، دارای زمستان سرد بود.

بر اساس آمار هواشناسی موجود، بارندگی سالیانه منطقه بسطام (محل اجرای پروژه)، ۱۴۴ میلیمتر و متوسط درجه حرارت سالیانه، ۱۷/۱۴ درجه سانتیگراد است (وب سایت سازمان هواشناسی). آمار ۸ ساله کل بارندگی ماهانه (از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۳) شهرستان بسطام در جدول۷- ۷ ضمیمه شده است. میانگین ماکزیمم و مینیمم دمای بسطام طی آمار ۸ ساله (ازسال۱۹۹۶ تا ۲۰۰۳) در ماه های مختلف در جدول های (۷-۸) و (۷- ۹) آورده شده است.

۴-۲- نحوه اجرای طرح

۴-۲-۱- مشخصات طرح

این پژوهش در سال زراعی ۸۵-۸۴ به صورت آزمایش مزرعه ای، در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در ۴ تکرار انجام گرفت. کشت به صورت خطی، و ۲ خط کشت در روی هر فارو بود. تیمارهای تنش خشکی (آبیاری در درصدهای مختلف رطوبت خاک) به صورت زیر اعمال گردیدند:

- T_1: آبیاری در رطوبت وزنی ۶۵ درصد ظرفیت زراعی خاک مزرعه (تیمار بدون تنش یا شاهد)
- T_2: آبیاری در رطوبت وزنی ۵۵ درصد ظرفیت زراعی خاک مزرعه

- T_3: آبیاری در رطوبت وزنی ۴۵ درصد ظرفیت زراعی خاک مزرعه
- T_4: آبیاری در رطوبت وزنی ۳۵ درصد ظرفیت زراعی خاک مزرعه

تمام سطوح تیمارها در هر۴ تکرار اعمال گردیدند که در مجموع، تعداد کرت ها ۱۶ عدد بود.

در این پژوهش، رطوبت خاک به روش فلاسک تعیین گردید (کالبو، ۲۰۰۲).

طول خطوط کشت، ۴ متر و عرض هر فارو ۵۵ سانتیمتر در نظر گرفته شد و با توجه به اینکه در هر کرت ۱۲ فارو (۱۰ فارو کاشت و ۲ فارو نکاشت) قرار داشت، عرض هر کرت، ۶۶۰ سانتیمتر (تقریبا ۶/۵ متر) بود. با توجه به موارد مذکور، در مجموع مساحت هر کرت، ۲۶ مترمربع بود. بین دو بلوک (تکرار) مجاور، فاصله ۳ متر قرار داشت. مساحت کل طرح با توجه به موارد فوق الذکر، ۶۵۰ مترمربع در نظر گرفته شد. آبیاری کرت ها بطور جداگانه انجام شد. نقشه طرح در بخش پیوست آورده شده است.

۴-۲-۲- آماده سازی زمین

پس از شخم و تسطیح زمین، باتوجه به نتایج حاصل از آزمایش خاک مزرعه (و تعیین نیاز کودی خاک)، مقدار کود پایه به میزان ۶ کیلوگرم اوره، ۶ کیلوگرم سولفات آمونیوم و ۱۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم (۵۰ درصد پتاسیم)، (در هفته آخر شهریور ماه ۸۴) به خاک (۶۵۰ مترمربع) افزوده و با خاک مخلوط گردید. نتایج آزمایش خاک در جدول (۴-۱) آورده شده است.

سپس زمین به صورت مکانیزه، فاروبندی شد. به کمک گونیا کردن زمین، ابعاد بلوک ها مشخص گردید. در فاصله بلوک های مجاور، بکمک دستگاه نهرکن، نهرهای آبیاری جهت آبیاری جداگانه بلوک ها و اعمال تیمارهای تنش خشکی ایجاد و آب زهکش نیز بوسیله جوی های زهکشی، از انتهای زمین خارج می شد.

جدول ۴- ۱ - تجزیه شیمیایی و مکانیکی خاک مزرعه آزمایشی

عوامل مورد بررسی	مقادیر مواد
نیتروژن قابل جذب (درصد)	۰/۰۴
فسفر قابل جذب (ppm)	۹/۵
پتاسیم قابل جذب (ppm)	۲۰۰
کلسیم قابل جذب (ppm)	۳۳
منیزیم قابل جذب (ppm)	۲۲
کلسیم و منیزیم قابل جذب (ppm)	۵۵
مس (ppm)	۰/۶۲
روی (ppm)	۰/۵۰
منگنز (ppm)	۴/۶
آهن (ppm)	۲/۶
مواد آلی (درصد)	۰/۳۳
کربن آلی (درصد)	۰/۱۹
آهک (درصد)	۲۹
اسیدیته خاک (pH)	۷/۹۹
EC قابلیت هدایت الکتریکی (dSm^{-1})	۰/۶۹
رس (درصد)	۳۶
لوم (درصد)	۴۸
شن (درصد)	۱۶
بافت خاک	لومی

۴-۲-۳-کاشت

عملیات کشت در هفته اول مهرماه ۸۴، به صورت خشکه کاری، خطی و با دست، با فواصل ۴ سانتیمتر در روی هر خط، انجام شد. رقم مورد استفاده در این آزمایش، رقم پاییزه اوکاپی بود. کشت به صورت دو خط روی هر فارو صورت گرفت. با احتساب ۱۰ فارو کشت در هر کرت، ۲۰ خط کشت در هر کرت انجام شد. ۲ فارو نیز برای کم کردن اثر حاشیه، به عنوان نکاشت بین دو کرت مجاور در نظر گرفته شد.

۴-۲-۴-داشت

بلافاصله پس از کاشت بذور، اولین آبیاری انجام، و آبیاری دوم و سوم تا استقرار کامل گیاه با فواصل یک هفته و با توجه به نیاز گیاه صورت گرفت. بعد از استقرار گیاه، با توجه به نتایج حاصل از آزمایش رطوبت خاک (آزمایش فلاسک)، یک دوره تیمار اعمال شد (مراحل فنولوژیک اعمال تنش در جدول ۴-۲ آورده شده است) که البته به علت بارندگی پس از آن اثر تنش کاهش یافت. با شروع سرمای زمستان، گیاه به صورت روزت، وارد مرحله زمستان گذرانی شد.

مهم ترین آفت کلزا در منطقه، شته بود که جهت کنترل آن، دو مرحله سمپاشی با سم متاسیستوکس، با فاصله زمانی ۱۲ روز (اولین مرحله در هفته دوم فروردین ماه) انجام شد.

وجین علف های هرز نیز در سه مرحله (مرحله اول اواخر اسفند ماه، مرحله دوم هفته سوم فروردین و مرحله سوم هفته اول اردیبهشت ماه) به صورت مکانیکی (با کج بیل) صورت گرفت. در هفته آخر فروردین ماه یک مرحله کود اوره (به مقدار ۱۱ کیلوگرم) به صورت سرک به طور نسبتاً یکنواخت به کرت ها داده و پس از آن آبیاری انجام شد. آبیاری کرت ها به صورت جداگانه، از طریق نهرها و جوی هایی که از پیش به همین منظور ایجاد شده بود، انجام گرفت. به طوریکه اشاره شد، آبیاری (اعمال تنش

خشکی) بر اساس درصد رطوبت خاک اعمال گردید. مراحل فنولوژیک که در آن آبیاری صورت گرفت، به شرح زیر بود:

۴-۲- مراحل فنولوژیک گیاه در زمان اعمال تیمارهای تنش خشکی

مرحله فنولوژی (مقارن با آبیاری دوم)	مرحله فنولوژی (مقارن با آبیاری اول)	تیمار
۲۰٪ بوته ها با یک دمگل طویل شده	ظهور دومین برگ حقیقی	T1(۶۵٪ رطوبت ظرفیت مزرعه)
۴۹٪ بوته ها با یک دمگل طویل شده	۱۰٪ بوته ها با سومین برگ ظاهر شده	T2(۵۵٪ رطوبت ظرفیت مزرعه)
۱۰٪ بوته ها با یک گل زرد	۱۹٪ بوته ها با سومین برگ ظاهر شده	T3(۴۵٪ رطوبت ظرفیت مزرعه)
۴۳٪ بوته ها با یک گل زرد	۲۷٪ بوته ها با سومین برگ ظاهر شده	T4(۳۵٪ رطوبت ظرفیت مزرعه)

مرحله فنولوژی (مقارن با آبیاری چهارم)	مرحله فنولوژی (مقارن با آبیاری سوم)	تیمار
۵۰٪ غلاف ها بیش از ۲ سانتی متر طول دارند	۲۰٪ جوانه ها به گل تبدیل شده اند	T1(۶۵٪ رطوبت ظرفیت مزرعه)
اکثر بذور نیمه شفاف و کامل	ظهور گل ها	T2(۵۵٪ رطوبت ظرفیت مزرعه)
۳۰٪ بذور دارای رنگ سبز	۲۰٪ غلاف ها ۲ سانتی متر طول دارند	T3(۴۵٪ رطوبت ظرفیت مزرعه)
اکثر بذور به رنگ قهوه ای	۴۵٪ غلاف ها بیش از ۲ سانتی متر طول دارند	T4(۳۵٪ رطوبت ظرفیت مزرعه)

مرحله فنولوژی (مقارن با آبیاری پنجم)	تیمار
۴۰٪ بذور دارای رنگ سبز	T1(۶۵٪ رطوبت ظرفیت مزرعه)
اکثر بذور به رنگ سبز قهوه ای	T2(۵۵٪ رطوبت ظرفیت مزرعه)
عدم آبیاری بخاطر رسیدگی	T3(۴۵٪ رطوبت ظرفیت مزرعه)
عدم آبیاری بخاطر رسیدگی	T4(۳۵٪ رطوبت ظرفیت مزرعه)

به منظور بررسی دور آبیاری برای هر سطح تنش، تعداد روز بین هر دو آبیاری (فواصل آبیاری) تعیین گردید.

۴-۲-۵-برداشت

برداشت، جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد، درصد روغن و پروتئین دانه، زمانی که اکثر بوته ها زرد و بذور آنها رسیده بود، به صورت مکانیکی (با داس) انجام شد.

۱۲ خط کشت (که نیم متر از ابتدا و نیم متر از انتهای آنها بعنوان حاشیه در نظر گرفته شد و برداشت نشد)، به این امر اختصاص یافت. بوته های برداشت شده از هر کرت، در کیسه های جداگانه قرار گرفته و به محل توزین انتقال یافتند. بوته ها قبل از توزین در هوای آزاد خشک شدند.

۴-۳-نمونه برداری

۴-۳-۱-نمونه برداری از خاک (روش فلاسک)

به منظور تعیین رطوبت خاک، از خاک کرت ها نمونه های جداگانه تهیه و به آزمایشگاه انتقال یافت. یک بالون ژوژه ۲۵۰ سی سی را (تا خط نشانه) از آب پر کرده و آن را وزن کردیم. سپس مقداری از آب را بیرون ریخته و ۱۰گرم از خاک مرطوب را در بالون ریخته، به حجم رساندیم و مجدداً وزن نمودیم. سپس با استفاده از فرمول زیر رطوبت خاک را اندازه گرفتیم (کالبو، ۲۰۰۲):

$$M = \left[\frac{A(\rho_P - 1)}{(H - G)\,\rho_P} - 1 \right] \times 100$$

که در آن M عبارتست از رطوبت موجود در خاک

A عبارتست از وزن خاک مرطوب (۱۰گرم)

H عبارتست از وزن بالون+آب + خاک

G عبارتست از وزن آب+ فلاسک (بالون ژوژه)

ρ_P وزن مخصوص حقیقی خاک (۲/۶۵)

عدد حاصل از این فرمول (M) با مقادیر (FC ۶۵٪، FC ۵۵٪، FC ۴۵٪، FC۳۵٪) مقایسه می شد و در صورت لزوم اقدام به آبیاری می گردید.

۴-۳-۲-نمونه برداری از گیاه

نمونه برداری ها از هفته اول اسفند ماه آغاز و نمونه برداری های بعدی، هر ۱۰ روز یکبار انجام شد. در مجموع ۱۰ بار نمونه برداری از گیاه انجام گرفت.

پس از تهیه نمونه در مزرعه، نمونه ها در پاکت های جداگانه (برای هر کرت سه پاکت:برگ، ساقه، شاخه فرعی)، به آزمایشگاه انتقال و پس از تعیین وزن تر و سطح برگ، در آون در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد قرار داده شدند. پس از ۲۴ تا ۷۲ ساعت، نمونه ها توزین و وزن خشک آنها یادداشت گردید. در این آزمایش، سطح برگ به روش تخمینی (بکمک کاغذ میلیمتری) محاسبه شد. خط اول و آخر هر کرت، بمنظور از بین بردن اثر حاشیه، در نمونه برداری ها منظور نشد. دو خط کشت (خط کشت دوم و سوم) جهت نمونه برداری های تخریبی، برای بررسی صفات و تعیین تجزیههای رشد بکار رفت.

یک متر ابتدایی خط دوم هر کرت، در هر ۴ تکرار، علامتگذاری و تعداد گیاهچه های سبز شده تا زمان تکمیل سبز شدن گیاهچه، همچنین برای تعیین تراکم پس از زمستان گذرانی، شمارش و یادداشت برداری و نتایج حاصل، جهت محاسبه شاخص سطح برگ مورد استفاده قرار گرفت.

۴-۴- محاسبه شاخص های (آنالیزهای) رشد

شاخص سطح برگ (LAI)، سرعت رشد نسبی (RGR)، سرعت رشد محصول (CGR) و سرعت فتوسنتز خالص (NAR) از طریق روابط زیر محاسبه گردید:

$$LAI = \frac{LA}{G}$$

$$CGR = \frac{W_2 - W_1}{G\,(t_2 - t_1)}$$

$$RGR = \frac{CGR}{TDM}$$

$$NAR = \frac{CGR}{LAI}$$

که در فرمول های بالا، LA عبارتست از سطح برگ یادداشت شده (متر مربع)

G عبارتست از سطح زمین اشغال شده توسط گیاه (متر مربع)

W_1عبارتست از وزن اول (نمونه برداری قبلی) یادداشت شده (گرم)

W_2 عبارتست از وزن دوم(نمونه برداری بعدی) یادداشت شده (گرم)

t عبارتست از زمان نمونه برداری (روز پس از سبز کردن یا روز پس از جوانه زنی)

۴-۵-تعیین درصد روغن دانه

استخراج روغن به روش سوکسله (درآزمایشگاه بخش دانه های روغنی مؤسسه تهیه و اصلاح نهال و بذر کرج) انجام پذیرفت. پس از تعیین عملکرد، بخشی از دانه ها به منظور تعیین مقدار روغن، مورد استفاده قرار گرفت. بدین منظور ابتدا کاغذ صافی را وزن کرده، مقدار ۲ تا ۴ گرم از نمونه آسیاب شده را در آن ریخته و به شکل پاکت بسته بندی کردیم. برای حذف رطوبت نمونه آسیاب شده، نمونه ها همراه با پاکت به مدت ۱/۵ ساعت در آون با دمای ۱۰۰-۸۰ درجه سانتیگراد قرار داده شدند. سپس پاکت نمونه را وزن کرده، آن را در سوکسله قرار داده، به بالنی که در آن ۳۰۰-۲۵۰ میلی لیتر حلال روغن

تتراکلرید کربن وجود داشت، وصل کردیم. سپس بالن و سوکسله در زیر یک مبرد که به شیر آب وصل بود، قرار گرفته، روی اجاق به مدت ۶ ساعت جوشانده شد. پاکت ها را از سوکسله خارج و پس از مدتی قرار دادن در هوای آزاد مجددا در آون با دمای ۱۰۰-۸۰ به مدت ۱/۵ ساعت قرار دادیم تا خشک شوند. پس از رطوبت گیری، نمونه ها بمدت ۳۰ دقیقه در دسیکاتور قرار داده شدند. نمونه ها از دسیکاتور خارج و وزن گردیدند. تا این مرحله از آزمایش، نمونه ها ۳ بار توزین گردیدند که شامل:

- توزین کاغذ صافی بدون نمونه (A)
- توزین کاغذ صافی+نمونه حاوی روغن (B)
- توزین کاغذ صافی + نمونه بدون روغن (C)

در نهایت با استفاده از رابطه زیر، درصد روغن دانه محاسبه گردید.

$$\text{درصدروغن} = \frac{B - C}{B - A} \times ۱۰۰$$

۴-۶-تعیین درصد پروتئین دانه

اندازه گیری درصد پروتئین دانه، به روش کجلدال انجام گرفت که به دو صورت انجام می گیرد. روش مورد استفاده در تحقیق حاضر، روش جدید می باشد.

۴-۶-۱-روش قدیمی

در روش قدیمی، مقدار ۰/۵ گرم نمونه آسیاب شده (در دو تکرار) و ۲۰ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ و ۸-۷ گرم کاتالیزور (سولفات مس + آهن + پتاس) را در بالن ته گرد ریخته، بمدت ۳-۲ ساعت در اجاق هضم می جوشانیم تا به رنگ سبز تغییر رنگ دهد. پس از سرد شدن، مقدار ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر و ۷۵ میلی لیتر سود ۴۰ درصد به آن افزوده و به اجاق کجلدال وصل می کنیم. مواد درون بالن

بمدت ۲ ساعت جوشانده می شوند. سپس بخارات توسط آب، سرد شده، به ارلنی که مقدار ۵۰ میلی لیتر اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال در آن است، وارد می شوند. پس از آن، با سود ۰/۱ نرمال تیتر می کنیم. مقدار سود مصرفی، نشان دهنده درصد نیتروژن است. سپس از طریق فرمول زیر درصد پروتئین بدست می آید:

$$\text{درصد پروتئین} = \left[\text{ضریب پروتئین} \times \left[\frac{\text{اسید سولفوریک} - \text{سود مصرفی}}{\text{وزن نمونه}} \times ۱۰۰\right]\right]$$

که ضریب پروتئین برای هر گیاه متفاوت است. ضریب پروتئین کلزا ۵/۷ می باشد.

۴-۶-۲- روش جدید

در روش جدید، مقدار ۱ گرم نمونه آسیاب شده و ۲۰ میلی لیتر اسید سولفوریک را در اجاق هضم قرار داده، می جوشانیم تا به رنگ سبز زلال تغییر رنگ دهد. پس از سرد شدن، ۱۰۰ سی سی آب مقطر به آن افزوده، و به دستگاه خودکار کجلدال وصل می کنیم. مراحل تقطیر و تیتراسیون توسط دستگاه انجام می شود. ضریب پروتئین (۵/۷) را به دستگاه داده و درصد پروتئین را از نمایشگر دستگاه قرائت و یادداشت می نماییم.

۴-۷- محاسبات آماری

نتایج حاصله به وسیله نرم افزار MSTATC، تجزیه و مقایسه میانگین به کمک آزمون LSD انجام شد. برای بدست آوردن پارامترهای معادلات مربوط به شاخص های رشد، درصد روغن و درصد پروتئین از نرم افزار SAS استفاده گردید.

نتیجه و بحث

۵-۱- تأثیر تنش خشکی (کم آبی) بر گیاه کلزا

آب اهمیت بسیار زیادی در رشد و نمو گیاهان دارد و بر توزیع و پراکنش گونه های مختلف گیاهان عالی روی زمین تأثیر می گذارد (لاهوتی و رحیم زاده، ۱۳۶۷).کمبود آب بیش از سایر تنش ها، رشد و قابلیت تولید محصول گیاه را محدود می نماید (یاماگوچی-شینوزاکی و همکاران، ۲۰۰۲). تنش کم آبی هنگامی ایجاد می شود که رطوبت موجود در اطراف ریشه کمتر از نیاز آبی گیاه باشد (کوچکی و نصیری، ۱۳۷۳). به طور کلی تنش خشکی در کشاورزی به دوره ای از خشکی گفته می شود که در نتیجه آن عملکرد کمتر از حدی است که در شرایط اپتیمم آب پیش بینی می شود (فرخی و همکاران، ۱۳۸۳). در واقع تنش خشکی یکی از شرایط نامساعد رایج محیطی است که بطور جدی و خطرناک، قابلیت تولید محصول گیاهان را در سرتاسر جهان تحت تأثیر قرار می دهد (زیونگ و همکاران، ۲۰۰۶).تأثیر تنش خشکی تابع ژنوتیپ، شدت و مدت تنش، شرایط جوی و مراحل رشد و نمو گیاهان دانه روغنی است (رابرتسون و هلند، ۲۰۰۴).

در این تحقیق سعی شده تا با بررسی سطوح مختلف رطوبت خاک و تأثیر آن بر اجزای عملکرد و بویژه عملکرد دانه که هدف نهایی از کشت گیاه می باشد، و با توجه به شرایط کمبود آب موجود در ایران به طور اعم و شهرستان شاهرود به طور اخص، بهترین دور آبیاری تعیین و پیشنهاد گردد.

۵-۲- ارتفاع بوته

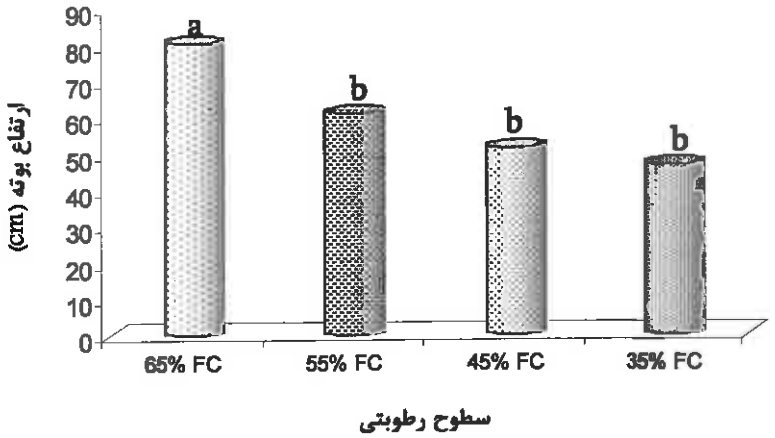
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد بین سطوح آبیاری وجود دارد (جدول ۷-۲). نتایج مقایسات میانگین ها مشخص نمود که بیشترین مقدار ارتفاع بوته به طور معنی دار مربوط به تیمار شاهد (آبیاری در رطوبت ۶۵٪ ظرفیت مزرعه) و کمترین مقدار آن به طور مشترک متعلق به سطوح آبیاری در رطوبت ۳۵ ، ۴۵ و ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه بود. آبیاری در رطوبت ۳۵٪ ظرفیت مزرعه (تنش شدید[1]) در کلزا موجب کاهش ارتفاع بوته از ۸۰/۶۲ سانتیمتر در شرایط معمول (شاهد) به ۴۶/۶ سانتی متر گردید (شکل۵- ۱).

دانشمند (۱۳۸۲) نیز اعمال تنش خشکی در دوره رشد زایشی (ساقه دهی به بعد) کلزا، سبب کاهش معنی دار ارتفاع بوته (در سطح ۵٪) می گردد. برادران (۱۳۸۵) در بررسی تأثیر تنش خشکی روی خصوصیات مرفولوژیک، فیزیولوژیک و عملکرد ارقام پاییزه کلزا به این نتیجه رسید که تنش خشکی موجب کاهش شدید ارتفاع بوته خواهد شد.کرت و همکاران (۱۹۸۳) گزارش کردند آبیاری در شرایط دیم در مرحله رشد زایشی، سبب افزایش ارتفاع گیاه شد؛ ولی در مرحله پرشدن غلاف، تأثیری بر ارتفاع بوته نداشت. داوودی (۱۳۸۵) نیز طی پژوهشی روی اثر قطع آبیاری در مرحله رشد زایشی کلزا بیان داشت که سطوح آبیاری بر ارتفاع بوته بی تأثیر بوده، تفاوت معنی دار میان آبیاری معمول (شاهد) و قطع آبیاری از مرحله زایشی به بعد از نظر ارتفاع بوته وجود نداشت. فرجی و همکاران (۱۳۸۴) مشاهده نمودند که آبیاری بر ارتفاع بوته تأثیر معنی دار نداشت. مطالعات جنوبی و دانشیان (۱۳۸۵) نیز روی گیاه سویا نشان داد تنش خشکی تأثیر چندانی بر ارتفاع بوته نداشت؛ بطوریکه تیمار آبیاری کامل با ۶۷/۷ سانتیمتر، بیشترین ارتفاع را تولید نمود و بهمراه تیمارهای تنش در مرحله پرشدن دانه و تشکیل غلاف، در گروه آماری مشابهی قرار گرفتند. کادهم و همکاران (۱۹۸۵) گزارش کردند آبیاری در مراحل گلدهی تا اواسط نمو غلاف سبب افزایش ارتفاع بوته گردید.

---

۱. منظور از تنش خفیف، متوسط و شدید در این بخش، سطوح مختلف رطوبت اعمال شده در این آزمایش و برای گیاه کلزاست. شایان ذکر است که تنش متوسط وشدید و خفیف، در گیاهان مختلف متفاوت بوده و حتی می توان گفت در آزمایشات مختلف نیز متفاوت است. واژه های خفیف، متوسط و شدید که در این تحقیق بکار رفته، نسبی بوده و مقصود مقایسه سطوح تنش اعمال شده است.

بررسی ها نشان داده است که بازتاب عمده ناشی از تنش خشکی، عبارتست از توقف نابرابر رشد شاخساره نسبت به رشد ریشه. این پدیده عمدتاً منجر به کاهش نسبت ساقه به ریشه می شود؛ زیرا هورمون اسید ابسیسیک (ABA)، نقش کلیدی را در این زمینه ایفا می نماید (رایث و رایت، ۱۹۹۲). افزون بر این، مشخص شد در شرایط تنش شدید خشکی، شیره پرورده بیشتری به ریشه ها منتقل گردید و این امر موجب افزایش بیشتر رشد ریشه نسبت به رشد ساقه شد (شولز، ۱۹۷۴). ویلسون (۱۹۸۶) با مطالعه اثر تنش خشکی بر رشد رویشی کلزا اظهار داشت خشکی از طریق کاهش رشد میانگره ها، سبب کم شدن ارتفاع ساقه گردید. دانشمند و همکاران (۱۳۸۵) نیز اظهار داشتند اعمال تنش، با کاهش طول میانگره منجر به کاهش ارتفاع گیاه گردید که در تنش های اوایل دوره زایشی مشهودتر بود.



شکل ۵- ۱- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر ارتفاع بوته گیاه کلزا

۵-۳- تعدادشاخه فرعی در بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر شاخه فرعی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۷-۲). از لحاظ این صفت تنها بین شاهد و دو تیمار ۴۵٪ و ۳۵٪ ظرفیت مزرعه، اختلاف معنی دار مشاهده گردید. به طوری که در شدید ترین سطح تنش تعداد شاخه فرعی در بوته به میزان ۶۴/۶ درصد کاهش یافت (شکل ۵-۲).

دانشمند (۱۳۸۲) در آزمایش خود به این نتیجه رسید که سطوح مختلف آبیاری بر تعداد شاخه در بوته بی تأثیر بود؛ حال آنکه نیلسن و جانیک (۱۹۹۶) در بررسی اثر تنش خشکی روی کلزا مشاهده نمودند تنش خشکی اعمال شده در دوره پرشدن دانه، به تعداد کمتر شاخه فرعی در بوته نسبت به دیگر مراحل رشد گیاه منجر شد. همچنین نیلسن (۱۹۹۷) بیان کرد که تنش خشکی طی مرحله رشد زایشی موجب شاخه های فرعی کمتر نسبت به سایر مراحل رشد می گردد.

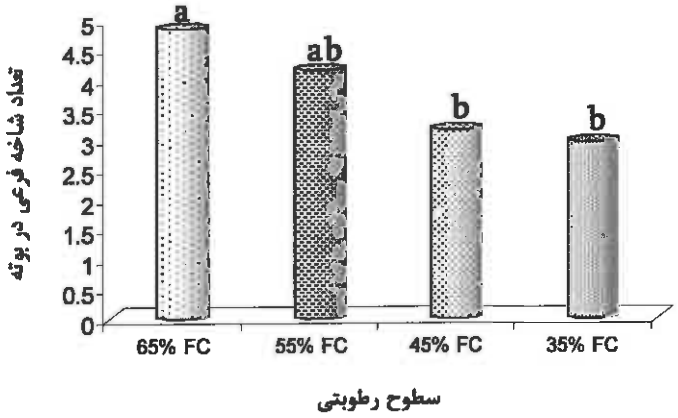
۵-۳-۱- تعدادشاخه فرعی درجه یک

سطوح مختلف آبیاری بر تعداد شاخه فرعی درجه یک تأثیر معنی دار نداشت (جدول ۷- ۲). بر همین اساس میانگین ها از نظر آماری مقایسه نشدند و تنها به ارائه میانگین ها در قالب نمودار اکتفا گردید (شکل۵-۳).

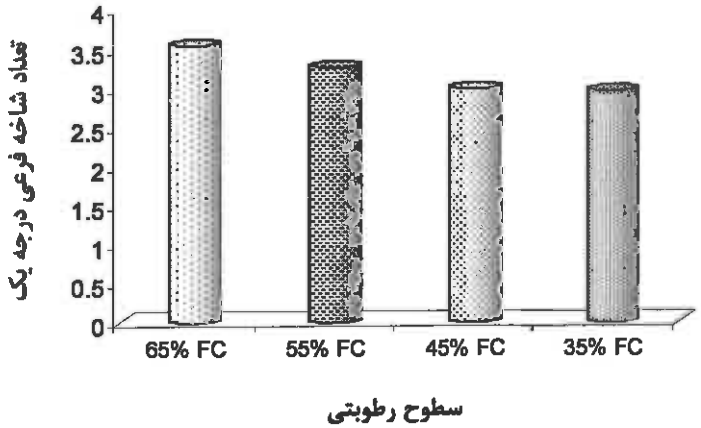
۵-۳-۲- تعدادشاخه فرعی درجه دو

نتایج تجزیه واریانس مشخص نمود که تعداد شاخه فرعی درجه دو نیز از سطوح رطوبتی خاک تأثیر پذیرفته و در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی دار بین تیمارهای مختلف وجود داشت (جدول۷- ۲). طبق نتایج مقایسات میانگین ها، با افزایش تنش، تعداد شاخه فرعی درجه دو کاهش یافت (شکل ۵-۴).

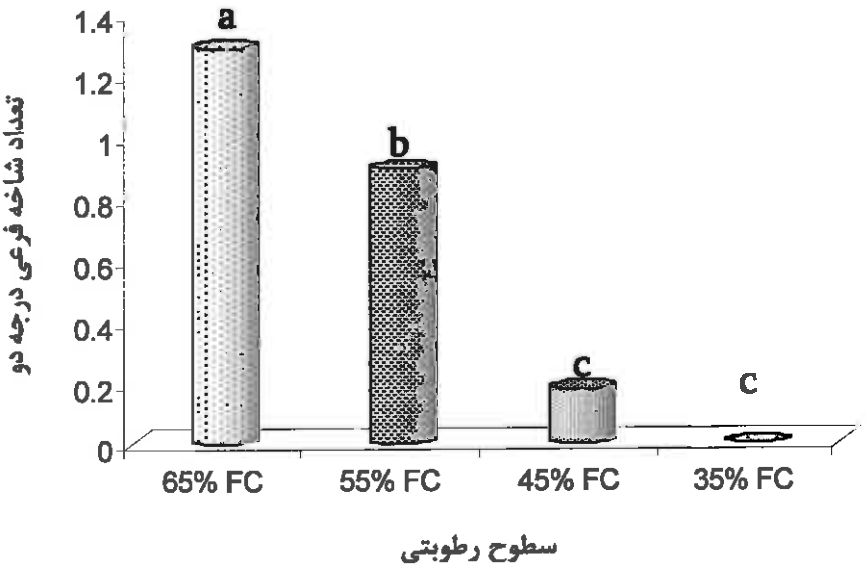
مقدار این صفت در تیمار تنش شدید (آبیاری در رطوبت ۳۵٪ ظرفیت مزرعه) صفر بود و هیچگونه شاخه فرعی درجه دو مشاهده نشد؛ در حالی که در گیاهان تنش ندیده (تیمار شاهد) میانگین این صفت ۱/۲۸۵ بوده است. شایان ذکر است که اختلاف بین سطوح سوم و چهارم معنی دار بدست نیامد.



شکل ۵- ۲- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر تعداد شاخه فرعی در گیاه کلزا



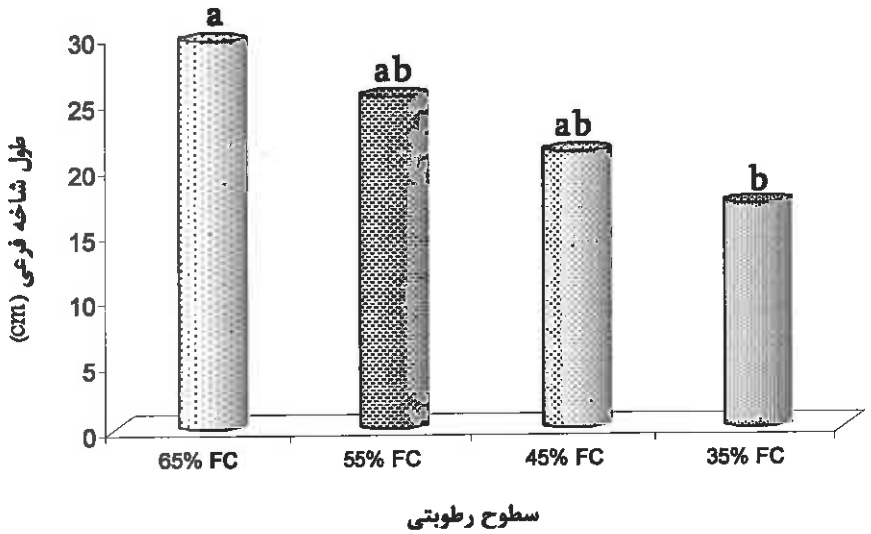
شکل ۵- ۳- تأثیرسطوح مختلف رطوبت بر تعداد شاخه فرعی درجه یک در گیاه کلزا



شکل ۵- ۴- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر تعداد شاخه فرعی درجه دو

۵-۴- طول شاخه فرعی

طول شاخه فرعی نیز بطور معنی دار از رطوبت خاک تأثیر پذیرفت (جدول ۷- ۲). مقایسات میانگین ها نشان داد که طول شاخه فرعی با افزایش شدت تنش از رطوبت ۶۵٪ ظرفیت مزرعه به رطوبت ۳۵٪ ظرفیت مزرعه کاهش یافت. با افزایش تنش خشکی به رطوبت ۳۵٪ ظرفیت مزرعه، طول شاخه فرعی از ۲۹/۶۳ سانتیمتر در شرایط معمول (رطوبت ۶۵٪ ظرفیت مزرعه)، به ۱۷/۱۰۸ سانتیمتر کاهش یافت (شکل ۵- ۵).



شکل ۵- ۵- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر طول شاخه فرعی در گیاه کلزا

۵-۵- تعداد غلاف در ساقه اصلی

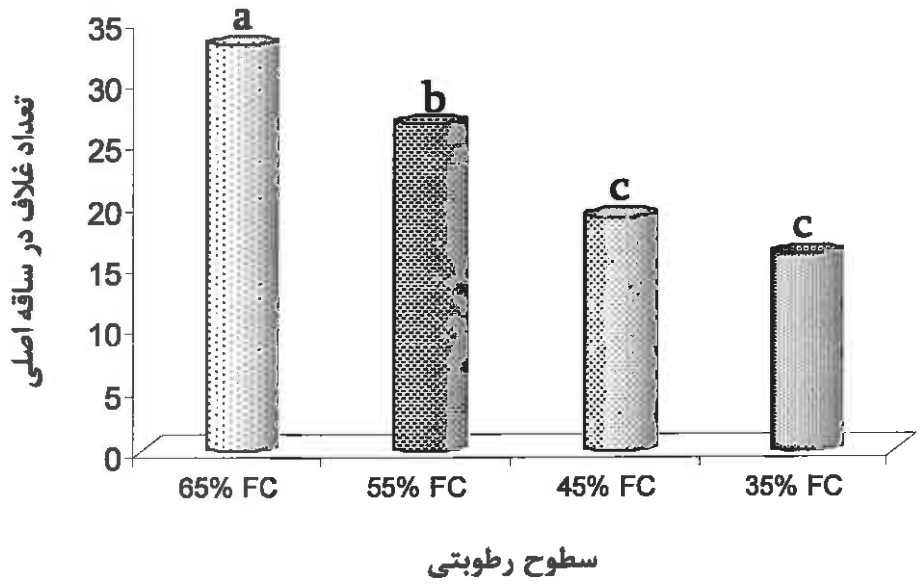
تنش خشکی بطور معنی دار (در سطح احتمال ۱ درصد) تعداد غلاف در ساقه اصلی را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۷- ۱). مقایسات میانگین های این صفت بیانگر این موضوع است که تعداد غلاف در ساقه اصلی با افزایش تنش، به طور معنی داری کاهش یافت؛ البته اختلاف بین تنش خشکی متوسط (۴۵٪ ظرفیت مزرعه) و شدید[1] (۳۵٪ ظرفیت مزرعه) معنی دار نبود. بیشترین مقدار آن در تیمار شاهد (بدون تنش یا آبیاری در رطوبت ۶۵٪ ظرفیت مزرعه) به میزان ۳۳ عدد مشاهده شد (شکل ۵- ۶).

برادران (۱۳۸۵) بیان کرد تیمار تنش خشکی (کم آبی) در مراحل بعد از ساقه دهی ، بعد از گلدهی و پس از شروع پرشدن دانه، سبب کاهش تعداد غلاف در ساقه اصلی گردید. دانشمند (۱۳۸۲) به این نتیجه رسید که تنش خشکی اعمال شده در مرحله رشد زایشی (بعد از ساقه دهی) موجب کاهش اندک تعداد غلاف در ساقه اصلی شد که البته این کاهش معنی دار نبود.

رایت و همکاران (۱۹۹۶) نیز اظهار داشتند که در کلزا، کاهش شدید وزن خشک کل و تعداد غلاف، ناشی از ریزش زیادتر گل ها می باشد. این مسأله در تنش های با شدت بالاتر، مشهود تر بود. بررسی ها نشان داد فتواسیمیلات ها در شرایط خشکی به بخش های زیر زمینی کلزا منتقل شده و همین امر می تواند در ریزش اندام های زایشی دخیل باشد (شولز، ۱۹۷۴). کرت و همکاران (۱۹۸۳) نیز بیان کردند آبیاری در زمان گلدهی، تحت شرایط دیم بر گلدهی و تشکیل غلاف مؤثر بود و افزایش تعداد دانه در این تیمار به دلیل افزایش تعداد غلاف صورت گرفت. دانشمند و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی خود به این نتیجه رسیدند که قطع آب از مرحله طویل شدن ساقه، تأثیر نامطلوب بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد داشت. تعداد غلاف در ساقه اصلی و شاخه های جانبی و عملکرد بذر تحت تأثیر نامطلوب استرس آبی واقع شدند.

---

۱. بطوری که اشاره شد، تنش شدید در مقایسه با سطوح دیگر تنش اعمال شده در این آزمایش شدید است نه شدید به مفهوم مطلق. این سطح رطوبت خاک، ممکن است در سایر گیاهان و حتی در آزمایش دیگر روی کلزا، تنش شدید محسوب نشود.

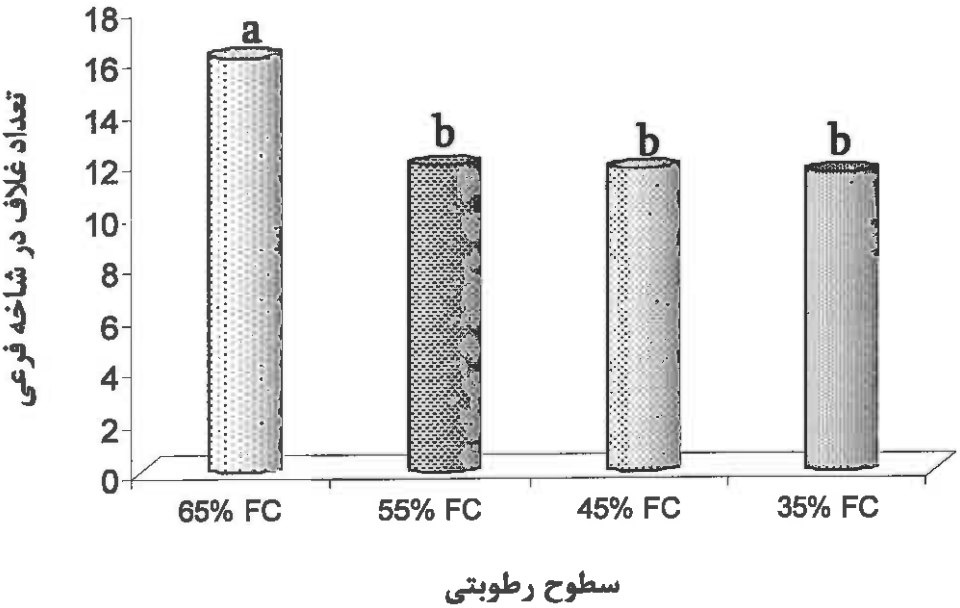


شکل ۵- ۶ - تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر تعداد غلاف در ساقه اصلی در گیاه کلزا

۵-۶- تعداد غلاف در شاخه فرعی

تعداد غلاف در شاخه فرعی یکی دیگر از صفات مهم مورد بررسی بود. نتیجه تجزیه واریانس این صفت نشان داد تنش خشکی اعمال شده، بر این صفت تأثیر معنی دار (در سطح احتمال ۱ درصد) داشت (جدول ۱- ۷). مقایسات میانگین ها (جدول ۵- ۵) حاکی است که بالاترین تعداد غلاف در شاخه فرعی مربوط به شاهد (۱۶/۱۳۵) است. باید توجه داشت که در تنش خفیف، متوسط و شدید (به ترتیب رطوبت ۵۵ و ۴۵ و ۳۵ درصد ظرفیت مزرعه)، اختلاف از نظر آماری معنی دار نبود(شکل ۵- ۵).

گزارشات دیگر(دانشمند؛۱۳۸۲) کاهش تعداد غلاف در شاخه فرعی را در تنش خشکی اعمال شده در مرحله رشد زایشی نشان داد که البته این کاهش معنی دار نبود. مندهام و سالیسبوری (۱۹۹۵) نشان دادند آبیاری تکمیلی کلزا ، تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف را از طریق طولانی کردن دوره گلدهی افزایش می دهد. به عقیده آنها علت این امر، وجود سطح برگ بیشتر در دوره گلدهی بود. دانشمند و همکاران (۲۰۰۵) نیز به این مطلب اشاره کردند که تعداد غلاف ساقه اصلی و شاخه های جانبی در تنش کم آبی بطور مشابه کاهش یافت. تریبوی و رینارد (۱۹۹۹) نیز مشاهده کردند تعداد غلاف ها در بوته همانند عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی کاهش یافت. بیشترین کاهش غلاف ها مربوط به شاخه های پایین تر بود که در زمان نزدیک به گلدهی ایجاد شده بودند.

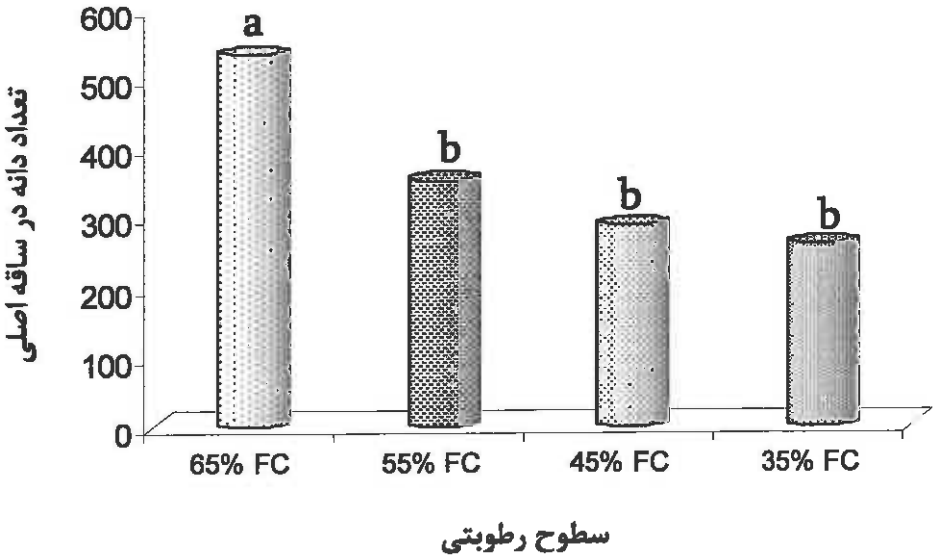


شکل ۵- ۷- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر تعداد غلاف در شاخه فرعی

۵-۷- تعداد دانه در ساقه اصلی

اثر سطوح مختلف آبیاری بر تعداد دانه در ساقه اصلی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۷-۱) و کاهش رطوبت خاک منجر به کاهش تعداد دانه در ساقه اصلی گردید (شکل ۵-۸). مقایسات میانگین ها حاکی از آن است که بیشترین تعداد دانه در ساقه اصلی، در تیمار بدون تنش مشاهده شد. بین سطوح تیمار دوم، سوم و چهارم اختلاف معنی دار وجود نداشت (شکل ۵- ۸). در بررسی اثر تنش حرارتی و رطوبتی (تنش خشکی ملایم و شدید) بر ارقام کلزا و خردل هندی مشاهده شد که تنش خشکی، عملکرد دانه را فقط در شاخه فرعی گیاه کاهش داد. در حالی که تأثیری بر عملکرد دانه در ساقه اصلی نداشت (گان و همکاران، ۲۰۰۴).

از دلایل کاهش تعداد دانه به هنگام تنش خشکی می توان به کاهش تعداد گل ها و کم شدن تعداد گل هایی که به دانه تبدیل می شوند، اشاره نمود. از طرفی می دانیم که انتقال مواد از آوند آبکش هم به فتوسنتز که مواد اصلی را تأمین می نماید و هم به متابولیسم مخزن وابسته است. تنش خشکی، فتوسنتز و مصرف مواد فتوسنتزی را در برگ های در حال توسعه کاهش می دهد. نتیجه این امر این است که خشکی به صورت غیر مستقیم، میزان مواد فتوسنتزی صادر شده از برگ ها را کاهش می دهد؛ زیرا انتقال شیره پرورده از آوند آبکش وابسته به پتانسیل آب است. در مواجهه با تنش خشکی، پتانسیل آب در آوند آبکش کاهش یافته و این امر انتقال مواد فتوسنتزی و در نهایت مقدار اسیمیلات های ذخیره ای را کاسته و می توان گفت که آسیب پذیری تشکیل دانه را در شرایط خشکی افزایش می دهد (کافی و همکاران، ۱۳۷۹ ب).

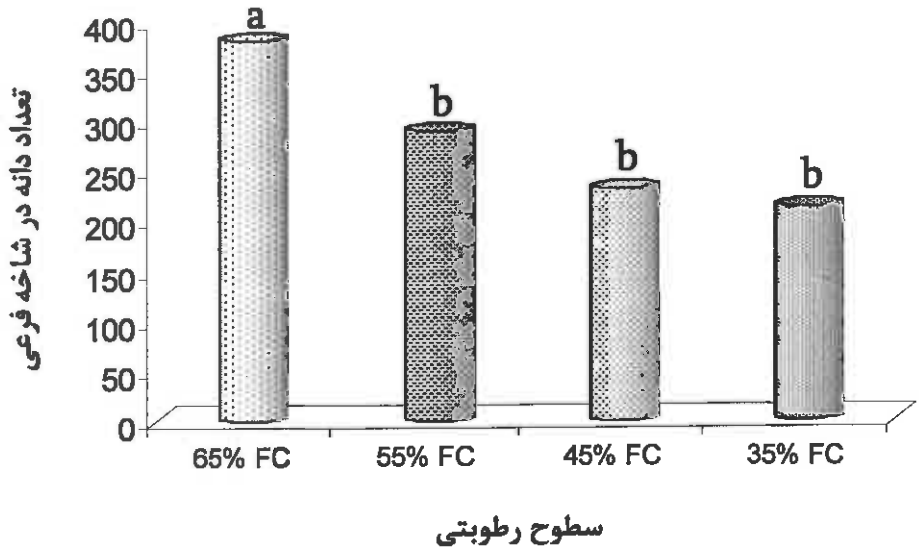


شکل ۵- ۸- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر تعداد دانه در ساقه اصلی

۵-۸- تعداد دانه در شاخه فرعی

اعمال تنش خشکی بر تعداد دانه در شاخه فرعی (در سطح احتمال ۱ درصد) تأثیر معنی دار داشت (جدول ۷-۱) به این صورت که با کاهش رطوبت خاک، تعداد دانه در شاخه فرعی نیز کاهش یافت. مقایسات میانگین های این صفت مشخص کرد که بیشترین مقدار صفت در تیمار بدون تنش و کمترین مقدار آن به طور مشترک متعلق به تنش های خفیف، متوسط و شدید بود. میزان کاهش این صفت در تیمار تنش شدید در مقایسه با تیمار شاهد، ۴۴ در صد بود (شکل ۵- ۹).

پور فاضل (۱۳۸۴) اظهار داشت هیچگونه فرآیند جبرانی در بین تعداد غلاف در شاخه فرعی و تعداد دانه موجود در آن هنگام تنش خشکی مشاهده نگردید. کلارک و سیمپسون (۱۹۷۸) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. آنها گزارش کردند تعداد غلاف در هر بوته و تعداد دانه موجود در آن در کلزا، اجزای متأثر از خشکی بودند و آنها نیز هیچگونه فرآیند جبرانی در بین تعداد غلاف و تعداد دانه موجود در آن بهنگام تنش خشکی مشاهده نکردند. گان و همکاران (۲۰۰۴) نیز اشاره کردند که تنش خشکی از طریق کاهش تعداد دانه در شاخه فرعی موجب کاهش عملکرد دانه می گردد.



شکل ۵- ۹- تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر تعداد دانه در شاخه فرعی

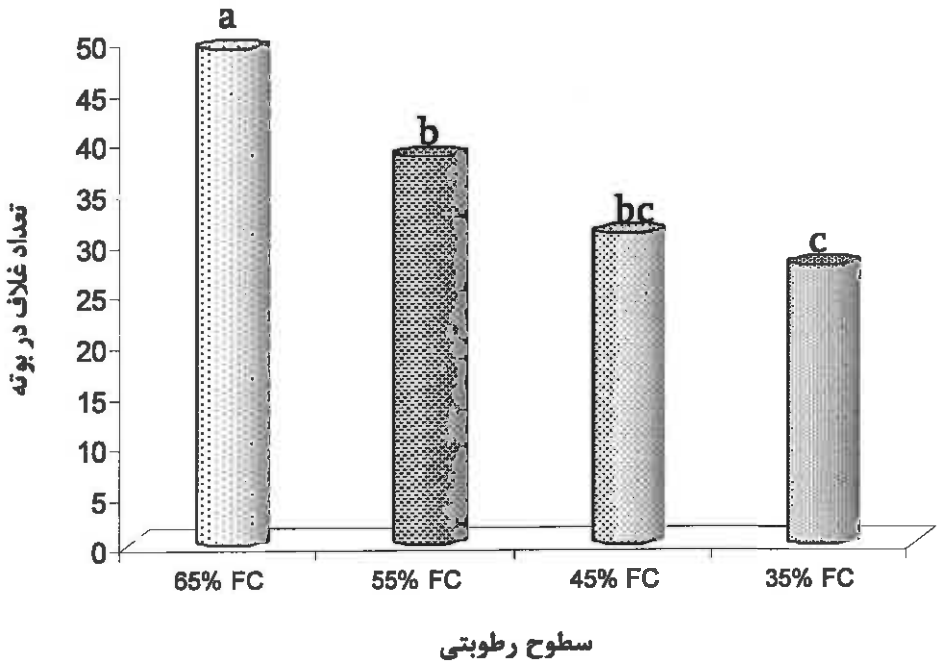
۵-۹- تعداد غلاف در بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تنش خشکی، روی تعداد غلاف در بوته، تـأثیر معنـی دار (در سـطح احتمال ۱) درصد داشت (جدول ۷- ۱). با افزایش تنش خشکی، مقدار این صفت کاهش معنی دار یافـت؛ به طوریکه این صفت از میانگین ۴۹/۱ عدد در آبیاری معمول (رطوبـت ۶۵٪ ظرفیـت مزرعـه) بـه ۲۷/۵ عدد در شرایط رطوبتی ۳۵٪ ظرفیت مزرعه (تنش رطوبتی شدید) کاهش یافت. به طوریکه در شکل نیـز مشاهده می شود، بین سطوح تیمار دوم و سوم، همچنین سـوم و چهـارم، اخـتلاف آمـاری معنـی داری وجود نداشت (شکل ۵- ۱۰).

شکاری (۱۳۸۰) نشان داد که تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر دو عامل شدت تنش و زمان اعمال آن قرار می گیرد. بدین ترتیب مشخص شد که با کاهش میزان آب در دسترس، از تعداد غلاف ها نیز کاسته شد. او معتقد بود کاهش غلاف ها بیشتر بر اثر ریزش آنها بود. کاکس و جولیف (۱۹۸۶) تعداد غـلاف در گیاه را حساس ترین جزء عملکرد نسبت به کمبود آب معرفـی کردنـد. پورفاضـل (۱۳۸۴) نـشان داد در کلزا، با کاهش میزان آب در دسترس، از تعداد غلاف ها بطور قابل ملاحظه ای کاسته شد که این کاهش بیشتر بر اثر ریزش آنها بود. دانشمند (۱۳۸۲)، در بررسی اثر تنش خشکی بر ویژگـی هـای مرفولوژیـک، ساختاری و زراعی کلزا، تأثیر معنی دار تنش بر تعداد غلاف در بوته را مشاهده نکرد.

به عقیده برادران (۱۳۸۵) اعمال تنش خشکی در هر سه مرحله مرحله ساقه دهی، گلدهی و پرشدن دانه، سبب کاهش تعداد غلاف در بوته می گردد. وی اظهار داشت که کمبود آب در مرحله گرده افشانی و یا پرشدن دانه در گیاه کلزا، کاهش تعداد غلاف در گیاه را در پی داشته است. پانو و همکاران (۱۹۹۲) عقیده داشتند آبیاری قبل از گلدهی می تواند تعداد غلاف در واحد سطح را افـزایش دهـد و اگـر دیرتـر صورت گیرد، تعداد دانه در غلاف را افزایش می دهد. از آنجا که تنش خشکی میزان فتوسنتز و ساخت و ساز مواد غذایی را در گیاه محدود می سازد، گیاه از میزان اجزاء عملکرد خود بویژه تعداد غلاف در بوتـه کاسته، خود را با میزان فتو اسیمیلات های تولیدی تطبیق می دهد. نتایج حاصل از یک پـژوهش نـشان

داد تنش خشکی اواخر فصل، باعث ریزش بیش از نیمی از غلاف ها در دو گونه *Brassica rapa* و *Brassica napus* شد (ریچارد و ترلینگ، ۱۹۷۸). بررسی ها نشان داد تنش کم آبی در کلزا بهاره از مرحله گلدهی تا رسیدن دانه، موجب کاهش معنی دار عملکرد دانه شد که دلیل اصلی آن کاهش تعداد غلاف در گیاه بود (قبادی و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین ثابت شده خشکی تأثیر بسزایی بر تعداد غلاف ها در گیاه و پرشدن غلاف ها داشت (دانشمند و همکاران، ۲۰۰۵). کلارک و سیمپسون (۱۹۷۸) نشان دادند آبیاری کلزا، تعداد غلاف را در اثر طولانی کردن مرحله گلدهی افزایش داد. دانشمند و همکاران (۱۳۸۵) بیان کردند به طور کلی، تیمار تنش کم آبی در تمامی ژنوتیپ های مورد بررسی، سبب کاهش تعداد غلاف در بوته گردید. با این حال، در ژنوتیپ های مختلف، شدت کاهش تفاوت داشت. تنش در مرحله گلدهی، ریزش گل و غلاف را افزایش داد و موجب کاهش تعداد غلاف در گیاه شد (دانشیان و همکاران، ۱۳۸۱).

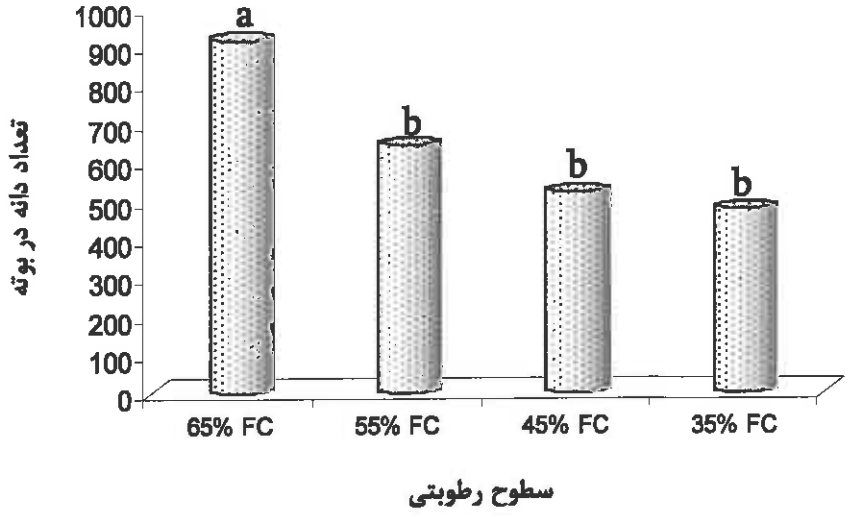


شکل ۵- ۱۰- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر تعداد غلاف در بوته کلزا

۵-۱۰- تعداد دانه در بوته

بنابر نتایج تجزیه واریانس (جدول ۷-۱)، سطوح تیمار مورد بررسی، یعنی تنش خشکی، تأثیر معنی داری (در سطح احتمال ۱ درصد) بر تعداد دانه در بوته داشت؛ بطوریکه این صفت نیز با کاهش دسترسی به آب روند نزولی داشت. البته فقط اختلاف تیمار شاهد با بقیه سطوح تیمار معنی دار بود و بین سه سطح تنش اختلاف معنی داری ملاحظه نگردید (شکل ۵- ۱۱).

جنوبی و دانشیان (۱۳۸۵) نیز در پژوهش خود، کاهش معنی دار تعداد دانه در گیاه را در اثر اعمال تنش خشکی مشاهده کردند و بیان داشتند که بیشترین تعداد دانه در گیاه از آبیاری کامل به دست آمد و تنش در مرحله گلدهی و تشکیل دانه، در گروه های آماری مشابه قرار گرفتند. دانشمند و همکاران (۱۳۸۵) گزارش کردند که وجود تنش خشکی در مرحله تشکیل غلاف موجب افزایش ریزش گل و غلاف گردیده و در نتیجه تعداد دانه در گیاه کاهش یافت. در مرحله پرشدن دانه نیز کاهش تعداد دانه در گیاه ناشی از ریزش غلاف در گیاه بود.



شکل ۵- ۱۱- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر تعداد دانه در بوته

۵-۱۱- وزن هزار دانه

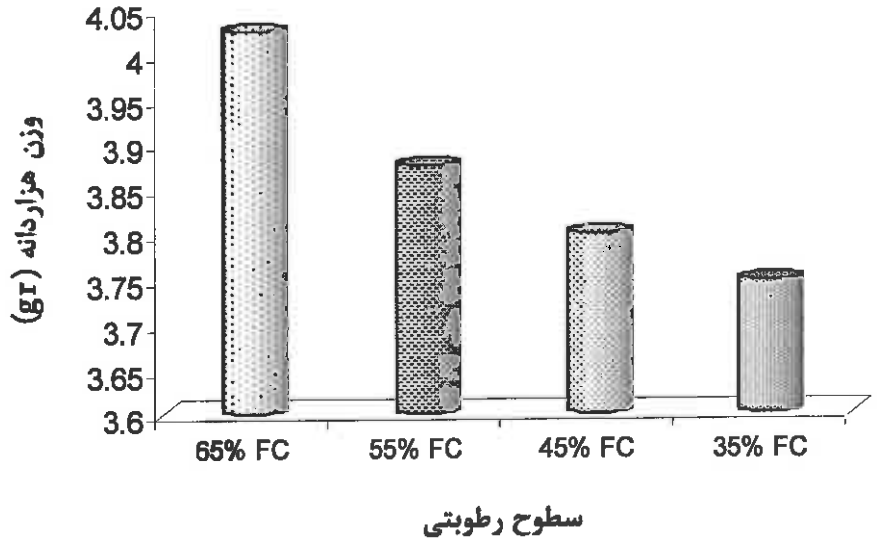
وزن هزار دانه بیانگر مقدار نمو دانه است که عامل مهم و تعیین کننده عملکرد دانه بوده، نقش مهمی در نشان دادن پتانسیل عملکرد یک رقم ایفا می نماید (سانا و همکاران، ۲۰۰۳). نتایج تجزیه واریانس در این بررسی نشان داد سطوح مختلف آبیاری تأثیر معنی داری بر وزن هزار دانه نداشت (جدول ۷-۱). دامنه تغییرات (قابل اغماض از نظر آماری) این صفت در شکل (۵- ۱۲) آورده شده است.

مطالعات کومار و همکاران (۱۹۹۴) نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش تعداد دانه در غلاف شده، در این صورت وزن دانه ها بصورت جبرانی افزایش یافت. دانشمند (۱۳۸۲) در بررسی خود به این نتیجه رسید که تنش خشکی در مرحله زایشی (ساقه دهی به بعد) در کلزا سبب کاهش معنی دار وزن هزار دانه گردید. به عقیده او، وقوع تنش خشکی در مرحله رشد زایشی (ساقه دهی به بعد) موجب کاهش جذب آب و املاح و در نتیجه کاهش فتوسنتز برگ و تولید شیره پرورده و نهایتاً تأمین فتواسیمیلات های کمتر برای دانه در حال رشد می گردد. در پژوهشی که توسط برادران (۱۳۸۵) انجام شد، قطع آبیاری از مرحله ساقه دهی به بعد، گلدهی به بعد و پرشدن دانه به بعد موجب کاهش وزن هزار دانه شد که البته این کاهش معنی دار نبود.

هاشم و همکاران (۱۹۹۸) کاهش معنی دار وزن هزار دانه را در گیاهانی که در اواخر رشد رویشی و آغاز گلدهی تحت تنش کم آبی قرار گرفتند، مشاهده نمودند. شکاری (۱۳۸۰) در بررسی اثر تنش خشکی در مراحل طویل شدن ساقه، اوایل گلدهی و اوایل غلاف دهی روی کلزا گزارش کرد وزن هزار دانه بهنگام اعمال برخی از سطوح تیمار خشکی در مراحل اولیه گلدهی و غلاف دهی از افزایش نسبی برخوردار بود. او این موضوع را ناشی از فرآیند جبرانی اعمال شده توسط کلزا، یا به عبارت دیگر، کاهش تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در گیاه دانست. مطالعات پازوکی (۱۳۷۹) نشان داد کاهش دور آبیاری یا بعبارت دیگر کاهش فاصله آبیاری وزن هزار دانه را افزایش می دهد. همچنین با افزایش مقدار آب تا میزان ۸۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A، وزن هزار دانه به حداکثر خود رسید. او دلیل این کاهش

وزن هزار دانه بدنبال تنش را کاهش جذب آب و املاح توسط گیاه و در نتیجه کـاهش سـاخت و انتقـال مواد فتوسنتزی و شیره اسیمیلات ها به دانه نسبت داد. به گزارش قبادی و همکاران (۲۰۰۶) تنش کـم آبی طی نمو دانه بر اندازه مخزن (تعداد دانه در گیاه) تأثیر نداشت و کاهش ظرفیت مبدأ منجر به کاهش وزن دانه شد. دانشمند و همکاران (۱۳۸۵) در پژوهش خود گزارش کردند که در شرایط وجود تـنش در مرحله گلدهی، گیاه با حفظ وزن هزار دانه سعی در جبران کاهش تعداد دانه در گیـاه و حفـظ عملکـرد داشت؛ اما در وضعیت اعمال تنش طی مرحله تشکیل غلاف، تنش سـبب افـزایش ریـزش گـل و غـلاف گردید که در نتیجه تعداد دانه در گیاه کاهش یافت و از طرف دیگر به دلیـل عـدم فرصـت کـافی بـرای توسعه اندام های فتوسنتزی و ذخیره سازی مواد در گیاه، وزن هزار دانه و در نتیجه عملکرد دانه کاهش یافت. در مرحله پرشدن دانه نیز با توجه به کاهش رطوبت قابـل دسـترس خـاک، فعالیـت فتوسـنتزی و انتقال مواد به مقصدهای زایشی به خوبی انجام نشد و وزن هزار دانه کاهش یافت. بنا براین علـت عمـده کاهش عملکرد در این سطح از تنش به کاهش وزن دانه ارتباط داشت. دانشیان و همکاران (۱۳۸۱) بیان کردند که اعمال تنش در مرحله تشکیل غلاف و پرشدن دانه تأثیر متفاوتی بر وزن هزار دانه برجای مـی گذارد. تنش در مرحله گلدهی ریزش گل و غلاف را افزایش داد و موجب کـاهش تعـداد غـلاف در گیـاه شد؛ در نتیجه دانه های باقیمانده از وزن بیشتری برخوردار شدند. همچنین جنـوبی و دانـشیان (۱۳۸۵) طی پژوهشی روی سویا اظهار داشتند که در شرایط وجود فرصت کافی برای رشد، بعد از رفع تنش کـم آبی، گیاه با توسعه اجزای رویشی، حفظ و بالا نگهداشتن وزن هزار دانه سعی در جبران کاهش تعداد دانه در گیاه داشت. به این جهت با اختصاص مواد بیشتر برای تولید اندام های فعال فتوسنتز کننده نسبت به بافت های ساختمانی، مواد اسیمیلاتی بیشتری تولید نمود و به مقصدها انتقال داد. بنابر این اعمال تنش در این مرحله تأثیر چندانی بر گیاه نداشت. اما در شرایط اعمال تنش در زمان تـشکیل غـلاف، گیـاه بـه اواخر رشد رویشی خود نزدیک گردید (تقلیل دوره رشد). بنابراین وقوع تنش سبب کـاهش قابـل توجـه فعالیت فتوسنتزی شده و بعد از رفع تنش، فرصتی برای گیاه بـاقی نمانـد تـا بـه افـزایش ذخیـره مـواد فتوسنتزی بپردازد در نتیجه وزن هزار دانه کاهش یافت. در واقع، وقوع تـنش در مرحلـه نمـو دانـه کـه

مصادف با مرحله انتقال مواد ذخیره ای به دانه ها می باشد، منجر به کاهش سرعت انتقال مواد بـه دانـه می شود. با پایان گلدهی، ریزش برگ ها از پایین جامعه گیاهی آغاز مـی گـردد. بـه دلیـل عـدم وجـود رطوبت کافی، ساقه و برگ ها قادر به انتقال مناسب مواد اسیمیلاتی نبـوده، در نتیجـه بـسیاری از مـواد ذخیره ای تلف گردید. رفع تنش در انتهای فصل نیز فقط می تواند قسمتی از مواد ذخیره ای که در اندام های رویشی انباشته می شود را به دانه ها منتقل نماید.



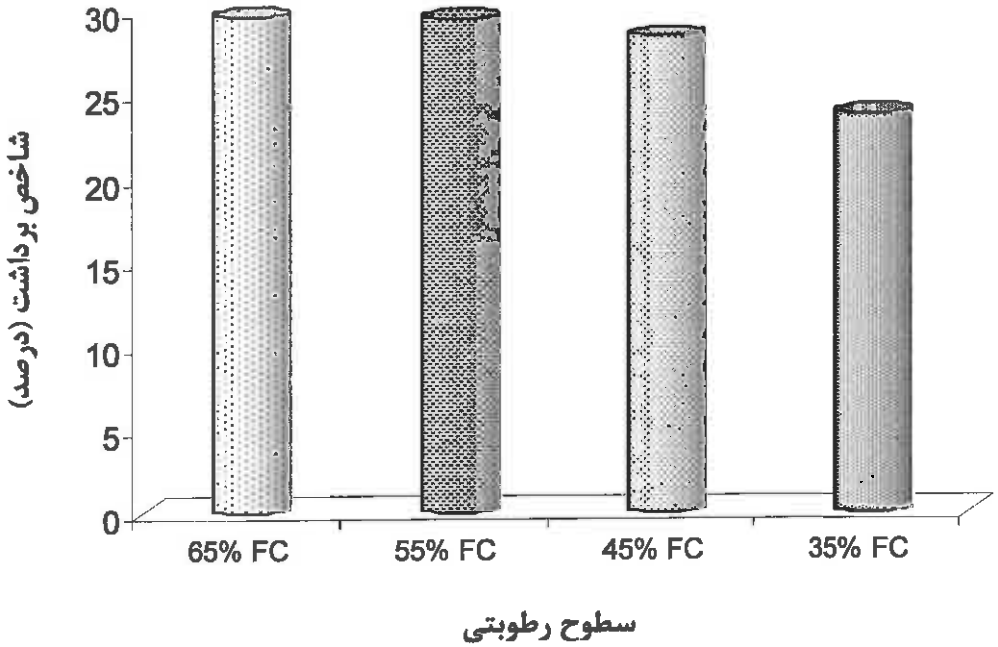
شکل ۵- ۱۲- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر وزن هزار دانه کلزا

۵-۱۲- تأثیر خشکی بر شاخص برداشت

شاخص برداشت در واقع نسبت بین بخش اقتصادی محصول (عملکرد دانه) به کل بیوماس برداشت شده است. در واقع شاخص برداشت نمایانگر میزان انتقال مواد فتوسنتزی از بخش رویشی به دانه هاست (موگنسن و همکاران، ۱۹۹۶). در این بررسی، نتایج تجزیه واریانس (جدول ۷- ۲) برای شاخص برداشت حاکی از آن است که سطوح مختلف رطوبت خاک، تأثیر معنی دار روی این صفت در گیاه نداشت. به طوری که در شکل ۵- ۱۳ ملاحظه می شود، میانگین شاخص برداشت برای سطوح رطوبتی ۳۵، ۴۵، ۵۵ و ۶۵ درصد ظرفیت مزرعه، به ترتیب حدود ۲۳/۷، ۲۸/۴، ۲۹/۴ و ۲۹/۶ درصد بود.

رایت و همکاران (۱۹۹۵) نشان دادند تنش ملایم خشکی تأثیری روی شاخص برداشت کلزا نداشت؛ اما تنش شدید خشکی، باعث کاهش معنی دار شاخص برداشت گردید. دانشمند (۱۳۸۲) نیز اظهار داشت تنش خشکی تأثیر معنی داری بر شاخص برداشت کلزا ندارد. وی معتقد بود تنش خشکی در دوره رشد زایشی (ساقه دهی به بعد) منجر به سقط جنین و ریزش اندک گل و غلاف گردید. از طرفی، بدلیل کاهش تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی و نیز نبود مقصد کافی، ناشی از ریزش اندک غلاف ها، عملکرد دانه کاهش بیشتری نسبت به عملکرد کاه و کلش (وزن خشک کل) نشان داد که این موضوع در شاخص برداشت منعکس گردید؛ بگونه ای که در شرایط تنش خشکی (کم آبی) این میزان کمتر از شاهد (آبیاری معمول) بود که البته به طوری که اشاره شد، این کاهش از نظر آماری معنی دار نبود. موگنسن و همکاران (۱۹۹۶) نیز اشاره نمودند که شاخص انتقال مواد فتوسنتزی به دانه ها در کلزا، تحت تأثیر دوره های متناوب خشکی قرار نگرفت. کومار و همکاران (۱۹۹۴) وجود یک ارتباط مثبت و معنی دار را بین عملکرد دانه و شاخص برداشت در کلزا، در شرایط تنش خشکی گزارش نمودند. این امر بر اثر کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به عملکرد کاه و کلش در شرایط تنش خشکی حاصل شد. قالیباف (۱۳۷۶) همبستگی مثبت و معنی دار بین شاخص برداشت، وزن هزار دانه و تعداد دانه در غلاف در کلزا (*Brassica napus*) مشاهده نمود.

دانشمند و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند قطع آبیاری در مرحله طویل شدن ساقه تأثیر نامطلوب بر فعالیت های رشد، عملکرد و اجزای عملکرد داشت. از میان اجزای عملکرد، کاهش وزن دانـه (بـه میـزان ۸٪) و به ویژه تعداد دانه در غلاف (به میزان ۱۱/۳٪) بیشترین سهم را در کاهش عملکرد دانـه داشـتند. بعلاوه عملکرد دانه بیش از عملکرد کاه و کلش کاهش یافت و این امر موجب کـاهش شـاخص برداشـت شد. جنوبی و دانشیان (۱۳۸۵) نیز در مطالعات خود روی سویا به این نتیجه رسیدند که تـنش خـشکی موجب کاهش معنی دار شاخص برداشت شد. آنها بیان نمودند که به ترتیـب، آبیـاری کامـل و تـنش در مرحله گلدهی، بیشترین شاخص برداشت را به دنبال داشت؛ به عقیده آنها اعمال تنش در مرحله تشکیل غلاف موجب کاهش شاخص برداشت می گردد؛ اما اختلاف معنی داری بین این تیمار با دو سطح تیمـار اعمال تنش در مرحله گلدهی و تیمار بدون تنش وجود ندارد. کمتـرین شـاخص برداشـت بـه تـنش در مرحله پرشدن دانه تعلق داشت. آنها معتقد بودند که بدلیل افت شدید در وزن دانه و عدم فرصـت کـافی برای انتقال مجدد مواد از منبع هایی نظیر برگ، ساقه و پوسته غلاف، شاخص برداشت کاهش یافت. بنـا بر نظر آنها، اعمال تنش سبب کاهش فعالیت اندام های فتوسنتز کننده و همچنین کاهش توسعه رویشی گیاه گردید که در نهایت منجر به کاهش تولید مواد فتوسنتزی در دوره تنش شد. پس از رفـع تـنش در دوره رشد فعال رویشی، گیاه اندام های فعال فتوسنتز کننده جدیدی (برگ ها)، تولیـد کـرد و بـا تولیـد مواد فتوسنتزی، مواد ذخیره ای بیشتری را به دانه ها منتقل نمـود. در شـرایط اعمـال تـنش در مرحلـه گلدهی، گیاه با اختصاص بیشتر مواد اسیمیلاتی به اندام های زایـشی، سـعی در جبـران تـنش خـشکی داشت. اما در مرحله تشکیل غلاف میزان مواد ذخیره ای کمتری در اختیار اندام های زایشی قرار گرفت.



شکل ۵- ۱۳- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر شاخص برداشت در گیاه کلزا

۵-۱۳- تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه

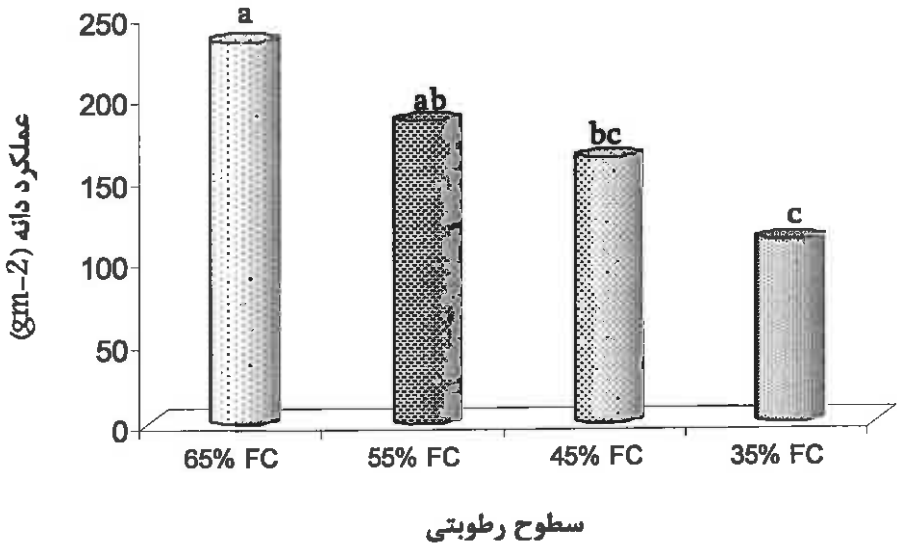
عملکرد بهینه از مهمترین اهداف کشت کلزا به شمار می رود (اوزر و اورال، ۱۹۹۹). مشخص شده که کلزا با استفاده عمده از بقایای رطوبت خاک، محصول مناسبی تولید می کند؛ به شرط آنکه در فاصله کاشت و مرحله پیشرفته خروج گیاهچه و نیز در زمان گلدهی، آب مناسب در اختیار داشته باشد (ناصری، ۱۳۷۵).

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه در این پژوهش نشان داد کاهش رطوبت خاک، تأثیر معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد بر عملکرد دانه داشت (جدول ۷-۱)؛ به طوری که کاهش رطوبت خاک از حالت نرمال (۶۵٪ ظرفیت مزرعه) به ۳۵٪ ظرفیت مزرعه، موجب کاهش ۵۲/۴ درصدی عملکرد دانه که چشمگیر و قابل ملاحظه بود. بین سطوح تنش متوسط و خفیف، متوسط وشدید، همچنین شاهد و تنش خفیف کاهش معنی داری در عملکرد دانه مشاهده نشد (شکل ۵- ۱۴).

کمبود رطوبت خاک بعد از گرده افشانی، ممکن است عملکرد دانه را در کلزا تا ۵۰ درصد کاهش دهد که بیشترین احتمال، عدم تلقیح گل ها می باشد (هاکینگ و ماسن، ۱۹۹۳). شکاری (۱۳۸۰) گزارش کرد تنش کم آبی در کلیه مراحل طویل شدن ساقه، اوایل گلدهی و اوایل غلاف بندی، موجب کاهش عملکرد و اجزای آن شد؛ که در مرحله اوایل گلدهی، این کاهش معنی دار بود. دانشمند (۱۳۸۲) معتقد بود که تنش تأثیر معنی دار بر عملکرد دانه نداشت. برادران (۱۳۸۵) طی پژوهشی روی کلزا نشان داد تنش اعمال شده از مرحله بعد از ساقه دهی، بعد از گلدهی و بعد از پرشدن دانه، سبب کاهش چشمگیر عملکرد دانه گردید. شیرانی راد (۱۳۸۳) در بررسی تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری روی سه رقم کلزا مشخص نمود گرچه بیشترین عملکرد دانه مربوط به شرایط بدون تنش کم آبی (شاهد) بود، ولی قطع آبیاری در مرحله سبز شدن تا روزت، ساقه دهی و غلاف دهی، تفاوت معنی دار با آن نشان نداد. درحالیکه قطع آبیاری در مراحل گلدهی و پرشدن دانه، نسبت به شاهد افت معنی داری از عملکرد دانه را ایجاد کرد. نتایج حاصل از بررسی های دلخوش (۱۳۸۳) روی تنش خشکی در ارقام کلزا نشان داد که

قطع آبیاری از مرحله ساقه دهی، در ارقام مورد بررسی، تأثیر منفی معنی دار بـر عملکـرد دانـه نداشـت؛ حال آنکه نیلسن و جانیک (۱۹۹۶) در بررسی اثر تنش خشکی روی کلزا مـشاهده نمودنـد کـه خـشکی ایجاد شده از مرحله پرشدن دانه به بعد، منجر به کاهش شدید عملکرد دانه شد. آنها این امر را به تعـداد کمتر شاخه در گیاه و تعداد کمتر غلاف در هر شاخه و تعداد کمتر دانه نسبت دادنـد. لـیلاه و الخطیـب (۲۰۰۳) در شرایط عربستان سعودی گزارش کردند که آبیاری کلزا، هر ۷ روز یکبار با ۵۰۰ مترمکعب در هکتار آب، و یا هر ۱۴ روز یکبار با حدود ۶۵۰ مترمکعـب درهکتـار آب، موجـب افـزایش عملکـرد دانـه گردید. مطالعات دانشمند و همکاران (۱۳۸۵) نشان داد پتانسیل عملکرد دانه کلزا در هنگام اعمال تنش خشکی و تنش های حرارتی بالا در دوره گلدهی و مراحل قبـل از آن نـسبت بـه سـایر مراحـل رشـدی، کاهش بیشتری یافت. آنها بر این عقیده بودند که علت عمده کاهش عملکـرد در ایـن سـطح تـنش، بـه کاهش وزن دانه ارتباط داشت. در بررسی اثر تنش خشکی بر ارقام کلزا مشاهده شد که کـاهش عملکـرد دانه عمدتاً از طریق کاهش تعداد غلاف در گیاه و دانه در هر غلاف بـود. در واقـع کـاهش عملکـرد دانـه مربوط به کاهش در هدایت روزنه ای و فتوسنتز برگ بود (هاشم و همکاران، ۱۹۹۸).

پالمو و همکاران (۱۹۹۹) به این نتیجه رسیدند که وقتی کمبود آب در خاک تا دو هفته بعد از گرده افشانی ادامه یابد، عملکرد دانه تا ۲۰٪ کاهش خواهد یافت. همچنین آزمایشات مزرعه ای آنهـا، افـزایش ۱۶/۸ درصدی عملکرد را در تیمار بدون تنش نشان داد. در بررسی چهار تیمـار خـشکی شـامل آبیـاری معمولی (بر اساس ۸۰ میلیمتر تبخیر از تشتک کلاس A)، قطع آبیاری از مرحله ساقه دهی، قطع آبیاری از مرحله گلدهی و قطع آبیاری از مرحله پرشدن دانه، روی هفت رقم کلزا مشخص گردید که همگـام بـا افزایش طول دوره خشکی در بوته ها، افت عملکرد نیز بیشتر بـوده و شـروع تـنش خـشکی در مرحلـه پرشدن دانه خسارت کمتری وارد نمود (مجد نصیری، ۱۳۸۳). دسـوزا و همکـاران (۱۹۹۷) نیـز گـزارش کردند اعمال تنش در اوایل دوره پرشدن دانه به دلیل کاهش آشکار در فتوسـنتز، بـا کوتـاه کـردن دوره پرشدن دانه عملکرد را کاهش داد.



شکل ۵- ۱۴- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر عملکرد دانه گیاه کلزا

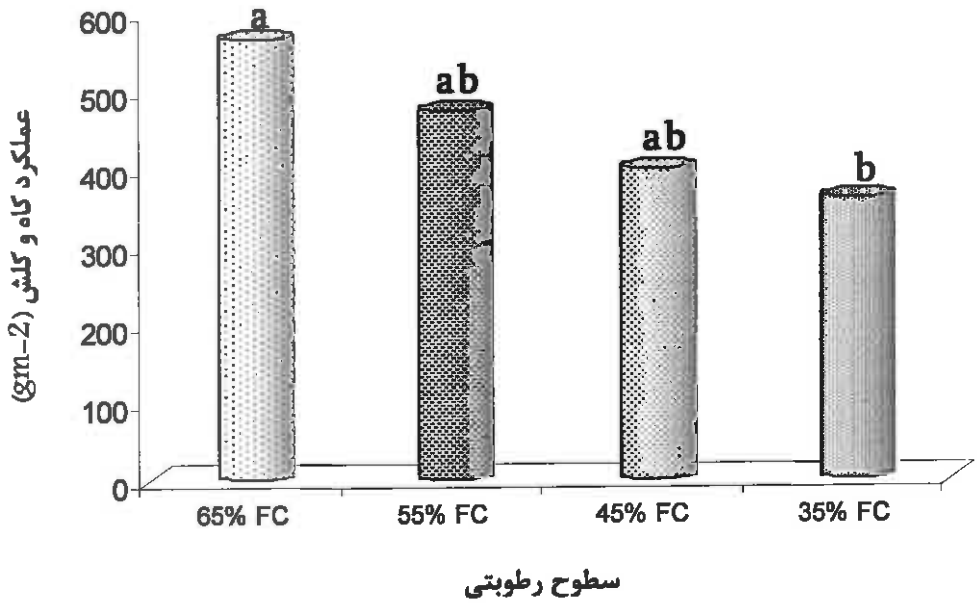
۵-۱۴- تأثیر تنش خشکی بر عملکرد کاه و کلش

تجزیه واریانس برای عملکرد کاه و کلش (جدول ۷- ۲) نشان داد که سطوح مختلف رطوبت، بر عملکرد کاه و کلش تأثیر معنی داری داشت. نتایج مقایسات میانگین ها مشخص کرد بیشترین مقدار این صفت مربوط به تیمار بدون تنش (حدود ۵۶۵/۶۵ گرم بر متر مربع) بود و در سطح رطوبتی ۳۵ درصد ظرفیت زراعی خاک با ۳۶ درصد کاهش به حدود ۳۶۱/۲۵ گرم در متر مربع رسید (شکل ۵- ۱۵).

دانشمند (۱۳۸۲) در بررسی خود به این نتیجه دست یافت که هیچ اختلاف معنی داری بین سطوح آبیاری از نظر عملکرد کاه و کلش وجود نداشت و معتقد بود که بارندگی مناسب و در نتیجه فراهم آوری مجدد آب در فصل بهار که مقارن با زمان گلدهی ارقام بود، مانع از ریزش اندام های زایشی (گل ها) و عقیم شدن تعداد زیادی از آنها گردید و در نهایت کاهش اندکی در تعداد غلاف در بوته (۹ درصد) مشاهده شد. مطالعات دیپاک و واتال (۱۹۹۵) در بررسی اثر رژیم های مختلف رطوبتی خاک در مرحله گلدهی بر فاکتورهای متابولیکی مرتبط با پتانسیل عملکرد کلزا نشان داد تنش رطوبتی (خشکی) بطور معنی دار عملکرد دانه و عملکرد کاه و کلش را کاهش داد. آنها بیان داشتند که کاهش رشد، موجب کاهش معنی دار عملکرد کاه و کلش گردید. برادران (۱۳۸۵) نیز در بررسی تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات مرفولوژیک، فیزیولوژیک و عملکرد ارقام پاییزه کلزا مشاهده نمود که تنش خشکی اعمال شده از مرحله بعد از ساقه دهی، بعد از گلدهی و بعد از پرشدن دانه، موجب کاهش معنی دار عملکرد کاه و کلش درسطح احتمال ۵٪ گردید. قبادی و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیق خود[1] روی تأثیر دوره های کوتاه مدت و بلند مدت تنش کم آبی طی مراحل رشد کلزا به این نتیجه رسیدند که عملکرد کاه و کلش تحت شرایط تنش شدید و متوسط در مقایسه با شاهد، به ترتیب ۳۱/۲ و ۲۰/۷ درصد کاهش نشان داد.

---

۱. منظور قبادی و همکاران از سطوح تیمار شاهد، تنش متوسط و شدید در این پژوهش، به ترتیب ۳۵، ۵۰ و ۷۵ درصد تخلیه آب قابل استفاده از خاک بوده است.



شکل ۵- ۱۵- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر عملکرد کاه و کلش گیاه کلزا

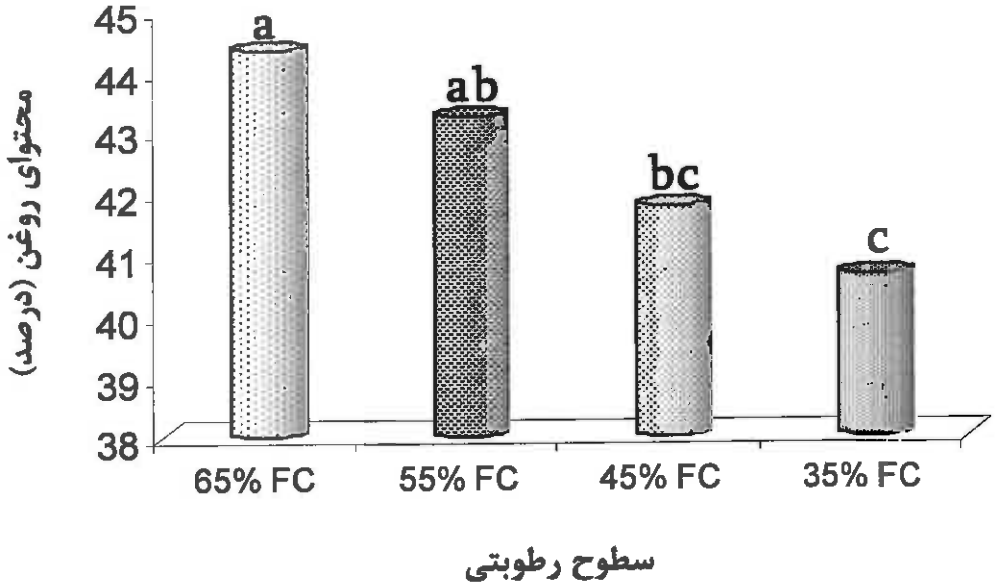
۵-۱۵- تأثیر خشکی بر درصد روغن دانه

در موقع جوانه زنی بذر، روغن منبع اصلی انرژی و کربن به شمار می آید. سنتز لیپید های ذخیره ای در دانه انجام می گیرد. همچنین طی دوره رشد دانه، تجمع روغن از یک منحنی سیگموئیدی تبعیت می نماید (عزیزی و همکاران، ۱۳۷۸). مقدار روغن در دانه کلزا در زمان رسیدگی فیزیولوژیک به سطح ثابتی می رسد و تا زمان رسیدگی دانه نوسان اندکی دارد. در هنگام رسیدگی حدود ۸۰ درصد روغن در سلول های لپه متمرکز است. مقدار روغن هیپوکوتیل و ریشه چه اندک بوده، پوسته بذر فقط ۱۲- ۷ درصد روغن دانه را شامل می شود (فاولر و داونی، ۱۹۷۰). در بررسی حاضر، نتایج تجزیه واریانس درصد روغن (جدول ۷-۳)، حکایت از وجود اختلاف معنی دار بین تیمارهای آبیاری از نظر درصد روغن دانه (در سطح احتمال ۱ درصد) داشت. با افزایش تنش خشکی، درصد روغن کاهش یافت. بطوری که بیشترین مقدار روغن دانه در تیمار بدون تنش (شاهد یا رطوبت ۶۵٪ ظرفیت مزرعه) به میزان ۴۴/۳۱ درصد و کمترین مقدار آن در تیمار تنش شدید (آبیاری در رطوبت ۳۵٪ ظرفیت مزرعه) به میزان ۴۰/۶۶ درصد مشاهده شد (شکل ۵- ۱۶).

آزمایش دهشیری (۱۳۷۷) نشان داد تیمار آبیاری بر عملکرد روغن دانه و عملکرد دانه اثر معنی دار داشت ولی تأثیر آن بر درصد روغن دانه غیر معنی دار بود. برادران (۱۳۸۵) نیز به نتیجه مشابهی دست یافت. او بیان کرد اعمال تنش خشکی بصورت قطع آبیاری از مرحله ساقه دهی به بعد، گلدهی به بعد و پرشدن دانه به بعد، سبب کاهش درصد روغن دانه گردید. دانشمند وهمکاران (۲۰۰۵) اظهار داشتند تنش موجب کاهش عملکرد روغن شد که البته این کاهش معنی دار نبود. رائو و مندهام (۱۹۹۱) گزارش کردند آبیاری تکمیلی گیاه کلزا، موجب افزایش مقدار روغن از ۴۷/۴ درصد به ۵۱ درصد گردید. قبادی و همکاران (۲۰۰۵) نیز معتقد بودند تأمین آب کافی در طول دوره گلدهی تا پرشدن غلاف کلزا، جهت حصول عملکرد بالای روغن، ضروری است. درصد روغن ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه حدود ۲۹ تا ۳۰ درصد عنوان شده است. بنابر این تنش خشکی از مهم ترین عوامل کاهش

درصد روغن در گیاه می باشد (نیلسن، ۱۹۹۷). کوزاکی و همکاران (۲۰۰۲) نیز در مطالعات خود به این نکته اشاره کردند که علت اکسیده شدن سریع روغن کلزا، وجود درصد بالای اسید چرب غیر اشباع بود که همزمان با افزایش تنش خشکی، این درصد افزایش یافت. تریبوی و رینارد (۱۹۹۹) در آزمایشی به منظور بررسی اثر تنش خشکی در مراحل رشدی مختلف کلزا مشاهده کردند که درصد روغن دانه کاهش محسوسی را در واکنش به تنش خشکی اعمال شده از مرحله گرده افشانی تا بلوغ فیزیولوژیک نشان داد. لیلاه و الخطیب (۲۰۰۳) نیز افزایش درصد روغن را در شرایط آبیاری مناسب در شرایط عربستان گزارش کردند. فرود و مندل (۱۹۹۳) بیان کردند که تنش خشکی در اوایل مرحله تشکیل غلاف و پرشدن دانه، موجب کاهش میزان روغن دانه گردید.

آلیاری و همکاران (۱۳۷۹) اظهار داشتند تنش خشکی همانند درجه حرارت بالا، درصد روغن دانه را کاهش داد. آنها دلیل این مسئله را اینگونه بیان نمودند که بر اثر تنش خشکی، مقدار فتوسنتز خالص کاهش می یابد و دلیل این امر کاهش ورود CO_2 بواسطه بسته شدن روزنه ها و تأثیر مستقیم خشکی بر سیستم فتوسنتزی است و در این شرایط از میزان هیدرات های کربن (قندها) کاسته می گردد. از طرفی بدلیل اینکه در شرایط تنش خشکی رسیدگی گیاه تسریع می شود، فرصت کافی جهت سنتز قندهای ذخیره شده دانه وجود نخواهد داشت و بنابر این در این شرایط، درصد روغن دانه کاهش خواهد یافت.



شکل ۵- ۱۶- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر درصد روغن دانه گیاه کلزا

۵-۱۶- تأثیر تنش خشکی بر محتوای پروتئین دانه

در مراحل اولیه نمو دانه، نیتروژن به سرعت تجمع می یابد. همزمان با شروع رشد سریع جنین در جهت جایگزین کردن آندوسپرم و پر کردن پوسته دانه، ذخیره سازی پروتئین نیز آغاز می شود (فینلیسن و کریست، ۱۹۷۱). ثابت شده است که شروع تجمع پروتئین در دانه با گسترش سریع سلولی و افزایش سریع وزن جنین همزمانی دارد (کروچ و ساسکس، ۱۹۸۱).

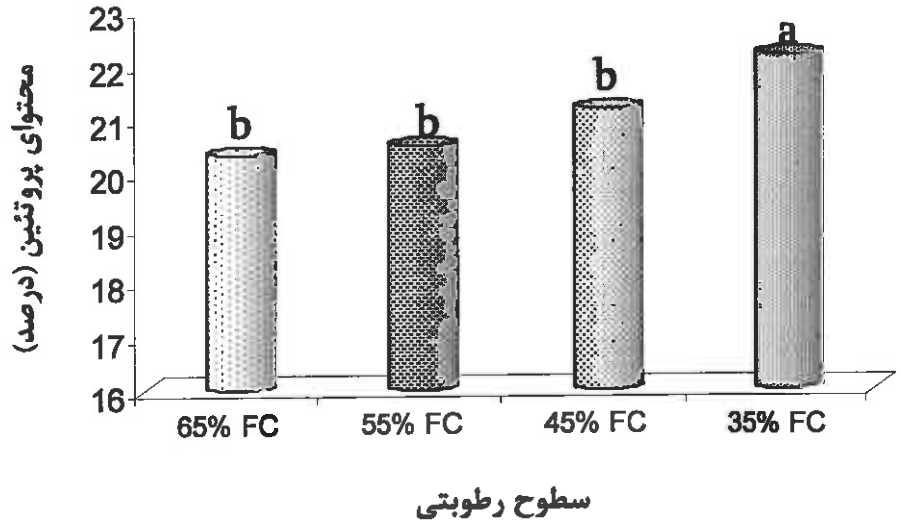
در این بررسی، نتایج تجزیه واریانس روی درصد پروتئین دانه (جدول ۷- ۳) مشخص کرد که اعمال تنش خشکی ، منجر به حصول مقادیر متفاوتی از درصد پروتئین دانه گردید. چنانکه در جدول ۱۵-۵ نیز مشهود است، بیشترین مقدار این صفت با ۹ درصد افزایش، در شرایط تنش شدید (آبیاری در رطوبت ۳۵٪ ظرفیت مزرعه) وجود داشت. تفاوت شاهد با تنش خفیف و متوسط از نظر آماری معنی دار بدست نیامد (شکل ۵- ۱۷).

تریبوی و رینارد (۱۹۹۹) در مطالعات خود اشاره کردند که رابطه معکوس میان میزان روغن و پروتئین دانه بهنگام تنش خشکی وجود داشت. آلیاری و همکاران (۱۳۷۹) نیز اظهار کردند تنش خشکی همانند دمای بالا، درصد پروتئین دانه را افزایش داد. قبادی و همکاران (۲۰۰۶) نیز تأثیر معنی دار تنش کم آبی بر محتوای پروتئین دانه را گزارش کردند. آنها اشاره کردند که تأثیر تنش کم آبی بر عملکرد روغن و پروتئین بسیار مهم تر از غلظت آنها بود. به طوری که عملکرد پروتئین با وجود افزایش غلظت پروتئین، کاهش یافت.

هنری و مک دونالد (۱۹۷۸) دریافتند که خشکی شدید در گیاهان دانه روغنی، محتوای پروتئین دانه را افزایش داد. بررسی ها نشان داده است که تنش خشکی سبب افزایش محتوای پروتئین گیاهان دانه روغنی می شود. اگرچه شرایط تنش خشکی موجب کاهش اندک سنتز پروتئین در برگ ها می گردد، در مقابل شروع سنتز آن به محض جذب مجدد آب قابل مشاهده است. کمبود آب اعمال شده در مرحله گلدهی یا مراحل ابتدایی رشد رویشی، بطور معنی دار، درصد پروتئین دانه را افزایش داد (پالمو و

همکاران، ۱۹۹۹). جنوبی و دانشیان (۱۳۸۵) نیز گزارش کردند از نظر درصد پروتئین دانه سویا، اختلاف معنی داری (۱٪) برای سطوح تنش وجود دارد. طی آزمایش آنها بیشترین مقدار پروتئین از آبیاری کامل بدست آمد و تنش در مرحله گلدهی نیز کمترین درصد پروتئین دانه را موجب شد. فرود و مندل (۱۹۹۳) نیز بر این عقیده بودند که آبیاری در زمان تشکیل غلاف ها و پرشدن دانه، میزان پروتئین دانه را افزایش داد.

پژوهش هایی نیز وجود دارد مبنی بر اینکه تنش خشکی تأثیری بر محتوای پروتئین دانه ندارد. البته ارقام مختلف تفاوت معنی دار از این جهت با هم داشتند. همچنین رابطه معنی دار و منفی بین محتوای پروتئین و روغن مشاهده شده است (قبادی و همکاران، ۲۰۰۵).



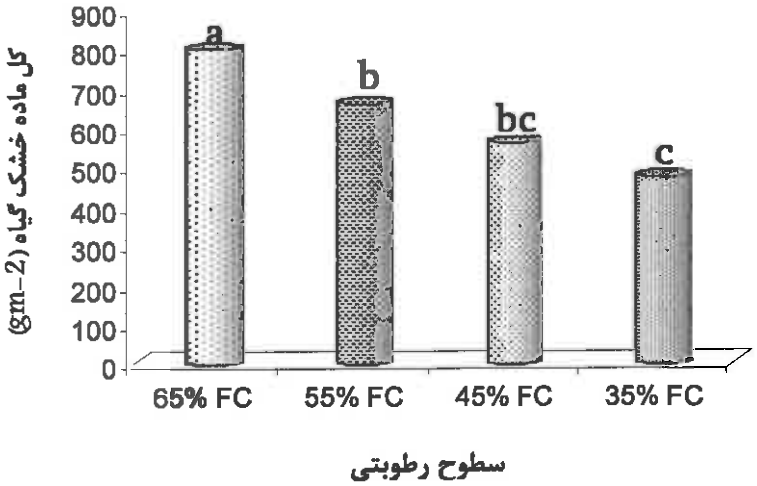
شکل ۵- ۱۷- تأثیر سطوح مختلف رطوبتی بر درصد پروتئین دانه در گیاه کلزا

۵-۱۷- تأثیر تنش خشکی بر کل ماده خشک (TDM)[1]

نتایج بررسی حاضر نشان داد که تنش کم آبی تأثیر قابل ملاحظه ای بر تجمع ماده خشک گیاه کلزا داشت. مقایسات میانگین های این شاخص در مراحل انتهایی رشد نشان داد که بیشترین مقدار آن در تیمار شاهد یا بدون تنش (آبیاری در رطوبت ۶۵ درصد ظرفیت مزرعه) و کمترین مقدار آن در تیمار تنش شدید (آبیاری در رطوبت ۳۵ درصد ظرفیت مزرعه) بدست آمد. اعمال تنش خفیف، متوسط و شدید خشکی به ترتیب موجب کاهش ۱۸، ۳۰ و ۴۱ درصدی در ماده خشک کل گردید (شکل ۵- ۱۸).

میزان تجمع ماده خشک کل گیاه می تواند تحت تأثیر عوامل محیطی از جمله کمبود آب و خشکی قرار گیرد. بعلت کاهش میزان آب، تولید مواد فتوسنتزی، کم شده و در نتیجه وزن خشک اندام های گیاهی کاهش یافت. با افزایش میزان آب حداکثر تولید ماده خشک بیشتر شده و در زمان دیرتر حاصل شد (ناخدا، ۱۳۷۵؛ دهشیری، ۱۳۷۷؛ پازوکی، ۱۳۷۹). همچنین پازوکی (۱۳۷۹) بیان کرد که دلیل کاهش میزان تجمع ماده خشک در شرایط کم آبی، محدود شدن میزان توسعه سطح برگ بود که با تجمع ماده خشک و عملکرد گیاه زراعی در ارتباط بود. کومار و الستون (۱۹۹۳) به این نتیجه رسیدند که در کلزا هدایت روزنه ای به طور نزدیکی با RWC و فشار تورگر (آماس) در شرایط تنش خشکی در ارتباط بود. بنابر این کاهش RWC در شرایط کمبود آب، منجر به کاهش هدایت روزنه ای و ورود CO_2 و در نهایت موجب کاهش فتوسنتز گردید. همچنین ناخدا (۱۳۷۵) معتقد بود کاهش میزان فتوسنتز خالص در شرایط تنش خشکی، نشان دهنده کاهش مقدار تولید ماده خشک در واحد سطح برگ و در نتیجه، کاهش عملکرد بود. او دلیل کاهش تولید ماده خشک در اثر تنش خشکی را کاهش کارایی سطح برگ، گزارش کرد.

1.Total Dry Matter

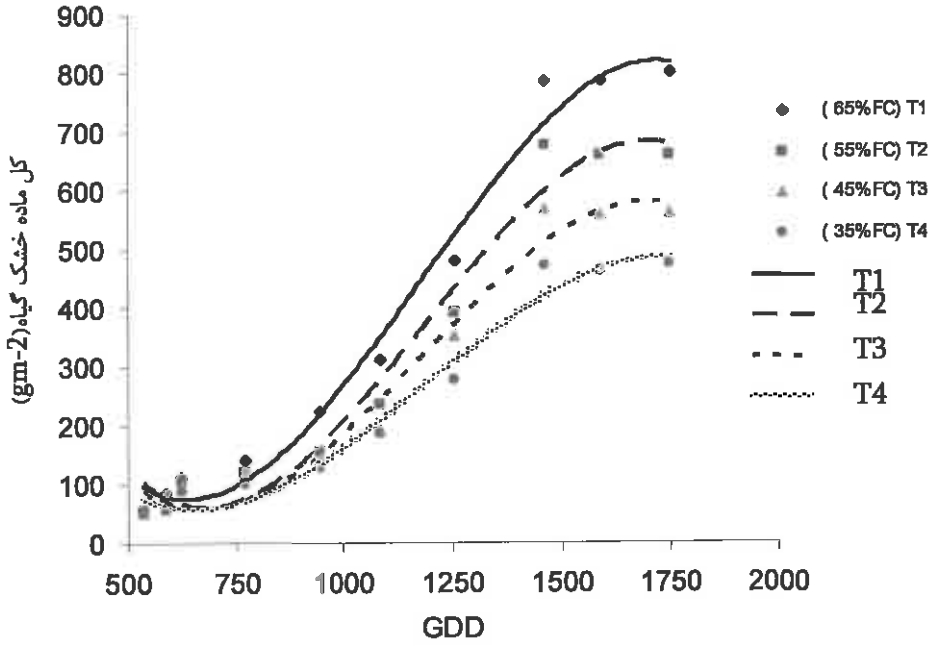


شکل ۵-۱۸- تأثیر سطوح مختلف رطوبتی بر کل ماده خشک در گیاه کلزا

۵-۱۸- تأثیر پذیری روند تجمع ماده خشک از سطوح مختلف خشکی

عامل اصلی جهت دستیابی به عملکرد بالا، تولید ماده خشک زیاد در واحد سطح است (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۶). مدل های رشد که معمولا بر اساس میزان تجمع ماده خشک در مراحل مختلف نمو بدست می آیند، نمایش دهنده نقش عوامل ژنتیکی، مدیریت و یا اثرات متقابل این عوامل هستند. از این رو شناخت نحوه تجمع ماده خشک طی فصل رشد در طرح ریزی و برآورد برنامه های زراعی اهمیت دارد (مجد نصیری، ۱۳۸۱). تغییرات وزن خشک، علاوه بر اینکه جزء لازم و ضروری برای بررسی شاخص های رشد است (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۶).

روند تغییرات تجمع ماده خشک در شکل ۵-۱۹ آورده شده است. به طور کلی در مراحل انتهایی، نسبت به مراحل ابتدایی تفاوت بین سطوح تنش برای این صفت چشمگیرتر بود. تجزیه واریانس داده های ماده خشک در هر نمونه برداری نشان داد که به جز مرحله اول و سوم، در سایر مراحل نمونه برداری تفاوت موجود بین سطوح آبیاری از لحاظ آماری معنی دار بود (جداول ۷-۴ و ۷-۵).



شکل ۵ - ۱۹ - تأثیر سطوح مختلف رطوبتی بر تجمع ماده خشک (TDM) در گیاه کلزا

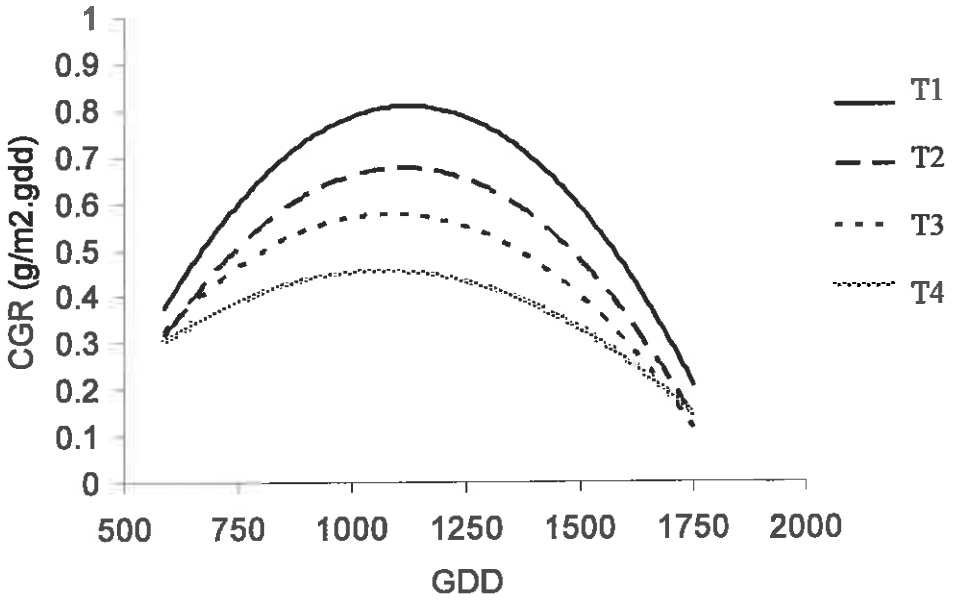
۵-۱۹- تأثیر تنش خشکی بر سرعت رشد گیاه (CGR)[1]

با معناترین واژه تجزیه و تحلیل رشد در جوامع گیاهی، سرعت رشد گیاه است که نمایانگر میزان تجمع ماده خشک در گیاهان در یک واحد زمانی مشخص در واحد سطح می باشد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۷). بطوریکه در شکل (۵-۲۰) نشان داده شده است، مقدار سرعت رشد گیاه (CGR) با افزایش GDD افزایش یافته و به حداکثر مقدار خود می رسد و سپس کاهش می یابد. شایان ذکر است که بیشترین مقدار CGR در سطوح مختلف تیمار متفاوت است. با کاهش مقدار رطوبت خاک از ۶۵ درصد ظرفیت مزرعه به ۳۵ درصد ظرفیت مزرعه، این شاخص نیز به ترتیب به میزان ۱۸، ۲۷/۵ و ۳۸/۹ کاهش یافت. بیشترین مقدار CGR در تیمار بدون تنش (شاهد) و کمترین مقدار آن نیز در تیمار تنش شدید (رطوبت ۳۵ درصد ظرفیت مزرعه) مشاهده شد (شکل ۵-۲۰).

شرما (۱۹۹۲) به این نتیجه رسید که تنش خشکی سبب کاهش پتانسیل آب برگ و نیز پتانسیل اسمزی در کلزا و خردل هندی شد. در نهایت این مسئله منجر به کاهش رشد گردید. رایت و همکاران (۱۹۹۵) مشاهده کردند که در شرایط خشکی، سرعت رشد محصول و دوام سطح برگ در کلزا و خردل هندی کاهش یافت. رفیعی و همکاران (۱۳۸۳) نیز در بررسی تنش خشکی در آفتابگردان بیان کردند از نظر سرعت رشد محصول (CGR) اختلاف معنی داری در بین تیمارهای آبیاری مشاهده نشد. همچنین رایت و همکاران (۱۹۹۶) اظهار داشتند سرعت رشد محصول با کاهش پتانسیل آب برگ در شرایط کم آبی کاهش یافت که دلیل آن، افزایش سرعت تنفس همراه با افزایش دمای گیاه و کاهش فتوسنتز بود. از طرف دیگر، سطح برگ عامل مهمی در جذب کربن بود و از این رو، تغییر در سطح برگ در شرایط کم آبی موجب تغییراتی در سرعت رشد محصول گردید.

---

1. Crop Growth Rate

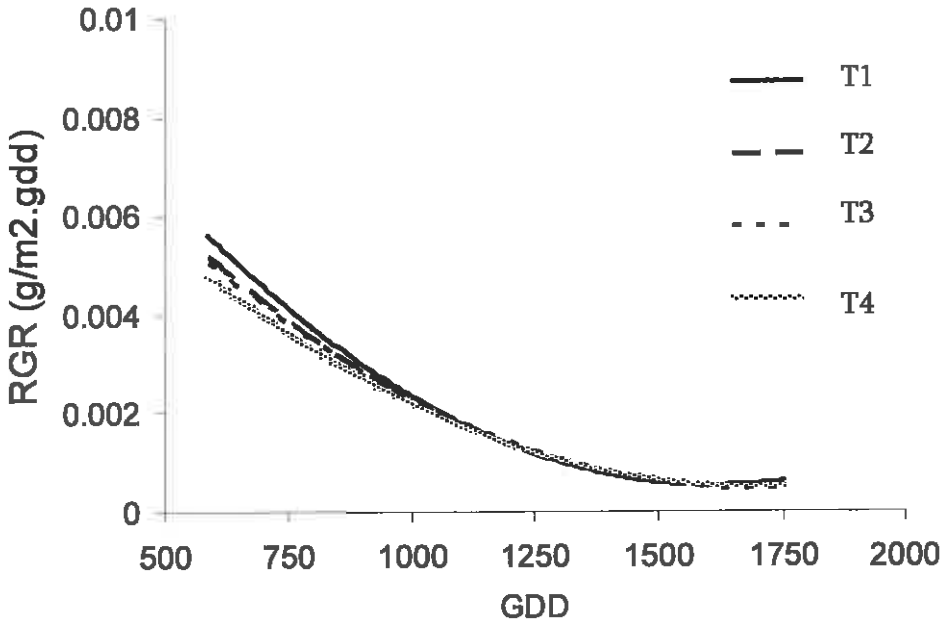


شکل ۵- ۲۰- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر سرعت رشد محصول (CGR) در گیاه کلزا

۵-۲۰- تأثیر تنش خشکی بر سرعت رشد نسبی (RGR)[1]

سرعت رشد نسبی (RGR)، رشد را بر حسب سرعت افزایش اندازه در واحد زمان بیان می کنـد. در مقایسه با سرعت رشد مطلق، این کمیت امکان مقایسه ها را به شکل بهتری فراهم مـی آورد. در RGR معمولاً به کل وزن خشک توجه می شود (کریمی و عزیزی، ۱۳۷۶).

در این بررسی، سرعت رشد نسبی، با گذشت زمان و افزایش GDD، کـاهش یافـت. از نظـر RGR تفاوت اندکی بین سطوح آبیاری مشاهده گردید (شکل ۵- ۲۱).



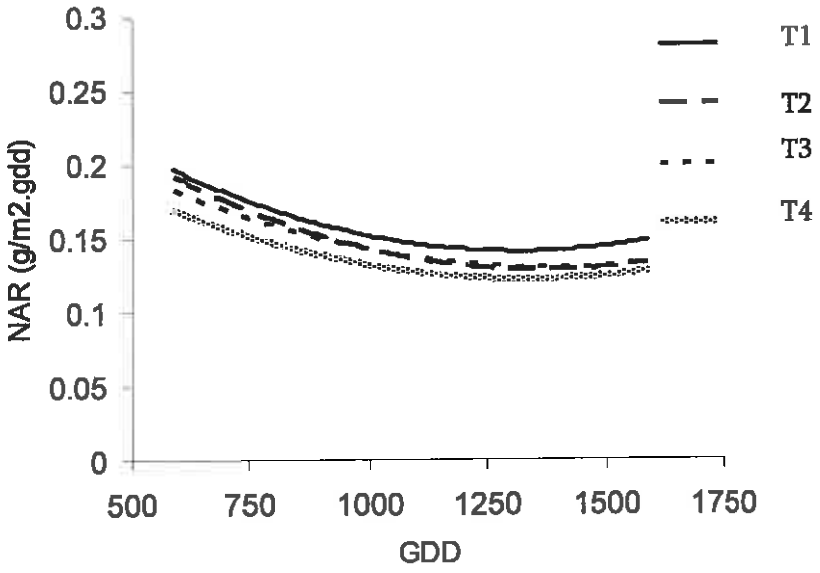
شکل ۵- ۲۱- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر سرعت رشد نسبی (RGR) در گیاه کلزا

1. Relative Growth Rate

۵-۲۱- تأثیر تنش خشکی بر سرعت اسیمیلاسیون خالص (NAR)[1]

میزان فتوسنتز خالص از طریق مقدار تولید ماده خشک گیاه تحت عنوان تجزیه کمی رشد مورد بررسی قرار می گیرد (کریمی، ۱۳۷۲). NAR معیاری از مدل کارایی فتوسنتزی برگ ها در یک جامعه گیاهی می باشد. زمانی که گیاهان کوچک باشند و اغلب برگ ها در معرض نور مستقیم خورشید قرار گیرند، NAR در بالاترین سطح خود قرار می گیرد. همزمان با رشد گیاه و افزایش LAI، برگ های بیشتری در سایه قرار می گیرند و این امر باعث کاهش NAR در طول فصل رویش می گردد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۷).

نتایج این پژوهش نشان داد تنش خشکی موجب کاهش سرعت اسیمیلاسیون خالص به ترتیب به میزان ۶، ۷ و ۱۳ درصد در تیمارهای دوم، سوم و چهارم گیاه شد که البته این کاهش بین سطوح تیمار دوم و سوم (رطوبت ۵۵ درصد و ۴۵ درصد ظرفیت مزرعه) چشمگیر نبود (شکل ۵- ۲۲).



شکل ۵- ۲۲- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر سرعت اسیمیلاسیون خالص (NAR) در گیاه کلزا

1. Net Assimilation Rate

۵-۲۲- تأثیر تنش خشکی بر شاخص سطح برگ (LAI) [1]

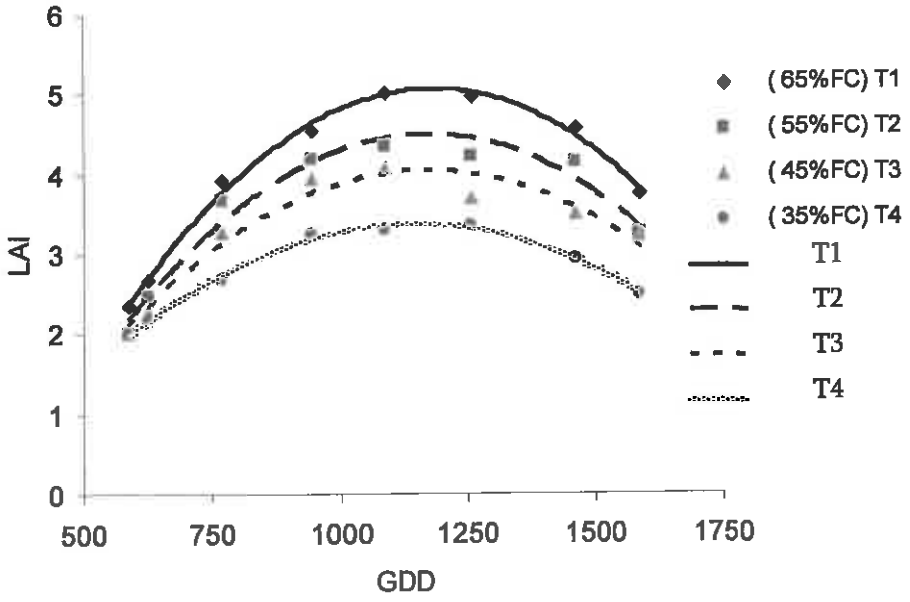
برگ نقش مهمی در تعیین عملکرد کلزا ایفا می نماید (عزیزی و همکاران، ۱۳۷۸). شاخص سطح برگ (LAI) بیان کننده سطح برگ (فقط یک طرف) به سطح زمین اشغال شده توسط محصول است. LAI و پراکنش فصلی آن به طور قابل ملاحظه در رابطه با گونه ها تغییر می نماید (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۷).

در پژوهش حاضر، مقدار LAI با افزایش GDD و پیشرفت فصل رشد، افزایش یافته و به حداکثر مقدار خود رسید و سپس روند کاهشی در پیش گرفت. در تمام تیمارها، در GDD حدود ۱۰۸۳ بیشترین مقدار LAI مشاهده شد. همچنین اعمال تنش خشکی موجب کاهش LAI گردید. به طوریکه بیشترین مقدار آن در تیمار بدون تنش و کمترین آن در تیمار تنش شدید (رطوبت ۳۵ درصد ظرفیت مزرعه) مشاهده شد (شکل ۵- ۲۳).

کوچکی و بنایان (۱۳۷۲) اظهار داشتند تنش شدید موجب کاهش سطح برگ شد. رفیعی و همکاران (۱۳۸۳) در بررسی اثرات تنش خشکی روی شاخص های رشد و برخی از صفات فیزیولوژیکی ارقام مختلف آفتابگردان روغنی بیان کردند بیشترین شاخص سطح برگ در مرحله پر شدن دانه در هر دو تیمار شاهد و تنش خشکی به دست آمد. در پژوهشی دیگر تنش خشکی ایجاد شده در مرحله رشد رویشی کلزا، سطح برگ را کاهش داد. ولی هنگامی که آب در پایان فصل رشد مهیا گردید، گیاهان سطح برگ بیشتری تولید کردند. خشکی در طی مرحله پرشدن دانه نسبت به وقوع تنش در طی سایر مراحل رشدی، منجر به کاهش سریع تر سطح برگ گردید. خشکی طی مراحل رشد زایشی در کلزا بیشترین اثر محدود کننده بر سطح برگ را داشت (نیلسن و جانیک، ۱۹۹۶). کاهش رشد و نمو برگ ها و پیری زودرس آنها در شرایط تنش خشکی در نهایت منجر به کاهش سطح برگ گیاه و کاهش تولید ماده خشک گردید (ناخدا، ۱۳۷۵). نیلسن (۱۹۹۷) معتقد بود تنش کم آبی طی مراحل رشد زایشی، بیشترین محدود کننده سطح برگ، با ماکزیمم توسعه سطح برگ ۶۴ تا ۶۸ درصد سطح برگ در حالت بدون تنش، تا مرحله پرشدن دانه بود. فرخی و همکاران

1. Leaf Area Index

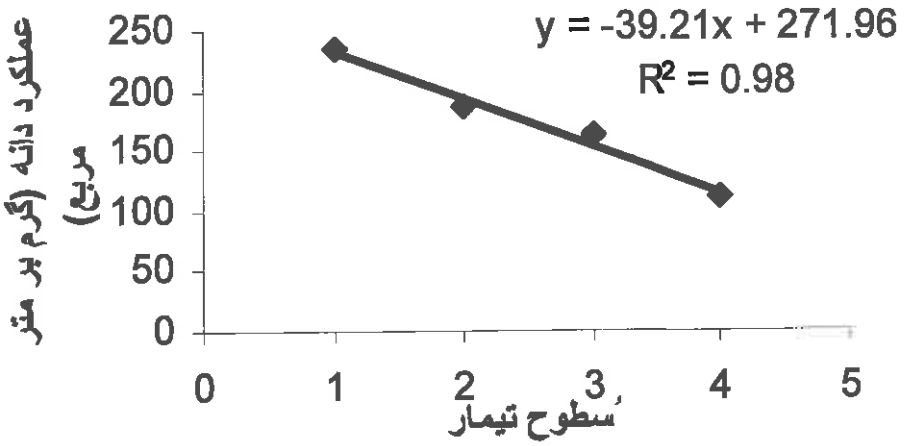
(۱۳۸۳) و کلارک و سیمپسون (۱۹۷۸) نیز کاهش معنی دار سطح برگ درنتیجه افزایش تنش خشکی را مشاهده و گزارش کردند.



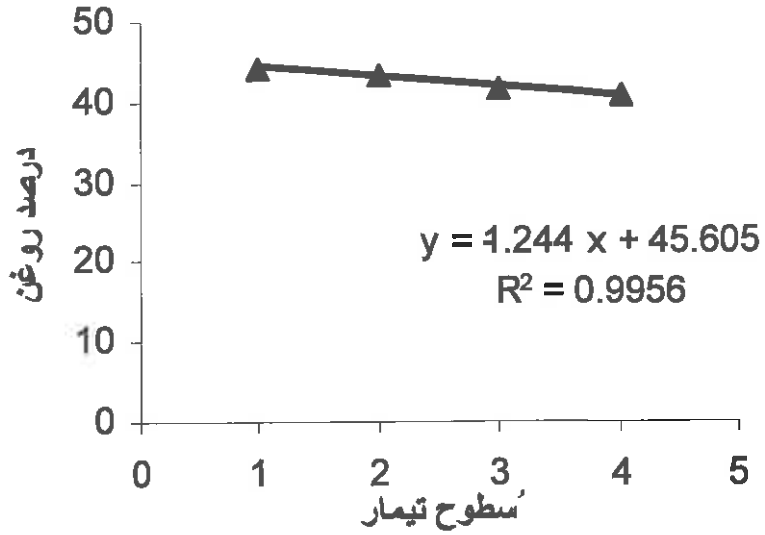
شکل ۵-۲۳- تأثیر سطوح مختلف رطوبت بر شاخص سطح برگ (LAI) در گیاه کلزا

۵-۲۳- تعیین میزان تأثیر پذیری از خشکی با توجه به شیب تغییرات صفت تحت تـأثیر تنش

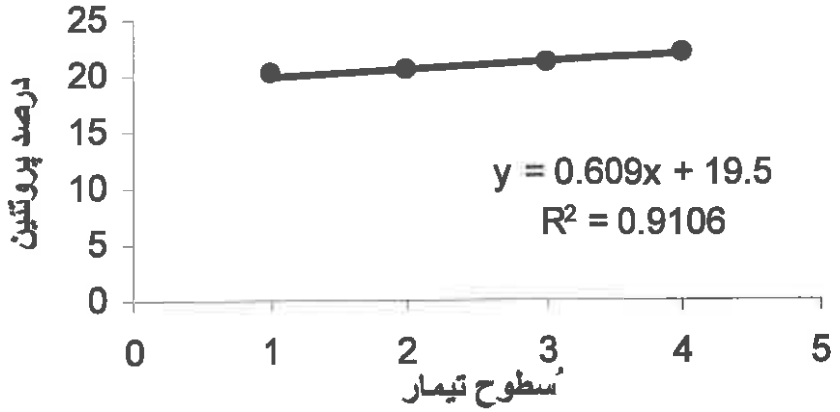
رابطه عملکرد دانه، درصد روغن و درصد پروتئین دانه با سطوح تیمار مـورد بررسـی بـه ترتیـب در شکل‌های ۵-۲۴، ۵-۲۵ و ۵-۲۶ آورده شده است. شیب‌های معادله برای این صفات به ترتیب ۳۹/۲۱- ، ۱/۲۴۴- و ۰/۶۰۹بود. برای فراهم شدن امکان مقایسه این صفات از نظر تأثیر پذیری از تنش خشکی، اقدام به برآورد معادله خط برای درصد تغییرات این صفات گردید (شـکل‌هـا ارایـه نـشده). شـیب‌هـای بدست آمده برای درصد تغییرات عملکرد دانه، روغن و پروتئین دانه، به ترتیب برابر بـا ۱۶/۶۸-، ۲/۸۰- و ۲/۹۹ درصد بر سطح تیمار بود. با در نظر گرفتن قدر مطلق این مقادیر مشخص می‌شـود کـه از نظـر مقدار تأثیر پذیری، ترتیب این صفات به صورت عملکرد دانه>پروتئین دانه>روغن دانه می‌باشد.



شکل ۵-۲۴- رابطه عملکرد دانه با سطوح تیمار (سطح ۱: آبیاری در ۶۵٪ ظرفیت مزرعه؛ سطح ۲: آبیاری در ۵۵٪ ظرفیت مزرعه؛ سطح ۳: آبیاری در ۴۵٪ ظرفیت مزرعه؛ سطح ۴: آبیاری در ۳۵٪ ظرفیت مزرعه)



شکل ۵-۲۵- رابطه درصد روغن دانه با سطوح تیمار (سطح ۱: آبیاری در ۶۵٪ ظرفیت مزرعه؛ سطح ۲: آبیاری در ۵۵٪ ظرفیت مزرعه؛ سطح ۳: آبیاری در ۴۵٪ ظرفیت مزرعه؛ سطح ۴: آبیاری در ۳۵٪ ظرفیت مزرعه)



شکل۵-۲۶- رابطه درصد پروتئین دانه با سطوح تیمار (سطح ۱: آبیاری در ۶۵٪ ظرفیت مزرعه؛ سطح ۲: آبیاری در ۵۵٪ ظرفیت مزرعه؛ سطح ۳: آبیاری در ۴۵٪ ظرفیت مزرعه؛ سطح ۴: آبیاری در ۳۵٪ ظرفیت مزرعه)

۵-۲۴- نتیجه گیری کلی

در مراحل مختلف نموی، و یا به بیان بهتر، در شرایط مختلف دمایی و تقاضای اتمسفری برای تبخیر و تعرق، دور آبیاری متفاوتی بدست آمد. در تیمار شاهد (آبیاری در ۶۵٪ ظرفیت مزرعه) دورهای آبیاری ۷ تا ۹ روز حاصل شد. این امر نشان می دهد که در دوره های گرمتر، دور آبیاری ۷ روز و در دوره های خنک، دور آبیاری ۹ روز می تواند شرایط انجام آبیاری در ۶۵٪ ظرفیت مزرعه را فراهم نماید. برای سطح ۵۵٪ ظرفیت مزرعه، دورهای ۸ تا ۱۱ روز، برای سطح ۴۵٪ ظرفیت مزرعه دورهای ۱۱ تا ۱۲ روز و برای ۳۵٪ ظرفیت مزرعه دورهای ۱۳ تا ۱۵ روز حاصل گردید. با در نظر گرفتن مقدار عملکرد و محتوای درصد روغن دانه، به نظر می رسد دورهای آبیاری ۸ تا ۱۱ روز (آبیاری در رطوبت۵۵٪ ظرفیت مزرعه) می تواند مطلوب باشد. اگر چه بیشترین درصد پروتئین برای تنش شدید بدست آمد، ولی از نظر مقدار هکتاری پروتئین، این سطح تنش کمترین مقدار را به خود اختصاص داد (به لحاظ اینکه از حاصلضرب عملکرد و درصد پروتئین، مقادیر، به راحتی قابل برآورد است، نتایج ارایه نگردید).

شیب (ضریب زاویه)های معادله برای درصد تغییرات عملکرد دانه، روغن دانه و پروتئین دانه به ترتیب برابر با ۱۶/۶۸- ۲/۸۰- و ۲/۹۹ درصد بر سطح تیمار بود. با در نظر گرفتن قدر مطلق این مقادیر مشخص شد که از نظر میزان تأثیر پذیری از تنش خشکی، ترتیب این صفات به صورت عملکرد دانه>پروتئین دانه>روغن دانه می‌باشد.

از میان اجزای عملکرد، وزن هزار دانه، تحت تأثیر تنش خشکی قرار نگرفت (ضریب زاویه معادله برای این صفت نیز از نظر آماری برابر با صفر بدست آمد) . این در حالی است که بر اساس شیب معادلات برای درصد تغییرات اجزای عملکرد دانه، بیشترین تأثیر پذیری از تنش خشکی مربوط به تعداد دانه در بوته و پس از آن، مربوط به تعداد غلاف در بوته بود.

منابع

۱. آلیاری، ه. ، ف. شکاری و ف. شکاری. ۱۳۷۹. دانه های روغنی (زراعت و فیزیولوژی). انتشارات عمیدی. تبریز. ۱۸۲ص.

۲. احمدی، م. ر. و ف. جاوید فر. ۱۳۷۷. تغذیه گیاه روغنی کلزا. (ترجمه). انتشارات شرکت سهامی خاص توسعه کشت دانه های روغنی. ۱۹۴ ص.

۳. احمدی، م. ر. و ف. جاوید فر. ۱۳۷۹. روش های ارزیابی و اصلاح مقاومت به خشکی در گونه های روغنی جنس براسیکا. (ترجمه). نشر آموزش کشاورزی. کرج. ۱۴۱ص.

۴. برادران، ر. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر خشکی روی خصوصیات مرفولوژیک، فیزیولوژیک و عملکرد ارقام پاییزه کلزا. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات. تهران. ۱۸۷ص.

۵. بی نام. ۱۳۷۸. دستورالعمل های تولید کلزا در اقلیم های مختلف کشور. انتشارات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج. ۹ص.

۶. پازوکی، ع. ر. ۱۳۷۹. بررسی و اندازه گیری اثر تنش آب بر ویژگی های فیزیولوژیک و شاخص های مختلف مقاومت به خشکی دو رقم کلزا. رساله دکتری رشته زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات. اهواز. ۲۵۹ ص.

۷. پور فاضل، م. ۱۳۸۴. بررسی اثرات تنش خشکی در مراحل انتهایی رشد بر صفات زراعی و شاخص های رشد ارقام بهاره کلزا. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران. ۱۵۹ص.

۸. جنوبی، پ. و ج. دانشیان. ۱۳۸۵. تأثیر کاربرد فسفر بر خصوصیات رویشی و زراعی سویا در شرایط تنش خشکی. پژوهشنامه کشاورزی: فصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان. جلد ۱:شماره ۱: ۶۴ ص.

۹. حجازی، ا. ۱۳۷۹. زراعت کلزا (کاشت، داشت، برداشت). انتشارات روزنه. تهران. ۱۵۷ص.

۱۰. حسینی آغوزینی، م. م. ۱۳۸۲. اثر سطوح مختلف کود ازت سرک بر شاخص های رشد و صفات زراعی ارقام کلزای پاییزه. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران. ۱۵۰ص.

۱۱. حکمت شعار، ح. ۱۳۷۲. فیزیولوژی گیاهان در شرایط دشوار. انتشارات نیکنام. تبریز. ۴۲۴ ص.

۱۲. خواجه پور، م. ۱۳۸۳. گیاهان صنعتی. جهاد دانشگاهی اصفهان. ۵۷۱ ص.

۱۳. دانشمند، ع. ۱۳۸۲. بررسی اثر تنش خشکی در مرحله رشد زایشی بر صفات زراعی و شاخص های رشد کلزا. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران. ۳۳۰ص.

۱۴. دانشمند، ع.، ا. م. شیرانی راد و م. ر. اردکانی. ۱۳۸۵. ارزیابی تحمل به تنش کم آبی در ژنوتیپ های بهاره کلزا. پژوهشنامه کشاورزی: فصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان. جلد ۱:شماره ۱: ۶۴ ص.

۱۵. دانشیان، ج. ۱۳۷۸. بررسی اکولوژیک اثرات تنش کم آبی در سویا. رساله دکتری رشته زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران. ۲۵۲ص.

۱۶. دانشیان، ج.، ا. مجیدی هروان و پ. جنوبی. ۱۳۸۱. بررسی تأثیر تنش خشکی و مقادیر مختلف پتاسیم بر خصوصیات کمی و کیفی سویا. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی. ص: ۱۰۸-۹۵.

۱۷. داوودی، ع. ۱۳۸۵. بررسی اثر قطع آبیاری در مرحله رشد زایشی بر صفات زراعی و شاخص های رشد ارقام پیشرفته کلزا. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران. ۱۴۳ص.

۱۸. دلخوش، ب.۱۳۸۳. بررسی اثر تنش خشکی بر صفات زراعی و روند رشد ارقام پیشرفته کلزا. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران. ۱۶۴ص.

۱۹. دهشیری، ع. ۱۳۷۷. عکس العمل ارقام کلزا به تنش آب. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت، دانشگاه تربیت مدرس تهران. ۱۱۴ص.

۲۰. دهشیری، ع. ۱۳۷۸. زراعت کلزا. وزارت کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ۵۳ ص.

۲۱. رفیعی، ح.، د. حبیبی، م. مشهدی اکبر بوجاری، ع. محمودی، و م. ر. اردکانی. ۱۳۸۳. بررسی اثرات تنش خشکی روی شاخص های رشد و برخی از صفات فیزیولوژیکی ارقام مختلف آفتابگردان روغنی. ضمیمه خلاصه مقالات هشتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان. ص: ۲۹۰.

۲۲. رودی ، د. ۱۳۸۲. نشریه ترویجی زراعت کلزا. مؤسسه تحقیقات تهیه و اصلاح نهال و بذر کرج. ۲۵ ص.

۲۳. سبحانی، ع. ر. ۱۳۷۹. بررسی جنبه ها فیزیولوژیک تنش کم آبی و تغذیه و پتاسیم در گیاه سیب زمینی. رساله دکتری رشته زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران. ۲۲۵ص.

۲۴. سرمدنیا، غ. و ع. کوچکی. ۱۳۷۶. جنبه های فیزیولوژیک زراعت دیم. (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.۴۲۴ ص.

۲۵. سرمدنیا، غ. و ع. کوچکی. ۱۳۷۷. فیزیولوژی گیاهان زراعی. (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۶۷ص.

۲۶. شکاری، ف. ۱۳۸۰. بررسی تنش خشکی روی فنولوژی، روابط آبی، رشد، عملکرد و کیفیت محصول کلزا. رساله دکتری رشته زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز. ۱۸۰ص.

۲۷. شهیدی، ا. و ک. فروزان. ۱۳۷۵. زراعت کلزای پاییزه. انتشارات شرکت توسعه و کشت دانه های روغنی کرج. ۲۶ ص.

۲۸. شهیدی، ا. و ک. فروزان. ۱۳۷۶. کلزا. شرکت سهامی توسعه دانه های روغنی: ۵۱ ص.

۲۹. شیرانی راد، ا. ح. ۱۳۷۳. بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر روند رشد و صفات زراعی دو رقم کلزا. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت. دانشگاه تربیت مدرس تهران: ۱۶۱ص.

۳۰. شیرانی راد، ا. ح. ۱۳۷۸. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات مؤسسه فرهنگی، هنری دیباگران تهران: ۳۵۸ص.

۳۱. شیرانی راد، ا. ح. ۱۳۷۹. بررسی فیزیولوژی تحمل به تنش خشکی ارقام کلزا: گزارش نهایی. انتشارات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج. ۱۵ص.

۳۲. شیرانی راد، ا. ح. ۱۳۸۰. نتایج تحقیقات به زراعی کلزا. انتشارات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج. ۲۳ص.

۳۳. شیرانی راد، ا. ح. ۱۳۸۳. بررسی تحمل به شدت های مختلف تنش خشکی ارقام کلزا. نتایج تحقیقات به زراعی کلزا. انتشارات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج. ۱۸ص.

۳۴. شیرانی راد، ا. ح. و ع. دهشیری. ۱۳۸۱. راهنمای کلزا (کاشت، داشت، برداشت). نشر آزمون کشاورزی به سفارش معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی. ۱۱۶ص.

۳۵. عاشوری، م. ۱۳۸۰. کشت دوم کلزا. انتشارات افراز. تهران. ۷۰ص.

۳۶. عزیزی، م. ۱۳۷۷. اثر رژیم های مختلف آبیاری و کود پتاسیم بر خصوصیات زراعی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی سویا. رساله دکتری رشته زراعت. دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۷۲ص.

۳۷. عزیزی، م. ، ا. سلطانی و س. خاوری خراسانی. ۱۳۷۸. کلزا. (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد: ۲۳۰ص.

۳۸. علیزاده، ا. ۱۳۷۸. رابطه آب و خاک و گیاه. (ترجمه). انتشارات دانشگاه امام رضا. مشهد.

۳۹. فنایی، ح. ر. و غ. ع. کیخا. ۱۳۸۱. بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کلزا در منطقه سیستان. نتایج تحقیقات کلزا. انتشارات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج. ۹۷ص.

۴۰. فرجی، ا.، س. صادقی و م. اسدی. ۱۳۸۴. بررسی اثر نیتروژن و آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کلزا در گنبد. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. سال دوازدهم. ص: ۷۲-۶۳.

۴۱. فرخی، ا.، س. گالشی، ا. زینلی و ا. عبدل زاده. ۱۳۸۳. بررسی تحمل به خشکی ۱۱ ژنوتیپ سویا(*Glycine max. L.*) در مرحله رشد رویشی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. سال یازدهم. ص:۷۰-۵۹.

۴۲. قالیباف، ک. ۱۳۷۶. بررسی اثر تاریخ کاشت روی رشد، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ارقام کلزا پاییزه در شرایط محیطی تبریز. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز. ۱۶۵ ص.

۴۳. کافی، م.، ا. زند، ح. ر. شریفی، ب. کامکار، م. گلدانی. ۱۳۷۹ الف. فیزیولوژی گیاهی، جلد دوم. (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۷۹ص.

۴۴. کافی، م.، ع. ع. گنجعلی، ا. نظامی و ف. شریعتمدار. ۱۳۷۹ب. آب و هوا و عملکرد گیاهان زراعی. (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۲۸ ص.

۴۵. کافی، م.، ع. ا. مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱. مکانیسم های مقاومت گیاهان به تنش های محیطی. (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد: ۴۶۷ ص.

۴۶. کافی، م.، ب. کامکار و ع. ا. مهدوی دامغانی. ۱۳۸۲. واکنش های گیاهان زراعی به محیط رشد. (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد: ۲۹۷ص.

۴۷. کریمی، م. ۱۳۷۲. تجزیه شاخص های رشد بر اساس واحدهای گرمایی. اولین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج. ۲۴۶ ص.

۴۸. کریمی، م. و م. ر. خواجه پور. ۱۳۶۶. کاربرد آمار درجه حرارت هوا در تصمیم گیری های زراعی. مجموعه مقالات درباره آب و خاک کشاورزی و منابع طبیعی. کتاب یکم.

۴۹. کریمی، م. و م. عزیزی. ۱۳۷۶. تجزیههای رشد گیاهان زراعی. (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد: ۱۱۱ص.

۵۰. کوچکی، ع. و م. بنایان. ۱۳۷۲. مدلسازی در گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۸۸ ص.

۵۱. کوچکی، ع. و م. نصیری محلاتی. ۱۳۷۳. اکولوژی گیاهان زراعی: روابط گیاه و محیط. انتشارات جهاد دانشگاهی فردوسی مشهد. جلد اول. ۲۹۱ ص.

۵۲. لاهوتی، م. و ر. رحیم زاده. ۱۳۶۷. اصول فیزیولوژی گیاهی. انتشارات آستان قدس رضوی. جلد اول. ۵۷۹ ص.

۵۳. لطیفی، ن. ۱۳۷۴. اثرات کمبود رطوبت بر ویژگی های مورفولوژیکی، تولید ماده خشک و شاخص برداشت در مراحل قبل و بعد از گلدهی گیاه کلزا. مجله علوم و صنایع کشاورزی. جلد۲. شماره ۲.ص: ۸۳-۷۱.

۵۴. ماهنامه روغن نباتی. مهر ۱۳۸۳. انتشارات شرکت توسعه دانه های روغنی. ۵۳ ص.

۵۵. مجله آنلاین کشاورزی، اردیبهشت ۱۳۸۵. آدرس اینترنتی:

http://www.alonefarmer.blogfa.com/author-helia182.aspx

۵۶. مجد نصیری، ب. ۱۳۸۱. بررسی امکان تولید گلرنگ در کشت تابستانه و مطالعه الگوی توزیع اجزای عملکرد، خصوصیات فیزیولوژیکی و فنولوژیکی لاین های انتخابی در مقایسه با کشت بهاره. رساله دکتری رشته زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اهواز. ۲۲۱ص.

۵۷. معتمدی ، ب.، ف. جاوید فر. ۱۳۷۹ .کاشت، داشت، برداشت کلزا. دفتر تولید برنامه های ترویجی و انتشارات فنی. ۲۵ص.

۵۸. ناخدا، ب. ۱۳۷۵. بررسی اثرات تنش آبی و برش بر شاخص های رشد و عملکرد کمی و کیفی ارزن علوفه ای نوتریفید. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت. دانشگاه تربیت مدرس تهران. ۱۵۲ص.

۵۹. ناصری، ف. ۱۳۷۵. دانه های روغنی. (ترجمه). انتشارات آستان قدس رضوی: ۸۱۶ص.

۶۰. وبسایت پارس بیولوژی. اسفند ۱۳۸۴. آدرس اینترنتی:

http://www.Parsbiology.com

۶۱. وبسایت سازمان هواشناسی استان سمنان. آدرس اینترنتی:

http://www.cloudysky.ir/main_data/

۶۲. وبلاگ کشاورزی. بهمن ۱۳۸۴ الف. آدرس اینترنتی:

http://device.blogsky.com

۶۳. وبلاگ کشاورزی. بهمن ۱۳۸۴ ب. آدرس اینترنتی:

http://www.iae.blogfa.com.

۶۴. وبلاگ کشاورزی. اردیبهشت ۱۳۸۵. آدرس اینترنتی:

http://www.iae.blogfa.com.

65. Al-Thabet, S. S., A. A. Leilah and I. Al-Hawass. 2003. Response of canola (*Brassica napus L.*) treated with some soil conditioners to drought stress. Final Report. King Faisal Univ. pp:25.

66. Angadi, S. V, B. McConkey, D. Ulrich, H. Cutforth, P. Miller, M. Entz, S. Brandt, and K. Volkmar. 1999. Developing viable cropping options for the semiarid prairies. Final Report, Western Grains Research Foundation. 137 p.

67. Anyia, A. O., and H. Herzog. 2004. Water use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of Cowpeas under mild season drought. Eur. J. Agron. 20(4): 327-339.

68. Ashraf, M., and S. Mehmood. 1990. Response of four brassica species to drought stress. Envir. And Exp. Bot. 30(1): 93-100.

69. Bates, L. S., R. P. Waldren, and I. D. Tear. 1973. Rapid determination of free prolin for water studies. Plant and Soil. 39: 205-207.

70. Barszczak, Z., T. Barszczak and C. D. Foy. 1993. Effect of moisture, nitrogen rate and soil acidity on seed yield and chemical composition of winter oilseed rapes cultivars. Plant Nutr. J. 16: 85-96.

71. Bunting, A. H. and H. A. Kassam. 1988. Principles of crop water use, dry matter production and dry matter partitioning that govern choices of crops and systems. Narosa Publishing House, New Dehli. India. PP: 43-61.

72. Calbo, A. G. 2002. A rapid method for measuring soil water content in the field. Sci. agric. (Piracicaba, Braz.). 4(59): 811-814.

73. Canola Concil of Canada. 2005. Growing canola. pp:5. Internet: www.canola-council.org/council.html.

74. Champolivier, I., and A. Merrien. 1996. Effect of water stress applied at different growth stages to *Brassica napus* L. var. *Oleifera* on yield, yield component and seed quality. Eur. J. Agron. 5: 153-160.

75. Clark, J. M., and G. M. Simpson. 1978. Influence of irrigation and seeding rates on yield and yield components of *Brassica napus* cv. *Tower*. Can. J. Plant Sci. 58:731-737.

76. Cox, W. J., and G.D. Jolliff. 1986. Growth and yield of sunflower and soybean under soilwater deficits. Agron. J. 78: 226-230.

77. Crafts-Branders, S. J. 1992. Significance of leaf phosphorus remobilization in yield production in soybean. Crop Sci. 32: 420-424.

78. Crouch, M. L., and I. M. Sussex. 1981. Development and storage protein synthesis in *Brassica napus* L. embryos in vivo and in vitro. Planta. 153:64-74.

79. Daneshmand, A. R., A. H. Shirani Rad, F. Darvish And M. R. Ardakani . 2005. Effect of drought stress on seed yield and chlorophyll content rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. In: Theme 10:

Application of new technologies and technology transfer; crop improvement for dry areas (abstracts). pp:74 91.

80. Deepak, M., and P. N. Wattal, 1995. Influence of water stress on seed yield of canadian rape at flowering and role of metabolic factors. Plant Physiol. And Biochem. New Dehli. 22(2): 115-118.

81. Dennis, D. 2002. Tuning the genome: Performance Plants Inc. Published by AG-West Biotech Inc. AgBiotech Bulletin. 10(4): 1-12.

82.

83. De-Souza, D. I., D. B. Egli and W. P. Braeming. 1997. Water stress during seed filling and leaf senescence in soybean. Agron. J. 89: 807-812.

84. Desclaux, D., T. T. Huynh and P. Roumet. 2000. Indentification of soybean plants characteristics that indicate the timing of drought stress. Crop Sci. 40: 716-722.

85. Downey, R. K., G. Robblen and A. Ashri. 1989. Oil crop of the world. Mc Growhill. pp: 355-356.

86. Entz, M. H., and D. B. Fowler. 1990. Influence of genotype, water and on leaf water relations in no-till winter wheat. Can. J. Plant Sci. 70:431-441.

87. Finlayson, A. J., and C. M. Christ. 1971. Changes in the nitrogenous components of maturing rapeseed *(Brassica napus)*. Canadian J. Botany. 49: 1733-1735.

88. Foroud, H., and H. Mundel. 1993. Effect of level and timing of moisture stress on soybean yield protein and oil response. Field Crop Res. 31: 195-209.

89. Fowler, D. B., and R. K. Downey. 1970. Lipid and morphological changes in developing rapeseed (*Brassica napus* L.). Can. J. Plant Sci. 50: 223-247.

90. Gan, Y., S. V. Angadi, H. Cutforth, D. Potts, V.V. Angadi and C.L. Mc Donald. 2004. Canola and mustrad response to short periods of temperature and water stress at different developmental stages. Canadian J. Plant Sci: 38 (4): 697 704.

91. Gharib Eshghi, A., G. R. Khalilzade and M. Ghasemi. 2005. Study of some physiological indexes for drought resistance selection in rapeseed cultivars. In: Theme 10: Application of new technologies and technology transfer; crop improvement for dry areas (abstracts). pp:74-91.

92. Ghobadi, M., A. Bakhshandeh, G. Fathi, M. H. Gharineh, K. Alemi-Said, A. Naderi and F. Kazemi. 2005. Effect of late water stress on quantitative and qualitative characteristics of spring conola. In: Theme 6: Stress physiology. pp 52-62.

93. Ghobadi, M., M. Bakhshandeh, G. Fathi, M. H. Gharineh, K. Alami-said, A. Naderi and M. E. Ghobadi. 2006. Short and long periods of water stress during different growth stages of canola (*Brassica napus* L.): Effect on yield, yield components, seed oil and protein contents. J. Agron. 5(2):336-341.

94. Ghosh, R. K., P. Bandyopadhyay and N. Mukhopadhyay. 1994. Performance of rapeseed- mustard cultivars under various moisture regimes on the gangetic alluvial plain of west Bengal. J. Agron. And Crop Sci. 173(1): 5-10.

95. Gunasekara, C. P., L. D. Martin, R. J. French, K. M. Siddique and G. H. Walton. 2003. Effect of water stress on water relation and yield of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) and canola (*Brassica napus* L.). Proceeding of The 11th Aust. Agron. Conf. Geelong. Australlia. 11 p.

96. Gunasekara, C. P., L. D. Martin, R. J. French and K. M. Siddique. 2005. Response of mustard and canola genotypes to soil moistured stress during the post-flowering period. Aust. J. Experim. Agric. 34(1): 93–103.

97. Gunasekera, C. P., L. D. Martin, G. H. Walton and K.H.M. Siddique. 1993. Growth, Dry Matter Production and Seed Yield of Indian Mustard (Brassica juncea L.) in the Mediterranean Environment of South Western Australia. The Aust. Soc. Agron. 8 p.

98. Hashem, A., M. N. A. Majumdar, A. Hamid and M. M. Hossein. 1998. Drought stress effects on seed yield, yield attributes, growth, cell membrane stability and gas exchange of synthesized Brassica napus J. Agron. And Crop Sci. 180(3): 129-136.

99. Hendry, G. 1993. Evolutionary origins and natural functions of fructans. New Phytologist. 123: 3-14.

100. Henry, J. L., and K. B. MacDonald. 1978. The effect of soil and fertilizer nitrogen and moisture stress on yield , oil and protein content of rape. Canadian J. Soil Sci. 58: 303-310.

101. Hocking P. J., and L. Mason. 1993. Accumulation, distribution and redistribution of dry matter and mineral nutrients in fruits of canola (oilseed rape), and the effect of nitrogen fertilizer and windrowing. Aust. J. Agric. Res. 44: 1377-1388.

102. Hoogenboom,G., C. M. Peterson and M. G. Huck. 1987. Shoot growth rate of soybean as affected by drought stress. Agron. J. 79: 598-607.

103. Hsio, T. C. 1973. Plant response to water stress. Ann. Rev. Plant Physiol. 24: 519-570.

104. Jensen, C. R., V. O. Mogensen and J. K. Fieldsend. 1996. seed glucosinolate, oil and protein contents of field grown rape (*Brassica napus* L.) affected by soil drying and evaporative demand. Field Crop Res. 47: 93-101.

105. Kadhem, F. A., J. E. Specht and J. H. Williams. 1985. Soybean irrigation serially time during stages R_1 to R_6. I. Agronomic responses. Agron.J. 77:297-298.

106. Keiller, D. R., and D. G. Morgan. 1988. Effect of pod removal and plant growth regulators on the growth, development and carbon assimilate distribution in oilsed rape (*Brassica napus* L.) J. Agric. Sci. 111:357-362.

107. Khorgami, A., G. Noormohammadi and A. H. Shirani Rad. 2005. Effect of potassium on drought tolerance in Canola (*Brassica napus* L.) cultivars. In: Theme 10: Application of new technologies and technology transfer; crop improvement for dry areas (abstracts). pp:74-91.

108. King, J. R., T. McNeilly and D. A. Thurman. 1977. Variation in the protein content of single seeds of four varieties of oilseed rape. J. the Sci. of Food and Agric. 28:1065-1070.

109. Korgman, K. K., and E. H. Hobbs. 1975. Yield and morphological response of rapeseed (*Brassica compestris* L. *cv. Span*) to irrigation and fertilizer treatments. Can. J. Plant Sci. 55: 903-909.

110. Korte, L. L. , J. H. Williams, and R. C. Sorensen. 1983. Irrigation of soybean genotypes during reproductive ontogeny: Agronomic response. Crop Sci. 23: 521-527.

111. Kosaki, A., E. Psomiadau, M. Tsimidou, A. Rlopia and P. Kealas. 2002. Oxidative salinity and minor constituents of virgin olive oil and rapeseed oil. Europ. Food Res. And Technol. 2(4): 294-299.

112. Kumar, A., and J. Elston. 1993. Leaf expansion of *Brassica* species in response to water stress. Indi. J. Plant Physiol. 36(4): 220- 222.

113. Kumar, A., and J. Elston. 1997. Sensivity of individual leaves of *Brassica* species to water stress at different growth stages. Indi. J. Plant Physiol. 2(3): 252-254.

114. Kumar, A. D. P. Singh and P. Singh. 1994. Influence of water stress on photosynthesis, transpiration, water use efficiency and yield of *Brassica napus* L. Field Crops Res. 37:95-101.

115. Lawlor, D. W., and H. Unfock. 1977. Photosynthetic assimilation of $^{14}CO_2$ by water-stressed sunflower leaves at two oxygen concentrations and the specific activity of products. Journal of Experimental Botany 28: 320–328.

116. Lazcano-Ferrat, I., and C. J. Lowatt. 1999. Relationship between relative water content, nitrogen pools and growth of *Phaseolus vulgaris* L. and *P. acutifolius* L. during water deficit. Crop Sci. 39: 467-475.

117. Leilah, A. A., and S. A. Al-Khateeb. 2003. Growth and yield of Canola (*Brassica napus* L.) in relation to irrigation treatments and Nitrogen levels. J. Agric. Sci. 180(3): 129-136.

118. Levitt, J. 1980. Response of plants to environmental stresses. J. Plant Nutrit. 10: 1965-1973.

119. Ludlow M. M., and R. C. Muchow. 1990. A critical evaluation of traites for improving crop yields in water-limited environments. Advances in Agron. 43: 107-153.

120. Mailer, R. J., and P. S. Cornish. 1987. Effects of water stress on glucosinolate and oil concentrations in the seeds of rape (*Brassica napus* L.) and turnip rape (*Brassica rapa* L. var. *silvestris* [Lam.] Briggs).Australian J. Exper. Agric. 27:707-711.

121. Marcroft, S.,and M. Stanley.2005. Canola production Tips: CANOLA : The Ute guide , Canola Council of Canada. pp: 4.

122. McWilliam, J. R. 1989. The dimensions of drought. CAB Int. pp: 1-12

123. Mendham, N. J., J. Russell and G. C. Buzza. 1984. The contribution of seed survival to yield in new Australian cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). J. of Agric. Sci. Camb. 103: 303-316.

124. Mendham, N. J., and P. A. Salisbury. 1995. Physiology, crop development, growth and yield. In: Kimber, D., and D. I. McGeregor (eds). CAB. International. pp: 11-64.

125. Milburn, J. A. 1979.water flozu in Plants. London: Longman. In: Tesfamariam, E. H. 2004. Modelling the soil water balance of canola *Brassica napus* L (Hyola 60). Master's Dissertation. Dep. Plant Prod. and Soil Sci. University of Pretoria. 135p.

126. Mingeau, M. 1974. Comprotement du colza de pritemps lasechersse. Inf. Tech. Cetiom. 36: 1-11. In: Wang, y., J. Ying, M. Kuzma, M. Chalifoux, A. Sample, C. McArthur, T. Uchacz,C. Sarvas, J. Wan, D. T. Dennis, P. McCourt and Y. Huang . 2005. Molecular tailoring of farnesylation for plant drought tolerance and yield protection. The plant J. 43: 413-424.

127. Mondal, R. K., and N. K. Paul. 1995. Effect of soil moisture on growth attributes, root characters and yield of mustard (*Brassica juncea* L.). Pakis. J. Bot. 27(1): 143-150.

128. Mogensen, V. O., C. R. Jensen, G. Mortensen, J. H. Thage, J. Koribids and A. Ahmed. 1996. Spectral reflectance index as an indicator of drought of field grown oilseed rape (*Brassica napus* L.). Eur. J. Agron. 5:125-135.

129. Morgan, J. M. 1991. Agent controlling difference in osmoregulation in wheat. Australian J. Plant Physiol. 18:249-257.

130. Munir, M., and A. Rahman Khan. 1987. Status of rapeseed and mustard crops in Pakistan. In: Proceeding of the Seventh International Rapeseed Congress. The Plant Breeding and Acclimatization Institute. pp: 1038-1043.

131. Nielsen, D. C. 1997. Water use and yield of canola under dryland conditions in the Central Great Plains. J. Prod. Agric. 10(2): 307-313.

132. Nielsen, D. C., and J. Janick. 1996. Potential of canola as a dryland crop in northeastern Colorado. Progress in new crops proceeding of the third national symposium Indianapolis. 22: 282-187.

133. Niknam, S. R., and O. W. Turner. 1999. Physiological aspects of drought tolerance in *Brassica napus* and *Brassica juncea*. Proceeding of the 10th International Rapeseed Congress. Canberra. Australia. 12 p.

134. Om, P., T. K. Das, H. B. Singh and N. Singh. 1999. Performance of three *Brassica* Species as affected by time of sowing and nitrogen in yield attributes and yield. Ann. Agric. Res. 20: 448-454.

135. O'Toole, J. C., and W. L. Bland. 1989. Genotypic variation in crop plant root system. Adv. in Agron. 41: 91-145.

136. Ozer, H., and E. Oral. 1999. Relationships Between yield and yield components on currently improved spring rapeseed cultivars. Tr. J. Agric. and Forestry. 23: 603-607.

137. Palomo, I. R., S. S. Baioni, M. N. Fioretti and R. E. Brevedan. 1999. Canola under water deficiency in Southern Argentina. Proceeding of the 10th International Rapeseed Congress. Canberra. Australia. 7 p.

138. Pannu, R. K., D. P. Singh, D. Singh, V. P. Sangwan and B. D. Chaudhury. 1992. Effect of moisture stress on growth, partitioning of biomass and harvest index of oilseed *Brassica*. Crop Res. (Hisar). 14(3): 387-394.

139. Poma, I., G. Venezia and L. Cristina. 1999. Rapeseed (*Brassica napus* L. var *oleifera*) echophysiological and agronomical aspects as affected by soil water availability. Proceeding of 10th International Rapeseed Congress. Canberra. Australia. 8 p.

140. Pouzet, A. 1995. *Brassica* oilseed: Production and utilization. In: Kimber, D. S., and D. I. McGeregor (eds). CAB. International. England. pp: 65-92.

141. Prakash, S. 1980. Cruciferous oilseeds in India. Japan Sci. Soc. Tokyo. pp: 151-163.

142. Priscio, D. T., and C. R. B. Hadad. 1992. Effects of water stress on rapeseed. Revista Brasilk ra-de-Botanica. 15(1): 31-35.

143. Rao, M. S. S., and N. J. Mendham. 1991. Soil- water- plant relation of oilseed rape (*Brassica napus* and *B. compestris*). J. Agric. Sci. Camb. 117: 197-205.

144. Rao, M. S. S., N. J. Mendham and G. C. Buzza. 1991. Effect of the apetalus flower character on the radiation distribution in the crop canopy, yield and its components of oilseed rape (*Brassica napus*). J. Agric. Sci. Camb. 117: 189-196.

145. Richards, R. A., and N. Thurling. 1978. Variation between and within species of rapeseed (*Brassica compestris* and *B. napus*) in response to drought stress. Sensivity at different stages of development.Aust. J. Agric. Res. 29:465-477.

146. Robertson, M. J., and J. F. Holland. 2004. Production risk of canola in the semi-arid subtropics of Australia. Aust. J. Agric. Res. 55: 525-538.

147. Russel, M. 2005. Drought Defined. Internet : http:// droughtoutlook . com/drought.html.

148. Rutcowski, A. 1979. Chemical constituents and protein food processing of rapeseed. J. A. D. Chem. 56(3): 475-477.

149. Salisbury, P. A. 1991. Genetic variability in Australian wild crucifers and its potential utilisation in oilseed *Brassica* species. Ph.D Thesis. La Trobe university.278 p.

150. Sana, M., A. Ali, M. Asghar Malik, M. Farrukh Saleem and M. Rafiq. 2003. Comparative yield potential and oil contents of different canola cultivars (*Brassica napus* L.). Pak. J. Agron. 2(1): 1-7.

151. Scaribrick, D. H., and R. W. Daniels. 1986. Oilseed rape. First Published in great Britain by Collins professional and technical books. 309 p.

152. Schnobeck, M. W., F. C. Hsu and T. M. Carlsen. 1986. Phosphorus uptake by plants from soil to cell. Plant Physiol. 116: 447-453.

153. Schulze, J. E. 1974. Root development of wheat at the flowering stage under different cultural practices. Agric. Res. 1: 12-17.

154. Sierts, H. P., G. Geisler, J. Leon and W. Dipenbrock. 1987. Stability of yield components for winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). J. Agron. and Crop Sci. 158: 107-113.

155. Sharma, D. C. 1992. Physiological analysis of yield variations mustard varieties under water stress and nonstress conditions. Ann. Agric. Res. 13(2): 174-176

156. Si, P., and G. H. Walton. 2006. Determinants of oil concentration and seed yield in canola and Indian mustard in the lower rainfall areas of Western Australia. Aust. J. Agric. Res. 55(3): 367–377.

157. Sims, J. R., D. M. Wichman, G. D. Kushnak and G. D. Welty. 1993. Canola variety yield trails. Montana Statue University Ay.Expt. Sta. Bozeman. Montana. Agric. Res. 10: 15 20.

158. Styszko, L. 1990. Influence of environmental and cultivation factors on value of seed potatoes. Hodow. La. Roslin-I-Nasiennic. Poland. 1: 3-9.

159. Subbarao, G. V., C. Johansen, A. E. Slinkard, R. C. Nageshwara Rao, N. P Saxena and Y. S. Chauhan. 1995. Strategies for improving drought resistance in grain legumes. Crit. Rev. Plant Sci. 14: 469-523.

160. Tesfamariam, E. H. 2004. Modelling the soil water balance of canola *Brassica napus* L (Hyola 60). Master's Dissertation. Dep. Plant Prod. and Soil Sci. University of Pretoria. 135p.

161. Triboi-Blondel, A. M., and M. Renard. 1999. Effect of temprature and water stress on fatty acid composition of rapeseed oil (*Brassica napus* L.). Proceeding of the 10th International Rapeseed Congress. Australia. 10 p.

162. Turner, N. C., G. C. Wright and K. H. M. Siddique. 2001. Adaptation of grain legumes (pulses) to water-limited environments. Adv. Agron. 71:193-231.

163. USDA. 2005. Oilseed and products biodiesel demaind boosts rapeseed production. USDA Foreign Agriculture Service. GAIN. Report. Global Agriculture Information Network. France. 5 p.

164. Vartanian, N., P. Hervochon, L. Marcotte and F. Larner. 1992. Proline accumulation during drought rhizogene in *Brassica napus* var. *Olerifera*. J. Plant Physiol. 140(5): 23-28.

165. Ward, K. A., R. Scarth, P. B. E. McVetty and J. K. Daun. 1991. Soil and water conservation. Hall career and Technol. 14: 343-370.

166. Wilson, C. C. 1986. Maximum yield potential: transition from extensive to intensive agriculture. Int. Cong. 7: 34-56.

167. Wright, P. R., J. M. Morgan, R. S. Jessop and A. Gass. 1995. Comparative adaptation of canola (*Brassica napus* L.) and Indian

mustard (*Brassica juncea*) to soil water deficits: yield and yield components. Field Crops Res. 42: 1-13.

168. Wright, P. R., J. M. Morgan and R. S. Jessop. 1996. Comparative adaptation of canola (*Brassica napus*) and Indian mustard (*B. juncea*) to soil water deficits: plant water relations and growth . Field Crops Res. 46: 51-64.

169. Wraith, J. M., and C. K. Wright. 1992. Soil water and root growth. Hort. Sci. 33: 951-959.

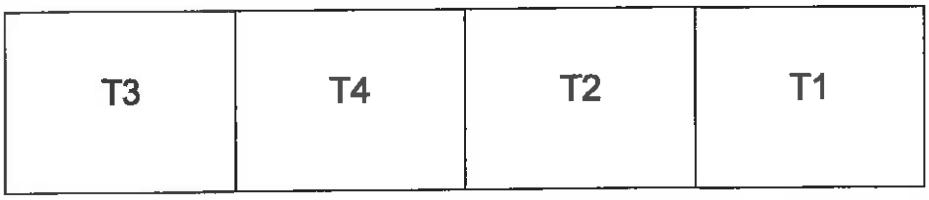
170. Xiong, L., R. G. Wang, G. Mao and J. M. Koczan. 2006. Identification of drought tolerance determinants by genetic analysis of root response to drought stress and abscisic acid. Plant Physiol. 142: 1065-1074.

171. Yamaguchi-Shinozaki, K., M. Kasuga, Q. Liu, K. Nakashima, Y. Sakuma, H. Abe, Z. K. Shinvari, M. Seki and K. Shinozaki. 2002. Biological mechanisms of drought stress response. JIRCAS Working Report. pp: 1-8.

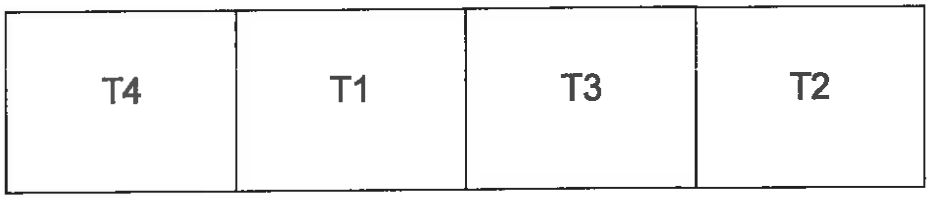
پیوست

پیوست شماره۱- نقشه طرح

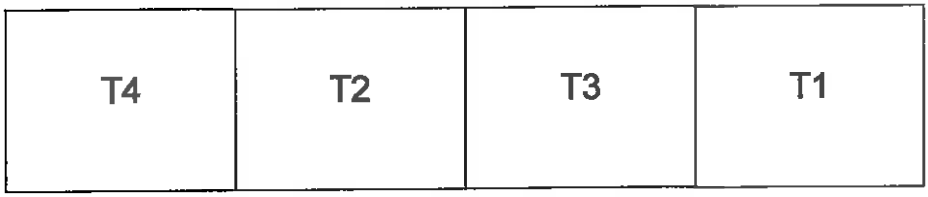
I



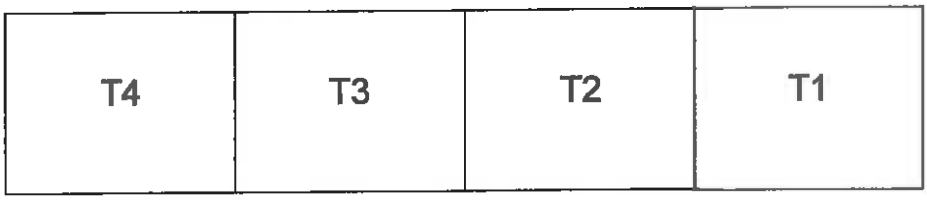
II



III



IV



جدول۷- ۱ - جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات زایشی گیاه کلزا تحت تأثیر تنش خشکی

صفات / منابع تغییرات	تعداد غلاف در ساقه اصلی	تعداد غلاف در شاخه فرعی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در ساقه اصلی	تعداد دانه در شاخه فرعی	تعداد دانه در بوته	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
تکرار	۷۲/۰۸۴**	۳/۵۶۷۸^{ns}	۲۸/۹۵۹^{ns}	۱۷۳۴/۶۷۵^{ns}	۵۲۰۷/۹۶۶*	۳۱۳۳/۸۹۵۸^{ns}	۰/۰۴۳۱۲^{ns}	۶۷۵/۹۴۹^{ns}
تیمار	۲۳۶/۷۳**	۱۹/۵۶۷۷**	۳۷۲/۰۲۴**	۶۱۱۹۸/۰۹۷**	۲۲۵۰۵/۸۰۸**	۱۵۷۰۳۵/۲۲۹**	۰/۰۵۸۲۵^{ns}	۱۰۴۰۶/۵۳۵**
خطا	۴/۲۱۸	۲/۱۹۵۹	۱۶/۳۸۹	۵۴۱۰/۶۱۲	۱۳۰۱/۵۳۷	۶۴۷۹/۶۱۸	۰/۳۷۱	۷۷۵/۶۳۷
% CV	۸/۷۰۵	۱۱/۵۶	۱۱/۱۱۶	۲۰/۴۶	۱۲/۹۸	۱۲/۶۲۸	۱۵/۷۷۷	۱۶/۰۵۲

جدول ۷- ۲- جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات رویشی گیاه کلزا تحت تأثیر تنش خشکی

صفات / منابع تغییرات	ارتفاع بوته (Cm)	طول شاخه فرعی (Cm)	تعداد شاخه فرعی درجه یک (در بوته)	تعداد شاخه فرعی درجه دو (در بوته)	تعداد شاخه فرعی در بوته	شاخص برداشت	عملکرد کاه و کلش
تکرار	۷۹۹/۷**	۴۵/۱۵۴ns	۰/۴۲۳ns	۰/۰۵۰ns	۱/۹۳۹*	۱۵/۹۹۶ns	۴۵۷۷/۷۴۸ ns
تیمار	۹۰۴/۱۲۳**	۱۱۶/۵۶۳*	۰/۳۱۹ns	۱/۴۵۹**	۳/۱۲۲**	۳۰/۵۱۷ns	۳۲۷۱۲/۹۶۱*
خطا	۵۳/۴۷۱	۲۱/۹۶۸	۰/۳۵۴	۰/۰۱۵	۰/۳۱۸	۳۶/۹۵۷	۵۳۹۶/۲۹۵
% CV	۱۲/۱۹	۲۰/۱۳	۱۸/۷۸	۲۰/۷۳	۱۴/۹۹۵	۲۱/۸۸	۱۶/۳۴

جدول ۷- ۳- جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کیفی بذر در گیاه کلزا تحت تأثیر تنش خشکی

صفات / منابع تغییرات	روغن (درصد)	پروتئین (درصد)
تکرار	۶۷/۶۷۳**	۱۴/۳۲۱**
تیمار	۱۰/۳۶۷**	۲/۷۲**
خطا	۰/۹۵۶	۰/۱۶۳
% CV	۲/۳۰	۱/۹۳

جدول ۷- ۴ - جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تجمع ماده خشک در گیاه کلزا تحت تأثیر تنش خشکی
(نمونه برداری اول تا ششم)

صفات / منابع تغییرات	ماده خشک کل نمونه برداری اول	ماده خشک کل نمونه برداری دوم	ماده خشک کل نمونه برداری سوم	ماده خشک کل نمونه برداری چهارم	ماده خشک کل نمونه برداری پنجم	ماده خشک کل نمونه برداری ششم
تکرار	۹/۳۳۵^{ns}	۳۲۸/۶۶۶*	۵۸/۱۴۷^{ns}	۳۱۰/۶۸۳^{ns}	۲۲۹۰/۹۵۰^{ns}	۷۱۶۴/۰۵۵*
تیمار	۲۱/۸۸۳^{ns}	۸۷۶/۹۰۶**	۳۶۲/۰۳۴^{ns}	۱۰۳۱/۱۷۴*	۷۲۹۹/۱۱۲**	۱۳۲۸۰/۰۶۸**
خطا	۷۲/۹۲۶	۸۱/۶۳۶	۳۲۷/۱۲۴	۲۱۰/۴۴۳	۹۸۸/۴۶۳	۱۱۶۷/۲۴۲
% CV	۱۵/۸۱	۱۲/۸۹	۱۸/۰۰	۱۲/۱۱	۱۹/۳۶	۱۴/۸۲

جدول ۷- ۵ - جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تجمع ماده خشک در گیاه کلزا تحت تأثیر تنش خشکی

(نمونه برداری هفتم تا دهم)

صفات / منابع تغییرات	ماده خشک کل نمونه برداری هفتم	ماده خشک کل نمونه برداری هشتم	ماده خشک کل نمونه برداری نهم	ماده خشک کل نمونه برداری دهم (ماده خشک نهایی)
تکرار	۳۰۵۰/۱۵۱^{ns}	۹۱۳۲۰/۵۵۴**	۳۱۱۷/۶۵۱^{ns}	۵۵۸۱/۲۶۰^{ns}
تیمار	۲۸۷۳۹/۷۱۴**	۷۴۴۰۱/۸۲۶**	۷۶۴۲۰/۶۷۵**	۷۸۸۱۱/۷۷**
خطا	۱۹۹۲/۱۶۳	۶۷۴۳/۸۳۲	۶۱۷۵/۹۲۲	۳۴۷۸/۹۵۰
% CV	۱۱/۸۹	۱۳/۱۴	۱۲/۷۳	۹/۴۶

جدول۷-۶- ضرایب معادلات TDM (وزن خشک کل) و LAI (شاخص سطح برگ)

ضرایب / شاخص	a				b				c				d			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
وزن خشک	-1×10^{-6}	-1×10^{-6}	-1×10^{-6}	-1×10^{-6}	42×10^{-4}	42×10^{-4}	34×10^{-4}	34×10^{-4}	-۳/۸۸۸۸	-۴/۰۹۷۶	-۳/۲۹۳۴	-۳/۲۹۳۴	۱۱۶۲/۸	۱۱۹۵/۵	۱۶۲/۸	۱۰۱۶/۳
شاخص سطح برگ	-8×10^{-6}	-7×10^{-6}	-6×10^{-6}	-4×10^{-6}	181×10^{-4}	16×10^{-3}	134×10^{-4}	103×10^{-4}	-۵/۶۰۶۳	-۴/۸۹۲۵	-۳/۷۸۴۷	-۲/۵۱۲۷	*	*	*	*

★ معادله وزن خشک (TDM) به صورت $y=ax^3+bx^2+cx+d$ و معادله شاخص سطح برگ (LAI) به صورت $y=ax^2+bx+c$ می باشد.

جدول ۷-۷- آمار ۸ ساله بارندگی ماهانه شهرستان بسطام

ماه / سال	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
۱۹۹۶	۱۴/۱	۲۹/۶	۶۶/۴	۳۸/۰	۲۳/۳	۴/۳	۰/۰	۰/۴	۰/۰	۸/۱	۰/۳	۰/۹	۱۸۵/۴
۱۹۹۷	۳/۰	۰/۰	۳۵/۹	۷/۳	۶/۰	۹/۶	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۶/۵	۵/۲	۱۲/۰	۸۵/۵
۱۹۹۸	۲۳/۷	۳۰/۳	۵۲/۵	۱۷/۸	۱۳/۷	۲۶/۰	۱۲/۳	۱/۶	۸/۰	۳/۸	۰/۵	۱/۸	۱۹۲/۰
۱۹۹۹	۸/۹	۴/۵	۲۱/۹	۱۳/۴	۱۵/۵	۲/۰	۱۵/۴	۸/۰	۰/۱	۳/۰	۱۵/۶	۰/۹	۱۰۹/۲
۲۰۰۰	۴۸/۶	۱۹/۰	۰/۲	۱/۴	۰/۲	۶/۱	۰/۰	۰/۰	۲۲/۳	۲۰/۷	۱۵/۰	۳۳/۴	۱۶۶/۹
۲۰۰۱	۴/۸	۱۷/۱	۲۷/۱	۱/۹	۱/۳	۰/۰	۱۵/۰	۰/۱	۰/۴	۱/۷	۱/۴	۲۰/۲	۹۱/۰
۲۰۰۲	۱۴/۷	۱۴	۳/۱	۳۷/۶	۱۴/۲	۰/۰	۰/۰	۴/۳	۵/۰	۰/۳	۶/۲	۲۸/۲	۱۲۷/۶
۲۰۰۳	۸/۳	۱۷/۵	۴۳/۲	۶۱	۱۸/۹	۳/۴	۰/۴	۶/۳	۱/۸	۴/۶	۲/۰	۱۲/۵	۱۷۹/۹

جدول ۷-۸- آمار ۸ ساله میانگین دمای حداکثر طی ماه های مختلف سال

ماه / سال	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
۱۹۹۶	******	******	۷/۸	۱۷/۷	۲۴/۳	۲۹/۸	۳۱/۸	۳۱/۵	۲۹/۲	۲۰/۰	۱۲/۷	۱۰/۱	******
۱۹۹۷	۷/۵	۸/۰	۱۱/۷	۲۰/۱	۲۴/۷	۳۰/۳	۳۳/۷	۳۳/۵	۲۷/۹	۲۳/۱	۱۲/۸	۷/۲	۲۰/۰
۱۹۹۸	۳/۶	۵/۷	۱۳/۱	۲۱/۵	۲۴/۸	۳۰/۶	۳۱/۰	۳۱/۷	۲۸/۰	۲۱/۷	۱۷/۰	۱۲/۰	۲۰/۱
۱۹۹۹	۶/۶	۱۱/۸	۱۳/۱	۱۹/۷	۲۶/۱	۳۱/۴	۲۹/۱	۳۱/۴	۲۸/۴	۲۲/۶ .	۱۱/۲	۹/۴	۲۰/۱
۲۰۰۰	۶/۵	۷/۳	۱۳/۵	۲۴/۳	۲۹/۰	۳۰/۰	۳۱/۵	۳۲/۴	۲۸/۸	۱۹/۷	۱۱/۳	۶/۹	۲۰/۱
۲۰۰۱	۵/۸	۹/۸	۱۶/۱	۲۳/۷	۲۷/۰	۳۰/۱	۳۰/۵	۳۲/۱	۲۸/۱	۲۱/۸	۱۴/۵	۸/۵	۲۰/۷
۲۰۰۲	۶/۵	۱۰/۴	۱۶/۵	۱۷/۹	۲۴/۹	۳۰/۴	۳۱/۰	۳۲/۵	۳۰/۵	۲۴/۸	۱۴/۴	۳/۶	۲۰/۳
۲۰۰۳	۷/۰	۸/۳	۱۲/۲	******	******	۲۹/۶	۳۳/۷	۳۱/۱	۲۷/۰	۲۴/۹	۱۳/۱	۶/۱	******

جدول ۷-۹- آمار ۷ ساله میانگین دمای حداقل طی ماه های مختلف سال

ماه / سال	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
۱۹۹۶	-۱۲	-۱۳	-۱۵	-۳	۳/۲	۱۰/۵	۱۴	۱۲/۵	۸	۲	-۵	-۹/۴	-۱۵
۱۹۹۷	-۱۲	-۱۴	-۷	۱	-۱/۵	۹	۱۲	۱۲	۶/۵	۰	-۱/۵	-۴	-۱۴
۱۹۹۸	-۱۳	-۶/۵	-۷	-۲/۵	۳	۱۲	۱۰	۱۳	۳/۵	۱	-۸	-۸	-۱۳
۱۹۹۹	-۱۱/۵	-۹/۵	-۸	-۱/۵	۵/۵	۵	۱۰	۱۳	۸	۲	-۵	-۶	-۱۱/۵
۲۰۰۰	-۱۴	-۱۰	-۷	۳	۷	۶/۵	۱۰/۵	۱۰	۵	۳	-۸	-۷	-۱۴
۲۰۰۱	-۱۳	-۸	-۱۰	-۱	۲	۸/۵	۱۲	۹	۸	۳	-۵	-۱۳	-۱۳
۲۰۰۲	-۷/۵	-۸	-۱۰	*****	*****	۵	۱۳	۱۲	۴/۵	۵	-۸	-۱۲	*****

Abstract

Iran has arid and semi-arid climate, and water shortage limits the growth and development of plants. Therefore, it is necessary to evaluate the response of plants to various levels of soil water contant. Accordingly, during the 2006-2007, a field experiment was conducted in research-farm of Shahrood University of Technology to study the effects of drought stress on yield, yield components, oil and protein content of winter canola, and to quantify the optimum irrigation intervals. The treatment levels were irrigation at 65% (control), 55%, 45%, 35% of Field Capacity (F.C.). The experimental design was randomized complete bloc design (RCBD) with 4 replications per treatment. The time of irrigation was determined, using the Flask-Method (a quick method of soil moisture measurment) by which the soil water content is rapidly defined. In this study, some attributes, including plant height, the length of branch, number of branches, harvest index, grain yield, straw yield, total dry matter, number of pod per plant, number of grain per plant, 1000-grains weight, oil and protein percent were measured. The results revealed that harvest index and 1000- grains weight are not affected by drought stress. Compared to control, the second level of drought stress (i.e. irrigation at 55% of F.C.) appeared to decrease no. of pod per plant (22%), plant height (24%) and total dry matter (18%). Although this decrease was not consistent with increasing the stress intensity, the lowest value of these attributes was obtained for fourth level of stress. The value of oil percent, straw yield, the length of branch, and no. of branch tended to be the same for control and second level of stress, but the lowest for fourth level of stress (the value of named attributes were 8%, 36%, 42% and 39% lower for fourth level of stress than for control, respectively). The protein content was increased with increasing the drought level (about 9% higher for fourth level, as compared to control). The drought

stress imposed a decreasing effect on NAR, CGR, RGR, LAI and TDM. The irrigation interval for the control (i.e. first level) appeared to be 7-9 days (i.e. 7 days for warmer conditions, and 9 days for cooler conditions). For other levels, i.e. second, third and fourth levels, it was 8-11, 11-12 and 13-15 days, respectively. Based on above mentioned issues, and considering the amount of grain yield and oil content, it seems that irrigation interval 8-11 days (irrigation at 55% of F.C.) could be recommendable. It should be mentioned that although the highest protein percent was obtained for fourth level of drought, the amount of protein per hectare was the lowest for this level.

Key words: winter canola, drought, protein, oil.