

جمهوری اسلامی ایران
وزارت نیرو

شرکت سهامی آب منطقه‌ای لرستان

کمیته تحقیقات
(طرح تحقیقات کاربردی)

گزارش نهایی

مدیریت و بهره‌برداری بهینه از منابع آب با استفاده از ارقام
کلزا متحمل به تنش کم آبیاری در شرایط آب و هوایی خرم
آباد

سازمان مجری: دانشگاه لرستان، معاونت پژوهشی

پژوهشگر مجری: احمد اسماعیلی

زمان انتشار: ۱۳۸۸

جمهوری اسلامی ایران
وزارت نیرو

شرکت سهامی آب منطقه‌ای لرستان

کمیته تحقیقات

(طرح تحقیقات کاربردی)

گزارش نهایی

مدیریت و بهره‌برداری بهینه از منابع آب با استفاده از ارقام
کلزا متحمل به تنش کم آبیاری در شرایط آب و هوایی خرم
آباد

سازمان مجری: دانشگاه لرستان، معاونت پژوهشی

پژوهشگر مجری: احمد اسماعیلی
پژوهشگران همکار: سعید حیدری، امیر حمزه حقی‌آبی،
حجت‌الله یونسی، علیرضا زبرجدی، کامران سمیعی

زمان انتشار: ۱۳۸۸

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فصل اول

مقدمه

(ضرورت و اهداف)

فصل اول

مقدمه

(ضرورت و اهداف)

اهمیت منابع آب

کشور ما جزو مناطق خشک و نیمه خشک جهان است بنابراین با محدودیت شدید منابع آب مواجه می باشیم. بررسی وضعیت منابع آب نشان می دهد که سطح آب زیر زمینی هر ساله کاهش می یابد و شدت کاهش آن نیز در سالهای اخیر بیشتر شده است. از طرفی میزان مصرف آب های تجدید شونده در ایران نشان می دهد که بر پایه شاخص های جهانی، کشور ما وارد مرحله بحران آب شده است. همچنین در بخش کشاورزی ایران، تا کنون ۹۳ درصد آب مصرف شده است که این میزان در جهان ۵۵ درصد می باشد [بید آبادی، ۱۳۸۲؛ هدایتی، ۱۳۸۶].

حداکثر منابع آب تجدیدشونده کشور ۱۳۰ میلیارد متر مکعب در سال برآورد شده است که در حال حاضر ۹۰ میلیارد متر مکعب آن استحصال می گردد. بر اساس شاخص های جهانی، کشوری که بیش از ۴۰ درصد منابع آبی تجدید شونده خود را مصرف نماید وارد مرحله تنش آبی شده است. بنابراین امروزه کاهش سرانه منابع آب تجدید شونده و ورود ایران به مرحله تنش آبی، گسترش آلودگی منابع آب، اضافه برداشت آب از سفره های آب زیرزمینی، تحمیل طرح های جدید بدون توجه به مطالعات جامع آب، تراکم طرح های در دست اجرا و مطالعه و تشدید بحران اجتماعی و منازعات بر سر آب از جمله

چالش های جدی مدیریت منابع آب در کشور می باشد. در کشوری که با کم آبی مواجه است دولت باید مدیریت منابع آب را بالاترین اولویت خود قرار دهد و در این راه تدوین و اجرای یک استراتژی ملی آب برای توسعه پایدار بسیار ضروری است [هدایتی، ۱۳۸۶].

ضرورت ارتقاء بهره‌وری آب کشاورزی

در حال حاضر مهم ترین تفاوت کشورهای توسعه یافته و در حال رشد، در بهره وری از منابع طبیعی می باشد. آب حیاتی ترین عامل برای تولید محصولات کشاورزی محسوب می گردد و در شرایط خاص اقلیمی ایران که خشکی و پراکنش زمانی و مکانی بارندگی واقعیت گریز ناپذیر آن است هر گونه تولید مواد غذایی و کشاورزی پایدار منوط به استفاده صحیح و منطقی از منابع آب محدود کشور است. از آنجا که این بخش بزرگترین مصرف کننده آب در زیر ساختهای مختلف اقتصادی در کشور است، هدر رفت عمده آب نیز به این بخش تعلق دارد [کشاورز و صادق زاده ۱۳۷۹]. به عبارتی دیگر صرفه جویی آب در بخش کشاورزی از این جهت حائز اهمیت است که سهم مصرف آب کشاورزی نسبت به مصارف دیگر بسیار زیاد می باشد. بنابراین بالا بردن راندمان آبیاری می تواند دنیا را به سمت بهره برداری پایدار از منابع آبی سوق دهد.

صرفه جویی آب در بخش کشاورزی می تواند به مقدار زیادی آب در اختیار ما قرار دهد بدون این که منابع جدید را تخریب کرده باشیم. اگر مصرف آب در آبیاری را فقط ۱۰ درصد کاهش دهیم با مقدار آب صرفه جویی شده خواهیم توانست مصرف شرب جمعیتی تا دو برابر جمعیت کنونی جهان را تامین نماییم. در هر کجای دنیا که کشاورزان بر منابع آبی کنترل داشته اند، توانسته اند جوابگوی نیاز آبی زراعت های خود باشند و در مصرف آب صرفه جویی نمایند. عملی ترین، اقتصادی ترین و مناسب ترین راه برای افزایش راندمان آبیاری در هر منطقه با منطقه دیگر متفاوت است. اما تحت هر شرایطی که

این کار انجام شود موجب خواهد شد تا در مصرف آب به میزان ۱۰ تا ۵۰ درصد صرفه جویی به عمل آید. بطور کلی تجربه نشان داده است که هر گونه سرمایه گذاری در جهت بالا بردن راندمان آبیاری، نوعی سرمایه گذاری در امر افزایش محصول می باشد [فصل نامه امور آب وزارت نیرو، ۱۳۷۷].

حداکثر منابع آب تجدیدشونده کشور ۱۳۰ میلیارد متر مکعب در سال برآورد شده است که در حال حاضر ۹۰ میلیارد متر مکعب آن استحصال می گردد. از این مقدار آب استحصال شده فقط ۵ میلیارد متر مکعب در خدمت شرب و بهداشت مصرف می شود و قسمت عمده آن یعنی حدود ۸۵ میلیارد متر مکعب در سال در بخش کشاورزی برای تولید محصولات کشاورزی مصرف می شود. در حال حاضر طبق آخرین آمار وزارت جهاد کشاورزی، کل تولیداتی که از مصرف این مقدار آب حاصل می گردد ۶۵ تن در سال است که با توجه به جمعیت و رشد آن؛ با مرز خود کفایی غذایی فاصله زیادی دارد. برای تولید این ۶۵ میلیون تن محصولات کشاورزی حدود ۸۵ میلیارد مترمکعب آب مصرف می شود بنا براین می توان نتیجه گرفت که کارایی مصرف آب در کشور کم و در حدود ۰/۷۵ کیلو گرم به ازای مصرف هر متر مکعب آب است در حالی که میانگین این رقم در کشورهای پیشرفته تا ۳ کیلوگرم برای هر مترمکعب گزارش شده است. این در حالی است که برای تامین غذای رو به رشد کشور در افق سند چشم انداز ۲۰ ساله کشور باید عدد کارایی مصرف آب، دست کم به ۱/۶ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش یابد. با توجه به اینکه اکثر آب قابل استحصال در بخش کشاورزی مصرف می شود و بهره وری از آن هم در این بخش بسیار کم است لازم است توجه ویژه ای به افزایش بهره وری آب در بخش کشاورزی انجام پذیرد. قابل ذکر است که راندمان آبیاری ما در بخش کشاورزی در بهترین حالت،

هیچ گاه بیشتر از ۳۷ درصد گزارش نشده و این به آن معنی است که کمینه آبی که در این بخش از دست می دهیم به بیش از ۶۰ درصد یا ۶۵ میلیارد مترمکعب می رسد (سایت اینترنتی خبری وزارت نیرو و کمیته ملی آبیاری و زه کشی).

روشهای بهبود بهره‌وری آب کشاورزی

در ارتقاء بهره‌وری آب کشاورزی، کشورهایی موفق بوده اند که توانسته اند کارهای کشاورزی را علمی انجام دهند و از طرفی ارتقاء بهره‌وری آب کشاورزی به تنهایی و بدون توجه به بهبود بهره‌وری از سایر منابع طبیعی وابسته به آب کاری غیر ممکن است. به عبارتی دیگر ارتقاء بهره‌وری نیاز به حجم قابل توجهی از دانش درباره گیاه، اقلیم، خاک و آب دارد. بهبود کارایی مصرف آب در بخش کشاورزی به طرق گوناگونی انجام می شود که آنها را می توان به ۲ گروه کلی تقسیم نمود: الف - روش های فنی - زراعی و ب - روش های سازمانی - مدیریتی. یکی از مهمترین روشهای مدیریتی و زراعی در مصرف بهینه آب با توجه به بحث خشکسالی، تکنیک کم آبیاری یا deficit irrigation است که از موثرترین و عملی ترین راههایی است که می تواند حداقل آب مصرفی با عملکرد قابل قبول و اقتصادی را تعیین و توجیه نماید. کم آبیاری در واقع تعیین کننده حد مجاز کاهش عملکرد ناشی از کاهش آب مصرفی است. در مورد پدیده کم آبیاری تقریباً مهمترین عوامل مؤثر عوامل به زراعی و بهنژادای است همانند: الزام بررسی مجدد الگوهای کشت در شبکه های آبیاری و زهکشی، بررسی استعداد و پتانسیل

منطقه از نظر کشت محصولات در آمد زا یا جدید مثل کلزا، زیتون، گیاهان صنعتی و گل، آبیاری اولیه با فواصل زمانی کوتاه و متناسب با شرایط عمق توسعه ریشه گیاه و غیره [کشاورز و صادق زاده ۱۳۷۹].

اصلاح گیاهان برای مقاومت به تنش خشکی

با افزایش جمعیت، کشاورزی تنها ابزاری است که می تواند نیازهای غذایی بشر را برآورده سازد. از طرفی حدود ۲۶٪ از زمین های قابل کشت دنیا در مناطق خشک قرار دارند و در این مناطق، آب مهمترین عامل محدود کننده برای تولید گیاهان زراعی است. از این رو دانشمندان و محققین بخش کشاورزی برای افزایش تولید مواد غذایی به دنبال روشهای نوین می باشند، که در این رابطه منابع ژنتیک گیاهی حائز اهمیت بوده و توجه بیشتر دانشمندان به افزایش کمی و کیفی محصولات زراعی با استفاده از تغییر ساختار ژنتیکی گیاهان معطوف گردیده است. و در این راستا استفاده از روشهای کلاسیک اصلاح نباتات همراه با بکارگیری روشهای نوین اصلاح نباتات، نوید بخش می باشد [عبدمیشانی و بوشهری، ۱۳۷۶].

واریتهای زراعی حاصل گزینش چند هزارساله انسان از میان تودههای متنوع موجود در ارقام وحشی می باشند. عملکرد این واریتهها در نتیجه عوامل تنشزای زیستی و غیر زیستی (خشکی، شوری و....) همواره دستخوش تغییر و نقصان بوده است و این در حالی است که جمعیت جهان به شدت رو به تزاید است و موضوع تغذیه این جمعیت به یکی از بزرگترین دغدغههای دولت مردان و دانشمندان جهان تبدیل

شده است. خسارت ناشی از گرما و خشکی به گیاهان زراعی در مناطق گرم و کم باران امری عادی است، بنابراین در گیاهانی که در معرض شرایط نامطلوب قرار دارند، مقاومت به گرما و خشکی مهم می‌باشد و افزایش توان ژنتیکی گیاهانی که عملکرد خوبی در شرایط کمبود آب دارند یکی از اهداف اصلاح نباتات است [عبدمیشانی و بوشهری، ۱۳۷۶].

در واقع یکی از مهمترین روشهایی که عموم کشورهای پیشرفته جهت افزایش کارایی مصرف آب انجام می‌دهند استفاده از گیاهانی است که متحمل به تنش کم آبیاری است و به عبارتی دیگر یکی از مهمترین راهکارها حذف یا کاهش درصد کشت محصولات پر مصرف به لحاظ آب مصرفی به منظور ارتقای کارایی مصرف آب می‌باشد. این محصولات متحمل به کم آبیاری دارای این خصوصیت بوده که در صورت آبیاری کامل عملکرد خوبی نشان می‌دهند و در صورت کم آبیاری نیز افت محصول آنها خیلی کم می‌باشد. یکی دیگر از مزایای اینگونه ارقام یا ژنوتیپها آن است که در شرایط خشکسالی یا کمی بارش نیز افت محصول کمی داشته که خود سبب کاهش خسارت ناشی از خشکسالی (خسارت ناشی از برداشت آب از منابع آب زیرزمینی و سطحی و همچنین خسارت ناشی از کمبود تولید مواد غذایی) می‌گردد. امروزه با کمک علم ژنتیک و اصلاح نباتات ارقام متحمل به تنش کم آبیاری گوناگونی تولید شده است ولی مهمترین خصوصیات اینگونه ارقام آن است که برای هر منطقه با شرایط اقلیمی متفاوت ارقامی خاصی قابل استفاده و کاربرد جهت توصیه به بخش کشاورزی می‌باشد و در این تحقیق نیز قصد بر آن است که ارقام متحمل به تنش کم آبیاری برای شرایط آب و هوایی مورد مطالعه شناسایی و معرفی گردند [احمدی و جاویدفر، ۱۳۷۹].

اهمیت گیاه کلزا

بیش از ۹۰ درصد مصرف داخلی روغن‌های خوراکی کشور از طریق واردات تأمین می‌شود، به این لحاظ لزوم برنامه‌ریزی بلند مدت و منسجم، با هدف نیل به خودکفائی در تولید روغن خوراکی غیر قابل انکار خواهد بود. افزایش تولید روغن‌های خوراکی را می‌توان علاوه بر بهبود شیوه‌های کشت و اصلاح ارقام پر روغن، از طریق معرفی گیاهان روغنی که مناسب کشت در طبیعت کشور ایران باشند نیز تأمین نمود. دانه‌های روغنی پس از غلات، دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند. این محصولات علاوه بر دارا بودن ذخایر غنی اسید چرب، حاوی پروتئین نیز می‌باشند. دانه‌های روغنی با توجه به بازار وسیع مصرف و اهمیت بالا از لحاظ غذایی، در سطح ملی از اولویت خاصی برخوردار می‌باشند و از دیر باز بخش مهمی از کشاورزی کشورها را تشکیل داده و حتی برخی از آنها جزء اقلام عمده صادراتی کشورها محسوب می‌شده‌اند.

در بین دانه‌های روغنی، گیاه کلزا به عنوان یک گیاه مناسب برای کاشت در شرایط آب و هوایی ایران مورد توجه قرار گرفته است. این گیاه به خاطر بالا بودن درصد روغن دانه آن در ۲۰ سال اخیر از رشد قابل توجهی در مقایسه با گیاهان دیگر برخوردار بوده است. کلزا متعلق به جنس Brassica بوده و دارای چندین گونه مهم می‌باشد که یکی از مهمترین گونه‌های آن B.napus است. ویژگیهای منحصر به فردی از جمله، قابلیت کشت در نقاط مختلف کشور، درصد بالای روغن، کیفیت بالای روغن سبب شده است

که توسعه کشت این گیاه به عنوان نقطه امید جهت تأمین روغن خام مورد نیاز کشور به شمار رود [ناصری، ۱۳۷۰].

دانه کلزا به عنوان یکی از مهمترین دانه‌های روغنی، سهم بسزایی در تأمین انرژی غذایی جوامع بشری دارد. دانه کلزا حاوی ۳۰ الی ۵۰ درصد روغن می‌باشد [خواجه پور، ۱۳۷۰]. این روغن بسته به ترکیب اسیدهای چرب تشکیل دهنده آن دارای مصارف صنعتی یا خوراکی می‌باشد. با توجه به میزان وابستگی کشور به واردات روغن (حدود ۹۰٪) اهمیت پرداختن به تحقیقات در زمینه دانه‌های روغنی بیش از پیش آشکار می‌گردد. قابلیت رویش و رشد کلزا در دماهای پائین باعث شده که به عنوان یکی از معدود گیاهان زراعی روغنی بتوان آنرا در مناطق معتدله، ارتفاعات بالا و تحت شرایط نسبتاً خنک و به صورت پائیزه کشت نمود [عزیزی و همکاران، ۱۳۷۸]. بنابراین مشاهده می‌شود ویژگیهای این گیاه با شرایط کشور تا حدودی سازگار می‌باشد، به همین دلیل در چند سال اخیر توجه محققین به این امر معطوف شده است.

در استان لرستان سطح زیر کشت کلزا هر ساله رو به افزایش است به گونه ای که سطح زیر کشت این گیاه در سال ۸۲-۱۳۸۱ از حدود ۱۰۰۰ هکتار به حدود ۵۹۰۰ هکتار در سال ۸۶-۱۳۸۵ افزایش یافته است. بنا بر نظر کارشناسان امر پیش بینی می‌شود که در سالهای آینده سطح زیر کشت این گیاه به میزان بسیار زیادی افزایش یابد که از مهمترین علل این قضیه قیمت فروش مناسب دانه روغنی این گیاه، سرمایه گذاری کمتر در کشت این محصول، مکانیزه بودن بیشتر مراحل کشاورزی این گیاه و دوره رشد کوتاه آن است. قیمت تضمینی خرید هر کیلوگرم دانه روغنی کلزا در سال ۱۳۸۷ مبلغ ۴۰۰۰ ریال بوده

در حالی که در بازار آزاد مبلغ خرید و فروش حدود ۶۰۰۰ ریال می باشد. این قیمت خرید در مقایسه با قیمت خرید سایر محصولات زراعی برای کشاورزان بسیار به صرفه تر بوده و لذا همزمان با آشنایی بیشتر کشاورزان استان با زراعت و فوائد این گیاه جدید و غیر بومی در آینده با رشد فزاینده ای در کشت این محصول مواجه خواهیم شد (دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی). از طرفی این گیاه علاوه بر آب باران به حدود ۶-۷ دور آبیاری (۲ دور در پاییز و ۴-۵ دور در بهار و تابستان) نیاز دارد [شیرانی راد و دهشیری، ۱۳۸۱] و با توجه به این مطلب ضروری است که جهت معرفی ارقام با مصرف آب کمتر (متحمل به تنش کم آبیاری) متناسب با اقلیم منطقه اقدام لازم صورت گیرد تا برداشت آب از منابع آبی حتی المقدور کاهش یابد.

سطح عملکرد کلزا تحت تاثیر عوامل متعدد از جمله درجه حرارت، شوری و خشکی می باشد. کمبود آب میتواند اثر نامطلوبی بر عملکرد کلزا بگذارد، ولی این اثر به ژنوتیپ، مرحله رشد و نمو گیاه بستگی دارد. با توجه به اهمیت تولید روغن خوراکی در کشور و پتانسیل کلزا در این زمینه، لازم است که تحقیقات جامع تری در مورد این گیاه با ارزش در استان صورت پذیرد. مطالب گفته شده مبین توجه به مسائل مختلف محیطی در رسیدن به حداکثر تولید در کلزا را دارد. چون کلزا بومی ایران نبوده لذا بایستی وارته‌های وارداتی از نظر پتانسیل با توجه به شرایط کشور مورد ارزیابی قرار گیرند. در این تحقیق سعی بر آن است که عملکرد برخی ارقام مهم و جدید کلزا تحت شرایط تنش کم آبیاری مورد بررسی قرار گیرد و با مطالعه شاخص‌های تحمل یا حساسیت به خشکی، بدنال ژنوتیپ یا ژنوتیپهای متحمل، برای استفاده در برنامه‌های بعدی اصلاحی بوده تا در نهایت بتوانیم به جامعه کشاورزی استان ارقام متحمل به

تنش کم آبیاری (که نیاز به ۱ تا ۲ دور آبیاری کمتر دارند) ولی با عملکرد قابل را معرفی نمائیم. از طرفی روابط بین عملکرد با اجزای عملکرد و سایر خصوصیات مورفولوژیکال تحت شرایط تنش و غیر تنش مقایسه خواهند شد تا راهنمای مناسبی برای گزینش ارقام تحت شرایط تنش کم آبیاری در شرایط اقلیمی استان باشد.

درک عوامل گیاهی و محیطی و اثرات متقابل آنها که اثر عمده‌ای در رشد و عملکرد گیاهان دارند، می‌تواند موقعیتی را برای برنامه‌های تحقیقاتی مناسب فراهم آورند که دستاورد آن اصلاح گیاهان و بهبود مدیریت برای دستیابی به عملکرد بالاتر خواهد بود. در حال حاضر هیچ راه منطقی برای افزایش نزولات جوی در خلال دوره‌های خشکی وجود ندارد و بهترین راه مبارزه با خشکی همراهی با آن یعنی تولید ارقام و هیبریدهای دارای تحمل بیشتر خشکی و یا ارقام دارای توانایی اجتناب از آن می‌باشد. بنابراین اصلاح برای مقاومت به خشکی و افزایش راندمان مصرف آب در گیاهان امری اجتناب ناپذیر است [کانونی، ۱۳۷۷].

با توجه به اینکه گیاه کلزا یکی از مهمترین گیاهان روغنی جهان است و امروزه ارقام اصلاح شده بسیاری از این گیاه در کشورهای پیشرفته و بخصوص کانادا وجود دارد ولی تقریباً همگی ارقام مورد کشت و کار در کشور ما بصورت وارداتی از سایر کشورها و بخصوص از کانادا وارد می‌گردد. یکی از مهمترین مشکلات این ارقام وارداتی عدم سازگاری با منطقه مورد کشت و کار است و بعلاوه آنکه نوع تنشهای مناطق ما با تنشهای محیطی کشور تولید کننده آنها متفاوت است (مثلاً در کانادا تنش سرما مهمترین تنش است ولی در کشور ما تنش کم آبی مهمترین تنش محیطی است). منطقه خرم آباد منطقه

ای معتدل گرم است و در تابستان و بهار با کمبود آب مواجه می شویم، بنابراین مطالعه و معرفی ژنوتیپ های متحمل به تنش کمبود آب جهت کارهای اصلاحی و به زراعی امری ضروری می باشد. بر این اساس ضروری است که در شرایط آب و هوایی استان لرستان بهترین ارقام از نظر عملکرد قابل قبول ولی متحمل به تنش کم آبی انتخاب گردند تا هم زارعین بتوانند ریسک کشاورزی خود را پایین بیاورند و هم اینکه یک شروع مناسب و قوی برای توسعه کشت و زرع ارقام گیاهان روغنی و سازگار با استان باشد.

بر اساس آنچه که گفته شد در این تحقیق هدف مقایسه ارقام مختلف کلزا از نظر عملکرد و خصوصیات مختلف در شرایط تنش کم آبیاری و شاخصهای تحمل به تنش بود تا در نهایت ژنوتیپ های مطلوب از نظر تحمل به تنش کم آبیاری جهت شرایط آب و هوایی منطقه مورد مطالعه معرفی شوند. این مطلب ما کمک می نماید تا کشاورزی را در مناطق دارای کمبود منابع آبی گسترش داده و از طرفی به بهره وری و مصرف اقتصادی آب کمک نمائیم که خود گامی مهم به سوی کشاورزی پایدار و خودکفایی کشورمان است.

فصل دوم

کلیات و

بررسی منابع

فصل دوم

کلیات و بررسی منابع

۱-۱- خصوصیات گیاهی کلزا

کلزا با نام انگلیسی Rapeseed گیاهی از خانوادهٔ چلیپائیان (Cruciferae) و با نام علمی *Brassica napus* می باشد. این گیاه از تلاقی های متعدد بین جنس های *Brassica* و *Sinapis* حاصل گردیده است و تعداد کروموزومهای آن $2n=38$ می باشد [شهیدی و فروزان، ۱۳۷۶]. کلزا دارای ۲ تیپ مختلف می باشد: تیپ بهاره و تیپ پاییزه. که ارقام بهاره به دلیل دوره رشد کوتاهتر از عملکرد کمتری برخوردارند و در ضمن نیازی به بهاره سازی (ورنالیزاسیون) ندارند، در حالیکه ارقام پاییزه نیازمند گذراندن یک دوره سرما می باشند.

کلزا دارای یک ساقه اصلی مدور است که از آن شاخه های فرعی زیادی منشعب می شوند. ارتفاع نهایی بوته بین ۵۰ تا ۲۰۰ سانتی متر متغیر است و پس از به گل نشستن ساقه اصلی، رشد ساقه های فرعی آغاز می شود. در تراکم بالا تعداد شاخه های فرعی کم و ارتفاع آنها بیشتر می شود. شاخه ها از محل اتصال برگ به ساقه اصلی منشعب شده و به یک گل آذین ختم می شوند. برگ های کلزا به سه فرم چسبیده ساقه آغوش چسبیده معمولی و دارای دم برگ مشاهده می شوند. برگ های روزت اغلب بیضوی و چند قسمتی با یک لوپ بزرگ در راس برگ بوده و دارای دم برگ هستند. برگ های روزت و برگ های پائینی ساقه کمی کرک دارند ولی برگ های میانی و بالایی فاقد کرک و برگ لوپ هستند و لبه آنها ممکن است دنداندار و یا صاف باشد [شریعتی و قاضی شهنی زاده، ۱۳۷۹]. گل آذین به شکل خوشه بلندی است که در آن گلها از قسمت پایین خوشه شروع به شکفتن می کنند. کلزا گیاهی است عمدتاً خودگشن که میزان خودگشنی آن بیش از ۷۰٪ می باشد. گلها دو جنسی بوده و هر گل شامل ۴ کاسبرگ ۶ پرچم و مادگی دوبرچه ای می باشد. میوه کلزا غلاف یا به عبارت عامی خورجینی به طول ۵ تا ۱۰ سانتی متر است که فاقد کرک بوده و در انتها به یک منقار منتهی می شود. دو پرچم کوتاهتر از سایر پرچم هاست و رنگ گلبرگ ها از نارنجی تا زرد کم رنگ متغیر است. طول دوره گل دهی در شرایط آب و هوایی معمولی ۲۴ تا ۳۰ روز است [شریعتی و قاضی شهنی زاده، ۱۳۷۹].

اصولاً کلزا را می توان به چند دسته اساسی تقسیم کرد [شهیدی و فروزان، ۱۳۷۶]:

۱-۲-۱- کلزای سنتی^۱

که هنوز هم تولید می شود و حاوی ۶۰-۲۲٪ اسید اروسیک در روغن و ۲۰۵-۱۰۰ میکرومول گلوکوزینولات^۲ در هر گرم کنجاله می باشد که به ارقام دارای اسید اروسیک بالا (HEAR)^۳ معروفند.

۱-۲-۲- ارقام یک صفر^۴

معمولاً واریته های کانادایی هستند و میزان اسید اروسیک روغن آنها کمتر از ۵٪ و میزان گلوکوزینولات در کنجاله آنها ۲۰۵-۱۰۰ μm در هر گرم می باشد. این نوع کلزاها به ارقام دارای اسید اروسیک پایین معروفند (LEAR)^۵.

۱-۲-۳- ارقام دو صفر

این ارقام حاوی کمتر از ۲٪ اسید اروسیک هستند و میزان گلوکوزینولات کنجاله آنها ۳۰-۱۸ μm در هر گرم است. علامت دو صفر نشان دهنده این است که علاوه بر اسید اروسیک مقدار گلوکوزینولات آنها نیز با کارهای اصلاحی کاهش یافته است. رقم Tower اولین رقم کلزای دو صفر تولید شده می باشد [دهشیری، ۱۳۷۸].

۱-۲-۴- ارقام سه صفر

این ارقام حاوی حداقل میزان اسید اروسیک می باشند و از نظر مقدار فیبر نیز اصلاح شده اند و اصطلاحاً به آنها کاندل (Candle) میگویند.

۲-۱- اهمیت اقتصادی و موارد مصرف

افزایش اخیر در کشت و کار گیاه کلزا عمدتاً برای تولید روغن بوده است و باعث ایجاد تغییراتی در نواحی سنتی تولید این گیاه شده است. به طوریکه با ایجاد ارقام دو صفر و سه صفر که مقدار اسید اروسیک، گلوکوزینولاتها و فیبر آنها بر پایه ۲/۵٪ و ۳۵ μm در هر گرم تنظیم شده بود فصل تازه ای در تولید این گیاه گشوده شد. به نحوی که میزان

۱-Traditional Rapeseed

۲-Glucosinolate

۳-High Erucic Acid Rapeseed

۴-Single Zero

۵-Low Erucic Acid Rapeseed

تولید آن در جهان به نحو قابل توجهی روز به روز در حال افزایش است. که خود مبین اهمیت و توجه به این گیاه می باشد [شهیدی و فروزان، ۱۳۷۶].

گیاه کلزا به دلیل داشتن اهمیت غذایی ویژه در دنیای غرب مورد توجه اصلاح‌گران قرار گرفته است، بطوریکه کشورهای چین، کانادا، هند و کشورهای اروپایی نظیر فرانسه، آلمان و انگلستان در زمینه تولید این گیاه به پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای رسیده‌اند و در مجموع ۹۸/۴ درصد تولید جهانی کلزا را به خود اختصاص داده‌اند.

ویژگیهای خاص گیاه کلزا و سازگاری آن با شرایط مختلف آب و هوایی اهمیت این محصول را بیشتر نموده و به عنوان نقطه امیدی جهت تأمین روغن خوراکی مورد نیاز کشور به شمار آمده است. در این خصوص می توان به موارد زیر اشاره کرد :

- کلزا می تواند در تناوب با زراعت گندم و جو قرار گرفته و از تراکم بیماریها، آفات و علف های هرز بکاهد و باعث افزایش عملکرد محصول شود.

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

- در کشت پاییزه نیاز به آبیاری کمتری بوده و امکان استفاده از نزولات آسمانی پاییز و زمستان وجود دارد.
- کلزا دارای پتانسیل عملکرد بالا بوده و در بین دانه‌های روغنی از درصد روغن بالایی (۴۰ تا ۴۵ درصد) برخوردار است.

- در اراضی شالیزار بعد از برداشت برنج می توان از ارقام بسیار زودرس کلزا جهت کشت استفاده نمود.
- فصل رشد کلزا با سایر دانه‌های روغنی متفاوت بوده و زمانی که ظرفیت واحدهای روغن کشی خالی است این گیاه برداشت می‌شود.

- کلزا با تقدم برداشت در مقایسه با گندم زمینه لازم برای کشت دوم محصولات تابستانه را فراهم می سازد.
- با اعمال مدیریت صحیح و استفاده از روش های ساده، امکان کشت و برداشت آن در شرایط مختلف و با امکانات محلی وجود دارد.

- در توسعه صنعت زنبور داری نقش مهمی را می تواند ایفا کند.
- به علت پاییزه بودن برخلاف سایر دانه‌های روغنی بهاره در رقابت با محصولات پردرآمد بهاره قرار نمی‌گیرد.
- در مناطقی که در بهار به علت محدودیت آب و هم زمانی آبیاری محصولات بهاره با آخرین آب، مشکلاتی در آبیاری دارند می توان با کشت کلزا به ویژه ارقام زودرس این مشکل را حل نمود.
- با کشت ارقام زودرس کلزا در مناطق دیم که بارندگی پاییزه مطلوب دارند ولی در بهار با خشکی مواجه می باشند نتیجه بهتر از غلات عاید می‌گردد [شیرانی راد و دهشیری، ۱۳۸۱].

در حال حاضر کلزا از مهمترین دانه‌های روغنی تولید شده در جهان می باشد. دانه، روغن و کنجاله کلزا پس از

سویا بیشترین میزان تولید جهان را به خود اختصاص داده است. روغن کلزا در مقام مقایسه با روغن حاصله از دانه-های روغنی ممتاز آفتابگردان، ذرت و سویا به دلیل حضور اسیدهای چرب اشباع نشده و فاقد کلسترول از کیفیت تغذیه‌ای بالایی برخوردار است [شهیدی و فروزان، ۱۳۸۶].

بالاترین عملکرد دانه در واحد سطح کلزا متعلق به کشورهای اروپایی (فرانسه، آلمان، انگلستان و دانمارک) است. براساس آمار کشاورزی برای سال زراعی ۸۶-۸۵ سطح کشت کلزا در کشور حدود ۱۶۹ هزار هکتار است که ۵۳ درصد آن اراضی آبی و بقیه به صورت دیم بوده است. متوسط عملکرد دانه کلزا آبی در ایران ۲۲۸۹ کیلوگرم و در شرایط دیم ۱۹۰۶ کیلوگرم در هکتار بوده است. بیش از ۶۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی استان لرستان به کشت کلزا اختصاص داده شده و متوسط عملکرد دانه کلزای آبی در استان لرستان حدود ۱۲۲۶ کیلوگرم در هکتار است. کلزا در بین ۵ دانه روغنی تجارتي مهم، از نظر تولید دانه مقام دوم را با ۴۸ میلیون تن بعد از سویا در جهان داراست. همچنین کلزا از نظر عملکرد در واحد سطح جایگاه دوم را بعد از سویا به خود اختصاص داده است [آمار نامه کشاورزی سال زراعی ۸۶-۸۵].

۱-۳-۱- ترکیب شیمیایی دانه کلزا

دانه کلزا دارای ۴۰ تا ۴۸ درصد روغن در دانه و ۳۸ تا ۴۵ درصد پروتئین در کنجاله می‌باشد و میزان رطوبت آن حدود ۵ درصد است. نسبت اسیدلینولئیک به اسیدلینولنیک در روغن کلزا تقریباً ۱:۲ میباشد که برای مصرف انسان نسبت متعادلی بشمار می‌رود. کنجاله کلزا حاوی ۱۳ درصد فیبر می‌باشد. وجود مقدار نسبتاً زیاد فیبر در کنجاله یک عامل محدود کننده در استفاده از آن به عنوان خوراک دام محسوب می‌شود زیرا توان تولید انرژی در جیره غذایی را کاهش می‌دهد. پوسته کلزا تقریباً ۱۶/۵ تا ۱۸/۵ درصد وزن خشک دانه را تشکیل می‌دهد و ثابت شده است که رنگ پوست دانه کلزا با ترکیب شیمیایی دانه در ارتباط می‌باشد [شیرانی راد و دهشیری، ۱۳۸۱].

۱-۳-۲- تاریخچه و سابقه کشت

زراعت کلزا از حدود ۳۰۰۰ سال قبل در هندوستان رواج داشته است و از حدود ۳۵ سال قبل از میلاد از چین به ژاپن انتقال یافته است [دهشیری، ۱۳۷۸]. علی‌رغم اینکه قرن‌ها از روغن کلزا برای مصارف خوراکی در آسیا، شبه قاره هند و توسط مردم فقیر اروپا استفاده می‌شده است ولی استفاده گسترده از آن برای این منظور فقط بعد از جنگ جهانی دوم رواج یافت [عزیزی، ۱۳۷۸].

در ارتباط با موطن کلزا، خاستگاه این گیاه را به نواحی آسیا و اروپا نسبت داده اند چون زیر گونه‌های متعلق به شلغم روغنی به صورت وحشی از اروپای غربی تا چین پراکنده است بنابراین می‌توان گفت که این گیاه دارای دو موطن، یکی در ناحیه افغانستان و پاکستان و دیگری در ناحیه مدیترانه می‌باشد [دهشیری، ۱۳۷۸].

۱-۴- وضعیت بارندگی در ایران

درباره میزان بارندگی سالیانه ایران گزارش های متفاوتی ارائه شده است و به طور کلی میزان دقیق آن روشن نیست. آمارهایی که از طرف سازمان مدیریت و برنامه ریزی منتشر شده اند، میزان بارندگی طولانی مدت ایران را ۳۶۸ میلیارد متر مکعب در سال ذکر می کنند ولی وزارت نیرو میزان بارندگی را ۳۲۰ میلیارد متر مکعب و بعضی از مهندسین مشاور آن را تا ۴۰۰ میلیارد متر مکعب ذکر کرده اند. از طرفی در اکثر پروژه ها، بارندگی سالیانه ایران ۳۶۸ میلیارد متر مکعب منظور شده است. به طور کلی میزان بارندگی از شمال غربی به جنوب شرقی ایران کاهش می یابد. طبق آخرین آمار، متوسط ۳۰ ساله بارندگی ایران ۲۵۲ میلیمتر و حجم آن ۴۱۳ میلیارد متر مکعب تخمین زده شده است که کمی از یک سوم متوسط بارندگی جهان و یک سوم بارندگی آسیاست. بیشترین میزان بارندگی در طالش حدود ۲۰۰۰ میلیمتر و کمترین مقدار آن در کویر لوت حدود ۵۱ میلیمتر در سال ثبت شده است. در شمال غرب و غرب کشور میزان بارندگی سالیانه ۵۰۰ میلیمتر و در ارتفاعات سهند و سبلان به ۱۰۰۰ میلیمتر در سال می رسد. از کل اراضی ایران ۱۳٪ جزء مناطق خشک با بارندگی کمتر از ۱۰۰ میلیمتر و تنها ۱٪ جزء مناطق مرطوب با بارندگی بین ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ میلیمتر می باشند. بارندگی در ۹٪ اراضی ایران بیش از ۵۰۰ میلیمتر در سال و در ۷۴٪ اراضی کمتر از ۲۵۰ میلیمتر در سال است [فردادفر، ۱۳۶۹].

۱-۵- خصوصیات آب و نقش آن در گیاه

خصوصیات منحصر به فرد آب باعث شده تا این ماده از نظر بیولوژیک بسیار حائز اهمیت باشد. گرمای ویژه، گرمای نهان ذوب و تبخیر آب بسیار زیاد است. بنابراین تبخیر آن باعث خنک شدن و تقطیر شدنش باعث گرم شدن محیط اطراف می گردد. آب دارای چگالی و کشش سطحی زیادی است و به وسیله اجسامی مثل رس و سلولز که در سطح آنها تعداد زیادی اتم اکسیژن وجود دارد جذب می شود. همچنین آب حلال بسیار خوبی برای الکترولیت ها و مواد متعدد دیگر است. آب از نظر حیات و رشد گیاهان الزامی است و جزء اصلی پروتوپلاسم را تشکیل می دهد. حدود ۸۵ تا ۹۸ درصد وزن تازه اکثر بافت های سبز از آب تشکیل شده است. مقدار آب گیاه بسته به سن گیاه، بافت مورد نظر و محیط متفاوت است. آب برای بسیاری از فعالیت های گیاهی لازم است [سرمندیا و کوچکی، ۱۳۷۴]. به طور خلاصه نقش آب در گیاه عبارت است از:

- ۱- به عنوان یک ماده ساختمانی با هزینه متابولیک خیلی کم عمل می کند. سلول های گیاهان واکتول های خیلی بزرگی دارند که عمدتاً حاوی آب هستند که توزیع مقدار کمی ماده خشک را در یک سطح یا حجم بزرگ میسر می سازند. این امر کارایی گیاه را افزایش می دهد. بدین صورت که ریشه ها خاک گسترش بیشتری می یابند و شاخ و برگ از جو و انرژی خورشیدی بهتر استفاده می نمایند [کافی و دامغانی، ۱۳۷۹].
- ۲- آب به عنوان یک محیط جهت متابولیسم عمل می کند. 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 آوند های چوبی به برگها انتقال می

یابند. تبادلات گازی از طریق لایه نازکی از آب در داخل و خارج سلول های مزوفیلی صورت می گیرد و متابولیت ها در گیاهان به صورت محلول در آوند های آبکش حرکت می کنند. نیروی پیوستگی مولوکول ها این اجازه را به آب می دهد که بدون گسستن داخل لوله های آوند های چوبی به برگ های بلندتر درختان منتقل شوند [کافی و دامغانی، ۱۳۷۹].

۳- کاهش دادن نوسانات درجه حرارت. فقط حدود ۱٪ تشعشع خورشیدی رسیده به کانوپی گیاه در فتوسنتز به کار می رود و حدود نیمی 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 دامغانی، ۱۳۷۹]. همچنین آب با ایجاد آماس و تورم در سلول های گیاهی موجب بزرگ تر شدن آنها و شکل گیری ساختار گیاهی می گردد. وجود آب باعث آبگیری و خنثی کردن بار الکتریکی روی مولوکول های کلئیدی می گردد. در مورد آنزیم ها آبگیری موجب حفظ ساختمان آنزیم و تسهیل فرایندهای کاتالیزوری آنها می شود [سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۴].

۱-۷- تنش و تعریف آن

به هر عاملی که اثر منفی بر رشد گیاه بگذارد، اصطلاحاً تنش^۶ گویند [سینگ و سکسنا، ۱۹۹۴]. بنا به تعریف، تنش به هر عاملی که فرآیندهای زیستی را در موجودات زنده مختل سازد اطلاق می شود [بونرت و برسان، ۲۰۰۱]. در بیشتر موارد تنش به عنوان دور شدن از شرایط معمول زندگی و ایجاد تغییرات و واکنش هایی در کلیه سطوح عملکرد در نظر گرفته شده است، این تغییرات قابل برگشت بوده و یا ممکن است پایدار باقی بماند [لایچر، ۱۹۸۲]. تنش را نتیجه روند غیر عادی فرآیندهای فیزیولوژیک می دانند که از تأثیر یک یا ترکیبی از عوامل زیستی و محیطی حاصل می شود [حکمت شعار، ۱۳۷۲]. تنش در تعریفی دیگر عبارت است از هر عامل محیطی که به طور بالقوه برای موجود زنده نامساعد باشد [سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۴]. تنش دارای توان آسیب زایی است که به عنوان نتیجه یک متابولیسم غیر عادی روی می دهد و ممکن است به صورت افت رشد و عملکرد یا از دست رفتن گیاه یا بخشی از آن بروز کند. انحراف از شرایط بهینه محیطی به تنش منجر می شود [حیدری شریف آباد، ۱۳۸۴].

تنش های محیطی از عوامل محدود کننده تولیدات زراعی می باشد که با مختل ساختن متابولیسم طبیعی گیاه رشد را محدود و در نهایت ممکن است محصول را کاهش داده و یا به کلی از تولید آن جلوگیری نمایند [سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۴].

تنش دارای توان آسیب زایی است که به عنوان نتیجه یک متابولیسم غیر عادی روی می دهد و ممکن است به صورت افت رشد، عملکرد و مرگ گیاه بروز کند. تنش های محیطی در مزرعه به صورت عواملی مانند کمبود آب، مواد غذایی و درجه حرارت نامطلوب ظاهر می شوند. تنشها ممکن است از مقادیر بسیار خفیف تا شدید باشند و شدت آنها با مقدار انرژی که در اثر تغییر فرآیندها در سیستم زیستی وارد عمل می شود ارتباط پیدا می کند [شهیدی و

^۶ Stress

فروزان، ۱۳۷۵]. اگر تنش فراتر از محدوده تحمل گیاه باشد، آسیب واقعی و یا حتی مرگ رخ می‌دهد [کوچکی و بنائیان اول، ۱۳۶۵].

براساس پیشنهاد لویت [۱۹۸۰] تنش‌های محیطی به دو بخش اصلی تقسیم می‌شوند:

الف- تنش‌های زیستی: شامل حمله آفات و امراض به گیاهان.

ب- تنش‌های غیرزیستی یا تنش‌های فیزیکی و شیمیایی: که به پنج گروه اصلی تقسیم می‌شوند.

۱- باد ۲- مواد معدنی ۳- ترکیب‌های شیمیایی ۴- تشعشع ۵- آب و دما

. از آنجایی که رشد گیاهان زراعی و تولید محصولات تحت تأثیر تنش قرار دارد، لذا مسئله تنشها در کشاورزی و

به خصوص محصولات زراعی مهم جهان در چند دهه اخیر به عنوان یکی از ابعاد تحقیقاتی وسیع، نظر بسیاری از

محققان را به خود جلب کرده است. از طرف دیگر افزایش جمعیت جهان ایجاب میکند که مساحت بیشتری از

زمین‌های زراعی مورد استفاده تولیدکنندگان محصولات کشاورزی قرار گیرد که به دنبال این موضوع استفاده از اراضی

با مطلوبیت کمتر و یا استفاده از اراضی کوهپایه‌ای و حاشیه‌ای اجتناب‌پذیر است. در چنین وضعیتی خشکی، شوری و

سرما نمود وسیع‌تری را در کشاورزی از خود بروز داده‌اند و اختلاف قابل توجهی بین عملکرد واقعی و عملکرد

بالمقوه محصولات زراعی مشاهده می‌شود. در دهه آینده و توأم با افزایش جمعیت این تفاوت‌ها نیز آشکارتر و در

نتیجه توجه به تنش‌های محیطی در تولید افزایش می‌یابد. در کشور ما از میان مجموعه عوامل محیطی می‌توان به

شوری، خشکی و سرما به عنوان مهمترین عوامل تنش‌زای طبیعی اشاره کرد که تقریباً در ۹۰ درصد از اراضی زراعی

کشور یک و یا ترکیبی از این محدودیت‌ها وجود دارد. بنابراین می‌توان چنین اظهار داشت که اکثر نقاط دنیا و اغلب

گیاهان زراعی به نحوی تحت تأثیر نوعی تنش به خصوص تنش‌های محیطی قرار دارند.

۱-۸- تنش خشکی

علی‌رغم مطالعات و تحقیقات گسترده‌ای که هر ساله در مورد پدیده خشکی انجام می‌شود، تا کنون تعریف

دقیقی از خشکی ارائه نشده است. خشکی خطری برای تولید موفق محصولات زراعی در سراسر جهان است. در

شرایط خشکی مجموعه‌ای از عوامل فیزیکی و محیطی باعث تنش در گیاه شده و تولید را کاهش می‌دهند [سرمدنیا

و کوچکی، ۱۳۷۴].

خشکی یکی از متداول‌ترین تنش‌های محیطی در سرتاسر دنیا است که رشد و تولید گیاهان را از طریق تغییر

متابولیسم و تظاهر ژن‌ها تحت تأثیر قرار می‌دهد [لئوپولد، ۱۹۹۰]. خشکی یک عامل محیطی مهم محدود کننده تولید

محصول در دنیا است. کمیاب شدن منابع آب سبب شده است که تکامل ارقام زراعی با سازگاری بهبود یافته و

خشکی هدف مهمی در بسیاری برنامه‌های اصلاحی گیاهان شود [سیوامانیت و همکاران، ۲۰۰۰].

خشکی و تنش ناشی از آن از شایع‌ترین تنش‌های محیطی است که تقریباً تولیدات زراعی را در ۲۵ درصد از

زمین‌های کشاورزی جهان محدود می‌کند [هاشمی دزفولی و همکاران، ۱۳۷۴]. در دهه اخیر در زمینه تنش‌های گیاهی

حاصل از خشکی مطالعات زیادی صورت گرفته است. بکارگیری نتایج حاصل در برنامه‌های کلاسیک اصلاح نباتات با مشکلاتی روبرو بوده است علت این امر عمدتاً وجود اثر متقابل شدید بین ژنوتیپ و محیط ذکر شده که ارتباط صفات با هم و با عملکرد دانه را شدیداً دچار تغییر و تحول نموده و سبب بی‌اعتباری نتایج این گونه آزمایشات شده و رسیدن به نتایج قطعی را مشکل و عمدتاً غیر ممکن ساخته است [اشنایدر، ۱۹۹۲].

دانشمندان برای خشکی با گستردگی زیاد واژه‌های محدودی ارائه کرده‌اند که بیان‌گر پیچیدگی اثرات متقابل ژنوتیپ‌های گیاهی با کمبود آب می‌باشد. به طور کلی خشکی یک اصطلاح اقلیمی است و شاخص‌های مختلفی دارد و به معنای دوره‌ای است که در آن مقدار بارندگی کمتر از مقدار تبخیر و تعرق باشد. چون کمبود باران باعث تنش کمبود آب می‌شود، لذا واژه تنش خشکی برای مواردی که تنش در اثر عدم وقوع بارندگی مفید ایجاد شده بکار می‌رود. به عبارت دیگر تنش کمبود آب به صورت طبیعی مورد نظر است. اگر گیاه به طور مصنوعی در معرض کمبود آب قرار داده شود، در این صورت تنش ایجاد شده با واژه "تنش کمبود آب" توصیف خواهد شد. هرگاه در اثر خشکی هوا رطوبت گیاه به کمتر از ۵۰ درصد مقدار عادی خود برسد در این صورت گیاه دچار آب کشیدگی و چنان چه رطوبت داخلی گیاه کمتر از مقدار عادی خود ولی بالاتر از ۵۰ درصد باشد، در این صورت گیاه دچار پسابیدگی شده است. تنش خشکی را که موجب از دست دادن آب بصورت مایع گردد، تنش اسمزی می‌نامند [سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۴].

عدم توازن بین ذخیره آب در خاک و نیاز آبی گیاهان زراعی را خشکی نامید. در واقع پدیده خشکی عبارت است از ذخیره ناکافی رطوبت حاصل از بارندگی و یا کمی ذخیره رطوبت خاک برای رشد بهینه در گیاه. این حالت تابع اثر متقابل بین خاک، گیاه و عوامل جوی بوده و به صورت موقتی است [بلوم، ۱۹۸۷].

کرامر [۱۹۸۳] خشکی را به صورت فقدان یا کمبود نزولات در محیط گیاه تعریف می‌کند که بر اثر آن گیاه آسیب می‌بیند. به نظر وی میزان خسارات وارده، تابع نوع گیاه، ظرفیت نگهداری آب در خاک و شرایط جوی مؤثر و تبخیر و تعرق می‌باشد. گیبس [۱۹۷۵] خشکی را مترادف با کمبود آب به حساب می‌آورد و آن را مسأله عدم توازن عرضه و تقاضای گیاه در حصول آب ارتباط می‌دهد. از لحاظ هواشناسی، خشکی به یک دوره بدون بارندگی اطلاق می‌گردد که بر سه عامل ظرفیت خاک، تقاضای اتمسفری تبخیر و کارایی گیاه تأثیر می‌گذارد [جونز، ۱۹۹۲]. از دید یک متخصص فیزیولوژی گیاهی، خشکی بسیار فراتر از فقدان نزولات آسمانی است و در حقیقت مقوله‌ای است که حداقل از تلاقی هفت عامل تنش‌زای محیطی شامل قابلیت دسترسی اندک به رطوبت خاک، افزایش میزان تبخیر، دمای بالا، تابش شدید خورشید، سخت و نفوذناپذیر شدن خاک، عدم دسترسی به مواد غذایی و تجمع املاح در خاک فوقانی و پیرامون ریشه حاصل می‌گردد.

۱-۹- اثرات تنش خشکی بر روی گیاهان زراعی

تنش خشکی باعث اثرات قابل ملاحظه ای مانند صدمه به غشای سلولی می شود. کمبود زمانی در گیاه اتفاق می افتد که میزان تعرق بیشتر از جذب باشد. این امر ممکن است به علت اتلاف بیش از حد آب، کاهش جذب آب و یا هر دو باشد. بسته به مقدار کمبود آب درونی گیاه و مدت زمان آن می توان فرق بین پژمردگی ابتدایی، موقتی و دائمی را تشخیص داد. کاهش جزئی آماس سلولی که منجر به پژمردگی ابتدایی می شود تقریباً همه روزه در هوای گرم و خشک، حتی در شرایطی که خاک مرطوب است روی می دهد. در این حالت علائم پژمردگی قابل رویت به وجود نمی آید. تقلیل بیشتر آماس سلولی منجر به آویزان شدن برگ ها می شود. این پدیده که بعداً در تمام گیاه انتشار می یابد موجب کاهش رشد می شود. اگر پس از تأمین رطوبت، گیاه آماس خود را بازیابد این پدیده را پژمردگی موقت می نامند. اگر مدت پسایدگی طولانی تر شود پژمردگی دائمی به وجود می آید. در این حالت گیاه حتی در هوای اشباع از رطوبت نیز قادر به بازیافتن آماس خود نیست. تنش رطوبتی بر کلیه جنبه های رشد و نمو گیاه به میزان مساوی اثر نمی گذارد. بعضی از فرایندها نسبت به افزایش تنش رطوبتی خیلی حساس بوده، در حالی که سایر فرایندها کمتر تحت تأثیر تنش آب قرار می گیرند. حتی واریته های مختلف یک گیاه زراعی به خشکی اتمسفر به طور متفاوتی واکنش نشان می دهند. عملکرد نهایی گیاه ماحصل اثر تنش بر شدت، فتوسنتز، تنفس، فرایندهای متابولیک، زایشی و غیره می باشد [نانامی و همکاران، ۱۹۹۷].

تقسیم سلولی معمولاً در شرایط تنش آبی شدید و طولانی کاهش می یابد ولی اثر عمده کمبود آب را می توان روی حجم و اندازه سلول مشاهده نمود. بزرگی سلول به اختلاف پتانسیل آب بستگی دارد تا آب در سلولها انتقال یابد. کمبود آب باعث کاهش این اختلاف پتانسیل و جلوگیری از رشد می گردد [نانامی و همکاران، ۱۹۹۷].

کمبود آب انحراف متابولیسم گیاهی از حالت نرمال خود را القاء می کند [هاسیو، ۱۹۷۳]. فقدان آب بیوماس گیاهان و عملکرد آنها را تحت تأثیر قرار می دهد و مهمترین عاملی است که باعث عدم قطعیت در تولید محصولات کشاورزی می شود. تحت شرایط خشکی گیاهان عموماً پاسخ های فیزیولوژیکی از قبیل بستن روزنه ها، کاهش یا توقف فتوسنتز، افزایش نسبت ریشه به ساقه و کاهش قسمت های رویشی را نشان می دهند [سکنجی و همکاران، ۲۰۰۵].

علاوه بر این خشکی با تنش های شوری، سرما، دمای بالا، تنش ایجاد شده توسط اسید یا بازی بودن خاک، واکنش های پاتولوژیکی، پیری، رشد، تکامل، تخریب UV-B، جنین زایی، گل دهی، انتقال پیام و غیره ارتباط دارد. بنابراین خشکی تقریباً با همه جنبه های بیولوژی مرتب است [هانگ بو و همکاران، ۲۰۰۶]. ممانعت از رشد گیاهان در طول تنش خشکی عمدتاً به شدت تنش بستگی دارد و درجه ممانعت از رشد زمان واکنش بافت مورد نظر، نوع تنش (سریع یا تدریجی) و گونه گیاهی مورد نظر بستگی دارد [بارتلز و سانچار، ۲۰۰۵].

اثر تنش آب، به مرحله رشد گیاه در زمان وقوع تنش بستگی دارد. تنش در مرحله ابتدایی ممکن است تعداد سلولهای آغازین تشکیل شده را کاهش دهد. از طرف دیگر، اثر تنش در زمان گلدهی بسیار زیان آور است. به طور

کلی، اثر تنش آب، بجز در بحرانی ترین مواقع، بر عملکرد دانه نسبت به رشد کلی گیاه کمتر است [اسلچر، ۱۹۶۹].

جذب عناصر غذایی معدنی اغلب در گیاهان تحت تنش کاهش می یابد. کاهش جذب عناصر غذایی معدنی در گیاهان تحت تنش می تواند ناشی از تداخل جذب عناصر غذایی و مکانیزم های تخلیه و کاهش جریان تعرق باشد [برادفور و هیسائو، ۱۹۸۲]. تقریباً تمامی واکنش های سوخت و ساز تحت تأثیر کمبود آب در گیاه قرار می گیرند. کمبود شدید آب عموماً موجب کاهش فعالیت آنزیمی می گردد. با این وجود، این اثرات انتخابی هستند و به این معنی که وقتی پروتوپلاسم آب خود را از دست می دهد فعالیت برخی از آنزیم هایی که در ساختن مواد فعالیت دارند قبل از سایر آنزیم ها کاهش می یابد. در این حالت مقادیر بعضی از آنزیم های دیگر در اثر کمبود آب افزایش پیدا می کند. کمبود آب از طریق فعالیت آنزیم تجزیه کننده RNA سیستم اسید نوکلئیک را مختل می کند و پروتئین سازی که رابطه نزدیکی با فعالیت اسید نوکلئیک دارد را نیز به شدت تحت تأثیر قرار می دهد. این اثرات نامطلوب در ارقام حساس به خشکی نسبت به ارقام مقاوم بیشتر مشهود است [کوچکی و علیزاده، ۱۳۷۸].

۱۰-۱- تنش خشکی و روشهای مقابله با آن در گیاهان زراعی

اصولاً گیاهی را مقاوم به خشکی می نامند که قادر باشد در طول دوره تنش خشکی سبز مانده عملکرد قابل قبولی ارائه دهد [رایت، ۱۹۹۶]. می و میلر [۱۹۶۲] معتقدند مقاومت به خشکی عبارت است از قدرت یک گیاه که بتواند بدون اثر سوء بر عمل فتوسنتز تعرق کمتری داشته باشد و یا عبارت است از قدرت ریشه یک گیاه که بتواند آب را به مقدار بیشتر از تعرق گیاه جذب نماید. لذا گیاهان مقاوم به خشکی آنهایی هستند که قادرند در خلال شرایط تنش خشکی رشد کنند و از نظر اقتصادی محصول قابل قبولی تولید کنند.

نوع واکنش گیاه به تنش به ژنوتیپ، مدت و شدت از دست دادن آب، سن و مرحله نمو، اندام تحت تنش و نوع سلول بستگی دارد. تعیین پایه و اساس واکنش مشاهده شده در گیاه یکی از پیچیده ترین موضوعات در زیست شناسی بشمار می رود [جونز، ۱۹۹۲].

در مفهوم کشاورزی مقاومت به خشکی شامل توان تولید اقتصادی یک محصول در شرایط آب در دسترس محدود است و از دیدگاه زراعی می تواند به صورت تولید اقتصادی یک محصول در شرایط محدودیت آب تعریف گردد. محققین فیزیولوژی و اصلاح نباتات برای سازش نباتات با محیط خشک از پنج واژه زیر استفاده می کنند [سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۴].

۱۰-۱-۱- فرار از خشکی

ساده‌ترین راه سازگاری گیاه به شرایط خشک، فرار از خشکی است [سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۴]. فرار از خشکی بنا به تعریف، به توانایی گیاه زراعی برای تکمیل سیکل زندگی خود قبل از توسعه کمبود آب، اتلاق می‌گردد [گوپتا، ۱۹۸۶]. به عبارت دیگر فرار یعنی قابلیت یک گیاه در طی کردن مراحل فنولوژیک و رسیدگی قبل از این که تنش خشکی به صورت یک فاکتور محدود کننده جدی درآید. در طبیعت فرار از خشکی به وسیله نمو فنولوژیکی سریع بعد از باران و توسعه فاز زایشی در شرایطی که رطوبت مطلوب است، اتفاق می‌افتد [ترنر، ۱۹۸۶].

حساسیت نسبت به طول روز جهت فرار از خشکی زمانی مهم است که تولید زایشی گیاه منطبق با وقوع بارندگی بالا باشد [کانونی، ۱۳۷۷]. سینگ [۱۹۸۷]، سینگ و ساکسنا [۱۹۹۹] و جانسون و همکاران [۱۹۸۳] بیان داشتند که در محیط‌هایی با خشکی انتهایی گام اول در کاستن اثرات خشکی، کوتاه کردن دوره رشد است، به طوری که ژنوتیپ‌ها بتوانند از خشکی فرار کنند. توسعه لاین‌های زودرس بدین منظور است.

۱-۱۰-۲- مقاومت

توانایی یک گیاه برای بقاء، رشد و تولید عملکرد در حد رضایت بخش، در شرایط ذخیره آب محدود و یا تحت کمبودهای متوالی آب [گوپتا و همکاران، ۱۹۸۶]. از نظر تکاملی، مقاومت به خشکی عبارت است از توان زنده ماندن یک گونه از نسلی به نسل دیگر تحت شرایط آب قابل دسترس محدود. این تعریف بسیار فراتر از زنده ماندن از یک فصل تا فصل دیگر در یک دوره خشکی می‌باشد. مقاومت به خشکی در مفهوم کشاورزی شامل توان تولید اقتصادی یک محصول در شرایط آب قابل دسترس محدود می‌باشد. بدیهی است که تولید اقتصادی، همان ماهیت مورد نیاز برای زنده ماندن یک گونه را ندارد و اساساً بشر سعی در بدست آوردن عملکرد بیشتر از آنچه برای جاودانگی گونه مورد نیاز است دارد [عبدمیشانی و بوشهری، ۱۳۷۶].

لویت [۱۹۸۰] دو مکانیسم اصلی را که با آنها گیاهان به محیط‌های خشک سازگار می‌شوند را گریز از خشکی و مقاومت به خشکی می‌داند و اظهار می‌دارد که مقاومت حقیقی به خشکی دارای دو جزء است.

۱-۱۰-۳- تحمل

تحمل خشکی به قابلیت گیاه برای تحمل نوعی از کم آبی که به تدریج بروز کرده و با پتانسیل آبی گیاه بطور موازی ادامه می‌یابد گفته می‌شود [لویت، ۱۹۸۰].

۱-۱۰-۴- اجتناب از خشکی^۲

توانایی یک گیاه در نگهداری پتانسیل بالای آب در طی مدت خشکی را اجتناب از خشکی گویند [گوپتا، ۱۹۷۲]. یا توانایی نبات در نگهداری حالت‌های آزاد آب در منسوج خود در طول دوره خشکی را گویند. بنابراین گیاه بدین

وسیله از تنش و عواقب آن اجتناب می‌ورزد. این به دلیل خواص مرفولوژیکی و آناتومیکی گیاه بوده که در اثر فرآیند فیزیولوژیکی ناشی از خشکی به وجود آمده‌اند). کلارک [۱۹۷۸]. معتقد است در محیط‌هایی که تنش زیاد و مداوم در کل دوره رشد گیاه وجود دارد. مکانیزم‌های اجتناب مهم‌ترند و عمدتاً این مکانیزم‌ها آب را برای رشد زایشی گیاه ذخیره می‌کنند.

۱-۱۰-۵- بهبود از خشکی^۸

توانایی یک گیاه برای از سرگیری رشد و جبران عملکرد با حداقل خسارت، بعد از اتمام دوره تنش را بهبود خشکی می‌گویند [روزیل، ۱۹۸۱].

۱-۱۱- شاخص‌های مقاومت به خشکی

در دهه اخیر در زمینه تنش‌های گیاهی حاصل از خشکی مطالعات زیادی صورت گرفته است بکارگیری نتایج حاصله در برنامه‌های کلاسیک اصلاح نباتات با مشکلاتی روبرو بوده است. علت این امر عمدتاً وجود اثر متقابل شدید بین ژنوتیپ و محیط ذکر شده که ارتباط صفات با هم و با عملکرد دانه را شدیداً دچار تغییر و تحول می‌نماید [اشنایتر و همکاران، ۱۹۹۲].

هارد [۱۹۹۲] اولین کسی بود که مساله تهیه ارقام متحمل به خشکی را به روش انتخاب در شرایط تنش رطوبتی مصنوعی مطرح نمود و انطباق محیط آزمایش با اقلیم منطقه دارای تنش را شرط نهایی موفقیت در آزمایش دانست. بر طبق نظر فرناندز [۱۹۹۲]، ژنوتیپ‌ها را بر اساس عکس‌العمل عملکردشان به شرایط تنش می‌توان به چهار گروه تقسیم کرد:

(۱) ژنوتیپ‌هایی که تحت هر دو شرایط تنش و غیر تنش عملکرد بالایی تولید می‌کنند (گروه A). (۲) ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا تحت شرایط بدون تنش (گروه B) یا (۳) تنش (گروه C). (۴) ژنوتیپ‌هایی با نمود ضعیف در هر دو شرایط تنش و بدون تنش (گروه D). برای تشخیص ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی چندین شاخص انتخاب بر اساس روابط ریاضی بین شرایط تنش و شرایط مطلوب پیشنهاد شده است [هانگ، ۲۰۰۰].

۱-۱۱-۱- شاخص حساسیت به تنش (SSI)

بین عملکرد در شرایط نرمال رطوبتی و شاخص حساسیت به خشکی (SSI) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. هر چه میزان شاخص SSI کمتر باشد نشان‌دهنده حساسیت کمتر ژنوتیپ مورد نظر به تنش می‌باشد [فیشر و موروثر، ۱۹۷۸]. SSI اولین شاخصی است که توسط فیشر و موروثر در سال ۱۹۷۸ پیشنهاد گردیده و محاسبه آن به صورت زیر است:

^۸- Drought Recovery

$$SSI = \frac{\left[1 - \frac{Y_S}{Y_P} \right]}{D}$$

در این رابطه Y_S ، عملکرد تمام ژنوتیپ ها در شرایط تنش خشکی و Y_P ، عملکرد تمام ژنوتیپ ها در شرایط نرمال و D ، شدت تنش خشکی بوده که از رابطه زیر بدست می آید:

$$D = \left[1 - \left(\frac{\overline{Y_S}}{\overline{Y_P}} \right) \right]$$

$\overline{Y_S}$ = میانگین عملکرد تمام ژنوتیپ ها در شرایط تنش خشکی و $\overline{Y_P}$ = میانگین عملکرد تمام ژنوتیپ ها در شرایط غیرتنش پیشنهاد شده که SSI شاخص بسیار مفیدی در ارزیابی ژنوتیپ ها از نظر میزان تحمل به تنش خشکی می باشد [رامیرز و کلی، ۱۹۹۸]. هنگامی که ابزار و لوازم کافی جهت اندازه گیری و تجزیه و تحلیل میزان رطوبت در دست نباشد، این شاخص کمی سازی شدت تنش را به طور مفید و کارایی انجام می دهد [اشنایدر و همکاران، ۱۹۹۷].

۱-۱۱-۲ - شاخص تحمل به تنش فرناندز (STI)

شاخص STI معیار مناسبی برای تشخیص ژنوتیپ های سازگار با تنش است. هر چه مقدار STI بیشتر باشد نشان دهنده تحمل بیشتر نسبت به خشکی است. شاخص STI به نام "شاخص تحمل به تنش" معروف می باشد که محاسبه آن به صورت زیر است [فرناندز، ۱۹۹۲].

$$STI = \frac{(Y_P)(Y_S)}{(\overline{Y_P})^2}$$

۱-۱۱-۳ - شاخص بهره وری متوسط (MP)

با این شاخص می توان ژنوتیپ هایی که در شرایط مطلوب دارای عملکرد بالایی هستند اما عملکرد پایین در شرایط نامطلوب دارند را متمایز نمود. این شاخص برابر است با میانگین حسابی عملکرد در هر دو شرایط تنش و غیرتنش [روزیل و هامبلین، ۱۹۸۱].

$$MP = \frac{Y_P + Y_S}{2}$$

۱-۱-۴ - شاخص میانگین هندسی محصول دهی (GMP)

این شاخص به همراه شاخص STI معرفی شد و عبارت است از میانگین هندسی عملکرد در شرایط تنش و غیرتنش و مقدار آن به صورت زیر محاسبه می گردد [فرناندز، ۱۹۹۲].

$$GMP = \sqrt{Y_P \times Y_S}$$

۱-۱۱-۵ - شاخص میانگین هارمونیک

این شاخص عبارت است از میانگین همساز (هارمونیک) عملکرد در شرایط تنش و نرمال و فرمول محاسبه آن به صورت زیر می باشد:

$$Harm = \frac{2}{\frac{1}{Y_P} + \frac{1}{Y_S}}$$

۱-۱۱-۶- شاخص تحمل (TOL)

مقدار این شاخص برابر است با اختلاف عملکرد در شرایط تنش و شرایط غیرتنش. واضح است که هر چه اختلاف این دو مقدار کمتر باشد نشانه پایداری بیشتر ژنوتیپ می باشد. به عبارت دیگر با نزدیک شدن مقادیر عملکرد در شرایط نرمال و تنش به یکدیگر شاخص تحمل (TOL) کاهش یافته که این موضوع بیانگر حساسیت کم می باشد. برعکس چنانچه مقدار Y_P اختلاف زیادی با مقدار Y_S داشته باشد مقدار شاخص TOL افزایش یافته و این حالت نشان دهنده حساسیت بالایی باشد [روزیل و هامبلین، ۱۹۸۱]. مقدار شاخص TOL به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$TOL = Y_S - Y_P$$

۱-۱۱-۷- شاخص پاسخ به خشکی (DRI)

با برآزش یک رگرسیون چندگانه از عملکرد دانه در شرایط تنش بر روی عملکرد در شرایط نرمال و تعداد روز تا گلدهی برای تمام ژنوتیپ ها، شاخص جدیدی را محاسبه نمودند که به نام "شاخص پاسخ به خشکی" معروف است. از این شاخص برای تمایز بین مکانیزم های فرار و تحمل استفاده می شود [روزیل و هامبلین، ۱۹۸۱]. این شاخص به صورت زیر محاسبه می شود:

$$DRI = \frac{(Y_A - Y_{ES})}{S_{ES}}$$

Y_A = عملکرد واقعی (yield Actual) برای رقم در شرایط تنش

Y_{ES} = عملکرد تخمینی توسط رگرسیون چندگانه در شرایط تنش

S_{ES} = اشتباه استاندارد رگرسیون چندگانه

مثبت شدن مقدار DRI بدان معناست که تحمل به خشکی از اثرات پتانسیل عملکرد و تعداد روز تا گلدهی مستقل می باشد.

۱-۱۲- اصلاح برای مقاومت به خشکی

مقاومت به خشکی موضوعی است که در بسیاری از برنامه های به نژادی مورد ارزیابی قرار گرفته است، ولی موفقیت در این زمینه محدود بوده است. یکی از بزرگترین مشکلات مقاومت به خشکی پدیده چندگانگی آن است.

هم چنین به نظر می‌رسد بسیاری از صفات مرتبط با تحمل یا مقاومت به خشکی توارث کمی داشته و به وسیله تعدادی ژن کنترل می‌گردند [عبدمیشانی و بوشهری، ۱۳۷۶].

پیشرفت و توسعه ژنتیکی برای تحمل به تنش در گیاهان زراعی نیازمند تشخیص مکانیسم های فیزیولوژیک مناسب تحمل در تنش و آزمایش برای چنین مکانیسم هایی است. انتخاب برای مکانیسم تحمل به خشکی در برنامه های اصلاحی به دلیل عدم وجود استراتژی و روش های آزمایشی مناسب با محدودیت روبرو می‌باشد [تائب، ۱۳۷۳]. با اینکه کاشت کلزا و خردل در سطح وسیعی از مناطق خشک انجام می‌گیرد، متأسفانه اقدامات چندانی در زمینه اصلاح و تولید واریته های مقاوم یا متحمل به خشکی اجرا نشده است [کومار و ساچان، ۱۹۹۱]. مکانیسم فیزیولوژیکی تحمل به تنش ها تا حد زیادی مبهم است و مجموعه ای از فرایندهای متابولیکی گیاه تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرد. این امر موجب دشوار ساختن گزینش جهت افزایش تحمل به این تنش ها در اصلاح نباتات می‌گردد. بنابراین تحمل به تنش های محیطی تحت تأثیر ژن های متعددی که در کل ژنوم گیاه پراکنده هستند، صورت می‌گیرد [تائب، ۱۳۷۳]. مکانیسم های مختلفی که جهت سازگاری گیاه با تنش های محیطی تکامل یافته است در چهار گروه رشدی، ساختمانی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی طبقه بندی می‌شوند. فتوتیپ کلی گیاه شاخص ضعیفی از پتانسیل ژنتیکی آن در ارتباط با تنش های محیطی می‌باشد. با توجه به این که تحمل به تنش های محیطی پلی ژنیک می‌باشند، صفات فیزیولوژیکی مهمی که می‌توانند نقش مثبتی را در ارتقاء تحمل ایفا کنند، ممکن است توسط دیگر صفات پوشیده شده و غیر قابل تشخیص گردند [تائب، ۱۳۷۳].

مشکل اصلی در روش های رایج، استفاده از صفت پیچیده عملکرد به عنوان شاخص اصلی گزینش و به کار گیری محیط های نامحسوس بیولوژیک در جهت نیل به یک ثبات عمومی است. مشکل دیگر این است که توارث پذیری عملکرد در شرایطی که عملکرد کاهش می‌یابد (مانند شرایط تنش) تقلیل پیدا می‌کند. ژنوتیپ های انتخاب شده که عملکرد خوبی در شرایط تنش و در یک چرخه از گزینش نشان می‌دهند، ممکن است در چرخه بعدی به همان خوبی تظاهر پیدا نکنند، زیرا بخش بزرگی از تنوع ظاهری موجود در جمعیت تحت تنش، ژنتیکی نبوده و ناشی از محیط است. بنابراین در اجرای یک برنامه مؤثر اصلاحی برای مقاومت به خشکی علاوه بر معیار عملکرد باید از معیار های گزینشی فیزیولوژیک نیز به عنوان مکمل ارزیابی ها استفاده گردد [عبدمیشانی و بوشهری، ۱۳۷۶].

به نظر می‌رسد که عملی ترین و اقتصادی ترین روش کاهش دادن اثرات تنش، مقاومت گیاه میزبان به تنهایی و به عنوان جزئی از یک استراتژی کنترل تلفیقی باشد. اما اصلاح کنندگان نباتات توجه زیادی به توسعه ارقام مقاوم به یک تنش واحد برای بهینه کردن سیستم های زراعی تحت کشت معطوف کرده اند و در بیشتر پژوهش های به نژادی، فقط افزایش عملکرد مد نظر بوده و سایر صفاتی که می‌توانند در مقاومت به خشکی و در نتیجه به صورت غیر مستقیم در افزایش عملکرد مؤثر واقع شوند چندان مورد توجه قرار نمی‌گیرند [کرامر، ۱۹۸۰].

اصلاح گیاهان مقاوم به تنش که بتوانند تحت شرایط تنش شدید جوانه زده و رشد کنند و عملکردی برابر و یا قابل مقایسه با ارقامی داشته باشند که تحت شرایط مطلوب رشد می کنند، انتظاری نامعقول می باشد و تلاش متخصصین اصلاح نباتات در ایجاد ارقامی است که کمترین کاهش عملکرد را در شرایط متوسطی از تنش دارا باشد. در روش های کلاسیک، تولید ارقام بهتر برای شرایط خشک، بر مبنای گزینش گسترده و آزمون عملکرد در شرایط متفاوت محیطی با استفاده از ابزارهای بیومتری است. طرح های آماری و بیومتری خیلی پیچیده با دو مسئله اساسی روبرو هستند. اول اینکه توارث عملکرد که معیار عمده گزینش در این قبیل برنامه هاست پیچیده می باشد زیرا عملکرد توسط فرایندهای متعدد فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و متابولیک که تا حد زیادی ژنتیک آنها و حتی وابستگی واقعی آنها به عملکرد گیاه مشخص نیست، تعیین می شود. دوم اینکه از نظر بیولوژیک تعریف مناسبی از محیطی که در آن ژنوتیپها آزمون شده و ثبات شان اندازه گیری می گردد ارائه نشده است [عبدمیشانی و بوشهری، ۱۳۷۶].

بلوم [۱۹۸۳] برای اجتناب از این مشکل راه حل ظریفی را پیشنهاد کرده است. وی نتیجه می گیرد که در به نژادی برای افزایش مقاومت به خشکی نباید از عملکرد به عنوان یک شاخص گزینش انحصاری استفاده شود زیرا این روش هزینه زیادی داشته و برای آزمونها و ارزیابی های مربوط بخره دوره زمانی طولانی نیاز دارد. استفاده مستقیم از برخی صفات فیزیولوژیک در گزینش برای مقاومت به خشکی باعث تأثیر بر عوامل ایجاد کننده پایداری عملکرد می شود.

بررسی منابع (مروری بر روی کارهای گذشته)

بخش عمده تولید کلزا در دنیا تحت شرایط دیم صورت می‌گیرد، بنابراین واکنش آن به تنش کم آبی مهم می‌باشد. در کشور ما نیز با توجه به متغیر بودن بارندگی در سالها و مناطق مختلف کشور و این موضوع که حدود ۷۰ درصد زمین‌های زیر کشت ایران در مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارد، لذا انتخاب نباتات متحمل به خشکی از جمله کلزا حائز اهمیت می‌باشد. با وجود این، تحقیقات چندانی در خصوص عکس العمل کلزا به تنش آبی در کشور انجام نشده است [شهیدی و فروزان، ۱۳۷۶].

گیاه کلزا نیاز آبی به نسبت بالایی داراست و نیازمند مقادیر زیادی آب برای فتوسنتز و انتقال مواد غذایی است. کلزا اصولاً به هنگام جوانه‌زنی و در مرحله رشد غلافها حساس به خشکی است. خشکی خاک در مرحله جوانه‌زنی مانع از آماس بذر آن می‌شود، در نتیجه سبز شدن آن به تعویق افتاده و صدمات زیانبار به مراحل رشد بعدی آن وارد می‌گردد [کیمبر و مک گرگو، ۱۹۹۵].

ارقام پاییزه کلزا تحمل قابل ملاحظه‌ای نسبت به خشکی دارند و احتمالاً عوامل مؤثر بر تحمل سرما و تحمل خشکی مشابه بوده و این دو صفت دارای همبستگی مثبت و معنی داری هستند [ریچاردز، ۱۹۷۸]. موریسون و استوارت [۲۰۰۰] در مطالعه‌ای که بر روی سه گونه جنس براسیکا (*B. napua*, *B. juncea*, *B. rapa*) داشتند نشان دادند که هر سه گونه با افزایش تنش خشکی در طی گلدهی عملکرد دانه را کاهش داده و این کاهش اصولاً مرتبط با کاهش در تعداد گل، تعداد و اندازه دانه است.

کجدی [۱۹۹۴] تغییرات درصد روغن و عملکرد روغن دانه و نیز ارتباط بین روغن و پروتئین را در ۲۱ رقم کلزا تحت شرایط آبیاری و بدون آبیاری مورد بررسی قرار داد و نتیجه گیری کرد که میانگین عملکرد دانه و عملکرد روغن در اثر آبیاری افزایش می‌یابد.

در یک تحقیق مشابه، نتایج نشان داد که تنش خشکی در کلزا باعث کاهش محتوای روغن و عملکرد دانه می‌شود در حالی که محتوای پروتئین افزایش می‌یابد [سیناکی و همکاران، ۲۰۰۷]. بررسی اسمیت و همکاران [۲۰۰۳] در واکنش کلزا به دو تیمار آبیاری شامل بدون آبیاری و آبیاری شده نشان داد که عملکرد روغن تحت تیمار آبیاری به طور متوسط ۱۶۸۰ کیلو گرم در هکتار بوده، در حالی که در کلزای تحت تنش خشکی تنها ۸۳۵ کیلو گرم در هکتار به دست آمده است.

کیمبر و همکاران [۱۹۹۵] به نقل از مندهام و سالیسبوری گزارش کردند تنش اولیه آب در مرحله رشد غلافها، تعداد آنها را تحت تاثیر قرار می دهد در حالیکه تنش در زمان دیرتر بر تعداد بذر در غلاف اثر دارد. تحقیقات والتون و همکاران [۲۰۰۴] کمبود رطوبت خاک بعد از شروع گلدهی را عامل پنجاه درصدی عملکرد عنوان کردند و علت اصلی این وضعیت را کاهش شدید تعداد غلاف در بوته ی کلزا دانستند.

تسفاماریام [۲۰۰۴] درآزمایش بررسی اثرات تنش خشکی بر شاخص های رشد در گیاه کلزا مشاهده کرد با اعمال تنش در مرحله گلدهی، شاخص سطح برگ به پایین ترین سطح رسید و تا اواسط پر شدن دانه، در همین سطح باقی ماند. مطالعات شیرانی راد [۱۳۷۹] نشان داد که در کلزای پاییزه بعد از پایان دوره روزت، با شروع رشد مجدد، وزن خشک به سرعت افزایش یافته که این افزایش به صورت خطی می باشد و حداکثر وزن خشک در مرحله پر شدن دانه به دست می آید اما بعد از آن با زرد شدن و ریزش برگ ها وزن خشک کل گیاه کاهش نشان می دهد. تنش خشکی در طول دوره زایشی منجر به کاهش تعداد دانه در غلاف و کم شدن وزن دانه در طول دوره پر شدن دانه می گردد [خادمی و همکاران، ۱۳۷۹].

قبادی و همکاران [۲۰۰۶] در آزمایشی که به منظور اثر تنش خشکی بر روی سه رقم کلزا PF-۷۰۴۵/۹۱، Heros و ۳۰۸ Hyola انجام گرفت، گزارش نمودند که تنش خشکی سبب کاهش معنی دار عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و همچنین کاهش در برخی صفات فیزیولوژیکی از قبیل RWC و مقدار کلروفیل برگ می گردد. درآزمایشی که به منظور ارزیابی تنش خشکی بر ارقام مختلف کلزای پاییزه انجام شد نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش در شاخص های LAI، CGR و NAR می گردد [ملک ثابت و همکاران، ۲۰۰۶]. درآزمایشی که به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر روی ده رقم کلزای بهاره انجام شد نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی دار عملکرد بذر، وزن هزار دانه، تعداد بذر در غلاف و همچنین کاهش در برخی از صفات فیزیولوژیک از قبیل RWC و میزان کلروفیل گردید [دانشمند، ۲۰۰۶].

به گزارش مندهام و سالیسبوری [نقل از پوزت، ۱۹۹۵] تامین آب در شروع مرحله رشد خورجین ها ضروری است و تنش آبی در ابتدای دوره رشد خورجین ها، تعداد آنها را تحت تاثیر قرار می دهد. در حالیکه تنش آب در مراحل بعدی بر تعداد دانه در خورجین اثر دارد. تنش آب روی کیفیت دانه تاثیر عمده ای نداشته است ولی تنش در طول مرحله گلدهی می تواند میزان دانه را کاهش دهد.

عملکرد و اجزای عملکرد کلزا و خردل هندی در سطوح مختلف کمبود آب خاک توسط رایت و همکاران [۱۹۹۵] مورد مقایسه قرار دادند. در شرایط کمبود آب، خردل هندی در مقایسه با کلزا ماده خشک بیشتری تولید کرد که این

تفاوت در بیشترین کمبود آب، حداکثر بود و در شرایط حداقل کمبود آب، تفاوتی از لحاظ عملکرد وجود نداشت. همچنین درصد روغن و پروتئین دانه در شرایط تنش در هر دو گونه بطور یکسان تحت تاثیر قرار گرفت.

به گزارش می و همکاران [۱۹۹۴] از بین بردن تنش خشکی بوسیله آبیاری در طی مرحله پر شدن دانه میزان اسیدهای چرب آزاد را در رقم گلوبول کاهش داده است. بر طبق اظهارات پوزت [۱۹۹۵] آبیاری درست پیش از مرحله گلدهی می تواند تعداد خورجین را افزایش دهد (بجز زمانی که خشکی شدت می گیرد). تعداد دانه در خورجین و تعداد خورجین نسبت به هم خاصیت جبرانی معکوس دارند. براساس گزارش دهشیری و احمدی [۱۳۷۷] تنش خشکی اولیه قبل از اردیبهشت ماه اثر کمی بر روی عملکرد کلزای پاییزه به جای گذاشت، اما تنش خشکی در طول دوره گلدهی تا ۳۰ درصد ظرفیت مزرعه، وزن ماده خشک تولید شده را تا ۲۰ درصد کاهش داد. تنش خشکی تعداد شاخه‌ها و تعداد خورجین‌ها را کاهش داد اما وزن دانه بعلاوه محدودیت ظرفیت مخزن افزایش یافت.

بر طبق اظهارات کلارک و مک گیگ [۱۹۸۲] مقاومت بیشتر کلزا به تنش آب، با پتانسیل اسمزی بالاتر، دمای برگ کمتر و جذب بیشتر CO_2 (کربن ۱۴) در شرایط تنش همراه بوده است. امیری اوغان و همکاران [۱۳۸۳] گزارش نمودند، که در گیاه کلزا کلیه شاخص‌های مقاومت به تنش خشکی به جز شاخص پاسخ به خشکی دارای همبستگی مثبت و معنی داری با عملکرد دانه در شرایط نرمال بودند. در حالی که در شرایط تنش خشکی عملکرد دانه تنها با شاخص‌های تحمل به تنش و متوسط بهره‌وری همبستگی مثبت و معنی داری داشت.

موریسون و استوارت [۲۰۰۳] در مطالعه ای که بر روی سه گونه کلزا (*B. rapa*, *B. junica*, *B. napus*) داشتند نشان دادند که هر سه گونه با افزایش تنش خشکی در مرحله گلدهی عملکرد دانه را کاهش داده و این کاهش اصولاً مرتبط با کاهش در تعداد گل، تعداد و اندازه دانه است. ریچاردز و تورلینگ [۱۹۷۸] نشان دادند که در شرایطی که تنش خشکی در مرحله گلدهی حادث شود تنها برتری *B. rapa* نسبت به *B. napus* این است که گلدهی آن حدود ۴ هفته زودتر شروع می شود. و این بدان معناست که بخش اعظم تولید ماده خشک در این گونه بعد از گرده افشانی یعنی در یک مرحله حساستر به خشکی، رخ می دهد. در گونه *B. napus* وقوع دیرتر گلدهی باعث می شود ذخایر بیشتری برای پر کردن دانه‌ها در شرایط تنش خشکی بعدی تولید گردد. همچنین ریچاردز [۱۹۷۸] اظهار داشت، تحمل گونه *B. napus* به تنش خشکی بیشتر است که این ناشی از خصوصیات مختلفی از جمله نسبت ریشه به تاج بالاتر، و توزیع بیشتر ماده خشک به دانه‌ها (به جای شاخه‌ها و دیواره غلاف؛ در بعد از گرده افشانی) می باشد.

دلخوش و همکاران [۱۳۸۵] در بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و برخی صفات زراعی و فیزیولوژیک ارقام کلزا گزارش نمودند اثر متقابل بین آبیاری و رقم روی تعداد خورجین در ساقه اصلی، تعداد خورجین در بوته و طول خورجین در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی دار می باشد.

عزیزی و همکاران [۱۳۷۸] اظهار داشتند که به نظر نمی آید که تنش خشکی تاثیر عمده ای روی کیفیت دانه داشته باشد ولی تنش خشکی در مرحله گلدهی محتوای روغن دانه را کاهش می دهد. نتایج تحقیق شکاری [۱۳۸۰] نشان داد که وقوع تنش خشکی در دوره رشد کلزا روند فنولوژیک گیاه کلزا را تحت تأثیر قرار داده و در نتیجه موجب

کاهش عملکرد نهائی گردید. بیشترین کاهش عملکرد دانه (۶۱٪) در مرحله ۵۰ درصد گلدهی تا ۵۰ درصد غلاف-دهی حادث شد. همچنین دی سوزا و همکاران [۱۹۹۷] گزارش دادند که تداوم تنش خشکی طی دوره پر شدن دانه، از طریق تسریع پیری، عملکرد را کاهش می دهد. مایلر و کورنیش [۱۹۸۷] اظهار داشتند که تنش خشکی موجب کاهش درصد روغن کلزا می شود. آلیاری و شکاری [۱۳۷۹] نشان دادند که نیاز آبی کلزا به طور تقریبی همانند گندم می باشد. در پاییز به علت خشک بودن زمین، تأمین رطوبت کافی برای جوانه زنی بذور از اهمیت ویژه ای برخوردار است. نظر بر اینکه اغلب بارندگی های اکثر استان های کشور در پاییز، زمستان و اوایل بهار اتفاق می افتد، کلزای پاییزه می تواند از رطوبت فصول یاد شده، استفاده نموده و احتیاجی به آب گران قدر تابستانه نداشته باشد.

یحوی تبریز و صدرآبادی حقیقی [۱۳۸۲] در آزمایش تأثیر آبیاری محدود بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم کلزای بهاره گزارش کردند که در تیمار آبیاری در زمان گلدهی، قسمتی از کاهش عملکرد دانه ناشی از کاهش عملکرد ماده خشک و قسمتی ناشی از کاهش شاخص برداشت بود. کاهش شاخص برداشت در این تیمار آبیاری، به طور عمده ناشی از کاهش تعداد دانه در غلاف بوده است. آنها همچنین اظهار داشتند که با توجه به اینکه در کلزا نیمی از ماده خشک کل گیاه در ساقه ها تجمع می یابد، لذا کاهش عملکرد در نتیجه تنش در مرحله ساقه دهی کاملاً قابل توجهی می باشد.

ملکی و سینکی [۱۳۸۴] گزارش کردند که با افزایش فواصل آبیاری، وزن هزاردانه و تعداد غلاف کلزا به طور معنی داری کاهش یافت ولی تعداد دانه در غلاف در فواصل مختلف آبیاری ثابت ماند. آنها دلیل این امر را به خصوصیات ژنتیکی ارقام و قابلیت جبران پذیری اجزای عملکرد در این گیاه ربط دادند. در صورتی که نتایج تحقیق دانشمند و همکاران [۱۳۸۳] حاکی از کاهش عملکرد دانه کلزا (۱۶٪) در شرایط اعمال تنش خشکی بوده که در این بین سهم تعداد دانه در غلاف (۱۸٪) و وزن هزاردانه (۱۸٪) در کاهش عملکرد دانه بیش از سایر اجزاء عملکرد بود. کلارک و سیمپسون [۱۹۷۸] گزارش کردند که آبیاری بر همه اجزای عملکرد کلزای بهاره اثر مثبت داشته، به طوری که در شرایط دیم عملکرد کمتر از یک تن ولی در شرایط فاریاب عملکرد بیش از ۲/۵ تن در هکتار تولید گردید. در این آزمایش تمامی اجزاء عملکرد گیاه تحت تأثیر تنش شدید کمبود آب قرار گرفته بودند. تورلینگ و ریچاردز [۱۹۷۸] اظهار داشتند که تنش خشکی به طور آشکار عملکرد دانه و اجزای آن را در ارقام مختلف کلزا تحت تأثیر قرار داده و اختلاف بین ارقام معنی دار بود. کجادی و پوکسای [۱۹۹۳] ضمن مشاهده اثر افزایش مقدار آب بر عملکرد دانه کلزا چنین بیان کردند که با افزایش مقدار و تعداد دفعات آبیاری، پروتئین در تمامی ارقام افزایش می یابد و این افزایش در ارقام با اسید اروسیک بالا بیشتر از ارقام دو صفر می باشد.

کومار و الستون [۱۹۹۳] با کاشت دو گیاه کلزا و خردل هندی در ظروف کشت و قطع آبیاری ۲۴ ساعت پس از انجام جوانه زدن تا زمان رسیدن ظرفیت رطوبت خاک به ۷۰ درصد، مشاهده نمودند که سطح برگ در هر دو گونه کاهش می یابد. در مجموع توسعه برگ در کلزا در ادامه تنش خشکی آهسته تر از خردل می باشد. نتایج حاصله از پژوهش رایت و همکاران [۱۹۹۵] نشان داد که کمبود آب در کلزا و خردل هندی سبب کاهش شدید ماده خشک می -

گردید. اما در آزمایش آنها، کلزا، کاهش وزن خشک بیشتری را نسبت به خردل هندی نشان داد. ریچاردز و تورلینگ [۱۹۷۸] در تحقیقی روی کلزا مشاهده کردند که سطوح تنش آب وزن خشک کاه را بنحو معنی‌داری کاهش داد. بررسی شکاری [۱۳۸۰] روی کلزا نشان داد که اثر سطوح تنش خشکی، زمان اعمال تنش و اثر متقابل آنها بر روی وزن خشک ساقه معنی‌دار گردیده است. کمترین وزن خشک ساقه در اثر اعمال سطح تنش ۳۰٪ آب قابل دسترس در مقاطع زمانی ساقه‌دهی و گلدهی و پس از آن در مرحله غلاف‌دهی ایجاد شد. نتایج تحقیق دویودی [۲۰۰۷] نیز نشان می‌دهد که تنش رطوبتی به تنهایی موجب کاهش معنی‌دار فتوسنتز کلزا گردید در صورتی که در شرایط تنش رطوبتی، CO_2 القاء شده سبب افزایش معنی‌داری در میزان فتوسنتز برگ هر دو وارسته تحت آزمایش شده است. ولی مطابق نظر مینگوا [۱۹۷۴] مرحله نمو دانه کلزا، حساسترین مرحله رشد این گیاه به تنش آب بود. در این زمان تعداد دانه در غلاف توسط تعداد غلاف، قابل دسترسی بودن آب، مواد فتوسنتزی و مواد معدنی تعیین می‌گردد. گیلیند و هانگ [۱۹۹۷] با مطالعه اثر زمانهای مختلف تنش خشکی در کلزای بهاره نتیجه‌گیری کردند که مرحله طویل شدن غلاف، مرحله حساس به کم‌آبی است ولی بیشترین حساسیت در مرحله گلدهی اتفاق می‌افتد و تأمین رطوبت مناسب طی دوره گلدهی و گرده‌افشانی، نقش مهمی در افزایش عملکرد ایفا می‌کند. کورت و ویلیامز [۱۹۸۳] با آزمایش روی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف زایشی گیاه سویا مشاهده کردند که بروز تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه از طریق کاهش دوره رسیدگی موجب افت وزن دانه می‌شود. ضمن اینکه در مرحله نمو دانه سبب کاهش معنی‌دار وزن دانه شده، ولی تفاوت معنی‌داری در تعداد دانه در غلاف مشاهده نگردید. نیلسن و جانیک [۱۹۹۶] شرح دادند که اصولاً کلزا گیاهی حساس به خشکی بوده و حداکثر حساسیت آن مرحله گلدهی و حداقل آن در مرحله رشد رویشی است. براساس آزمایش‌های کروکمن و هابس [۱۹۷۵] شلغم روغنی در مراحل آخر نمو به آبیاری واکنش نشان می‌دهد و این واکنش به تدریج افزایش می‌یابد. بر اثر آبیاری سطح برگ‌ها و غلافها و دوام آنها افزایش پیدا می‌کند، ولی افزایش عملکرد دانه بیشتر از افزایش این صفات می‌باشد. این امر حاکی از این واقعیت است که بر اثر آبیاری کارایی فتوسنتز در واحد سطح افزایش می‌یابد.

جنسن و همکاران [۱۹۹۶] نیز گیاه کلزا را در دو تیمار جداگانه خشکی در مراحل رویشی و زایشی مورد آزمایش قرار دادند و نتیجه گرفتند که تقاضای کم‌تبخیری (۲ تا ۴ میلی‌متر در روز) عملکرد دانه و روغن را به طور معنی‌دار تحت تأثیر قرار نمی‌دهد، در حالی که تقاضای بالای تبخیری (۴ تا ۵ میلی‌متر در روز) در هر دو مرحله رشد، موجب کاهش عملکرد دانه و روغن گردید. طی یک تحقیق دیگر حداکثر عملکرد و میزان روغن دانه کلزا با انجام آبیاری در مراحل شروع گلدهی و تشکیل غلاف کلزا بدست آمد تورلینگ و ریچاردز [۱۹۷۸] اظهار داشتند که تنش خشکی به طور آشکار عملکرد دانه و اجزای آن را در ارقام مختلف کلزا تحت تأثیر قرار داده و اختلاف بین ارقام معنی‌دار بود. با بررسی عکس‌العمل ارقام کلزا به رژیم‌های مختلف رطوبتی، دهشیری و همکاران [۱۳۸۰] بیان کردند که آبیاری بر عملکرد دانه، تعداد دانه در غلاف و عملکرد روغن اثر معنی‌دار داشته ولی بر وزن دانه، تعداد غلاف و درصد روغن دانه اثر معنی‌دار نداشته است. روبینسون [۲۰۰۱] ذکر نمود که حداکثر محصول کلزا در ماکزیمم مصرف آب

تولید می‌شود و در دوره بحرانی رشد (مرحله رشد زایشی) نیاز آبی کلزا ۷ میلی‌متر در روز و حدود ۵۰ میلی‌متر در هفته است. مطالعه فوق همچنین نشان داد که آبیاری در زمان گلدهی بسیار مهم بوده و از تنش خشکی جلوگیری می‌نماید. هنگ و گیلیارد [۱۹۹۱] نتیجه گرفتند که در کلزا کاهش عملکرد زمانی اتفاق می‌افتد که رطوبت خاک طی دوره گلدهی تا رسیدگی دانه به ۵۰٪ میزان قابل دسترس برسد. آنها اظهار داشتند زراعت کلزا در مناطق با بارندگی سالانه کمتر از ۵۰۰ میلی‌متر نامطمئن است.

در طی تحقیقی با بررسی آبیاری کلزا در سه سطح ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درصد کاهش رطوبت قابل استفاده خاک، مشاهده گردید که بیشترین عملکرد دانه از تیمار آبیاری پس از ۵۰ درصد کاهش رطوبت قابل استفاده خاک حاصل گردید [سنگاکارا، ۱۹۹۳]. در طی تحقیق در اسپانیا از مقادیر آب آبیاری براساس ۳۰، ۵۵، ۱۰۰ و ۱۳۵ درصد تبخیر و تعرق برای تولید کلزا رقم میداس استفاده شد. این مقادیر آب به ترتیب سبب تولید ۲۶۶۰، ۲۶۹۰، ۲۳۴۰ و ۲۲۴۰ کیلوگرم دانه در هکتار گردیدند. تیمارهای T_3 و T_5 در این آزمایش نسبت به تیمارهای T_{100} و T_{135} عملکرد معنی‌داری داشتند [مونز و فرناندز، ۱۹۷۹]. نتایج تحقیق شیرانی‌راد [۱۳۸۰] در کرج نشان داد که دو تیمار آبیاری معمول شاهد (آبیاری براساس ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشت) و قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد در کلزا به ترتیب با میانگین ۴۸۱۲ و ۳۶۶۵ کیلوگرم در هکتار، بیشترین و کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند. در آزمایش راهنما [۱۳۸۲] نشان داد که ارقام کلزای زودرس‌تر با استفاده از سازوکار فرار از خشکی، دارای مقاومت بیشتر بوده و کمتر تحت تأثیر خشکی قرار گرفتند و اختلاف عملکرد آنها تحت شرایط مطلوب و خشک کمتر بود. تحقیق دهشیری و همکاران [۱۳۸۰] نشان داد که آبیاری تأثیری بر درصد روغن کلزا نداشت ولی در مطالعه دو ساله نیلسن [۱۹۹۷] میزان روغن کلزا طیفی از ۳۴ تا ۴۴ درصد برای تیمارهای مختلف رطوبتی داشت و با کمبود آب، درصد روغن دانه کلزا کاهش یافت. همچنین تعداد دیگری از پژوهشگران مانند مینگوا [۱۹۷۴]، مایلر و کورنیش [۱۹۸۷] و مایلر و راتن [۱۹۸۷] ثابت کردند که تنش خشکی در طی دوره رسیدگی کلزا می‌تواند غلظت روغن را در دانه متاثر سازد. بوچرو و کلاسیاس [۱۹۹۶] با بررسی اثر زمان‌های مختلف تنش خشکی بر کیفیت دانه کلزا، مشاهده نمودند که در مجموع اثر تنش بر کیفیت دانه به مرحله اعمال تنش و مدت زمان بروز آن مربوط است و همین مسئله می‌تواند باعث مشاهده نتایج متفاوت در آزمایش‌ها گردد.

فصل سوم
مواد و
روشها

فصل سوم مواد و روشها

۳-۱- مشخصات جغرافیایی محل اجرای آزمایش

این تحقیق در سال زراعی ۸۸-۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان واقع در کیلومتر ۱۲ جاده خرم آباد- اندیمشک با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۱ دقیقه شرقی و عرض ۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۱۲۵ متر از سطح دریا با بارندگی سالیانه ۵۲۴ میلیمتر و دمای متوسط سالیانه ۱۷/۰۷ درجه سانتیگراد (هر دو بر اساس آمار بلند مدت هواشناسی) انجام شد. طبق تقسیم‌بندی اقلیمی کوپن، خرم‌آباد دارای اقلیم نیمه‌خشک با تابستانهای نسبتاً گرم و خشک می‌باشد و معمولاً در هر سال دوره خشکی از ۱۵ اردیبهشت ماه تا مهرماه بر منطقه حکم‌فرما و بعضی سالها تا آبان ماه ادامه می‌یابد.

۳-۲- مواد گیاهی مورد استفاده

در این تحقیق، ۲۰ ژنوتیپ کلزای پاییزه متعلق به *Brassica napus* به منظور شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی و ارزیابی ارتباط صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و فنولوژیک این ارقام با شاخص‌های مقاومت به خشکی بررسی قرار گرفتند. برای سهولت، ژنوتیپ‌ها از شماره ۱ تا ۲۰ نام‌گذاری شدند (جدول ۳-۱).

۳-۳- خصوصیات طرح آزمایشی و اعمال تنش کم آبیاری

۳-۳-۱- خصوصیات طرح آزمایشی و عملیات زراعی

این آزمایش در دو سایت تنش کم آبیاری و بدون تنش کم آبیاری به طور مجزا هر کدام در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید. فاصله دو سایت با همدیگر ۱۰ متر بود که این فاصله جهت جلوگیری از تداخل آب و رطوبت بین دو سایت لحاظ شده بود. هر کرت آزمایشی شامل ۵ ردیف به طول ۵ متر با فواصل ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بین کرتها ۶۰ سانتی‌متر بود. فاصله بین بلوکها ۱/۵ متر گرفته شد. جهت نمونه‌برداری از پنج ردیف

دو ردیف به عنوان اثر حاشیه ای حذف و از سه ردیف باقیمانده ۱۰ بوته به تصادف انتخاب و یادداشت برداری از صفات انجام شد.

جدول ۳-۱- ژنوتیپ‌های کلزای مورد استفاده و منشأ آنها

ردیف	نام ژنوتیپ	منشأ ژنوتیپ	تیپ رشد
۱	ARC۲	U.S.A	Winter
۲	ARC۵	Sralof	Winter
۳	Celecious	Sralof	Winter
۴	Dante	Germany	Winter
۵	Geronimo	Rosticafrance(European=Winter)-(Mexican-China-Canadian=Spring)	Winter
۶	Licord	Germany	Spring-Winter
۷	Milena	Germany	Winter
۸	Opera	SW-Sweden	Winter
۹	Rainbow	Australia	Winter
۱۰	Sahra	Danisco	Winter
۱۱	Shiralee	Iran	Spring
۱۲	SLM-۰۰۴۶	Germany	Winter
۱۳	Sunday	Danisco	Winter
۱۴	Talaye	Iran	Winter
۱۵	Talent	Germany	Winter
۱۶	Zarfam	Rosticafrance(European=Winter)-(Mexican-China-Canadian=Spring)	Winter
۱۷	Okapi	France	Winter
۱۸	Hyola۲۰	Canada	Spring
۱۹	Hyola۳۰	Canada	Spring
۲۰	RGS	Germany	Spring

نتایج تجزیه شیمیایی خاک مزرعه آزمایش نشان داد که خاک مزرعه به طور متوسط دارای هدایت الکتریکی ۰/۵۲ میلی موز بر سانتی متر و pH معادل ۷/۹ می باشد. خاک مزرعه دارای بافت لوم لای دار می باشد. در مجموع خاک مزرعه هم از نظر فیزیکی و شیمیایی و زراعی مشکلی جهت کشت کلزا نداشت. با توجه به وضعیت عناصر غذایی ماکرو (ازت، فسفر و پتاس) نوع و میزان کود مشخص گردید به طوری که تعداد دفعات بیشتری کود ازته به صورت سرک داده شد و توصیه های کودی فسفوره و پتاسه قبل از کاشت (بعد از شخم و قبل از دیسک) اعمال گردید. جهت عناصر ریزمغذی بر طبق توصیه ای که برای گندم آبی شده عمل گردید.

عملیات کاشت در اواخر شهریور ماه انجام شد. وجین علفهای هرز (مانند علفهای هرز خانواده گرامینه، خردل وحشی، تربچه وحشی و شیرین بیان) بصورت دستی طی دوره رشد در چند مرحله در درون و بین کرت ها، بین بلوک ها و بین دو سایت صورت گرفت. عمل تنک کردن در مرحله روزت کامل صورت گرفت به طوریکه در نهایت تراکم ۸۰ بوته در متر مربع بدست آمد.

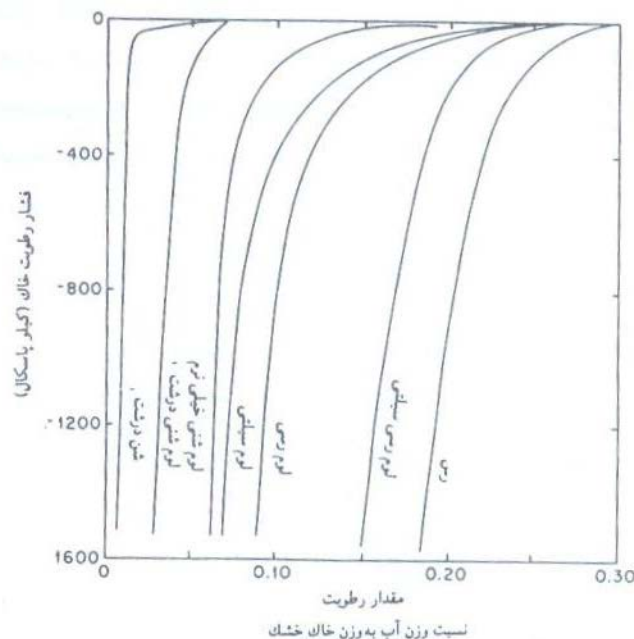
۳-۲- اعمال تنش کم آبیاری

با توجه به اینکه هدف اصلی این پژوهش مقایسه ارقام و انتخاب نسبی آنها در ارتباط با تنش کم آبیاری بود؛ لذا در این تحقیق عمده تلاش بر این بود که اولاً زمانی این تنش اعمال شود که هم نیاز آبی گیاه در این مرحله جهت حصول عملکرد بالا بوده و دوم آنکه همه ارقام یک تنش (چه از نظر زمان اعمال تنش و چه از نظر نوع و شدت تنش) اعمال گردد تا در نهایت در این میدان رقابت و محیط تنش مشخص گردد کدامیک موفق تر بوده و افت کمتری از نظر صفات مختلف (بویژه عملکرد و اجزای عملکرد) داشته اند. در این تحقیق بعد از کشت به منظور رسیدن به سطح سبز یکنواخت در هر دو قطعه آبیاری انجام شد. در مراحل بعدی متناسب با مراحل رشدی گیاه و نیاز آبی آبیاری در هر دو سایت به طور یکسان صورت می گرفت و فقط در مرحله آخر آبیاری که گیاهان در مراحل انتهایی گلدهی و شروع غلاف دهی بودند (حدود مرحله ۹۰ درصد گلدهی)، در قطعه تحت تنش آبیاری صورت نگرفت ولی قطعه ای در دیگر آبیاری صورت گرفت.

قابل ذکر است آبیاری زمانی صورت می گرفت که گیاه در مرحله نیاز به آبیاری بود. برای تشخیص زمان صحیح آبیاری، بررسی وضعیت رطوبت خاک و تعیین زمان اعمال تیمار تنش و آبیاری، با فواصل یک روز در میان (و در برخی موارد هر روز) از خاک نمونه برداری صورت گرفت. بعد از اعمال تیمار تنش، نمونه برداری ها از خاک تا زمان برداشت نهایی ادامه یافت. به منظور تعیین درصد رطوبت وزنی خاک، قبل از اقدام به آبیاری نمونه های خاک به وسیله آگر تا عمق توسعه ریشه و به طور تصادفی از چندین نقطه برداشت و سریع به آزمایشگاه منتقل می گردید. بعد از اندازه گیری وزن تر آن نمونه، خاک به دستگاه آون منتقل و پس از نگهداری در دمای ۱۱۰ درجه سانتی گراد بمدت ۲۴ ساعت، وزن خشک نمونه اندازه گیری و سپس از طریق رابطه زیر درصد رطوبت وزنی خاک بدست می آمد:

۱۰۰* [وزن خشک نمونه - وزن تر نمونه] = رطوبت وزنی خاک (درصد)

جهت تعیین نقطه ظرفیت زراعی و پژمردگی از منحنی درصد رطوبت وزنی خاک مربوطه استفاده شد. برای ترسیم این منحنی با استفاده از دستگاه صفحات فشاری، درصد رطوبت وزنی خاک محل آزمایش در فشارهای مختلف تعیین گردید و منحنی رطوبتی خاک براساس پتانسیل آب خاک و درصد رطوبت وزنی آن ترسیم شد. همچنین جهت اطمینان بیشتر در خصوص اطلاعات بدست آمده و کنترل آن با منحنی‌های موجود در منابع علمی (شکل ۳-۱) با در نظر گرفتن بافت خاک، نقاط ظرفیت زراعی و پژمردگی کنترل گردید. بنابراین با داشتن درصد رطوبت خاک در هر تیمار آبیاری، پتانسیل آب خاک آن تیمار از روی این منحنی بدست آمد و بر اساس این منحنی اقدام به تعیین نقطه ظرفیت زراعی و پژمردگی گردید بطوریکه تا وقتی که رطوبت خاک به حد معینی رسید اقدام به آبیاری می‌شد.



شکل ۳-۱. منحنی مشخصه رطوبتی برای خاکهای مختلف (برگرفته از: علیزاده، ۱۳۸۱)

حجم آبیاری در هر دفعه در کلیه تیمارهای آبیاری سعی می‌شد به نحوی تعیین گردد که عمق مورد نظر خاک به حد ظرفیت زراعی رسانده شود. این عمل قبل از سبز شدن بذور ۳۰ سانتیمتر و در مراحل رشد گیاه معادل عمق ریشه گیاه بود. همچنین در سال زراعی آزمایش، مجموع مقدار آب آبیاری اندازه‌گیری شده و مقدار بارندگی مؤثر در طول فصل رشد تحت عنوان مقدار آب مصرفی (تقریباً معادل تبخیر و تعرق) گیاه برای دوره‌های مختلف رشد گیاه محاسبه گردید. مقدار بارندگی مؤثر ماهانه در طول دوره رشد گیاه از طریق رابطه زیر محاسبه شد (قریشی و همکاران، ۱۳۷۶):

$$۱۲۵ / [(بارندگی کل * ۰/۲ - ۱۲۵) بارندگی کل] = بارندگی مؤثر ماهانه$$

۳-۴- صفات مورد بررسی

- ۱- تعداد روز تا ۱۰،۵۰ و ۱۰۰ گلدهی: برای تعیین این صفت تعداد روز از کاشت تا مرحله ای که ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد مزرعه به گل رفت در نظر گرفته شد.
- ۲- ارتفاع بوته: هنگامی که رشد بوته‌ها متوقف شد از هر کرت به صورت تصادفی ۱۰ بوته انتخاب و ارتفاع آن‌ها از سطح زمین تا انتهای ساقه و محل تشکیل گل به وسیله متر اندازه گیری گردید که با گرفتن میانگین ارتفاع ۱۰ بوته، ارتفاع بوته برای هر کرت به دست آمد.
- ۳- تعداد خورجین در بوته: با انتخاب تصادفی ده بوته از هر کرت، تعداد خورجین در هر بوته شمارش شده و با میانگین گیری از آنها تعداد خورجین در بوته تعیین گردید.
- ۴- طول خورجین: از هر کرت ۲۰ خورجین به طور تصادفی انتخاب بعد با خط کش طول آنها اندازه گیری گردید که با میانگین گیری طول آنها بر حسب cm مشخص شد.
- ۵- تعداد دانه در خورجین: با انتخاب ۲۰ خورجین از هر کرت به شمارش تعداد دانه در آنها پرداخته شد که با میانگین گیری تعداد دانه در خورجین مشخص گردید.
- ۶- وزن هزار دانه: به وسیله دستگاه بذر شمار ۱۰۰۰ عدد بذر شمارش شد و به وسیله ترازوی حساس وزن ۱۰۰۰ دانه توزین شد.
- ۷- عملکرد دانه در واحد سطح: از هر کرت آزمایشی قسمتی از هر کرت به مساحت ۲ متر مربع بوته‌ها برداشت شده و پس از توزین عملکرد دانه بر اساس ۱۰ درصد رطوبت محاسبه و به یک هکتار تعمیم داده شد.
- ۸- درصد روغن دانه و درصد پروتئین دانه: برای تعیین درصد روغن دانه از محصول دانه هر کرت یک نمونه ۳۰ گرمی به طور کاملاً تصادفی انتخاب و برای اندازه گیری درصد روغن آن‌ها از دستگاه *Inframatic ۸۶۲۰* استفاده گردید. این دستگاه براساس طیف‌سنجی (Spectroscopy) نور مادون قرمز عمل می‌نماید. (Ludwiga et al., ۲۰۰۶). جهت این کار ابتدا تمام نمونه‌های بذر کلزا آسیاب شد. سپس دستگاه را روشن کرده و صبر کرده تا آماده کار شود، بعد آن را برای کلزا تنظیم نموده و هر دفعه مقدار مشخصی از هر یک نمونه‌های آسیاب شده در قسمت مخصوص دستگاه ریخته می‌شد. آنگاه با فشار دادن کلید مربوطه، دستگاه عملیات پردازش را شروع و در مدت چند ثانیه، درصد روغن و پروتئین دانه هر نمونه را روی صفحه نمایش نشان می‌داد.
- ۹- عملکرد روغن دانه: برای محاسبه عملکرد روغن دانه از حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد روغن دانه استفاده شد.
- ۱۰- تعداد روز تا رسیدگی: برای تعیین این صفت تعداد روز از کاشت تا مرحله رسیدگی کامل بذور در نظر گرفته شد.

۳-۵- محاسبه شاخص های مقاومت به خشکی

شاخص های مقاومت به خشکی بر مبنای فرمول های مربوطه به شرح زیر محاسبه گردید.

۳-۵-۱- شاخص حساسیت به تنش (SSI)

$$SSI = \frac{1 - (Y_s / Y_p)}{SI} \quad , \quad SI = 1 - \left[\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p} \right]$$

در این رابطه Y_p و Y_s عملکرد ژنوتیپ یا رقم مورد نظرا در شرایط نرمال و D ، شدت تنش خشکی بوده که از رابطه زیر بدست می آید:

$$D = \left[1 - \left(\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p} \right) \right]$$

\bar{Y}_s = میانگین عملکرد تمام ژنوتیپ ها در شرایط تنش خشکی و \bar{Y}_p = میانگین عملکرد تمام ژنوتیپ ها در شرایط غیرتنش

۳-۵-۲- شاخص تحمل (TOL)

$$TOL = Y_p - Y_s$$

۳-۵-۳- شاخص بهره وری متوسط (MP)

$$MP = \frac{Y_s + Y_p}{2}$$

۳-۵-۴- میانگین هندسی بهره وری (GMP)

$$GMP = \sqrt{(y_s)(Y_p)}$$

۳-۵-۵- شاخص تحمل به تنش (STI)

$$STI = \left(\frac{Y_p}{\bar{Y}_p} \right) \left(\frac{Y_s}{\bar{Y}_s} \right) \left(\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p} \right) = \frac{(Y_p)(Y_s)}{(\bar{Y}_p)^2}$$

۳-۵-۶- شاخص عملکرد (YI)

$$\frac{Y_s}{\bar{Y}_s} \quad YI =$$

۳-۵-۷- شاخص پایداری عملکرد (YSI)

$$YSI = \frac{Y_s}{Y_p}$$

۳-۵-۸- شاخص میانگین هارمونیک (HAM)

$$HAM = \frac{2(Y_p \times Y_s)}{(Y_p + Y_s)}$$

در معادله‌های فوق، Y_p و Y_s به ترتیب عملکرد دانه هر ژنوتیپ در شرایط بدون تنش خشکی و تنش خشکی و $Y_{p\bar{}}$ و $Y_{s\bar{}}$ به ترتیب میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش خشکی و تنش خشکی می‌باشند.

۳-۶- تجزیه و تحلیل‌های آماری

روش‌های آماری چند متغیره روش‌هایی هستند که تعداد زیادی متغیر را بر روی یک یا چند نمونه به صورت همزمان در نظر می‌گیرند و هر یک از این متغیرها در ابتدای تجزیه داده‌ها از نظر محقق دارای اهمیت یکسانی هستند. این روشها غالباً برای برآورد تفاوت‌ها بین جوامع ژنتیکی سودمند می‌باشند و تفاوت در صفاتی که مورد نظر به‌نژادگران می‌باشد، معلوم می‌گردد. از روش‌های متداول تجزیه و تحلیل چند متغیره که در کشاورزی به‌کار می‌رود، می‌توان به تجزیه خوشه‌ای، تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی، تجزیه به عامل‌ها، و تجزیه و تحلیل متغیرهای متعارف اشاره کرد.

۳-۶-۱- تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات زراعی

داده‌های جمع آوری شده از هر دو سایت ابتدا به صورت جداگانه تجزیه واریانس شدند. از واریانس خطا‌های آزمایشی جهت استفاده در آزمون یکنواختی (F_{max} هارتلی) استفاده شد. تجزیه واریانس (ANOVA) و مقایسه میانگین داده‌ها به روش آزمون چند دامنه ای دانکن و با استفاده از نرم افزار MSTAT-C صورت گرفت. با توجه به تغییرات مقادیر صفات مختلف در دو شرایط عادی و تنش رطوبتی، میانگین صفات مختلف در شرایط تنش و غیر تنش و درصد تغییرات این صفات که ناشی از اعمال تنش رطوبتی بود، محاسبه گردید. برای محاسبه درصد تغییرات اختلاف میانگین کل در دو شرایط نرمال و تنش محاسبه گردید و از طرفی میانگین کل صفات در دو شرایط (حاصل میانگین حسابی میانگین‌های شرایط نرمال و تنش) نیز محاسبه می‌گردد. در نهایت اختلاف مذکور را بر میانگین کل صفات در دو شرایط تقسیم نموده و حاصل را در ۱۰۰ ضرب می‌کنیم تا درصد تغییرات محاسبه گردد.

۳-۶-۲- تجزیه همبستگی

همبستگی صفات با یکدیگر و به ویژه با عملکرد دانه با استفاده از نرم افزار SPSS محاسبه شد. بررسی ضرایب همبستگی بین صفات مختلف باعث می‌شود تا بتوان در انتخاب شاخص‌های انتخاب غیر مستقیم و حذف صفات غیر موثر به طور دقیق تری تصمیم‌گیری نمود.

۳-۶-۳- تجزیه خوشه ای

ارزیابی تنوع ژنتیکی موجود در ژرم پلاسم یک گونه زراعی هم در طرح‌های بهنژادی و هم حفاظت از منابع ژنتیکی کاربرد دارد. از تجزیه خوشه‌ای^۹ به منظور گروه‌بندی ارقام و جوامع گیاهی استفاده می‌شود و مخصوصاً در مواردی که تعداد زیادی ژرم پلاسم در اختیار است، بسیار مفید می‌باشد. زیرا بجای اینکه اصلاحگر وقت و انرژی زیادی را صرف تعداد زیادی دورگ‌گیری تصادفی نماید، با انتخاب ژنوتیپ‌های متناسب با اهداف اصلاحی به نتایج منطقی تری دست می‌یابد. علاوه بر این از این روش برای پی بردن به شباهت افراد برای مدیریت بهتر آنها نیز استفاده می‌شود. بدین ترتیب تجزیه خوشه‌ای از اصولی‌ترین روش‌های برآورد شباهت افراد یک مجموعه است. با استفاده از این روش می‌توان افراد و ژنوتیپ‌های مشابه را بر حسب خصوصیات مشابه و یکسان با استفاده از یکسری فرمول ریاضی در یک کلاستر یا گروه قرار داد ضمن اینکه گروه‌بندی را می‌توان بر اساس صفات کمی یا کیفی انجام داد. روش‌های مختلفی برای تجزیه خوشه‌ای مطرح شده است که از مهمترین آنها می‌توان به روش‌های سلسله مراتبی و تجزیه‌ای اشاره کرد که در کارهای تحقیقاتی و کاربردی، بیشتر از روش‌های سلسله مراتبی استفاده می‌شود. این تجزیه با استفاده از نرم افزار SPSS بر اساس فاصله اقلیدسی و به روش Ward برای گروه بندی ژنوتیپ‌ها صورت گرفت.

۳-۶-۴- تجزیه به عامل‌ها

هدف از این روش همانند مولفه‌های اصلی، کاهش ابعاد داده‌ها با استفاده از همبستگی‌های بالای تعداد زیادی متغیر و همچنین بیان روابط کوواریانس میان آنها توسط یک یا چند عامل اصلی است. در این روش فرض بر این است که هر یک از متغیرهای اولیه را می‌توان به صورت ترکیب خطی از این فاکتورها، به اضافه کمیتی به نام باقیمانده بیان کرد. با استفاده از نتایج این گونه آزمایشات می‌توان به ارزش هر یک از صفات با توجه به سهم آنها در برآورد تنوع پی برد و در بررسی‌های بعدی از این گونه روابط استفاده نمود.

۳-۶-۵- تجزیه به مولفه‌های اصلی

از قدیمی‌ترین روش‌های آماری چند متغیره است که اولین بار توسط پیرسون شرح داده شد. در این روش، تغییرات مجموعه‌ای از داده‌ها را به صورت مجموعه‌ای از متغیرهای غیر همبسته که هر کدام ترکیب خطی از متغیرهای اصلی هستند، نشان داده می‌شود. تحلیل مولفه‌های اصلی به تبیین ساختار واریانس - کوواریانس به کمک چند ترکیب خطی از متغیرهای اصلی سر و کار دارد. اهداف اصلی این روش کاهش حجم داده‌ها و تعبیر و تفسیر

آنهاست. تحلیل مولفه‌های اصلی وسیله‌ای برای رسیدن به هدف هستند تا این که هدف باشند، زیرا آنها اغلب مراحل میانی در وضعیت‌های بزرگتر به کار می‌آیند.

۳-۷- اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیولوژیک

با توجه به اینکه کلزا در زمستان وارد حالت رزت می‌شود و عملاً رشد مجدد خود را در اوایل اسفند در شرایط آب و هوایی خرم‌آباد شروع می‌کند، لذا جهت مقایسه رشد ارقام، نمونه برداری‌ها از اوایل اسفند شروع شد. با توجه به اینکه حجم آزمایش زیاد بود لذا نمونه‌برداری‌ها و همچنین فاصله بین نمونه‌برداری‌ها متناسب با مهمترین مراحل رشدی گیاه و همچنین متناسب با زمان اعمال تیمارهای تنش صورت گرفت. این مراحل شامل مرحله انتهای رزت (اوایل رشد مجدد)، مرحله رشد سریع (گسترش برگها و افزایش ارتفاع)، مرحله اواسط گلدهی (قبل از اعمال تنش) و مرحله تشکیل غلاف (بعد از اعمال تنش) بود. با توجه به محدودیت دستگاه‌های آون در آزمایشگاه و همچنین تعداد نمونه‌ها در کل آزمایش، نمونه‌برداری‌های مربوط به هر بلوک در هر دو سایت در یک روز صورت گرفت تا بتوان اختلاف بین نمونه‌برداری‌ها را در خطای بلوک کنترل و برآورد نمود. در مجموع نمونه‌برداری‌ها در مراحل اوایل رشد حدود ۴ روز و در مراحل آخر حدود ۷-۸ روز طول کشید.

برای مطالعه، اندازه‌گیری و محاسبه شاخص‌های رشد پس از هر بار نمونه‌گیری (مجموعاً ۴ مرحله) از بین شاخص‌های فیزیولوژیکی مختلف، سرعت جذب خالص (NAR؛ Net Assimilation Rate)، سرعت رشد محصول (CGR؛ Crop Growth Rate) و شاخص سطح برگ (LAI؛ Leaf Area Index) مورد بررسی قرار گرفت [سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۴]. در این مطالعه سرعت رشد محصول پس از خشک کردن نمونه‌ها در داخل آون (در دمای ۷۴ درجه سانتیگراد و به مدت ۲۴ ساعت) و سایر شاخص‌های ذکر شده با استفاده از روابط و نسبت شاخص‌های مورد بررسی، محاسبه گردید.

$$NAR = (W_2 - W_1) / (T_2 - T_1) \times (\ln LA_2 - \ln LA_1) / (LA_2 - LA_1)$$

$$CGR = 1/G_A (W_2 - W_1) / (T_2 - T_1)$$

وزن = W؛ زمان = T؛ لگاریتم طبیعی = ln (۲/۷۱۸۲۸)؛ سطح برگ = LA؛ سطح زمین = G_A

جهت تعیین سطح برگ (LA)، برگ های تازه روی صفحه کاغذ فتوکپی به منظور تعیین نسبت سطح

به وزن ترسیم شدند و به طور تجربی وزن تعیین شده برگ توسط محاسبه تبدیل به سطح برگ شد.

جهت تعیین دوام سطح برگ از رابطه زیر استفاده شد.

$$LAD = (LA_2 + LA_1) (T_2 - T_1) / 2$$

۳-۸- کارایی مصرف آب

کارایی مصرف آب (Water use efficiency)، با تعیین نسبت عملکرد دانه در واحد سطح به مقدار کل

آب مصرفی محاسبه شد (Sullivan and Eastin, ۱۹۷۵). کل آب مصرفی با در نظر گرفتن بارندگی مؤثر

طی فصل رشد و تعداد دفعات آبیاری محاسبه شد. میزان کل آب مصرفی در شرایط تنش مشابه شرایط

غیر تنش بود فقط اینکه یک آب کمتر داده شد لذا مقدار کل آب مصرفی در شرایط تنش حدود ۷۰

میلی متر (۷۰۰ متر مکعب در هکتار) کمتر از شرایط غیرتنشی بود.

کارایی اقتصادی مصرف آب (Water Use Efficiency Economic)، از طریق نسبت درآمد حاصل از

فروش محصول (کل محصول در هکتار * قیمت هر کیلو) به مقدار کل آب مصرفی در تیمارهای مختلف

آزمایش محاسبه شد. قیمت هر کیلو دانه کلزا طبق قانون دولت در سال ۱۳۸۸ با ۲ درصد ناخالصی و ۱۰

درصد رطوبت معادل ۶۲۰ تومان (۶۲۰۰ ریال) در نظر گرفته شد.

فصل چهارم

نتایج و

بحث

فصل چهارم

نتایج و بحث

۴-۱- آمار توصیفی صفات مورد بررسی

در جدول ۴-۱ آمار توصیفی مربوط به صفات موفولوژیک و زراعی در ارقام کلزای مورد مطالعه، مشتمل بر میانگین، مقادیر حداقل و حداکثر هر صفت در شرایط تشنی و غیر تنش داده شده است. صفت عملکرد دانه در شرایط غیر تنش (عادی) و تنش، به ترتیب با میانگین $2906/1$ و $2066/2$ کیلوگرم در هکتار بدست آمد که در شرایط تنش رقم Zarfam با میانگین 2948 کیلوگرم در هکتار از عملکرد بالاتری در بین ارقام برخوردار بود. همچنین این رقم از نظر وزن هزار دانه نسبت به سایر ارقام از میانگین بالاتری برخوردار بود.

با توجه به تغییرات مقادیر صفات مختلف در دو شرایط عادی و تنش رطوبتی که در جدول ۴-۳ آمده است، میانگین صفات مختلف در شرایط تنش و غیر تنش و درصد تغییرات این صفات که ناشی از اعمال تنش رطوبتی بود، آمده است. بیشترین درصد تغییر مربوط به صفت عملکرد روغن در هکتار با $39/67$ درصد بود و کمترین تغییر مربوط به صفت ارتفاع بوته با $1/1$ درصد بود. برآورد درصد تغییرات میانگین صفات در اثر تنش رطوبتی نشان داد که کلیه صفات در اثر تنش کاهش نشان داده اند.

جدول ۴-۱- آمار توصیفی مربوط به صفات مورفولوژیک و زراعی در ارقام کلزا مورد مطالعه در شرایط

غیر تنش

صفت	م	ب	د
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	۱۷۱		
	/ / /		
	۳۱۲		
	۶۷۹		
	۶۱۰		
	۸۳۶		
وزن هزار دانه (گرم)	۴۷۵		
	۶۴۴		
	/ / /		
	۴۲۳		
تعداد دانه در خورجین	۶۳۴		
	۷۳۰		
	/ / /		
	۲۱۲		
	۹۹۵		
تعداد خورجین در بوته	۰۷۲		
	/ / /		
	۲۱۲		
	۷۲۱		
	۷۱۸		
طول خورجین (سانتیمتر)	۹۶۴		
	۹۵۶		

/ / /

۷ ۶ ۷

۵ ۱ ۱

۶- درصد روغن

۳ ۰ ۹

/ / /

۴ ۳ ۴

۴ ۶ ۱

۰ ۴ ۶

۷- عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)

/ / /

۱ ۶ ۷

۵ ۳ /

۵ ۷ ۱

۲ ۲

.

۶

۳ ۶ ۹

۸- روز تا رسیدگی

۳ ۷ ۳

/ / /

۲ ۲ ۲

۵ ۴ ۴

۴ ۵ ۹

۸ ۹ ۷

۹- درصد پروتئین

۷ ۷ ۳

/ / /

۲ ۲ ۲

۷ ۰ ۴

۹ ۹ ۳

۱۰- ارتفاع بوته (سانتیمتر)

۷ ۷ ۳

/ / /

۱ ۱ ۱

۸ ۶ ۷

۳ ۶ ۵

۰ ۳ ۸	۱۱- روز تا ۱۰ درصد گلدهی
/ / ۷	
۱ ۱ /	
۸ ۸ ۱	
۹ ۰ ۸	
۴	
۳ ۷ ۸	۱۲- روز تا ۵۰ درصد گلدهی
/ / ۲	
۲ ۱ /	
۰ ۸ ۲	
۶ ۷ ۰	
۲	
۷ ۷ ۲	۱۳- روز تا ۹۰ درصد گلدهی
/ / ۰	
۲ ۲ /	
۱ ۰ ۲	
۱ ۷ ۱	
۰	

جدول ۴-۲- آمار توصیفی مربوط به صفات مورفولوژیک و زراعی در ارقام کلزا مورد مطالعه در شرایط تنش

م >	صفت
د د د	
۱ ۱ ۱	
ن ق ک	
گ ل ن	
ر	
ن	
۰ ۳ ۲	۱- عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
/ / /	
۲ ۸ ۲	

۹۷۰	
۴۶۶	
۸۶	
۴۰۷	۲- وزن هزار دانه (گرم)
۶۱۷	
/ / /	
۴۲۲	
۳۳۵	۳- تعداد دانه در خورجین
۳۳۰	
/ / /	
۲۱۲	
۸۸۳	
۷۰۲	۴- تعداد خورجین در بوته
/ / /	
۲۱۲	
۵۱۱	
۵۸۰	
۸۸۰	۵- طول خورجین (سانتیمتر)
۷۹۵	
/ / /	
۷۵۷	
۱۹۴	۶- درصد روغن
۷۷۶	
/ / /	
۴۳۳	
۱۲۸	
۰۹۱	۷- عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)
/ / ۷	
۱۲ /	
۱۸۸	
۷۸۰	
۷۷	

۰ ۶ ۵	۸- روز تا رسیدگی
۰ ۷ ۸	
/ / /	
۲ ۲ ۲	
۴ ۴ ۳	
۱ ۵ ۹	
۳ ۲ ۲	۹- درصد پروتئین
۳ ۰ ۶	
/ / /	
۲ ۲ ۲	
۵ ۰ ۳	
۹ ۲ ۴	۱۰- ارتفاع بوته (سانتیمتر)
۰ ۷ ۱	
/ / /	
۱ ۱ ۱	
۸ ۶ ۷	
۰ ۴ ۳	

جدول ۴-۳- درصد تغییرات صفات مختلف

درصد تغییرات*	صفت
	میا
	ذ
	گ
	ین
	ب ت
	د ذ
	و ش
	ن
	ر
	ت ط
	ذ و
	ش ب

	ز	ی	
-۳۳/۸	۲ ۱	۲ ۱	۱- عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
	/ /	/ /	
	۲ ۲	۲ ۲	
	۰ ۹	۰ ۹	
	۶ ۰	۶ ۰	
	۶ ۶	۶ ۶	
-۲۴/۴	۷ ۵	۷ ۵	۲- وزن هزار دانه (گرم)
	۷ ۴	۷ ۴	
	/ /	/ /	
	۲ ۳	۲ ۳	
-۷/۸	۵ ۴	۵ ۴	۳- تعداد دانه در خورجین
	۰ ۰	۰ ۰	
	/ /	/ /	
	۲ ۲	۲ ۲	
	۳ ۵	۳ ۵	
-۳/۷	۲ ۲	۲ ۲	۴- تعداد خورجین در بوته
	/ /	/ /	
	۲ ۲	۲ ۲	
	۱ ۱	۱ ۱	
	۰ ۸	۰ ۸	
-۵/۷	۰ ۴	۰ ۴	۵- طول خورجین (سانتی‌متر)
	۵ ۶	۵ ۶	
	/ /	/ /	
	۷ ۷	۷ ۷	
-۶/۹	۴ ۱	۴ ۱	۶- درصد روغن
	۶ ۹	۶ ۹	
	/ /	/ /	
	۳ ۴	۳ ۴	
	۸ ۱	۸ ۱	
-۳۹/۶۷	۱ ۶	۱ ۶	۷- عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)
	۵۷	۵۷	

	۷ ۱	
	/ ۷	
	۸ /	
	۰ ۱	
	۷ ۲	
	۰	
	۶	
-۴/۴	۵ ۹	۸- روز تا رسیدگی
	۸ ۳	
	/ /	
	۲ ۲	
	۳ ۴	
	۹ ۹	
-۵/۹	۲ ۶	۹- درصد پروئین
	۶ ۸	
	/ /	
	۲ ۲	
	۳ ۴	
-۱/۱	۴ ۳	۱۰- ارتفاع بوته (سانتیمتر)
	۱ ۳	
	/ /	
	۱ ۱	
	۷ ۷	
	۳ ۵	

* علامت منفی نشان دهنده کاهش صفت در اثر تنش رطوبتی می باشد.

۴-۲- نتایج تجزیه و اریانس و مقایسه میانگین ها

برآورد واریانسها و امیدهای ریاضی از طریق تجزیه واریانس طرح بلوکهای کامل تصادفی صورت گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در شرایط عادی و تنش رطوبتی، تفاوت بین ژنوتیپها برای کلیه صفات در سطح ۱ درصد معنی دار بود (جداول ۴-۴ و ۴-۵) در ادامه مقایسه میانگین برای هر صفت در هر دو محیط تنش و بدون رطوبتی به طور جداگانه تشریح می گردد.

جدول ۴-۴- تجزیه واریانس صفات عملکرد دانه، وزن هزار دانه و تعداد دانه در خورجین در شرایط محیطی

بدون تنش

میانگین مربعات				
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در خورجین
بلوک	۲	۱۳۷۷۲	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۱
ژنوتیپ	۱۹	۱۱۸۱۴۴۳**	۰/۶۸۲**	۳۳/۱۴**
خطا	۳۸	۲۴۴۶۸	۰/۰۰۱۸	۰/۳۸۶

** مبین معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد می باشد.

ادامه جدول ۴-۴- تجزیه واریانس صفات تعداد خورجین در بوته، طول خورجین و درصد روغن در شرایط

محیطی بدون تنش

میانگین مربعات				
منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد خورجین در بوته	طول خورجین	درصد روغن
بلوک	۲	۶۳/۰۵	۰/۰۱۰	۰/۴۰۷
ژنوتیپ	۱۹	۶۷۲/۰۵**	۰/۵۳۱**	۱۵/۹۹**
خطا	۳۸	۲۵/۲۸	۰/۰۰۶	۰/۱۵۳

** مبین معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد می باشد.

ادامه جدول ۴-۴- تجزیه واریانس صفات عملکرد روغن، روز تا رسیدگی، درصد پروئین و ارتفاع بوته در

شرایط محیطی بدون تنش

میانگین مربعات					
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد روغن	روز تا رسیدگی	درصد پروئین	ارتفاع بوته
بلوک	۲	۱۵۹۴/۳۱۸	۱/۱۶۱۷	۰/۶۱۸	۱/۲۲
ژنوتیپ	۱۹	۲۶۹۱۶۰/۱۷۷**	۲۲/۲۶۷**	۷/۳۷۲**	۶۵/۴۷**
خطا	۳۸	۳۷۵۲/۳۰۴	۰/۳۰۱	۰/۵۸۹	۴/۷۶

** مبین معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد می باشد.

ادامه جدول ۴-۴- تجزیه واریانس صفات روز تا ۱۰ درصد گلدهی، روز تا ۵۰ درصد گلدهی و روز تا ۹۰

درصد گلدهی

میانگین مربعات				
منابع تغییر	درجه آزادی	روز تا ۱۰ درصد گلدهی	روز تا ۵۰ درصد گلدهی	روز تا ۹۰ درصد گلدهی
بلوک	۲	۰/۷۲	۰/۱۱۷	۰/۳۵۰
ژنوتیپ	۱۹	۱۶/۴۵**	۸۲/۳۰**	۳/۹۱**
خطا	۳۸	۰/۳۴۸	۰/۴۵۰	۰/۵۴۳

** مبین معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد می باشد.

جدول ۴-۵- تجزیه واریانس صفات عملکرد دانه، وزن هزار دانه و تعداد دانه در خورجین در شرایط محیطی

تنش

میانگین مربعات				
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در خورجین
بلوک	۲	۱۱۴۷	۰/۰۰۰۹	۰/۹۵۰
ژنوتیپ	۱۹	۱۵۰۹۹۹۳**	۰/۷۷۳**	۲۴/۱۹**
خطا	۳۸	۴۱۶۰	۰/۰۰۱۱	۰/۳۰۱

** مبین معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد می باشد.

ادامه جدول ۴-۵- تجزیه واریانس صفات تعداد خورجین در بوته، طول خورجین و درصد روغن در شرایط

محیطی تنش

میانگین مربعات				
منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد خورجین در بوته	طول خورجین	درصد روغن
بلوک	۲	۱۹۳/۸۵**	۰/۰۰۴	۰/۰۴۶
ژنوتیپ	۱۹	۴۳۲۲/۳۲**	۰/۹۵۰**	۱۶/۰۷**
خطا	۳۸	۲۰/۵۷	۰/۰۰۲۴	۰/۱۰۰

** مبین معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد می باشد.

ادامه جدول ۴-۵- تجزیه واریانس صفات عملکرد روغن، روز تا رسیدگی، درصد پروئین و ارتفاع بوته در

شرایط محیطی تنش

میانگین مربعات					
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد روغن	روز تا رسیدگی	درصد پروئین	ارتفاع بوته
بلوک	۲	۱۰۱/۱۲۶	۰/۳۱۷	۰/۵۵	۱/۴۳
ژنوتیپ	۱۹	۲۷۰۲۲۲/۴۴**	۱/۳۹۹**	۶/۰۱**	۷۷/۱۰**
خطا	۳۸	۷۱۰/۴۴۶	۰/۴۰۴	۰/۵۵	۱/۵۳

** مبین معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد می باشد.

۴-۲-۱- عملکرد دانه در واحد سطح

نتایج نشان داد که در شرایط غیر تنش رقم Geronimo با ۳۶۶۸/۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین و رقم Sunday با ۱۷۱۳/۷ کیلوگرم در هکتار، کمترین عملکرد را در واحد سطح داشت. در شرایط تنش، بیشترین عملکرد مربوط به رقم Zarfam با ۲۹۴۸/۰ کیلوگرم و کمترین آن به رقم Talent با ۸۷۶/۳ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت (جدول ۴-۶). تنش رطوبتی باعث شد تا میانگین عملکرد به میزان ۳۳/۸ درصد در مقایسه با شرایط عادی کاهش یابد (جدول ۴-۳).

در شرایط تنش ارقام Dante، Shiralee و SLM-۰۴۶ به ترتیب با میانگین ۲۸۳۳/۳، ۲۸۳۳/۳ و ۲۶۴۳/۳ کیلوگرم در رتبه‌های دوم تا چهارم قرار داشتند. در شرایط عادی نیز ارقام Dante، Shiralee و Licord به ترتیب با ۳۵۳۴/۷، ۳۵۰۵/۳ و ۳۴۸۶/۳ کیلوگرم، از بالاترین میانگین عملکرد برخوردار بودند. در مجموع رقم Zarfam با میانگین کلی (شرایط عادی و تنش) ۳۱۵۶/۰ کیلوگرم در هکتار و رقم Ddante با میانگین ۳۱۸۲/۶ کیلوگرم از بیشترین عملکرد برخوردار بودند و ارقام Milena و Sunday با میانگین کلی ۱۳۲۳/۵ و ۱۳۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار، از کمترین عملکرد در هکتار برخوردار بودند (جدول ۴-۶).

۴-۲-۲- وزن هزار دانه

مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴-۶) نشان داد که ارقام Geronimo و Milena به ترتیب دارای بیشترین و کمترین وزن هزار دانه در شرایط بدون تنش بودند. در محیط تنش رطوبتی رقم Zarfam بیشترین و ارقام Milena و Sunday دارای کمترین وزن هزار دانه بودند. وزن هزار دانه در شرایط تنش بین ۲/۷۴ تا ۴/۴۶ گرم و در شرایط تنش بین ۲/۰۱ تا ۳/۷۳ گرم متغیر بود (جدول ۴-۶). وزن هزار دانه در اثر تنش رطوبتی ۲۴/۴ درصد کاهش نشان داد (جدول ۴-۳). در هر دو محیط تنش و بدون تنش، ارقام Dante و SLM-۰۴۶ از نظر وزن هزار دانه، در رتبه‌های دوم و سوم قرار داشتند.

۴-۲-۳- تعداد دانه در خورجین

دامنه تغییرات تعداد دانه در خورجین در شرایط عادی بین ۲۹/۶۷ (Dante) تا ۱۹/۳۳ (رقم Talent) متغیر بود. رقم SLM-۰۴۶ در شرایط بدون تنش و رقم Zarfam در شرایط تنشی دارای بیشترین تعداد دانه در خورجین بودند. در شرایط تنش رقم Dante همانند شرایط بدون تنش، در رتبه دوم قرار داشت و در هر دو محیط رقم Talent از کمترین مقدار برخوردار بود (جدول ۴-۶).

۴-۲-۴- تعداد خورجین در بوته

تعداد خورجین در بوته در شرایط عادی به طور متوسط ۸ عدد، بیشتر از شرایط تنش رطوبتی بود. به عبارت دیگر میانگین این صفت در اثر تنش رطوبتی ۳/۷ درصد کاهش یافت (جدول ۴-۳). بیشترین و کمترین تعداد خورجین در بوته در شرایط بدون تنش به ترتیب برابر با ۲۷۷/۰ و ۱۲۱/۷ عدد بود که مربوط به ارقام Licord و Talent بود. در شرایط تنش رطوبتی رقم Zarfam با ۲۵۵/۷ بیشترین و رقم Talent با ۱۱۸/۰ عدد، کمترین تعداد خورجین در بوته را دارا بودند (جدول ۴-۷).

۴-۲-۵- طول خورجین

تنش رطوبتی باعث شد تا میانگین این صفت ۵/۷ درصد کاهش یابد. طول خورجین برای ارقام در شرایط بدون تنش بین ۶/۶۴ تا ۷/۹۹ سانتیمتر و در شرایط تنش بین ۵/۸۹ تا ۷/۸۷ سانتیمتر متغیر بود (جدول ۴-۷). در شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی، ارقام Slm-۰۴۶ و Dante از بیشترین طول خورجین و رقم Celecious در هر دئ محیط از کمترین طول خورجین برخوردار بودند.

۴-۲-۶- درصد روغن

مقایسه میانگین ها (جدول ۴-۷) نشان داد که در شرایط عادی و دارای تنش، رقم Talent با میانگین ۳۶/۱۰ و ۳۲/۹۷ درصد از کمترین درصد روغن برخوردار بود و رقم Licord در هر دو محیط از بیشترین درصد روغن برخوردار بود. تنش رطوبتی نیز موجب ۶/۹ درصد کاهش در میانگین این صفت شد (جدول ۴-۷).

۴-۲-۷- عملکرد روغن

در شرایط عادی رقم Licord و Geronimo با میانگین ۱۵۵۲/۰ و ۱۵۱۹/۰ کیلوگرم در هکتار و در شرایط تنش رقم Zarfam با ۱۷۱۷/۰ کیلوگرم در هکتار، از بیشترین عملکرد روغن در هکتار برخوردار بودند (جدول ۴-۸). ارقام Talent و Sundy نیز به ترتیب محیط تنش و غیر تنش از کمترین عملکرد روغن برخوردار بودند (جدول ۴-۸) بطور کلی تیمار تنش رطوبتی سبب کاهش ۳۹/۶۷ درصد عملکرد روغن در ارقام کلزای مورد مطالعه شده است (جدول ۴-۳).

۴-۲-۸- روز تا رسیدگی

ارقام در شرایط محیطی بدون تنش بین ۲۴۵/۶۷ تا ۲۵۴/۳ روز و در شرایط تنش رطوبتی بین ۲۳۸/۳۳ تا ۲۴۱/۰۰ روز رسیدگی پیدا نمودند (جدول ۴-۸). تنش رطوبتی این صفت را به میزان ۴/۴ درصد کاهش داد (جدول ۴-۳). در بین ارقام مورد مطالعه در محیط بدون تنش، رقم Geronimo دیرتر و رقم Zarfam زودتر از سایر ژنوتیپها وارد این مرحله شدند در حالیکه در محیط تنشی ارقام SLM-۰۴۶ و Zarfam جزو زودرس ترین و ارقام ARC۲ و

Sunday جزو دیررس ترین ارقام بودند (جدول ۴-۸). در مجموع مشاهده می شود که شرایط تنشی سبب شده که ارقام زودتر وارد فاز رسیدگی شده و در مقایسه با محیط غیر تنشی دامنه تغییرات بین ژنوتیپها از نظر این صفت کاهش یابد.

۴-۲-۹- درصد پروتئین

میانگین این صفت در شرایط تنش رطوبتی نسبت به محیط بدون تنش رطوبتی ۵/۹ درصد کاهش یافت (جدول ۴-۳). مقایسه میانگین ها (جدول ۴-۸) نشان داد که در هر دو شرایط عادی و تنش رطوبتی، رقم SLM-۰۴۶ به ترتیب با ۲۵/۳۳ و ۲۷/۸۷ درصد، از بیشترین درصد پروتئین برخوردار بود. کمترین درصد پروتئین در هر دو شرایط نیز مربوط به رقم Talaye با ۲۰/۹۷ و ۲۰/۲۰ درصد بود. ضمن اینکه میانگین کلی این صفت در شرایط عادی ۲۴/۶۸ درصد و در شرایط تنشی رطوبتی ۲۳/۲۶ درصد بود؛ در مجموع مشاهده می شود که این صفت تغییرات خیلی شدیدی از شرایط تنشی در مقایسه با سایر صفات مثل عملکرد دانه یا روغن نپذیرفته است.

۴-۲-۱۰- ارتفاع بوته

نتایج نشان داد که ارتفاع بوته ها در شرایط تنش رطوبتی بین ۱۶۴/۲۷ تا ۱۸۰/۹۰ سانتیمتر و در شرایط عادی رطوبتی بین ۱۶۶/۹۷ تا ۱۸۳/۹۷ سانتیمتر متغیر بود (جدول ۴-۸). تنش باعث شد تا میانگین ارتفاع در این مرحله ۱/۱ درصد کاهش یابد (جدول ۴-۳) و این نتایج مبین این موضوع می باشد که صفت ارتفاع تأثیر زیادی از ارتفاع نپذیرفته است و علت اصلی احتمالی این وضعیت آن می باشد که زمان اعمال تنش در اواخر مرحله گلدهی این گیاه بوده که در این وضعیت گیاه عمده رشد خود را نموده است. در شرایط تنش و بدون تنش، ارقام Talaye و SLM-۰۴۶ بیشترین ارتفاع را داشتند و رقم RGS در هر دو محیط کمترین ارتفاع را از خود نشان داد.

۴-۲-۱۱- روز تا ۱۰٪، ۵۰٪ و ۱۰۰٪ گلدهی

ژنوتیپها به طور متوسط به ترتیب در ۱۸۴/۹، ۲۰۲/۸ و ۲۱۰/۲ روز به مراحل ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد گلدهی رسیدند (جدول ۴-۹) در هر سه صفت، رقم Zarfam با ۱۸۰/۳، ۱۸۷/۷ و ۲۰۷/۷ روز، زودتر از سایر ارقام وارد این مراحل شد و رقم Dante در رتبه دوم زود گلدهی قرار داشت. در مجموع نیز رقم Sunday نسبت به سایر ارقام دیرتر وارد مراحل مختلف گلدهی شد.

جدول ۴-۶- مقایسه میانگین صفات عملکرد دانه، وزن هزار دانه و تعداد دانه در خورجین در شرایط محیطی بدون تنش و تنش رطوبتی

ARC۲-۱

ARC۵ -۲

Celecious-۳

Dante-۴

Geronimo-୦

Licord-୧

Milena-୨

Opera-୩

Rainbow-୪

Sahra-୫

Shiralee-୬

SLM-۰۴۶-۱۲

Sunday-۱۳

Talaye-۱۴

Talent-۱۵

Zarfam-۱۶

Okapi-۱۷

Hyola ϵ ۲۰-۱۸

Hyola ϵ ۳۳۰-۱۹

RGS-۲۰

در هر ستون تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول ۴-۷- مقایسه میانگین صفات تعداد خورجین در بوته، طول خورجین و درصد روغن در شرایط محیطی

بدون تنش و تنش رطوبتی

تعداد	طول	در	
د	خور	صد	
خور	جین	روغن	
جین	ن	در	
بوته			
؛ ؛ ؛ ؛ ؛ ؛			ژنوتیپ
د ا د ا د ا			
و ت و ت و ت			
ن ن ن ن ن ن			
ش ش ش			
ت ت ت			
ن ن ن			
ش ش ش			
<i>e c b a c d</i>			ARC۲-۱
۴ ۳ ۳ <i>b</i> ۰ <i>e</i>			
۰ ۷ ۸ ۸ /			
/ / / ۲ ۲			
۳ ۴ ۷ / ۴			
۹ ۱ ۷ ۳			
<i>f c b a c e</i>			ARC۵ -۲
۲ <i>d c b</i> ۰ <i>f</i>			
۳ ۴ ۳ / ۳			
/ ۷ ۶ ۸ ۲ /			
۳ / / ۶ ۳ ۲			
۸ ۴ ۷ / ۳ ۳			
۰ ۷ ۵			
<i>g f i g g h</i>			Celecious-۳
۳ ۶ ۹ ۶ ۳			

3 3 . 0 / .

/ / / / 1 /

3 3 0 7 9 1

7 7 1 9

7

a b a a b b

b 2 8 9 c c

9 7 7 9 3 d

. / / / /

/ 2 7

ε 7 7 /

ε 3 3 2

. 7 2

ε

9

f c b b a b

8 ε c 8 b c

3 . 3 . 7

/ / 2 / / .

3 ε / 7 2 /

7 1 7 ε 2

7 0

ε

a a b a a a

1 0 ε b b

7 3 2 8 3 .

/ / / ε / /

ε ε 7 / 2 2

1 ε 7 ε 7

7

7

g c g f h i

7 d ε 8 7 3

. 7 . 0 / /

/ 7 / / 1 1

3 / 7 7 7 7

7 ε . 0

Dante-ε

Geronimo-0

Licord-7

Milena-7

.
a b f e g h
b ʔ ʌ ʔ ʏ
c
 ʎ ʔ ʔ ʌ / ʔ
 . / / / ʌ /
 / ʔ ʎ ʏ ʌ ʌ
 ʔ ʔ ʌ ʎ
 . ʔ

Opera-ʌ

g d g f g h
 ʌ ʔ *h* ʌ .
 . ʔ ʔ ʌ / .
 / / ʔ / ʌ /
 ʔ ʔ / ʎ ʌ ʌ
 ʎ . ʎ ʔ ʎ
 ʔ

Rainbow-ʎ

f e c c c e
 ʌ ʎ *d d* ʏ *f*
 ʏ . ʔ ʔ / ʔ
 / / ʏ ʏ / /
 ʔ ʔ / / ʔ ʔ
 ʏ ʌ ʏ ʏ ʔ ʔ
 ʐ

Sahra-ʌʐ

f c b c d f
 ʌ *d c* ʐ ʔ ʏ
 ʏ ʎ *d* . / /
 / ʏ ʔ / ʔ ʔ
 ʔ / / ʏ ʔ ʔ
 ʏ ʔ ʏ ʌ ʌ
 .

Shiralee-ʌʌ

d b a a b b
e ʔ ʌ ʎ *c c*
 ʏ ʔ ʔ ʎ ʔ *d*
 ʔ / / / / ʔ
 / ʔ ʏ ʏ ʔ ʔ
 ʔ ʔ

SLM-ʐʔʎ-ʌʔ

۹ ۳ ۱ ۵
 ۱

h f g f i j
۵ ۲ *h* ۹ . ۳
۷ . ۳ / /
/ / / ۱ ۱
۳ ۳ / ۶ ۳ ۴
۳ ۷ ۶ ۵ ۱

Sunday-۱۳

f b d b d f
۳ ۹ ۲ ۷ *e* ۷
۷ . ۳ . /
/ / / / / ۲
۳ ۴ ۷ ۷ ۲ ۲
۸ ۲ ۱ ۶
 ۷

Talaye-۱۴

h g h f j k
۹ ۱ ۲ ۹ . ۷
۷ . ۸ ۸ / /
/ / / / ۱ ۱
۳ ۳ ۶ ۶ ۱ ۲
۲ ۶ ۸ ۱

Talent-۱۵

c b a a a b
d ۳ ۸ *b* ۷ ۳
e
۹ ۷ ۱ ۸ / /
۳ / / ۱ ۲ ۲
/ ۴ ۷ / ۵ ۵
۳ ۲ ۷ ۵ ۹

Zarfam-۱۶

۹
c b b a c c
d ۲ ۴ *b* ۳ *d*
e
۸ . ۱ ۸ / .
۷ / / . /
/ ۴ ۷ / ۲ ۲
۳ ۳ ۷ ۶ ۴

Okapi-۱۷

۹ ۷
b b e c e g
c ۹ d f ۷
d e ۳
 ۳ ۳ ۶ ۳ /
 / / /
 ۰ ۰ / ۸ ۲ ۲
 / / ۶ / ۲ ۱
 ۴ ۴ ۷ ۱ ۴
 ۰ ۳ ۰

Hyola ۲۰-۱۸

a b e c f g
b ۶ f d ۷ ۰
 / ۹ e
 ۷ ۴ / /
 ۴ ۱ ۰ ۲ ۲
 / / / /
 ۱ ۴ / ۰ ۰
 ۲ ۶ ۷ ۲ ۸

Hyola ۳۳۰-۱۹

d d e d e g
e ۲ f e f ۰
 ۷ ۹ ۲ ۷
 ۳ /
 ۳ ۰ ۸ / ۲
 / / / /
 / ۴ / ۲ ۱
 ۳ ۰ ۶ ۷ ۰ ۵
 ۹ ۹

RGS-۲۰

در هر ستون تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول ۴-۸- مقایسه میانگین صفات عملکرد روغن، روز تا رسیدگی، درصد پروئین و ارتفاع بوته در شرایط محیطی بدون تنش و تنش رطوبتی

ژنوتیپ

در هر ستون تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول ۴-۹- مقایسه میانگین صفات روز تا ۱۰ درصد گلدهی، روز تا ۵۰ درصد گلدهی و روز تا ۹۰ درصد

گلدهی در شرایط محیطی بدون تنش و تنش رطوبتی

ر	ر	ر	
و	و	و	
ز	ز	ز	
ت	ت	ت	
ا	ا	ا	
۹	۵	۱	
۰	۰	۱	
د	د	۰	
ر	ر		
د	ص	ص	ژنوتیپ
د	د	ر	
ص	گ	گ	
د	ل	ل	
د	د		
گ	ه	ه	
ل	ی	ی	
	د		
	ه		
	ی		
<i>a</i>	<i>a</i>	۳	ARC۲-۱
<i>b</i>	<i>b</i>		
۳	۳	/	
/	/	۱	
۲	۲	۸	
۱	۰	۶	
۱	۵	<i>b</i>	
		<i>c</i>	
<i>a</i>	<i>a</i>		ARC۵-۲
<i>b</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	

c c c
• • ۳

/ / /

۲ ۲ ۱

۱ • ۸

۱ ۵ ۶

a b d

b c e

c d ۷

۷ ۷ /

/ / ۱

۲ ۲ ۸

۱ • ۴

• ۳

d g

e ۷ g

۷ / h

/ / ۳

۲ ۸ /

• ۸ ۱

۸ ۸

۱

۱

۱

۱

a c

b d e

c ۳ f

• /

/ ۷

۲ ۲ /

۲ • /

۱ ۳ ۱

۱ ۳ ۱

۱ ۸

۳

۳

a a c

b b d

c ۳ ۳

d / /

۳ / /

/ ۲ ۱

/ ۲ ۱

Celecious-۳

Dante-۴

Geronimo-۵

Licord-۶

۲ • ۸

۱ ۵ ۵

•

a a

b ۳ b

۳ / ۷

/ ۲ /

۲ • ۱

۱ ۶ ۸

۱ ۷

a a

b ۷ c

c d

۷ / ۷

/ ۲ /

۲ • ۱

۱ ۵ ۸

• ۵

a a

b b e

c c f

d d ۷

۳ /

/ ۷ ۱

۲ / ۸

۱ ۲ ۳

• •

ε

b b

c c d

d d e

۷ ۳

/ ۷ /

۲ / ۱

• ۲ ۸

۹ • ε

Milena-۷

Opera-۸

Rainbow-۹

Sahra-۱۰

۳
d e g
e f h
۷ ۷ ۷

Shiralee-۱۱

/ / /
۲ ۲ ۱
• • ۸

۸ ۱ ۱
d f f
e ۷ g
۷ / ۳

SLM-۰۴۶-۱۲

/ ۲ /
۲ • ۱
• • ۸

۸ ۲
a a a
۷ • •

Sunday-۱۳

/ / /
۲ ۲ ۱
۱ • ۸
۱ ۶ ۹

a a b
b ۳ ۳
c
• / /

Talaye-۱۴

/ ۲ ۱
۲ • ۸
۱ ۶ ۷

۱
a a b
b ۳ ۳
۳ / /

Talent-۱۵

/ ۲ ۱
۲ • ۸
۱ ۶ ۷
۱

e g h
v v ʒ

/ / /

ʒ ʌ ʌ

• ʌ ʌ

v v •

a a b

b b v

ʒ c

d /

/ ʌ

ʒ v ʌ

ʌ / v

ʌ ʒ

•

ε

c d d

d e e

ʒ • ʒ

/ / /

ʒ ʒ ʌ

• • ʌ

ʒ ʒ ε

b a d

c b e

d c v

v d

/

/ v ʌ

ʒ / ʌ

• ʒ ε

ʒ •

ε

b b e

c c f

d d v

v

/

Zarfam-16

Okapi-17

Hyolaεʒ•-18

Hyolaʒʒ•-19

RGS-20

/ ۷ ۱

۲ / ۸

۰ ۲ ۳

۹ ۰

۳

در هر ستون تفاوت بین میانگینهایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار نمی باشد.

۴-۳- همبستگی بین صفات

ضریب همبستگی معیاری است که میزان ارتباط خطی بین متغیرها را تعیین می کند. از این رو همبستگی بین صفات در اصلاح نباتات از اهمیت ویژه ای برخوردار است زیرا میزان و نوع رابطه ژنتیکی و غیر ژنتیکی بین دو یا چند صفت را اندازه گیری می کند. همبستگی بین صفات، متخصصان اصلاح نباتات را در انتخاب غیر مستقیم برای صفات مهم زراعی از طریق سایر صفات که اندازه گیری آنها آسانتر است، یاری می کند.

همبستگی فنوتیپی بین صفات در شرایط عادی و تنش رطوبتی به ترتیب در جداول ۴-۱۰ و ۴-۱۱ آمده است. نتایج نشان داد که همبستگی بین عملکرد دانه و وزن هزاردانه، تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته، طول خورجین و عملکرد روغن، مثبت و بسیار معنی دار است.

همبستگی بین عملکرد دانه و روز تا رسیدگی در شرایط نرمال مثبت ولی غیر معنی دار بود و در شرایط تنش، منفی و غیر معنی دار بود. تعداد روز تا رسیدگی را می توان معادل طول طول دوره رویش گیاه دانست. با افزایش طول دوره رویشی، دوره زایشی کوتاه می شود و مقدار زیادی از مواد فتوسنتزی صرف توسعه اندامهای رویشی می گردد و عملکرد کاهش می یابد. همچنین احتمال دارد که گیاهان دیررس تر در معرض شرایط محیطی نامناسب قرار گیرند. بنابراین همبستگی پائین و منفی و بین این دو صفت دور از انتظار نیست. این بدین معنی که ژنوتیپ هایی که زودتر به مرحله رسیدن فیزیولوژیکی می رسند، خشکی را بهتر تحمل می کنند. در مطالعات صدیق ۱۰ روز تأخیر در گلدهی، عملکرد را ۰/۵ تا ۱/۱ تن در هکتار کاهش داد (پور عیسی و همکاران، ۱۳۸۶؛ Siddique, ۲۰۰۰).

همبستگی بین درصد پروتئین و روز تا رسیدگی در هر دو تیمار، منفی و غیر معنی دار بود. ارقامی که دوره رشد طولانی تری دارند، فرصت بیشتری برای تولید پلی ساکارید داشته و پروتئین کمترین ذخیره نموده اند. همبستگی مثبت و معنی داری بین ارتفاع و عملکرد روغن مشاهده شد که نشان دهنده ارتباط تنگاتنگ ارتفاع با عملکرد نهائی دارد و به نظر می رسد که از جمله صفاتی باشد که انتخاب در جهت آن، به عنوان صفتی مناسب در دست اصلاح گران نبات جهت افزایش تولید قرار گیرد.

صفت عملکرد روغن نیز با وزن هزار دانه و تعداد دانه در خورجن همبستگی مثبت و بسیار معنی داری داشت. این همبستگی دور از انتظار نبود چون صفات وزن هزار دانه و تعداد دانه در خورجین، از مهمترین صفات تشکیل دهنده عملکرد دانه هستند و بین عملکرد روغن و عملکرد دانه بالاترین همبستگی وجود داشت. این نتیجه با نتایج حسین زاده و همکاران (۱۳۸۴)، ملک زاده شفارودی (۱۳۷۴) و رضایی (۱۳۸۱) مشابه بود.

جدول ۴-۱۰- ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات مختلف در شرایط محیطی بدون تنش

X X X X X X X
 ۷ ۶ ۵ ۴ ۳ ۲ ۱

						۱
					۱	۷
						۶
						/
						۰
				۱	۶	۷
					۹	۹
					/	/
						۰
				۱	۸	۷
					۲	۱
					/	/
						۰
				۱	۸	۹
					۱	۲
					/	/
						۰
				۱	۶	۷
					۶	۲
					/	/
						۰
				۱	۷	۹
					۹	۱
					۷	/
					/	۰
						۰
				۲	۲	۳
					۳	۳
					۴	۳
					۲	۲

۹	۳	۹	۰	۶	۲	۸
۴	/	/	/	/	/	/
/	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰						
۳	۲	۲	۴	۱	۳	۳
۸	۵	۷	۰	۹	۵	۷
۱	۷	۶	۶	۷	۱	۳
/	/	/	/	/	/	/
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۵	۴	۶	۴	۵	۶	۴
۵	۵	۵	۳	۶	۶	۷
۲	/	/	/	/	/	/
/	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰						

* ضرایب همبستگی با قدر مطلق بیشتر از ۰/۴۵ در سطح احتمال ۵ درصد و بیشتر از ۰/۵۵ در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار می باشند.

جدول ۴-۱۱- ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات مختلف در شرایط محیطی تنش

X_0	X_4	X_7
		۱
	۱	۰/۸۳
۱	۰/۸۴	۰/۹۲
۰/۶۷	۰/۷۵	۰/۷۵
۰/۸۹۱	۰/۸۵۵	۰/۹۰۱
-۰/۱۸	-۰/۱۱	-۰/۱۹
۰/۵۵	۰/۵۳	۰/۵۲
۰/۷۱	۰/۴۹	۰/۵۸

* ضرایب همبستگی با قدر مطلق بیشتر از $0/45$ در سطح احتمال 5 درصد و بیشتر از $0/55$ در سطح احتمال 1 درصد معنی دار می باشند.

۴-۴- تجزیه به عاملها

از تجزیه به عاملها به منظور تفسیر روابط میان صفات و گروه بندی آنها استفاده می‌شود تا بدین طریق عوامل پنهانی که موجب پدید آمدن ساختار ماتریس همبستگی ها یا کوواریانس گردیده اند مشخص گردد. در این تحقیق تجزیه عاملها به روش مولفه‌های اصلی بر روی میانگین تکرارها انجام گردید. در تجزیه‌های انجام شده با توجه به توجیه منطقی عاملها و تعداد ریشه‌های مشخصه بزرگتر از یک، تعداد دو عامل استخراج و تفسیر گردید.

نتایج حاصل از تجزیه عاملها شامل بار عاملهای اصلی، نسبت واریانس توجیه شده توسط دو عامل، نسبت واریانس تجمعی و ریشه‌های مشخصه برای شرایط عادی و تنش به ترتیب در جداول ۴-۱۲ و ۴-۱۳ آمده است.

در شرایط عادی، دو عامل بدست آمده مجموعاً ۷۷/۹ درصد واریانس کل را توجیه نمودند که در این میان سهم عامل اول و دوم به ترتیب ۶۵ و ۱۲/۹ درصد بود. در عامل اول، صفات عملکرد دانه (۰/۹۴۳)، تعداد خورجین در بوته (۰/۹۱)، طول خورجین (۰/۹۷)، تعداد دانه در خورجین (۰/۹۲۴) و عملکرد روغن (۰/۹۵۹) دارای بارعاملی بزرگ و مثبتی (جدول ۴-۱۲) بود. در عامل دوم، صفت درصد پروتئین (۰/۷۸۲) دارای بارعاملی منفی و بزرگ بود و صفات روز تا رسیدگی (۰/۷۳۱) و ارتفاع (۰/۲۳۱) دارای بارعاملی مثبت بودند.

در شرایط تنش نیز سه عامل مجموعاً ۷۹/۷ درصد از کل تغییرات را توجیه کردند و صفات عملکرد دانه (۰/۹۵۸)، تعداد دانه در خورجین (۰/۹۴۵)، تعداد خورجین در خورجین (۰/۹۰۵)، طول خورجین (۰/۹۵۵) و عملکرد روغن (۰/۹۶) بزرگترین بارعاملی مثبت را در عامل اول داشتند و در عامل دوم نیز صفات رسیدگی (۰/۹۲) دارای بارعاملی منفی بود و در عامل سوم صفت درصد پروتئین (۰/۴۶۳) دارای بارعاملی منفی و ارتفاع دارای بارعاملی مثبت و بزرگ بود (جدول ۴-۱۳).

با توجه به بار عوامل هر کدام از صفات در هر دو عامل، می‌توان عامل پنهانی اول را تحت عنوان عامل عملکرد و عامل دوم را به عنوان عامل درصد پروتئینی یا زودرسی دانست و عامل سوم (در شرایط تنش) را عامل قامت گیاه نامید.

نتایج تجزیه عاملها بطور کلی نشان داد که عملکرد دانه با اجزای اصلی عملکرد دانه در یک گروه قرار دارند و صفاتی که سهم قابل توجهی بر روی تغییرات عملکرد دانه داشتند را معلوم نمود.

جدول ۴-۱۲- بار عامل‌های اصلی، نسبت واریانس توجیه شده توسط هر عامل، نسبت تجمعی واریانس توجیه شده و ریشه‌های مشخصه صفات در ارقام کلزا در شرایط بدون تنش

بار عامل‌های اصلی							صفت
عامل ۱	عامل ۲	عامل ۳	عامل ۴	عامل ۵	عامل ۶	عامل ۷	
۰/۹۴۳	-۰/۱۲۳	۰/۰۷۶	-۰/۰۵۰	۰/۲۱۱	۰/۱۸۶	۰/۰۷۰	۱- عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
۰/۸۳۵	۰/۰۰۹	-۰/۴۹۰	-۰/۱۱۳	۰/۱۶۵	۰/۰۳۳	-۰/۰۸۷	۲- وزن هزار دانه (گرم)
۰/۹۲۴	۰/۱۶۵	۰/۱۱۵	۰/۰۱۰	۰/۰۲۱	-۰/۲۹۰	۰/۱۳۵	۳- تعداد دانه در خورجین
۰/۹۱۰	-۰/۱۴۱	۰/۱۷۲	-۰/۱۱۷	۰/۱۰۸	-۰/۱۲۸	-۰/۲۷۹	۴- تعداد خورجین در بوته
۰/۹۷۰	۰/۰۸۵	-۰/۰۸۸	۰/۰۲۸	۰/۰۸۴	-۰/۰۷۲	۰/۱۳۸	۵- طول خورجین (سانتیمتر)
۰/۷۶۸	-۰/۰۷۰	۰/۴۸۰	۰/۲۹۴	-۰/۲۷۲	۰/۰۶۲	-۰/۰۴۸	۶- درصد روغن
۰/۹۵۹	-۰/۱۱۹	۰/۱۴۷	۰/۰۱۶	۰/۱۰۴	۰/۱۶۸	۰/۰۵۷	۷- عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)
۰/۴۰۷	۰/۷۳۱	۰/۰۸۰	-۰/۴۷۲	-۰/۲۵۴	۰/۰۷۸	-۰/۰۱۰	۸- روز تا رسیدگی
۰/۳۶۹	-۰/۷۸۲	-۰/۱۶۲	-۰/۳۱۸	-۰/۳۴۹	-۰/۰۲۴	۰/۰۵۵	۹- درصد پروئین
۰/۶۹۴	۰/۲۳۱	-۰/۴۶۴	۰/۴۰۳	-۰/۲۸۱	۰/۰۲۹	-۰/۰۴۵	۱۰- ارتفاع بوته (سانتیمتر)
۰/۶۵	۰/۱۲۹	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۰۴۴	۰/۰۱۸	۰/۰۱۴	واریانس توجیه شده
۰/۶۵	۰/۷۷۹	۰/۸۵۹	۰/۹۱۹	۰/۹۶۳	۰/۹۸۱	۰/۹۹۵	واریانس توجیه شده تجمعی
۶/۵	۱/۲۸۷	۰/۷۹۶	۰/۶۰۴	۰/۴۴۱	۰/۱۸۱	۰/۱۳۸	ریشه مشخصه

جدول ۴-۱۳- بار عامل‌های اصلی، نسبت واریانس توجیه شده توسط هر عامل، نسبت تجمعی واریانس توجیه

شده و ریشه‌های مشخصه صفات در ارقام کلزا در شرایط تنش

بار عامل‌های اصلی							صفت
عامل ۷	عامل ۶	عامل ۵	عامل ۴	عامل ۳	عامل ۲	عامل ۱	
-۰/۱۴۶	-۰/۱۴۵	۰/۰۳۷	۰/۰۱۹	-۰/۰۹۵	-۰/۱۵۶	۰/۹۵۸	۱- عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
-۰/۰۲۹	-۰/۰۶۸	-۰/۱۴۰	۰/۲۵۹	۰/۱۷۷	۰/۲۳۵	۰/۸۹۱	۲- وزن هزار دانه (گرم)
۰/۲۴۴	-۰/۱۱۵	-۰/۰۵۵	-۰/۰۸۹	۰/۰۸۳	-۰/۰۹۶	۰/۹۴۵	۳- تعداد دانه در خورجین
-۰/۰۴۹	۰/۲۵۰	-۰/۲۷۲	۰/۰۱۱	۰/۰۱۰	-۰/۱۹۶	۰/۹۰۵	۴- تعداد خورجین در بوته
۰/۰۶۲	-۰/۰۷۲	۰/۰۲۴	۰/۰۳۲	۰/۲۲۲	-۰/۰۲۰	۰/۹۵۵	۵- طول خورجین (سانتیمتر)
۰/۰۲۰	۰/۱۲۲	۰/۱۰۹	-۰/۴۰۷	-۰/۲۹۸	-۰/۲۷۸	۰/۷۹۳	۶- درصد روغن
-۰/۱۱۷	-۰/۱۳۱	۰/۰۶۳	-۰/۰۳۳	-۰/۱۲۷	-۰/۱۵۹	۰/۹۶۰	۷- عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)
۰/۰۱۸	۰/۰۳۰	۰/۰۷۹	۰/۲۸۳	۰/۲۹۴	-۰/۸۴۳	-۰/۳۳۸	۸- روز تا رسیدگی
۰/۰۶۴	۰/۱۴۲	۰/۱۷۶	۰/۴۱۶	-۰/۴۶۳	۰/۱۹۵	۰/۷۲۰	۹- درصد پروئین
-۰/۰۴۰	۰/۱۴۳	۰/۱۸۹	-۰/۰۸۷	۰/۶۸۳	۰/۲۸۲	۰/۶۲۲	۱۰- ارتفاع بوته (سانتیمتر)
۰/۰۱۱	۰/۰۱۸	۰/۰۱۹	۰/۰۵۰	۰/۰۹۷	۰/۱۰۶	۰/۶۹۱	واریانس توجیه شده
۰/۹۹۲	۰/۹۸۱	۰/۹۶۳	۰/۹۴۴	۰/۸۹۴	۰/۷۹۷	۰/۶۹۱	واریانس توجیه شده تجمعی
۰/۱۰۸	۰/۱۸	۰/۱۸۸	۰/۵۰۴	۰/۹۶۹	۱/۰۵۹	۶/۹۰۶	ریشه مشخصه

۴-۵- تجزیه مولفه‌های اصلی

تجزیه مولفه‌های اصلی برای تشریح تنوع ژنتیکی، تعیین سهم هر صفت از تنوع کل و کاهش ابعاد داده‌ها بکار برده می‌شود. بایستی صفاتی که دارای تنوع خوبی هستند را شناسایی نموده و سپس با استفاده همبستگی موجود بین صفات با عملکرد و همچنین با استفاده از روش‌های نظیر مولفه‌های اصلی به مناسبت ترین و منطقی ترین رابطه بین عملکرد و سایر صفات دست پیدا کرد.

نتایج تجزیه مولفه‌های اصلی با استفاده از ۱۰ صفت اصلی در ارقام کلزا مورد مطالعه شامل ریشه‌های مشخصه، نسبت واریانس توجیه شده توسط هر مولفه و واریانس تجمعی توجیه شده برای شرایط عادی و تنش در جداول ۴-۱۴ و ۴-۱۵ نشان داده شده است.

در این بررسی برای هر دو شرایط تنش و غیر تنش، تعداد پنج مولفه اصلی مجموعاً ۹۶/۳ درصد از کل واریانس موجود را توجیه نمودند، به طوری که سهم مولفه اول در شرایط عادی ۶۵٪ و در شرایط تنشی ۶۹/۱٪ بود (جدول ۴-۱۴ و ۴-۱۵). در مولفه اول شرایط تنش و عادی سهم صفات عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته، طول خورجین و عملکرد روغن بیشتر بود و این صفات همبستگی مثبت و معنی داری با این مولفه نشان دادند و با توجه به اینکه عملکرد دانه و اجزای اصلی عملکرد در این مولفه هستند، افزایش این مولفه باعث افزایش عملکرد دانه شده و نقش اساسی در این صفت دارد.

در مولفه دوم، صفت رسیدگی دارای بیشترین سهم مثبت و صفت درصد پروتئین دارای بیشترین نقش منفی در شرایط بدون تنش بود در حالیکه در شرایط تنش صفت روز تا رسیدگی دارای بیشترین سهم و با نقش منفی بود. در مولفه سوم در حالت غیر تنشی درصد پروتئین بیشترین نقش منفی و صفت روز تا رسیدگی بیشترین نقش مثبت را داشت در حالیکه در وضعیت تنش روز تا رسیدگی دارای بیشترین نقش منفی و اثرگذار بود. در مولفه چهارم در شرایط غیر تنشی صفات روز تا رسیدگی و درصد پروتئین نقش منفی و صفت درصد روغن نقش مثبت بزرگتری را داشت در حالیکه در شرایط تنشی همین صفات نقش برتر را داشتند ولی علامت آنها عکس شرایط غیر تنشی بود. در مولفه پنجم نیز سهم صفات ارتفاع بوته، درصد پروتئین و درصد روغن از سایر صفات بیشتر بود ولی علامت اثر آنها در دو شرایط نسبت به همدیگر عکس بود.

بطور کلی تغییر مولفه دوم و سوم و چهارم، بیشترین تأثیر را روی تغییر درصد پروتئین و روز تا رسیدگی دارد و تغییر مولفه چهارم و پنجم بطور توأم بیشترین نقش را در تغییر درصد پروتئین، ارتفاع و درصد روغن خواهد داشت.

جدول ۴-۱۴- بردارهای مشخصه، واریانس توجیه شده نسبی و تجمعی، ریشه‌های مشخصه پنج مولفه اصلی

اول در ۲۰ رقم کلزا مورد مطالعه در شرایط بدون تنش

مولفه سوم

۰/۰۸۵

-۰/۵۵۰

۰/۱۲۹

•/193

-•/•98

•/538

•/160

•/•9•

-•/181

-•/52•

•/•/•

•/•/•

•/•/•

جدول ۴-۱۵- بردارهای مشخصه، واریانس توجیه شده نسبی و تجمعی، ریشه‌های مشخصه پنج مولفه اصلی اول در ۲۰ رقم کلزا
مورد مطالعه در شرایط تنش

مولفه سوم	مولفه دوم
-۰/۰۹۷	-۰/۱۵۲
۰/۱۸۰	۰/۲۲۹
۰/۰۸۵	-۰/۰۹۳
۰/۰۱۰	-۰/۱۹۱
۰/۲۲۵	-۰/۰۱۹
-۰/۳۰۳	-۰/۲۷۰
-۰/۱۲۹	-۰/۱۵۵
۰/۲۹۸	-۰/۸۱۹
-۰/۴۷۰	۰/۱۸۹
۰/۶۹۴	۰/۲۷۴
۰/۰۹۷	۰/۱۰۶
۰/۸۹۳	۰/۷۹۷
۰/۹۶۹	۱/۰۵۹

۴-۶- شاخصهای تحمل و حساسیت به تنش رطوبتی

بر اساس عملکرد ژنوتیپها در دو محیط تنش و بدون تنش رطوبتی، شاخصهای میانگین هندسی عملکرد (GMP)، شاخص میانگین تولید (MP)، شاخص تحمل (TOL)، شاخص حساسیت به خشکی (SSI) و شاخص تحمل به تنش (STI) محاسبه شدند. همچنین سایر شاخص های با اهمیت متوسط مثل YI، YI و HAM محاسبه شدند.

۴-۶-۱- تجزیه واریانس و مقایسه میانگین شاخصها

نتایج تجزیه واریانس تفاوت آماری بین ارقام کلزای مورد مطالعه از نظر تمام شاخصها در سطح احتمال ۱٪ معنی دار نشان داد (جدول ۴-۱۶).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین ها (جدول ۴-۱۷) نیز نشان داد که در بین ژنوتیپها، رقم Talent با $SSI=1/96$ و رقم Zarfam با $SSI=0/43$ به ترتیب حساسترین و متحمل ترین ژنوتیپها به تنش بودند. از نظر شاخص تحمل به خشکی (TOL) در بین ارقام مورد بررسی ارقام Zarfam، RGS و Hyola ۳۳۰ بیشترین و ارقام Talent، Talaye و Geronimo کمترین تحمل به خشکی را نشان دادند. دامنه این شاخص در بین ارقام بین $1/3$ تا $1212/0$ کیلوگرم در هکتار بود.

ارقام از نظر میانگین عملکرد در دو محیط (MP)، مقادیر مختلفی را نشان دادند (جدول ۴-۱۷) مقایسه میانگین نشان داد که رقم Zarfam، Dante و SLM-۰۴۶ به ترتیب با $3182/7$ ، $3156/2$ و 3143 کیلوگرم در هکتار بیشترین و ارقام Sunday و Milena با $1312/8$ و $1322/0$ کیلوگرم در هکتار کمترین میزان MP را داشتند (جدول ۴-۱۷) از نظر شاخص میانگین هندسی عملکرد، ارقام تفاوت مشابهی را همانند شاخص میانگین عملکرد نشان دادند و ارقام Dante و Zarfam بیشترین و ارقام Milena و Sunday کمترین مقدار را داشتند. از نظر شاخص میانگین هارمونیک (HAM) نیز وضعیت مشابهی با شاخص میانگین هندسی عملکرد و شاخص میانگین عملکرد مشاهده شد و ارقام Zarfam، Dante و SLM-۰۴۶ دارای بیشترین و ارقام Milena و Sunday کمترین مقدار را از نظر شاخص میانگین هارمونیک داشتند.

تفاوت ارقام از نظر شاخص تحمل به تنش (STI) نیز قابل ملاحظه بود. بر اساس مقایسه میانگین ها (جدول ۴-۱۷)، ارقام Dante و Zarfam و SLM-۰۴۶ به ترتیب با STI معادل $1/19$ ، $1/17$ و $1/16$ متحمل ترین و ارقام Sunday و Milena هر دو با $STI=0/18$ حساسترین ارقام بودند.

از نظر شاخص پایداری عملکرد (YSI)، ارقام Zarfam و SLM-۰۴۶ پایدارترین و ارقام Talent، Rainbow و Milena کم پایدارترین ارقام بودند. از نظر شاخص عملکرد (YI) نیز تقریباً روند مشابهی با شاخص پایداری

عملکرد مشاهده شد به طوری که ارقام Zarfam و SLM-046 دارای بیشترین شاخص عملکرد و ارقام Talent و Milena دارای کمترین شاخص عملکرد بودند.

بر اساس اطلاعات جدول (4-17)، رقم Zarfam از نظر کلیه شاخصها در وضعیت بهتری نسبت به سایر ارقام قرار داشت و بعد از آن به ترتیب رقم Dante و رقم SLM-046 در رتبه بعدی بود. به عبارت دیگر این ارقام دارای بیشترین تحمل و کمترین حساسیت به تنش رطوبتی بودند و ارقام Sunday، Talent و Milena با کمترین مقدار GMP و MP و بیشترین مقادیر SSI و TOL، از حساسترین ارقام مورد بررسی بود.

جدول 4-16- تجزیه واریانس شاخص های تحمل و حساسیت به خشکی ژنوتیپ های مختلف کلزا

میانگین مربعات					درجه آزادی	منبع تغییر
STI	SSI	TOL	GMP	MP		
0/0008	0/018**	22637/1	868/14	1800/1	2	بلوک
0/3777**	0/599**	143711/1**	140660/64**	1309790/4**	18	ژنوتیپ
0/0027	0/020	29452/6	5724/59	6950/8	38	خطا

** مبین معنی داری در سطح احتمال 1 درصد می باشد.

ادامه جدول 4-16- تجزیه واریانس شاخص های تحمل و حساسیت به خشکی ژنوتیپ های مختلف کلزا

میانگین مربعات			درجه آزادی	منبع تغییر
HAM	YSI	YI		
298/36	0/002	0/0001	2	بلوک
1499980/29**	0/05**	0/354**	18	ژنوتیپ
4914/206	0/002	0/001	38	خطا

** مبین معنی داری در سطح احتمال 1 درصد می باشد.

جدول ۴-۱۷- مقایسه میانگینهای شاخصهای تحمل و حساسیت به خشکی ژنوتیپ‌های مختلف کلزا

ژنوتیپ

در هر ستون تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد.

ادامه جدول ۴-۱۷- مقایسه میانگینهای شاخصهای تحمل و حساسیت به خشکی ژنوتیپهای مختلف کلزا

H	Y	Y	ژنوتیپ
A	S	I	
M	I		
۲	۷	۱	ARC۲-۱
۷	۵	۶	
۳	۶	۴	
۸	۸	/	
	/	۱	
<i>c</i>			
<i>d</i>	.	<i>c</i>	
		<i>d</i>	
	<i>b</i>		
	<i>c</i>		
	<i>d</i>		
	<i>e</i>		
۲	۷	۱	ARC۵-۲
۸	۴	۸	
۰	۱	۱	
۱	۹	/	
<i>c</i>	/	۱	
<i>d</i>			
	.	<i>c</i>	
	<i>b</i>		
	<i>c</i>		
	<i>d</i>		
	<i>e</i>		
۱	۵	۵	Celecious-۳
۳	۲	۰	
۶	۷	۵	
۵	۸	۰	
<i>g</i>	/	/	
<i>h</i>			
	.	.	
	<i>g</i>		

h h
i
3 8 3
1 1 8
0 6 2
• 1 /
a / 1

Dante-ε

•
a
a
b
3 6 2
• 9 3
1 7 8
ε 0 /
a / 1
b

Geronimo-ο

•
b
c
d
e
f
2 7 1
8 • 8
7 • •
• • /
b / 1
c
•
c

Licord-γ

c
d
e
f
1 ε ε
1 9 2
7 8 0
2 7 ε
i / /
• •

Milena-ν

h
j
2 7 .
ε 0 2
. 3 .
3 0 /
f / 1

Opera-λ

.
b f
c
d
e

Rainbow-9

1 ε 0
ε 9 2
3 3 .
9 7 3
g / /

. .
h
h
2 7 9
ε 1 9
. 6 8
ε ε 6
f / /

Sahra-10

. .
b
c f
d
e
3 7 2
. 6 7
1 1 9
. 7 /
a / 1
b
. b
b

Shiralee-11

c
d
e
۳ ۸ ۳
۱ ۲ ۷
۱ ۰ ۱
۲ ۵ /
a / ۱

SLM-۰۴۶-۱۲

•
a *a*
b

Sunday-۱۳

۱ ۵ ۴
۱ ۳ ۴
۸ ۲ ۱
۹ ۷ ۴
i / /

• •
g
h *i*
j

Talaye-۱۴

۲ ۶ ۹
۳ ۰ ۰
۳ ۸ ۸
۴ ۰ ۴
f / /

• •
f
g *g*

Talent-۱۵

۱ ۴ ۴
۲ ۳ ۲
۲ ۴ ۴
۱ ۸ ۱
h / /
i

• •
h
j
۳ ۸ ۴

Zarfam-۱۶

ι γ ς

ε ς γ

ϲ ε /

a / ι

·

a a

ϲ ς ·

ο λ ε

ς · ε

λ ι /

e / ι

·

e e

e f

ϲ γ ι

ο γ ·

ς ο ·

ι γ /

e / ι

·

a d

b e

c

d

e

ϲ λ ι

ς · γ

ϱ ϲ ε

ϲ ς /

d / ι

e

·

a c

b

c

d

ϲ λ ϲ

Okapi-17

Hyolaε20-18

Hyolaρ20-19

RGS-20

۷ ۱ ۱

۶ ۲ ۳

۶ ۳ /

c / ۱

d

.

b

a

c

b

c

در هر ستون تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد.

۴-۷- تجزیه مولفه‌های اصلی شاخصهای تحمل و حساسیت به تنش رطوبتی

به منظور تبیین و تحلی ساختار ماتریس ژنوتیپ و شاخصهای تحمل و حساسیت به تنش رطوبتی و میانگین عملکرد ژنوتیپها در دو محیط تنش و غیر تنش، از تجزیه مولفه‌های اصلی استفاده گردید. براساس نتایج بدست آمده، دو مولفه اول مجموعاً ۹۹/۷ درصد از کل تغییرات را توجیه نمودند (جدول ۴-۱۸). مولفه اول ۸۹/۲ درصد از تغییرات را توجیه نمود و همبستگی بالای با Y_s , HAM, YSI, YI, STI, GMP, MP و Y_p داشت در حالیکه SSI و TOL در این مولفه نقش منفی داشتند. بنابراین مولفه اول را می توان مولفه پتانسیل یا ظرفیت عملکرد نامید که ارقام با عملکرد بالا در هر دو محیط را از سایر ارقام جدا می‌سازد. مولفه دوم ۱۰/۵ درصد از کل تغییرات را توجیه نمود و همبستگی بالائی با شاخصهای SSI، TOL و Y_p داشت و همبستگی منفی با YSI نشان داد. بنابراین این مولفه را می‌توان مولفه حساسیت به تنش دانست. این مولفه باعث تفکیک ژنوتیپهای حساس و متحمل به تنش می‌گردد ضمن اینکه ژنوتیپهای مختلف براساس این مولفه دارای عملکرد پائینی در شرایط تنش خواهند بود.

جدول ۴-۱۸- بردارهای مشخصه، واریانس توجیه شده نسبی و تجمعی، ریشه‌های مشخصه پنج مولفه اصلی

اول شاخصهای تحمل و حساسیت به تنش در ۲۰ رقم کلزا مورد مطالعه

مولفه سوم

-۰/۰۳۳

دوم

۰/۳۳

۰/۰۹۴

۰/۰۹

•/0576

•/1

•/030

•/1

•/002

•/1

-•/399

•/1

•/696

•/2

•/096

•/0

-•/696

-•/2

-•/023

•/1

•/003

•/1

1

•/9

1.7

٠/٠٣٢١

١/٠٠

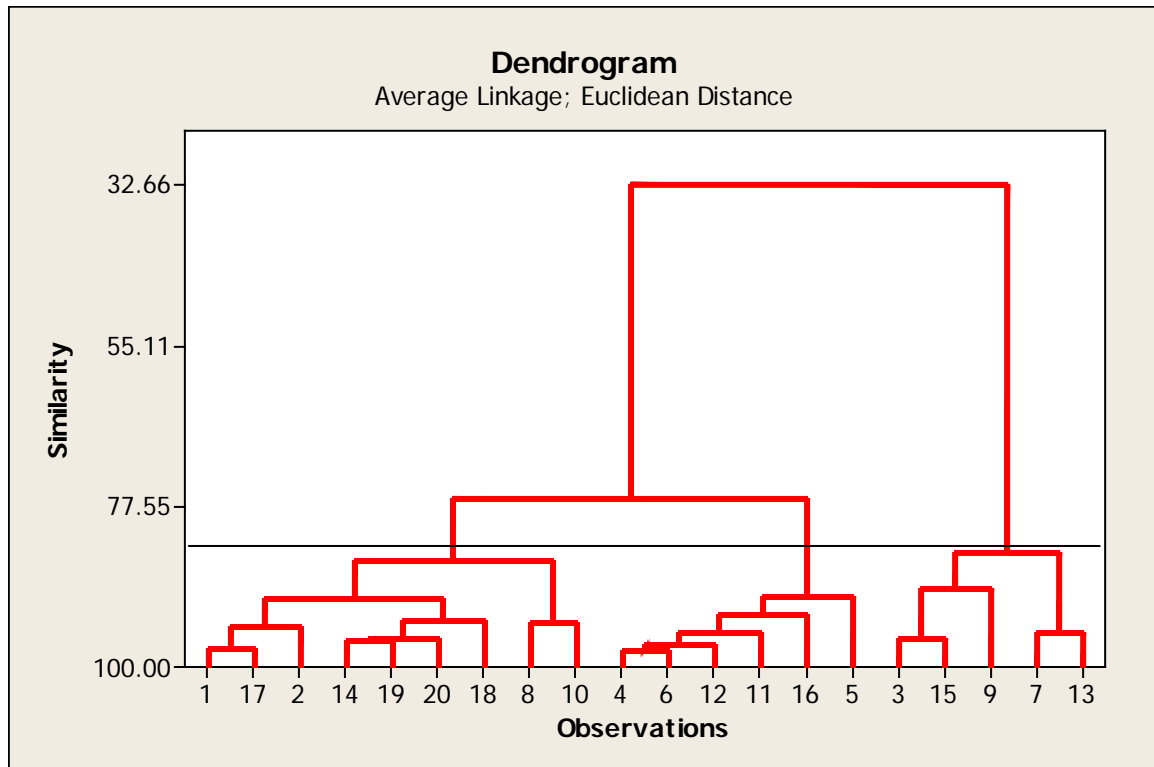
۴-۸- تجزیه خوشه‌ای

به منظور تعیین فاصله ژنوتیپ‌های مورد بررسی و گروه‌بندی آنها بر اساس صفات مورفولوژیک و زراعی، تجزیه خوشه‌ای ۲۰ رقم کلزای مورد بررسی با استفاده از صفات اندازه‌گیری شده صورت گرفت. به خاطر متفاوت بودن واحدهای اندازه‌گیری صفات و همچنین تفاوت در انحراف معیار صفات با واحد اندازه‌گیری مشابه، داده‌ها قبل از استفاده استاندارد شد و سپس در برنامه گروه‌بندی به کار گرفته شدند. تجزیه خوشه‌ای به روش وارد و با استفاده از مربع فاصله اقلیدسی به عنوان معیار تشابه در هر دو شرایط نرمال و تنش رطوبتی انجام گرفت.

۴-۸-۱- تجزیه خوشه‌ای ارقام بر اساس صفات زراعی در شرایط غیر تنش

- ارقام مورد مطالعه در تشکیل ۵ گروه اصلی دادند (شکل شماره ۴-۱) که این گروه‌ها به شرح زیر می‌باشند:
- ۱- گروه اول شامل ارقام ارقامی می‌شود که از نظر خیلی از صفات و بویژه عملکرد و اجزای عملکرد در حد متوسطی هستند و این گروه خود شامل دو زیر گروه می‌باشد که عبارتند از:
 - ۱-۱- زیر گروه اول که شامل ارقام *ARC۲*، *ARC۳* و *Okapi* می‌باشد. ارقام این گروه عمدتاً دارای عملکرد دانه، دانه در خورجین و خورجین در بوته متوسطی بودند.
 - ۲- زیر گروه دوم شامل دو رقم *Opera* و *Sahra* بود. این دو ژنوتیپ از نظر بیشتر صفات مورد بررسی در سطح پائینی بودند و از نظر رسیدگی جزء ارقام متوسط رس بودند.
 - ۳- گروه سوم شامل ارقامی بود که از نظر بسیاری از خصوصیات و صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد و اجزای عملکرد در حد بالایی بودند و جز ارقام برتر در شرایط نرمال رطوبتی بودند. این ارقام شامل *Shiralee*، *Dante*، *Licord*، *Zarfam*، *Geronimo* و *SLM۰۴۶* بودند که ۵ تای آنها در یک زیرگروه قرار گرفت و رقم *Geronimo* به تنهایی در یک زیر گروه جداگانه قرار گرفت. ارقام این گروه دارای عملکرد دانه، دانه در خورجین، خورجین در بوته و ارتفاع نسبتاً بالایی بودند ولی از نظر صفات گلدهی و رسیدگی با همدیگر تفاوت‌هایی داشتند. همچنانکه در جدول ۴-۶ تا ۴-۹ دیده می‌شود ارقام *Zarfam* زودرس‌ترین رقم بوده در حالیکه بقیه آنها به جز رقم *Geronimo* از نظر صفات فنولوژیک در حد وسطی قرار دارند. رقم *Geronimo* که خود به تنهایی یک زیر گروه تشکیل داد دارای بالاترین عملکرد دانه در هکتار بود و تعداد دانه در خورجین آن نیز در رتبه اول قرار داشت و دیررس‌ترین رقم مورد بررسی بود.
 - ۴- گروه چهارم شامل سه ژنوتیپ *Celecious*، *Talent* و *Rainbow* بود.
 - ۵- گروه پنجم شامل دو ژنوتیپ *Milena* و *Sunday* بود.

ارقام گروه‌های ۴ و ۵ در مجموع ارقامی هستند که از نظر تظاهر بیشتر صفات در سطح متوسطی یا پایینی قرار داشته و ارقام این دو گروه عمدتاً دارای عملکرد روغن نسبتاً پایین بودند و از نظر عملکرد دانه و اجزاء عملکرد نیز جزء ارقام انتهائی بودند.



شکل ۴-۱- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ۲۰ رقم کلزای مورد بررسی در شرایط نرمال رطوبتی بر اساس روش UPGMA

۴-۸-۲- تجزیه خوشه‌ای ارقام بر اساس صفات زراعی در شرایط تنش کم آبیاری

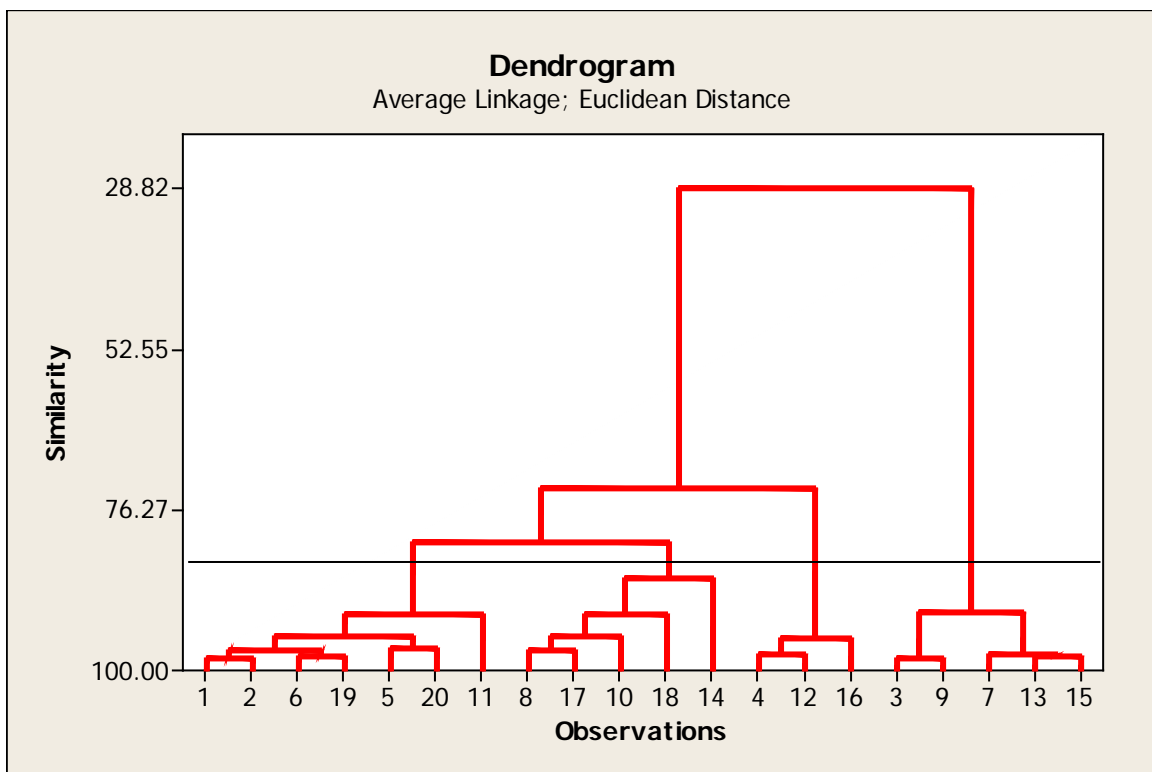
ارقام کلزای مورد بررسی در این حالت تشکیل ۴ گروه اصلی را دادند (شکل شماره ۴-۲) که به شرح زیر می‌باشند:

۱- گروه اول که شامل ژنوتیپ‌های *ARC۲*، *ARC۵*، *Licord*، *ARC۳۳۰*، *Hyola*، *Geronimo*، *RGS* و *Shiralee* بود. این ارقام از نظر صفات مختلف و بویژه عملکرد و اجزای عملکرد در حد متوسطی قرار دارند ولی از نظر رسیدگی با همدیگر متفاوت‌اند. از مقایسه گروه بندی در شرایط تنشی و غیر تنشی دیده می‌شود که ارقام *Licord* و *Geronimo* که در شرایط نرمال رطوبتی جزء ارقام با عملکرد بالا بودند در این شرایط تنشی افت کرده و جزء ارقام با عملکرد متوسط قرار گرفته‌اند. البته برخی ارقام مثل *Shiralee* در هر دو شرایط تفاوت زیادی از نظر عملکرد نداشته‌اند ولی از نظر برخی صفات دیگر تفاوت‌هایی پیدا کرده‌اند و همچنانکه در گروه‌بندی هم مشاهده می‌شود این ژنوتیپ خود یه تنهایی یک زیرگروه تشکیل داده است.

۲- گروه دوم شامل ژنوتیپ های *Talaye* و *Hyolati* ۲۰، *Saha*، *Okapi*، *Opera* بودند که این ارقام نیز از نظر بیشتر خصوصیات جزء ارقام با تظاهر متوسط بودند. این ارقام در مقایسه با گروه اول از نظر عملکرد و اجزای عملکرد دارای تظاهر پایین تری بوده ولی از نظر رسیدگی کمی دیررس تر بودند.

۳- گروه سوم شامل ارقام *Dante*، *SLM* ۰۴۶ و *Zarfam* بودند که از نظر بیشتر صفات (مثل عملکرد و اجزای عملکرد دانه و عملکرد روغن) دارای میانگین بالایی بودند. در مقایسه با شرایط غیر تنش مشاهده می شود که این ارقام در اثر تنش رطوبتی تأثیر کمتری پذیرفته اند و همچنان خود را در برترین گروه نگه داشته اند. یکی از مشخصه های این گروه این می باشد که عمدتاً نسبت به بقیه ارقام دارای تاریخ های گلدهی زودتر و به نسبت نیز دارای رسیدگی زودتری بوده اند.

۱- ۴- گروه چهارم شامل دو زیرگروه بود. زیر گروه اول شامل ارقام *Celecious* و *Rainbow* و زیرگروه دوم شامل ژنوتیپ های *Sunday*، *Milena* و *Talent* بود. در مجموع ژنوتیپ های این زیرگروه از نظر اکثر صفات مورد بررسی از جمله عملکرد و اجزای عملکرد دارای میانگین نسبتاً پایینی بودند. در مقایسه با شرایط شرایط غیر تنش این ژنوتیپ ها همچنان در گروه بندی مشابهی قرار دارند و در مجموع از لحاظ هر دو محیط تظاهر ضعیف تری نسبت به بقیه ارقام از خود نشان می دهند.



شکل ۴-۲- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه ای ۲۰ رقم کلزای مورد بررسی در شرایط تنش رطوبتی بر اساس

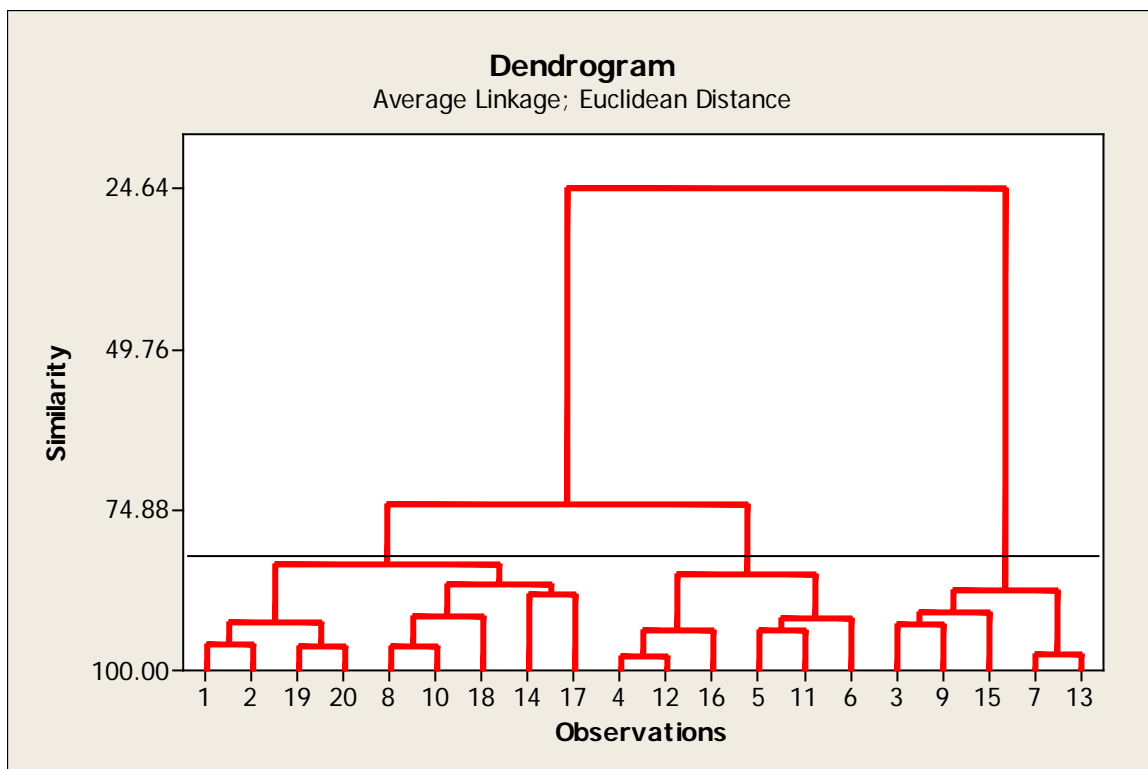
روش UPGMA

در مجموع در گروه‌بندی های فوق مشاهده می‌شود که دو دسته صفات عملکرد و اجزای عملکرد و صفات فنولوژیک مهمترین نقش را در گروه‌بندی این ژنوتیپ‌ها هم در شرایط تنش و غیر تنش ایفا کرده‌اند. همچنین مشاهده می‌شود که بیش از ۵۰ درصد ژنوتیپ‌ها گروه‌بندی خود را تغییر نداده‌اند.

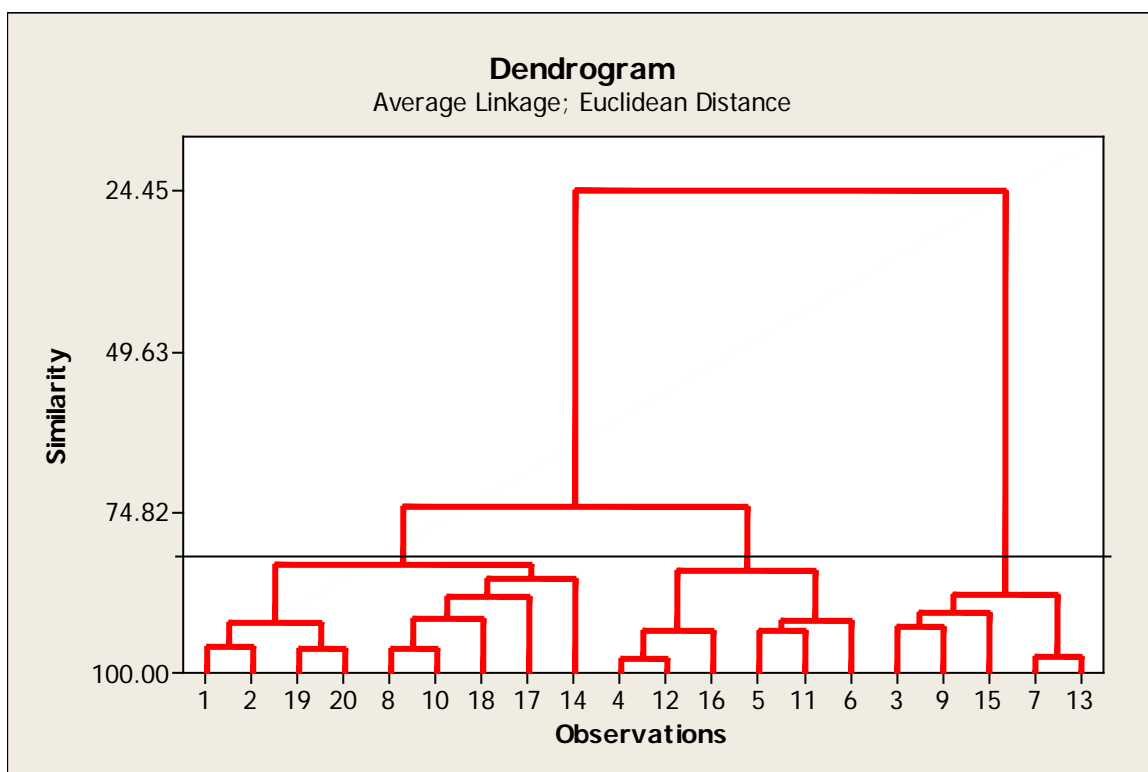
۴-۸-۳- تجزیه خوشه‌ای ارقام بر اساس شاخص‌های خشکی

در گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های خشکی و عملکردها (شکل ۴-۳) و همچنین بر اساس شاخص‌ها به تنهایی (شکل ۴-۴) دیده می‌شود که ژنوتیپ‌ها به سه گروه اصلی (*major group*) تقسیم شده‌اند. گروه اصلی اول شامل ژنوتیپ‌های *ARC۲*، *Sahra ARC۵*، *ARC۳۳۰*، *Opera*، *RGS*، *Hyola۲۰*، *Talaye*، *Okapi* و *Talaye* بود. گروه دوم شامل *Dante*، *SLM۰۴۶*، *Gerónimo Zarfam*، *Shiralee* و *Licord* بود و گروه سوم را ژنوتیپ‌های *Celecious*، *Rainbow*، *Talent*، *Milena* و *Sunday* تشکیل دادند. با توجه به کلیه شاخص‌ها دیده می‌شود که گروه اول یک گروه با مقاومت متوسط نسبت به شرایط تنش کم آبیاری بوده و گروه سوم یک گروه حساس می‌باشد و گروه دوم یک گروه نسبتاً متحمل یا کمتر حساس به تنش مذکور است.

یکی از نکات قابل توجه در گروه‌بندی بر اساس خصوصیات مورفولوژیک و فنولوژیک این می‌باشد که در این روش برخی ژنوتیپ‌هایی که در شرایط غیرتنش با همدیگر در یک گروه اصلی قرار داشتند در شرایط تنشی جزء گروه‌های اصلی دیگری قرار گرفته‌اند. حال آنکه در گروه‌بندی بر اساس شاخص‌ها این ژنوتیپ‌ها به صورت زیرگروه‌های مجزایی تفکیک یافته‌اند ولی هنوز در همان گروه اصلی قرار دارند. این موضوع مبین این مطلب می‌باشد که گروه‌بندی بر اساس شاخص‌ها دو مزیت را در بر دارد. اول آنکه کمک می‌نماید تا مواد ژنتیکی را براساس مهمترین صفات مورد نظر تحقیق (که همان عملکرد و اجزای عملکرد می‌باشد) گروه‌بندی کرد زیرا وقتی که از صفات خیلی زیادی جهت گروه‌بندی استفاده می‌شود باعث می‌شود که گاه تفکیک‌ها با وضوح کمتر صورت گرفته و ما را در قضاوت با مشکل مواجه کند. مزیت دیگر این گروه‌بندی آن می‌باشد که گروه‌های تأثیرپذیر از شرایط تنش با وضوح و تمایز بیشتری نسبت به بقیه ژنوتیپ‌های همان گروه تفکیک می‌یابد. با توجه به آنچه که ذکر شد این وضعیت برای ژنوتیپ‌های گروه ۱ و ۲ قابل مشاهده است. به عنوان مثال در گروه‌بندی بر اساس صفات زراعی در شرایط نرمال رطوبتی (شکل ۴-۱) دیده می‌شود که ارقامی مثل *Licord*، *Gerónimo* و *Sahra* که جزء گروه با عملکرد بالا و با تظاهر بالا برای اکثر صفات بودند؛ در حالت گروه‌بندی در شرایط تنش جزء گروه با تظاهر متوسط قرار گرفته‌اند و به عبارتی در یک گروه اصلی کاملاً متفاوت قرار گرفته‌اند. حال اگر به گروه بندی بر اساس شاخص‌ها دقت کنیم می‌بینیم که این ژنوتیپ‌ها جزء همین گروه با عملکرد بالا مانده‌اند ولی در زیرگروه نزدیکی تفکیک یافته‌اند. همچنین به وضوح مشاهده می‌شود که بر اساس این کلاستر بندی، از میان ارقام با عملکرد بالا کدام از آنها دارای حساسیت بیشتری در مقابل تنش هستند.



شکل ۴-۳- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA برای ۲۰ رقم کلزای مورد بررسی بر اساس شاخصها و عملکردها.



شکل ۴-۴- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA برای ۲۰ رقم کلزای مورد بررسی بر اساس کلیه شاخصهای بررسی شده

۴-۹- همبستگی بین شاخص ها و عملکرد در شرایط تنش و غیر تنش

ماتریس ضرایب همبستگی بین شاخص های تحمل به خشکی و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش در جدول (۴-۱۹) آورده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده از این تحقیق، ضریب همبستگی بین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش مثبت و معنی دار در سطح ۱ درصد بود.

عملکرد در شرایط بدون تنش با شاخص های MP، GMP، HAM، STI، YI و YSI دارای همبستگی مثبت و معنی دار در سطح ۱ بود در حالیکه با شاخص SSI دارای همبستگی منفی معنی داری در سطح ۱ بود. این عملکرد تنها با شاخص TOL حساسیت نشان نداد. عملکرد در شرایط تنش با شاخص های میانگین و مقاومت و تحمل به تنش (شامل MP، GMP، HAM، STI، YI و YSI) دارای همبستگی مثبت و معنی داری در سطح ۱٪ بود و بیشترین همبستگی را با شاخص YI نشان داد. این عملکرد در شرایط تنشی با شاخص های حساسیت به تنش (SSI) و تحمل به تنش (TOL) همبستگی منفی و معنی داری را نشان داد.

روال مرسوم در انتخاب بهترین شاخص ها این می باشد که شاخص هایی که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای همبستگی بالایی با عملکرد باشند به عنوان بهترین شاخص معرفی شوند. همچنین با توجه به اینکه بر اساس این روش ممکن است خیلی از شاخص ها وارد مرحله انتخاب شود و از طرفی ممکن است تصمیم گیری نهایی بر اساس برخی شاخص ها نتایج مشابهی داشته باشد، لذا بهتر است جهت حصول نتایج منطقی تر و شفاف تر بهترین شاخص ها را انتخاب نمود. بر این اساس در این پژوهش دیده می شود که شاخص TOL با عملکرد در شرایط غیر تنشی همبستگی نداشته و از طرفی با عملکرد در شرایط تنش نیز دارای همبستگی پایینی می باشد؛ لذا چنین نتیجه گیری می شود که این شاخص نمی تواند نسبت به بقیه شاخص های مورد در گزینش ارقام ما را به خوبی یاری کند. از طرفی شاخص SSI جزو گروه شاخص هایی است که مشابه TOL در گزینش ارقام حساس به تنش ما را یاری می کند و چون با هر دو عملکرد در شرایط تنش و غیر تنش همبستگی بالایی دارد لذا از این شاخص می توان به عنوان یک شاخص مناسب جهت غربال نهایی ژنوتیپ ها متناسب با هدف این تحقیق بهره جست. ریزا و همکاران (۲۰۰۴) در نتایج خود ثابت کردند که انتخاب بر اساس حداقل کاهش عملکرد تنش نسبت به عملکرد غیر تنش (TOL) منجر به شکست در شناسایی بهترین ژنوتیپ ها می شود (Rizza et al., ۲۰۰۴).

از میان شاخص های مقاومت به تنش (شامل MP، GMP، HAM، STI، YI و YSI) مشاهده می شود که همگی آنها دارای همبستگی مثبت و معنی داری با عملکرد در هر دو شرایط می باشد. از میان این شاخص ها، شاخص های MP، GMP و HAM همگی در خصوص شاخص های مرتبط با متوسط داده ها می باشد و دیده می شود که هر سه آنها دارای همبستگی های مشابهی با عملکرد در هر دو محیط هستند و از طرفی بین این سه شاخص نیز با همدیگر همبستگی خیلی بالایی مشاهده می شود. بنابراین آنچه که گفته شد و با توجه به پرکاربردترین شاخص های مربوط متوسط در بررسی منابع صورت گرفته، شاخص های MP و GMP به

عنوان شاخص‌های مناسبی جهت گزینش نهایی ژنوتیپها انتخاب شدند. همبستگی مثبت و معنی دار بین MP با عملکرد در شرایط تنش و عملکرد غیر تنش نشان می‌دهد که انتخاب بر اساس MP می‌بایستی منجر به افزایش عملکرد تحت هر دو شرایط شود که با نتایج هالس (Houls, ۲۰۰۱) و سی و سه مرده (Sio- (۲۰۰۶, *semarde et al.*) تطابق دارد.

در خصوص شاخص‌های YSI، STI و YI که مربوط به شاخص‌های پایداری عملکرد و تحمل به تنش می‌باشد به دو دلیل شاخص STI جهت رسم نمودارهای سه بعدی انتخاب گردید. اول اینکه شاخص STI دارای همبستگی بالاتری نسبت به YSI بوده و ارجحیت در انتخاب دارد. همچنین شاخص YI خود به بیانی همان عملکرد در شرایط تنش بوده و با آن رابطه مستقیم و کامل دارد و چون در رسم نمودارهای سه بعدی یکی از ابعاد Ys می‌باشد لذا استفاده از آن در ترسیم نمودارهای سه بعدی به بیانی همان YI می‌باشد. دلیل دوم در انتخاب STI آن است که در اکثر پژوهش‌های صورت گرفته از این شاخص استفاده شده است.

مقادیر بالاتر STI برای یک ژنوتیپ بیانگر تحمل به خشکی و پتانسیل عملکرد بالاتر آن ژنوتیپ می‌باشد (Farshadfar and shutka, ۲۰۰۳). YSI همانطور که توسط بوسلام ذکر شده عملکرد را تحت شرایط تنش یک رقم وابسته به عملکرد غیر تنش آن ارزیابی می‌کند و می‌بایست یک نشانگر مقاومت به خشکی در مواد ژنتیکی باشد؛ بنابراین ارقامی با YSI بالاتر انتظار می‌رود که تحت هر دو شرایط عملکرد بالاتری داشته باشند (Bousslama and Schapaugh, ۱۹۸۴). در این مطالعه همبستگی منفی و معنی دار بین شاخص پایداری عملکرد (YSI) و شاخص تحمل (TOL) وجود داشت. همبستگی شاخص YI با عملکرد تنش بسیار معنی دار است و همچنین این شاخص با عملکرد غیر تنش دارای همبستگی مثبت و معنی داری بود. اما YI ارقام را فقط بر اساس عملکرد تنش رتبه بندی می‌کند؛ بنابراین ژنوتیپ‌های گروه A را تشخیص نمی‌دهد (Gavuzzi *et al.*, ۱۹۹۷).

گروه‌بندی شاخص‌ها برای ماتریس تشابه داده‌ها بر اساس روش Ward در شکل ۴-۵ نشان می‌دهد که این شاخص‌ها به دو گروه اصلی تقسیم شده‌اند به طوری که شاخص‌های مربوط به حساسیت (SSI و TOL) در یک گروه قرار گرفته‌اند و بقیه شاخص‌ها (که مربوط به تحمل به خشکی یا پایداری عملکرد بوده) در یک گروه اصلی دیگر قرار گرفته‌اند.

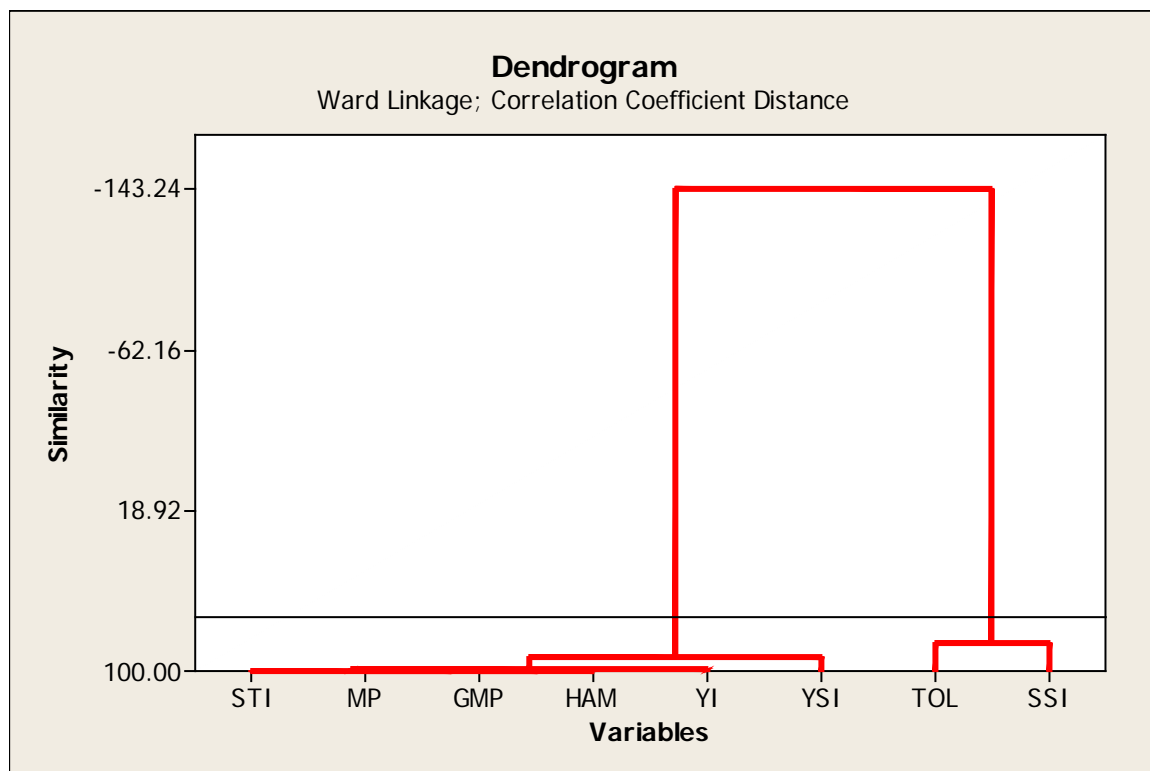
در این پژوهش با توجه به نتایج ضرایب همبستگی شاخص‌ها با عملکرد در شرایط تنش و غیر تنش و همچنین با توجه به نمودار گروه‌بندی شاخص‌ها (شکل ۴-۵)، چهار شاخص STI، MP، GMP و SSI به عنوان بهترین انتخاب شدند و از آنها جهت ترسیم نمودارهای سه بعدی استفاده گردید و لذا می‌توان از آنها برای دستیابی به ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط بهره جست. گزینش شاخص‌های STI و GMP با یافته‌های فرناندز (۱۹۹۲) مطابقت دارد. همچنین انتخاب شاخص‌های MP، GMP و STI به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها در این تحقیق با نتایج فرشادفر و همکاران (۱۳۸۰) در مطالعه بر روی نخود کاملاً

مطابقت دارد. فرشادفر و همکاران (۱۳۸۰) نشان دادند که در شرایط آبی و دیم بین شاخص های تحمل تنش، میانگین هندسی بهره‌وری، میانگین همساز و شاخص میانگین بهره‌وری با عملکرد همبستگی معنی‌داری وجود دارد و این شاخص‌ها را به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال نمودن لاین‌های متحمل به خشکی در نظر گرفتند. حق پرست و همکاران (۱۳۷۶) در بررسی مقاومت به خشکی ۱۴ ژنوتیپ گندم نان بیان کردند که در مرحله اول در شناسایی ارقامی با عملکرد بالا در هر دو محیط شاخص STI بهترین شاخص می‌باشد و در مرحله بعد برای انتخاب از بین ژنوتیپ‌هایی با مقدار STI یکسان می‌توان از شاخص TOL یا SSI استفاده نمود. سی و سه مرده و همکاران (۲۰۰۶) نیز شاخص‌های STI, MP و GMP را شاخص‌های مناسبی برای شناسایی ارقام تولیدکننده عملکرد بالا در هر دو شرایط معرفی کرده‌اند. فرشادفر و شوتکا (۲۰۰۳) شاخص‌های STI, MP و GMP را در ارزیابی لاین‌های ذرت، شاخص‌های مطلوب تری برای مقاومت به خشکی در این لاین‌ها معرفی کردند. همبستگی بالا بین شاخص‌های MP و STI با هم و با عملکرد در نتایج حاصل از تحقیقات نیک‌خواه و همکاران (۱۳۷۸) و نورمند و همکاران (۱۳۷۷) نیز مشاهده شده است. زبرجدی و همکاران (۱۳۸۷) نشان دادند که بین شاخص‌های تحمل خشکی، MP، GMP و STI با عملکرد دانه در هر دو شرایط همبستگی معنی‌داری وجود دارد. بنابراین از این شاخص‌ها جهت غربال کردن ژنوتیپ‌های متحمل خشکی می‌توان استفاده نمود. نورمند موید و همکاران (۱۳۸۰) در مطالعه شاخص‌های خشکی در گندم نان، گلستانی و پاک‌نیت (۱۳۸۶) در مطالعه شاخص‌های خشکی کنگد و پورداد و همکاران (۱۳۸۷) در مطالعه گلرنگ همبستگی بسیار بالای شاخص‌های STI, MP و GMP را با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش گزارش کردند که با نتایج تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد.

جدول ۴-۱۹- ضرایب همبستگی میان شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد در شرایط تنش و نرمال

	YP	YS	STI	MP	GMP	TOL	SSI	YI	YSI	HAM
YP	۱									
YS	**۰/۹۵۴	۱								
STI	**۰/۹۷۴	**۰/۹۹۰	۱							
MP	**۰/۹۸۷	**۰/۹۹۰	**۰/۹۹۴	۱						
GMP	**۰/۹۸۲	**۰/۹۹۳	**۰/۹۹۴	**۱/۰۰۰	۱					
TOL	-۰/۲۲۴	*-۰/۵۰۷	-۰/۴۱۶	-۰/۳۷۹	-۰/۴۰۲	۱				
SSI	**۰/۸۲۱	**۰/۹۵۱	**۰/۹۰۲	**۰/۹۰۰	**۰/۹۱۲	**۰/۷۲۶	۱			
YI	**۰/۹۵۴	**۱/۰۰۰	**۰/۹۹۰	**۰/۹۹۰	**۰/۹۹۳	*-۰/۵۰۷	**۰/۹۵۱	۱		
YSI	**۰/۸۲۱	**۰/۹۵۱	**۰/۹۰۲	**۰/۹۰۰	**۰/۹۱۲	**۰/۷۲۶	**۰/۹۵۱	**۰/۹۵۱	۱	
HAM	**۰/۹۷۸	**۰/۹۹۵	**۰/۹۹۴	**۰/۹۹۹	**۱/۰۰۰	-۰/۴۲۲	**۰/۹۲۱	**۰/۹۹۵	**۰/۹۲۱	۱

به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و سطح احتمال درصد



شکل ۴-۵- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward برای شاخص‌های مورد بررسی.

۴-۱۰- انتخاب بهترین ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی بر اساس نمودار سه بعدی

برای گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی با عملکرد بالا در هر دو محیط از نمودار سه بعدی استفاده گردید که در آن عملکرد در محیط تنش بروی محور Y ، عملکرد در محیط بدون تنش بروی محور X و یکی از شاخص‌های انتخاب شده بروی محور Z نمایش داده شد.

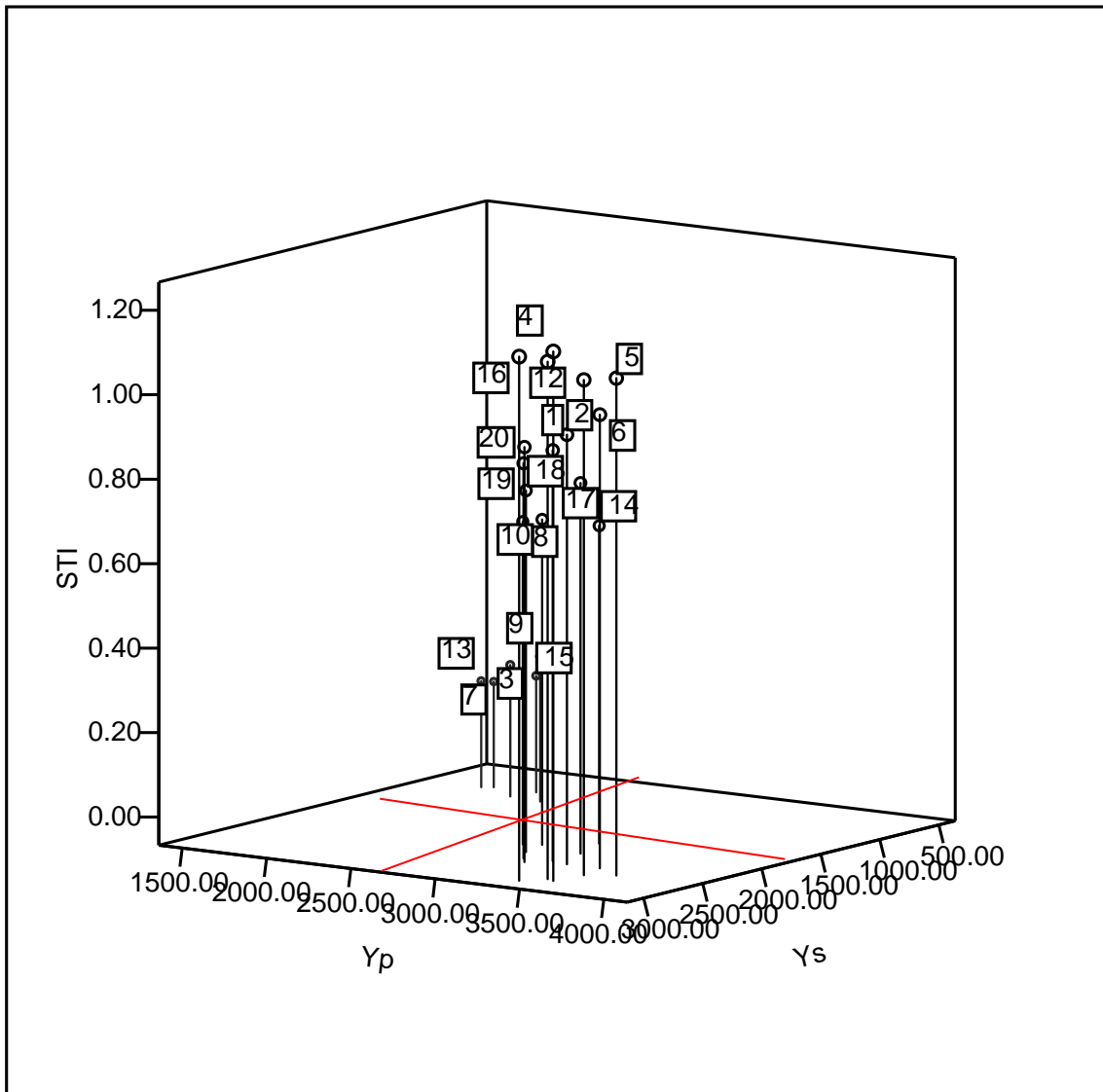
برای نشان دادن روابط بین این سه متغیر و جدا نمودن ژنوتیپ‌های گروه A از سایر گروه‌ها (B, C, D)، همچنین تشخیص سودمندی شاخص مورد نظر به عنوان معیاری برای انتخاب ژنوتیپ‌های پر محصول و متحمل خشکی سطح $X-Y$ به وسیله کشیدن خطوط متقاطع به چهار گروه A, B, C و D تقسیم گردید. بر طبق نظر فرناندز (۱۹۹۲) ژنوتیپ‌ها را بر اساس عکس‌العمل عملکردشان به شرایط تنش می‌توان به ۴ گروه تقسیم کرد:

- (۱) ژنوتیپ‌هایی که تحت هر دو شرایط تنش و غیر تنش عملکرد بالایی تولید می‌کنند (گروه A).
- (۲) ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا تحت شرایط بدون تنش (گروه B).

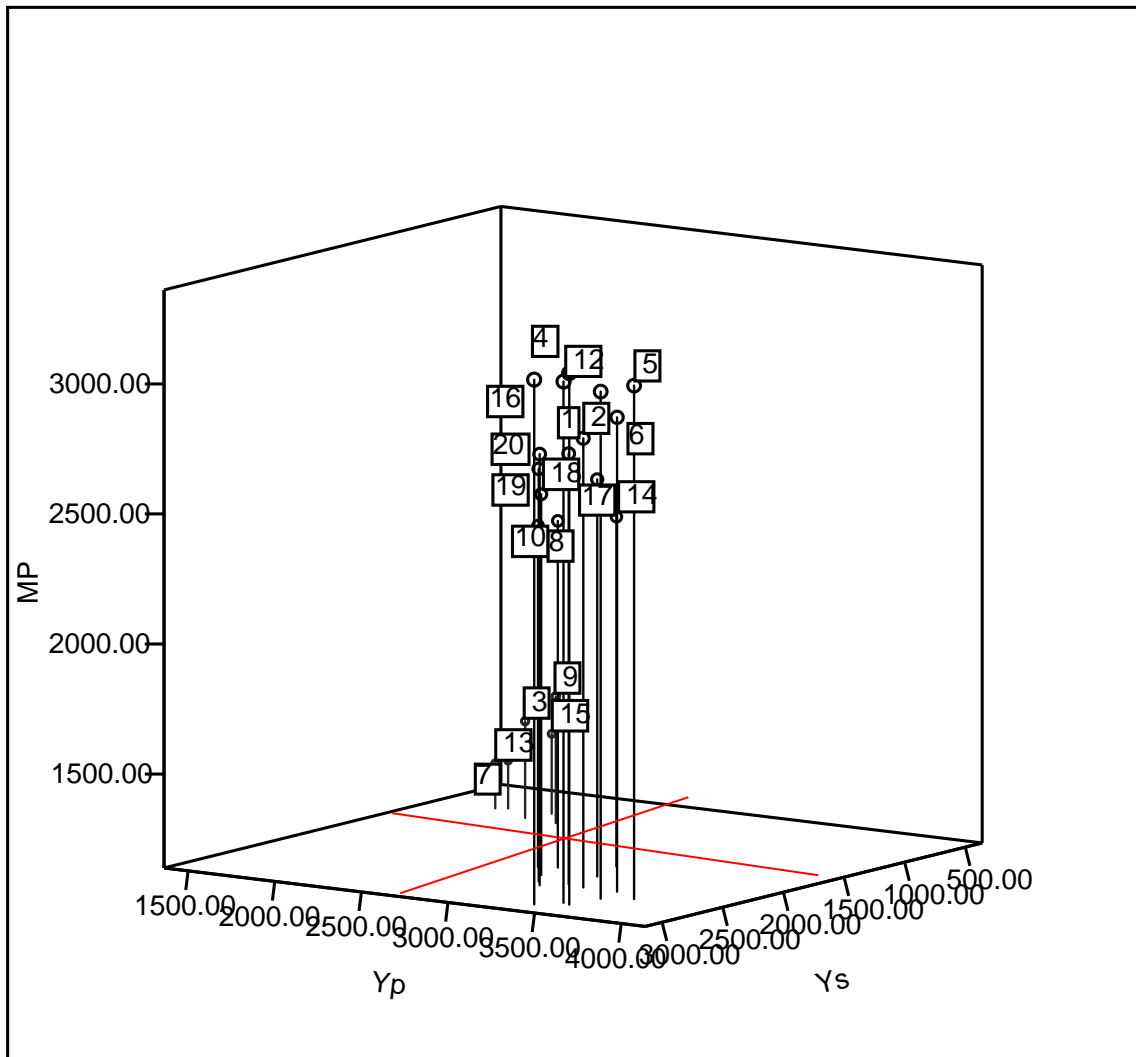
۳) ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا تحت شرایط تنش (گروه C).

۴) ژنوتیپ‌هایی با عملکرد ضعیف در هر دو شرایط تنش و بدون تنش (گروه D).

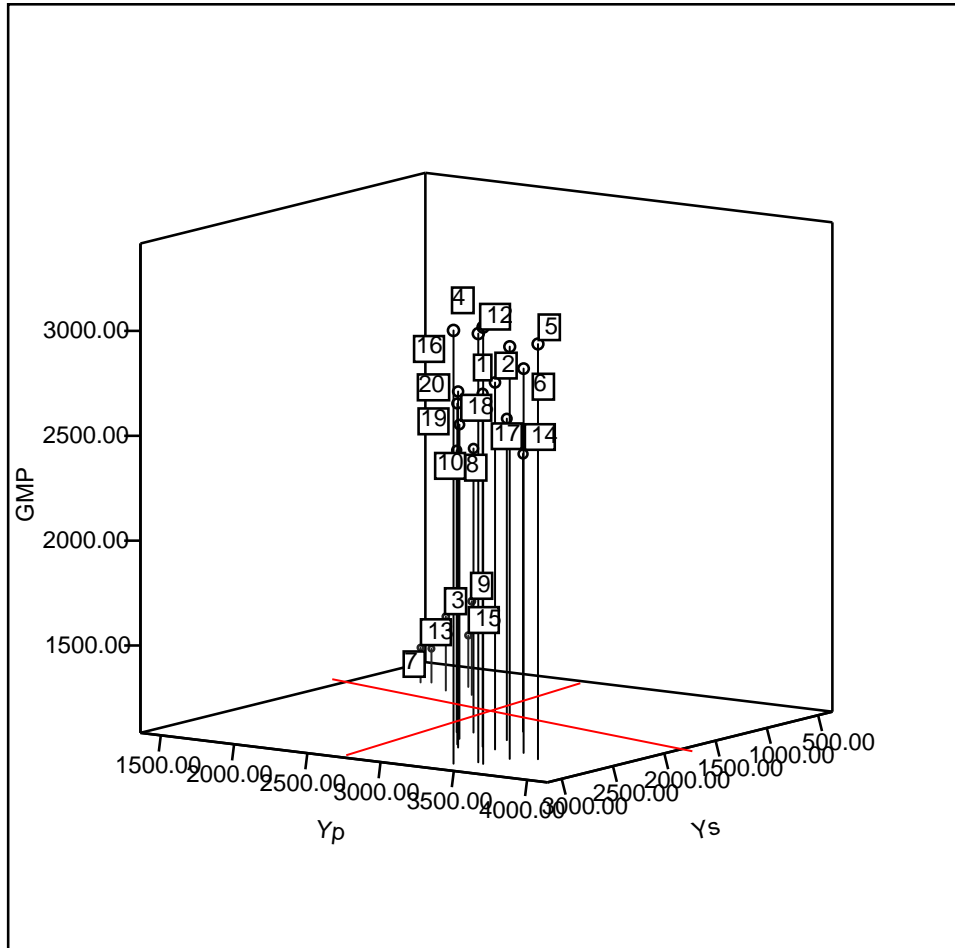
در بررسی نمودار سه بعدی مشاهده می‌شود که ژنوتیپ‌های *Celecious*، *Rainbow*، *Sunday* و *Milena* در گروه D قرار گرفته‌اند (شکل ۴-۶). این ژنوتیپ‌ها مقادیر پائین STI داشتند. این مسئله خود بیانگر سودمندی این شاخص در تفکیک گروه D و A از سایر گروه می‌باشد. در نمودارهای سه بعدی *MP*، *GMP* و *SSI* همین نتیجه صادق است (شکل ۴-۷ تا ۴-۹). به طور کلی نتایج به دست آمده از روش ترسیمی سه بعدی برای گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و مقاوم به خشکی با استفاده از شاخص‌ها کاملاً در توافق با یکدیگر است.



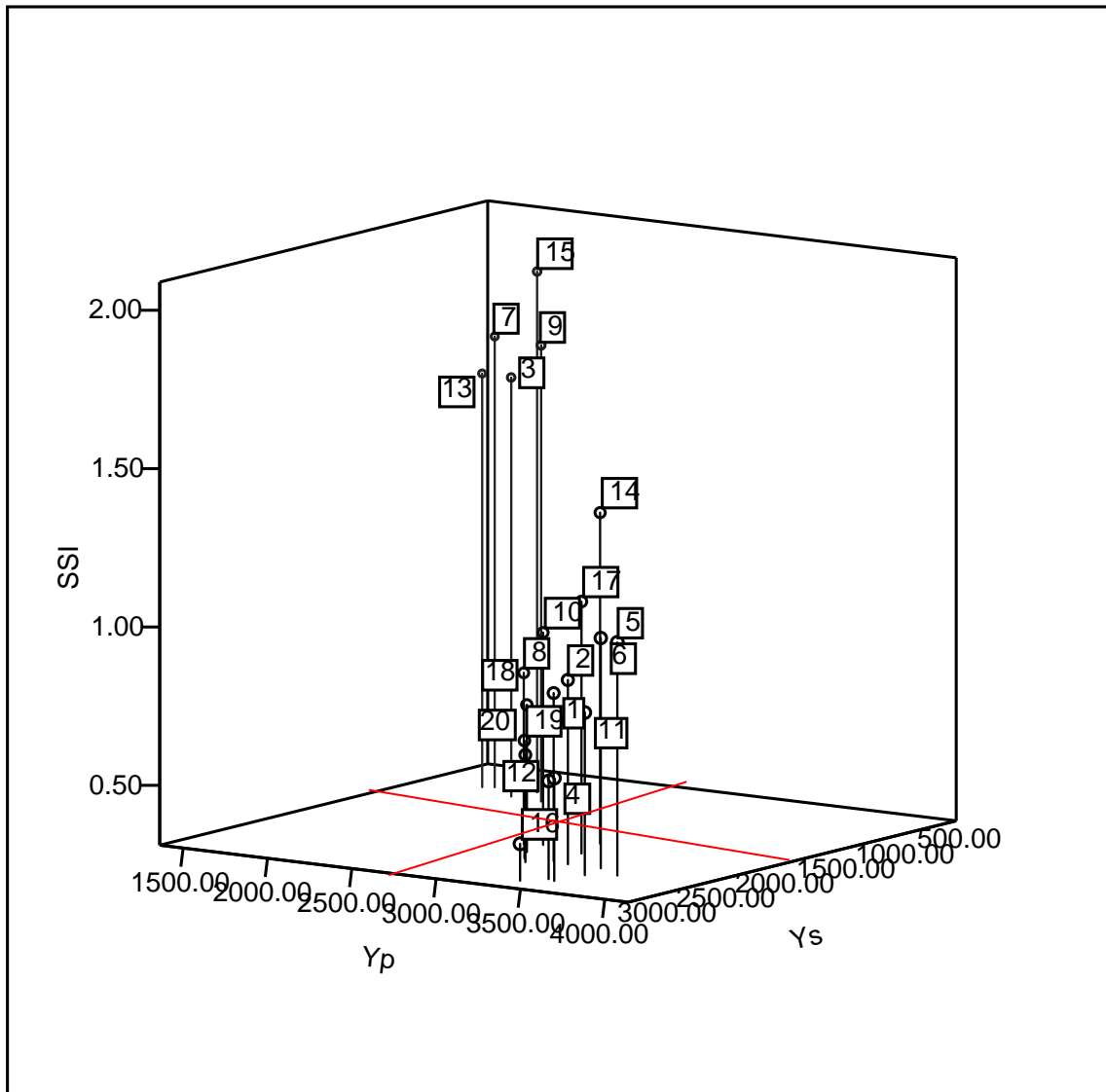
شکل ۴-۶- گزینش ژنوتیپ ها بر اساس مدل فرناندز توسط شاخص STI



شکل ۴-۷- گزینش ژنوتیپ ها بر اساس مدل فرناندز توسط شاخص MP



شکل ۴-۸- گزینش ژنوتیپ ها بر اساس مدل فرناندز توسط شاخص GMP



شکل ۴-۹- گزینش ژنوتیپ ها بر اساس مدل فرناندز توسط شاخص SSI

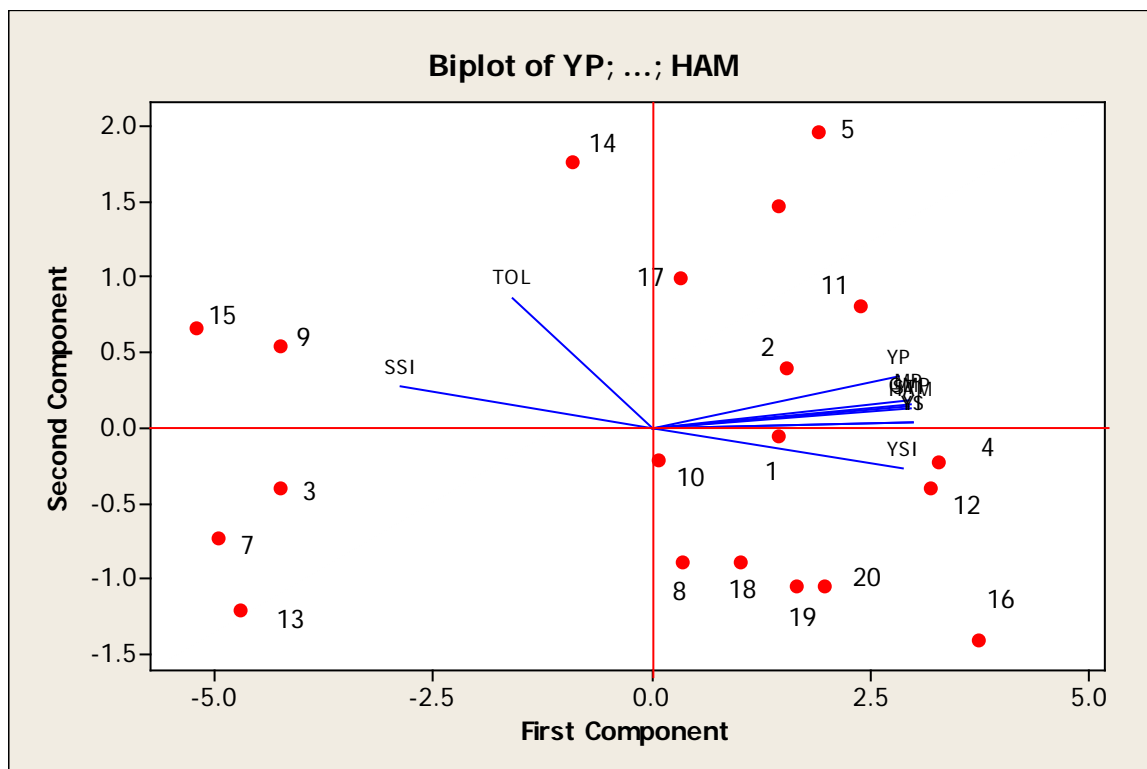
۴-۱۱- انتخاب بهترین ژنوتیپ های مقاوم به خشکی بر اساس نمودار بای پلات

استفاده از نمودارهای سه بعدی و روش بای پلات توسط محققین متعددی به کار گرفته شده است. کاربرد نمودار سه بعدی به لحاظ سهولت کار در قیاس با روش بای پلات که از طریق تجزیه به مؤلفه های اصلی انجام می پذیرد، بیشتر است. در یک نمودار سه بعدی فقط روابط بین سه متغیر را می توان مطالعه نمود ولی برای مطالعه روابط بیش از سه متغیر، یک شکل حاصل از نمایش چند متغیره مانند نمایش بای پلات مناسب است.

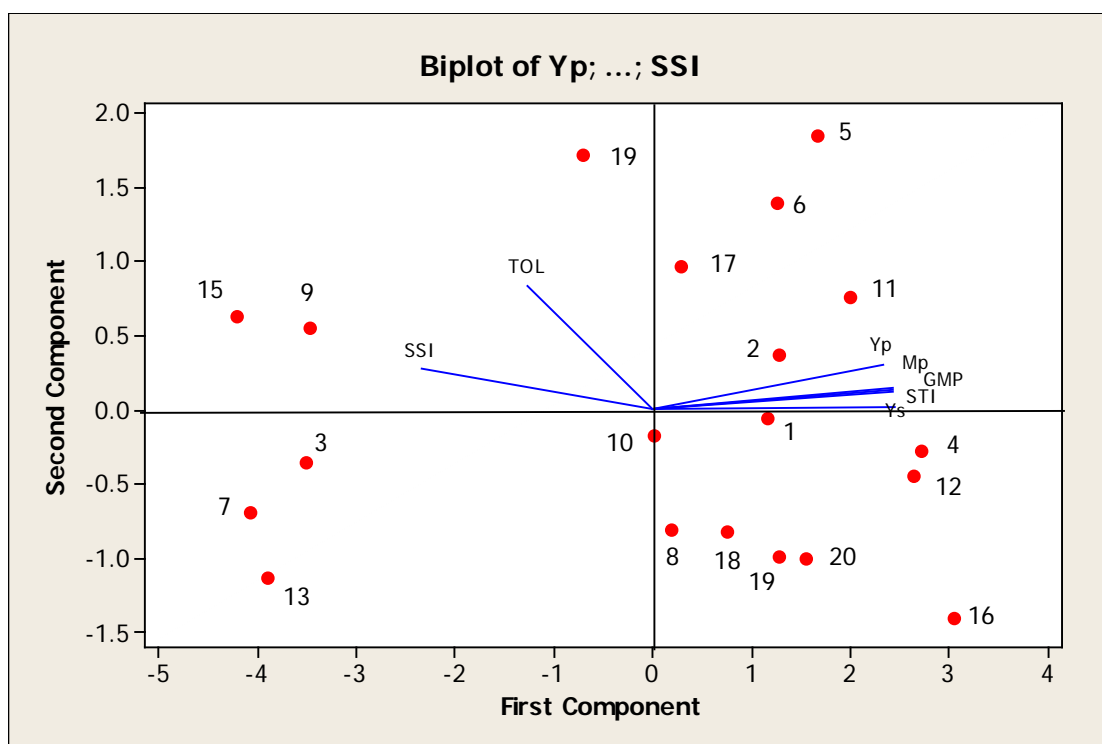
استفاده از روش بای پلات وقتی که سهم مؤلفه های اول و دوم در توجیه تغییرات زیاد باشد اطلاعات سودمندی را ارائه می دهد. از آنجایی که مؤلفه اول تغییراتی را در بر می گیرد که توسط مؤلفه دوم تبیین نمی شوند و بالعکس، از این جهت دو مؤلفه را می توان به صورت دو محور عمود بر هم نمایش داد و ژنوتیپها را بر اساس این دو مؤلفه در سطح نمودار فوق مشخص نمود. براساس نتایج بدست آمده در تجزیه به مؤلفه های اصلی با استفاده از ماتریس داده های حاصل از ۲۰ ژنوتیپ و ده شاخص، دو مؤلفه اول مجموعاً ۹۹/۷ درصد از کل تغییرات را توجیه نمودند (جدول ۴-۱۸). مؤلفه اول ۸۹/۲ درصد از تغییرات را توجیه نمود و همبستگی بالای با MP، GMP، STI، YI، YSI، HAM، Ys و Yp داشت در حالی که SSI و TOL در این مؤلفه نقش منفی داشتند. بنابراین مؤلفه اول را می توان مؤلفه پتانسیل یا ظرفیت عملکرد نامید که ارقام با عملکرد بالا در هر دو محیط را از سایر ارقام جدا می سازد. مؤلفه دوم ۱۰/۵ درصد از کل تغییرات را توجیه نمود و همبستگی بالایی با شاخصهای SSI، TOL و Yp داشت و همبستگی منفی با YSI نشان داد. بنابراین این مؤلفه را می توان مؤلفه حساسیت به تنش دانست. این مؤلفه باعث تفکیک ژنوتیپهای حساس و متحمل به تنش می گردد ضمن اینکه ژنوتیپهای مختلف براساس این مؤلفه دارای عملکرد پائینی در شرایط تنش خواهند بود.

بر اساس بای پلات ترسیم شده بر مبنای مؤلفه های اصلی اول و دوم (شکل ۴-۱۰) ژنوتیپها به گروه هایی تقسیم شدند که مرتبط با میانگین عملکرد و تحمل به تنش بودند. به علت اینکه استفاده از همه شاخصها باعث می شود که برخی از شاخصها بر روی هم بیفتند لذا از ترسیم بای پلات با استفاده از شاخصهای مهم استفاده شد که در شکل ۴-۱۱ نشان داده شده است. این نمودار نشان داد که ژنوتیپ های Dante، SLM-۰۴۶ و Zarfam در ناحیه ای با پتانسیل تولید بالا و حساسیت پایین به خشکی قرار دارند. دیده می شود که ژنوتیپهای Dante و SLM-۰۴۶ در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص های مهم تحمل به خشکی مثل STI، GMP و MP قرار دارند و از این لحاظ می توان قضاوت نمود که ژنوتیپهای متحمل می باشند. یکی از نکات قابل توجه این می باشد که ژنوتیپ Zarfam دارای کمترین مقدار مربوط به مؤلفه دوم می باشد و لذا نشان می دهد که این ژنوتیپ کم حساس ترین رقم در میان ارقام مورد مطالعه می باشد و

می‌توان از آن به عنوان یک رقم قابل توصیه بویژه برای مناطق با ریسک بالای تنش کم آبی نام برد. ژنوتیپ‌های ۳۳۰ Rainbow Hyola و Talent از ارقامی می‌باشند که دارای عملکرد پایین در شرایط تنش بوده و حساسیت بالایی به کم‌آبیاری دارند. این ژنوتیپ‌ها در مجاورت شاخسهای مهم حساسیت به خشکی (TOL و SSI) قرار گرفته‌اند و شاید بتوان گفت که این ژنوتیپ‌ها دارای سازگاری خصوصی به محیط‌های آبی می‌باشند. برخی از ژنوتیپ‌ها (Milena, Celecious و Sunday) در هر دو شرایط دارای عملکرد ضعیفی بودند و لذا استفاده از آنها برای شرایط آب و هوایی منطقه مورد مطالعه توصیه نمی‌شود. به طور کلی می‌توان این گونه توزیع را بیان کننده تنوع ژنتیکی در ژنوتیپ‌ها نسبت به شرایط تنش دانست. شاخص‌های GMP، MP و STI با عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش همبستگی مثبت نشان دادند و زوایای بسیار تند بین بردارهای این سه شاخص نسبت به هم نشان از همبستگی مثبت و بسیار بالای آنها با همدیگر می‌باشد.



شکل ۴-۱۰- نمایش بای پلات در ده شاخص برای ژنوتیپ های مورد مطالعه بر اساس مؤلفه های اول و دوم



شکل ۴-۱۱- نمایش بای پلات بر اساس شاخص های مهم برای ژنوتیپ های مورد مطالعه بر اساس مؤلفه های اول و دوم

۴-۱۲- شاخص های رشد فیزیولوژیک

با توجه به اینکه کلزا در زمستان وارد حالت رزت می شود عملاً رشد مجدد خود را در اوایل اسفند در شرایط آب و هوایی خرم آباد شروع می کند، لذا جهت مقایسه رشد ارقام، نمونه برداری ها از اوایل اسفند شروع شد. این نمونه برداری ها متناسب با مهمترین مراحل رشدی گیاه و همچنین متناسب با زمان اعمال تیمارهای تنش صورت گرفت؛ بطوری که این مراحل شامل مرحله انتهای رزت (اوایل رشد مجدد)، مرحله رشد سریع (گسترش برگها و افزایش ارتفاع)، مرحله اواسط گلدهی (قبل از اعمال تنش) و مرحله تشکیل غلاف (بعد از اعمال تنش) بود. در سه نمونه برداری اول، ارقام در هر دو سایت روند مشابهی داشتند ولی در مرحله چهارم که همزمان با تشکیل غلاف و حدود ۱۰ روز پس از اعمال تیمار تنش بود بین ارقام از نظر صفات مختلف تفاوت وجود داشت.

۴-۱۲-۱- سرعت رشد محصول

روند تجمع ماده خشک یا سرعت رشد محصول (CGR: Crop Growth Rate) در ارقام مورد آزمایش سیگموتیدی بود (شکل ۴-۱۲ و ۴-۱۳)، عبارتی این روند در هر دو تیمار (تنش و غیر تنش) تقریباً مشابه بود با این تفاوت که ارقام آبیاری شده CGR بیشتری داشتند و در وزن خشک آنها کاهش قابل ملاحظه ای مشاهده نگردید. احتمالاً علت این امر را می توان به افزایش پتانسیل آماس سلول، رشد بیشتر سلول ها، افزایش سطح برگ، افزایش هدایت روزنه ای، رشد بیشتر ساقه ها که همگی مؤثر در رشد و نمو گیاه هستند، نسبت داد. بنابراین با توجه به اینکه سرعت رشد گیاه مهمترین عامل تعیین کننده تولید در گیاه محسوب می شود این عامل به طور مؤثر از سطح برگ، رشد ساقه ها و فعالیت بافت های فتوسنتزی تبعیت می کند. لذا می توان نتیجه گرفت که عدم محدودیت آب در افزایش رشد فعال گیاه و در نهایت افزایش رشد رویشی آن مؤثر است. در حالیکه در ارقام تحت تنش احتمالاً سرعت تقسیم سلولی و در نهایت عوامل مؤثر در سرعت رشد محصول از جمله سطح برگ، ارتفاع بوته (تعداد گره و تعداد و طول میانگره)، قطر ساقه و وزن ساقه کاهش می یابد که این امر متأثر از کاهش محتوای آب سلولی (Relative Water Content) که مؤثر بر تعداد و اندازه برگ ها و در نتیجه توان فتوسنتزی آنها باشد حاصل می گردد. در این مورد حسین و همکاران (۱۹۹۰) کاهش توسعه سطح برگ را عامل مؤثر بر تجمع ماده خشک گیاه می دانند و بیان می دارند که ارتباط خطی بین تولید ماده خشک و مصرف آب در هر دو گروه گیاهان زراعی C۳ و C۴ به اثبات رسیده است (Hussain et al., ۱۹۹۰)، همچنین شیخ و همکاران (۱۳۸۴) نیز نشان دادند که با کاهش مقدار رطوبت خاک، صفات ارتفاع بوته، محتوی آب نسبی، پتانسیل آب برگ و بیوماس بوته کلزا کاهش می یابد از طرفی کریدمن (۱۹۸۶) کمبود آب را عامل ایجاد برگهایی با اندازه های کوچکتر می داند و در این صورت سرعت مرگ برگ نیز افزایش می یابد (Kriedmann, ۱۹۸۶). میزان کاهش رشد، عملکرد و

سطح برگ منتج از کمبود آب به ارتباط موجود بین سرعت گسترش برگ و وضعیت آب برگ بستگی دارد (Finch- Savage and Elston, ۱۹۸۲). همچنین در این آزمایش نتیجه گرفته شد که ارقام مختلف نسبت به تیمارهای اعمال شده از واکنش‌های مختلفی برخوردار هستند. از طرفی از دلایل اصلی کاهش CGR در ارقام تحت تنش می‌توان به افزایش انتقال مواد فتوسنتزی از اندام‌های هوایی به ریشه اشاره نمود زیرا احتمالاً گیاه جهت افزایش در جذب آب و کاهش هدایت هیدرولیکی آب در داخل اندام‌ها بیشترین مواد غذایی را به ریشه‌ها منتقل کرده و لذا رشد اندام‌های هوایی کاهش یافته است.

کلیه ارقام در ۱۹۰ روز پس از رشد بیشترین CGR را نشان دادند و پس از آن (۲۱۸ روز پس از رشد) سرعت رشد محصول سیر نزولی نشان داد. در شرایط غیر تنشی و در مرحله چهارم نمونه‌برداری بیشترین CGR از ارقام Geronimo, SLM-۰۴۶, Dante, Licord, Shiralee, Talaye و Zarfam بدست آمد در حالیکه همین ارقام در شرایط تنش رطوبتی CGR کمتری تولید کردند. کمترین مقدار CGR در مرحله چهارم شرایط غیرتنش متعلق به ارقام RGS و Celecious بود که همین ارقام از نظر برخی صفات مورفولوژیک (مثل ارتفاع) و سطح برگ نیز کمترین مقدار را داشتند. در شرایط تنش کم‌آبیاری ارقام Dante, SLM-۰۴۶ و Licord دچار افت کمتری نسبت به بقیه ارقام شدند. بنابراین به نظر می‌رسد که ارقام مذکور از ثبات عملکرد و تولید بیشتری تحت شرایط تنش برخوردار باشند. احتمالاً عامل اصلی در افزایش سرعت رشد محصول در برخی از ارقام (تحت تنش رطوبتی) را به گسترش سیستم ریشه ای و کاهش تعرق بدون اینکه اثر سوئی بر عمل فتوسنتز داشته باشد نسبت داد. به عبارت دیگر در این شرایط کوچک شدن سلولها منجر به افزایش فشار آماس و در نتیجه ممانعت از کاهش تقسیمات سلولی شده است. از طرفی بر اساس نتایج حاصل از آزمایش چنین استنباط شد که دوام سطح برگ بالا (Leaf Area Duration) می‌تواند عامل مهمی در افزایش سرعت رشد محصول باشد. در اثر کاهش پتانسیل آب، بافت ریشه نیز مانند سایر اندامها تحت تأثیر قرار می‌گیرد، اما میزان این کاهش به مراتب کمتر از اندامهای هوایی گیاه است، زیرا در اثر کاهش گسترش برگ از مصرف کربن و انرژی گیاه کاسته شده و میزان بیشتری از ذخایر گیاه در اختیار ریشه قرار می‌گیرد تا ریشه به منظور جذب بیشتر آب به سمت لایه‌های مرطوب خاک رشد کند (Taiz and Zeiger, ۱۹۹۸) که تأکیدی بر نتایج آزمایش انجام شده می‌باشد.

در خصوص رقم Zarfam افت زیادی در مرحله چهارم مشاهده شد که یکی از علل اصلی آن به زودرسی این گیاه برمی‌گردد زیرا در مرحله اعمال تنش عمده غلافهای این گیاه تشکیل شده بود و در این زمان برگها انرژی و محصول خود را صرف پرکردن دانه‌ها نمودند و پس از آن ریزش کردند. این در حالی است که برخی ارقام دیگر که دچار دیررسی شده بودند و افت زیادی در عملکرد داشتند، زمان اعمال تنش همزمان با ابتدای تشکیل غلاف در این ارقام بود و لذا تشکیل اجزای عملکرد با بحران کم‌آبی مواجه شده بود و به این گیاهان خسارت قابل توجهی را وارد کرد.

۴-۱۲-۲- شاخص سطح برگ

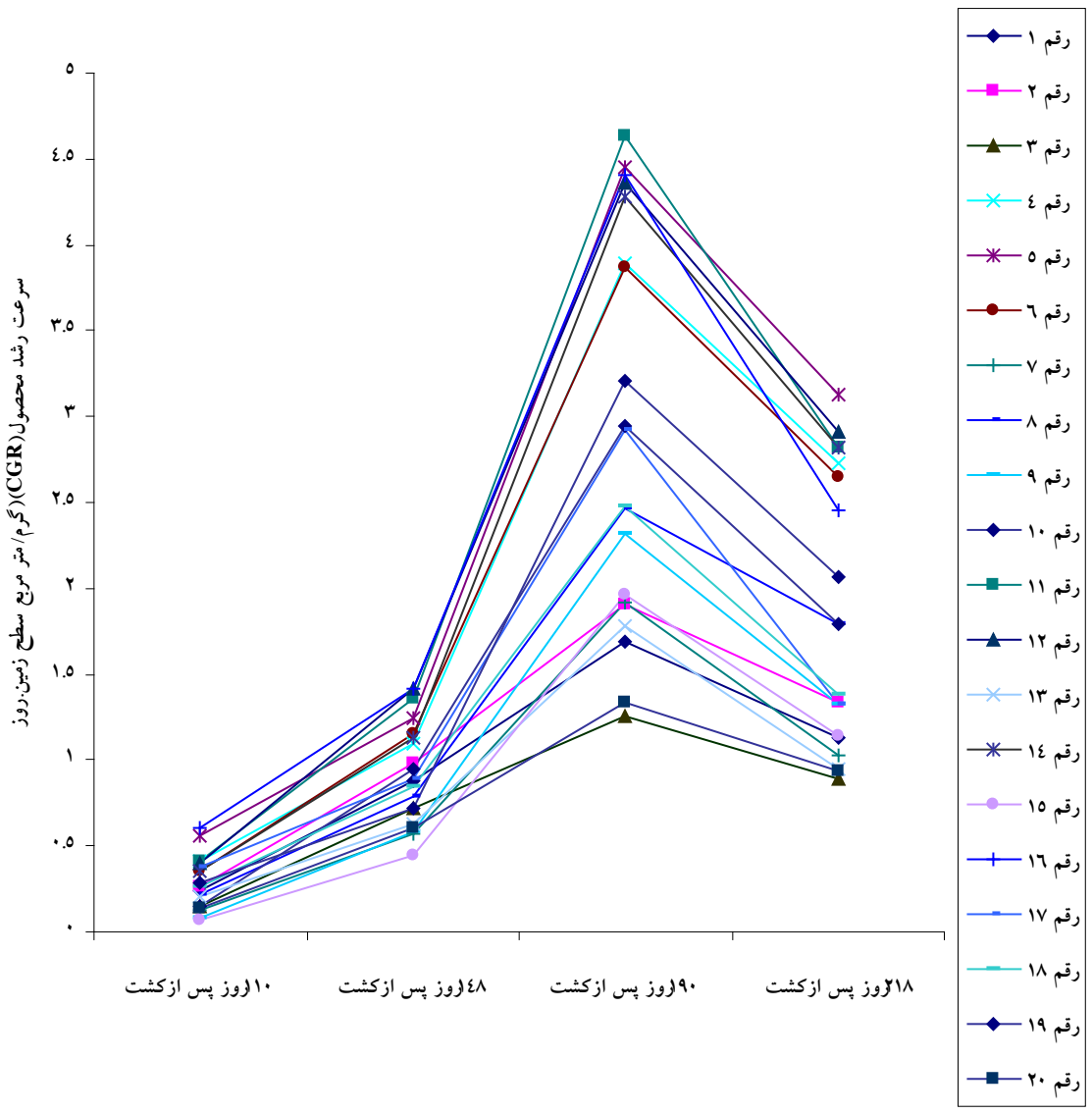
بر اساس نتایج بدست آمده از آزمایش، شاخص سطح برگ (LAI؛ Leaf Area Index) در تمام ارقام مورد بررسی در مرحله سوم نمونه برداری رشد به حداکثر رسید و پس از آن در مرحله چهارم شروع به کاهش نمود (شکل ۴-۱۴ و ۴-۱۵). دیده می شود که ارقام Shiralee, Geronimo و Talaye بیشترین مقدار را در این مرحله در هر دو محیط داشتند و برخی ارقام (مثل Licord, Dante, SLM-۰۴۶ و Zarfam) نیز دارای مقدار سطح برگ بیشتری در مقایسه با سایر ارقام بودند. در همین مرحله ارقام RGS و Celecious دارای کمترین LAI بودند. در مرحله بعد از اعمال تنش ارقام واکنش های متفاوتی از خود نشان دادند ولی در مجموع روند کاهشی در کلیه ارقام مشاهده شد. ارقامی مثل Licord, Dante, Shiralee و Zarfam مقدار افت کمتری در محیط تنش نسبت به غیر تنش داشتند ولی ارقام Geronimo و Dante دچار افت شدیدتری شدند. بنابراین به نظر می رسد که تداوم تنش خشکی سبب کاهش اندازه سلول ها و تقسیمات سلولی شده و لذا بر اندام های فعال فتوسنتزی (برگ ها) اثر منفی داشته است و منجر به ایجاد تغییر (کاهش) در اندازه و تعداد سلول های برگ شده است. بر این اساس لسانی و مجتهدی (۱۳۷۰) توسعه سلول را فرایندی وابسته به پتانسیل فشاری و حساس به کمبود آب می دانند و معتقدند که رشد سلول تحت تأثیر فشار آماس و الاستیسیته (خاصیت انعطاف پذیری دیواره سلولی) ایجاد می گردد همچنین از دلایل افت کمتر شاخص سطح برگ در ارقامی مثل Licord و Dante احتمالاً می تواند به قدرت این ارقام در توسعه سیستم ریشه ای و جذب آب به میزان بیشتر از تعرق اشاره نمود. عبارتی دیگر اینها از جمله ارقامی هستند که قادر به رشد در شرایط کمبود رطوبت بوده و توان فتوسنتزی خود را حفظ نمایند و تحت تأثیر تنش کمبود آب قادر به دسترسی به آب و نیز راندمان مصرف آب بالا بوده اند. بنابراین با توجه به این مطالب می توان چنین نتیجه گرفت که علاوه بر عوامل محیطی ساختار ژنتیکی ارقام در تحمل به تنش حائز اهمیت است عبارتی رشد و نمو و پتانسیل تولید گیاهان حاصل اثر متقابل ژنوتیپ × محیط خواهد بود. بر این اساس کافی و دامغانی (۱۳۷۹) محدودیت سطح برگ را بعنوان اولین خط دفاعی گیاه برای مقابله با خشکی بیان می کنند زیرا سطح برگ کمتر موجب جذب آب کمتر از خاک و کاهش تعرق می شود که این نتایج مؤید نتایج آزمایش حاضر می باشد.

در مورد رقمی مثل Zarfam دیده می شود که بعد از اعمال تنش بیشترین LAI را از خود نشان نداده است در حالیکه عملکرد آن در شرایط تنش افت کمتری داشته است. این مطلب تا حدود قابل توجهی به سایر خصوصیات این گیاه (از جمله گلدهی زودتر از سایر ارقام) برمی گردد که توانسته اندامهای زایشی خود را قبل از اعمال تنش تا حدودی تشکیل دهد و خود را سریع تر وارد فاز زایشی نموده و در نتیجه از رطوبت باقیمانده در خاک جهت پرشدن دانه های خود استفاده کند. از جمله دلایل احتمالی دیگری که در خصوص این گیاه وجود دارد، پدیده انتقال مجدد مواد در اندامهای قبل از گلدهی به سمت دانه می باشد.

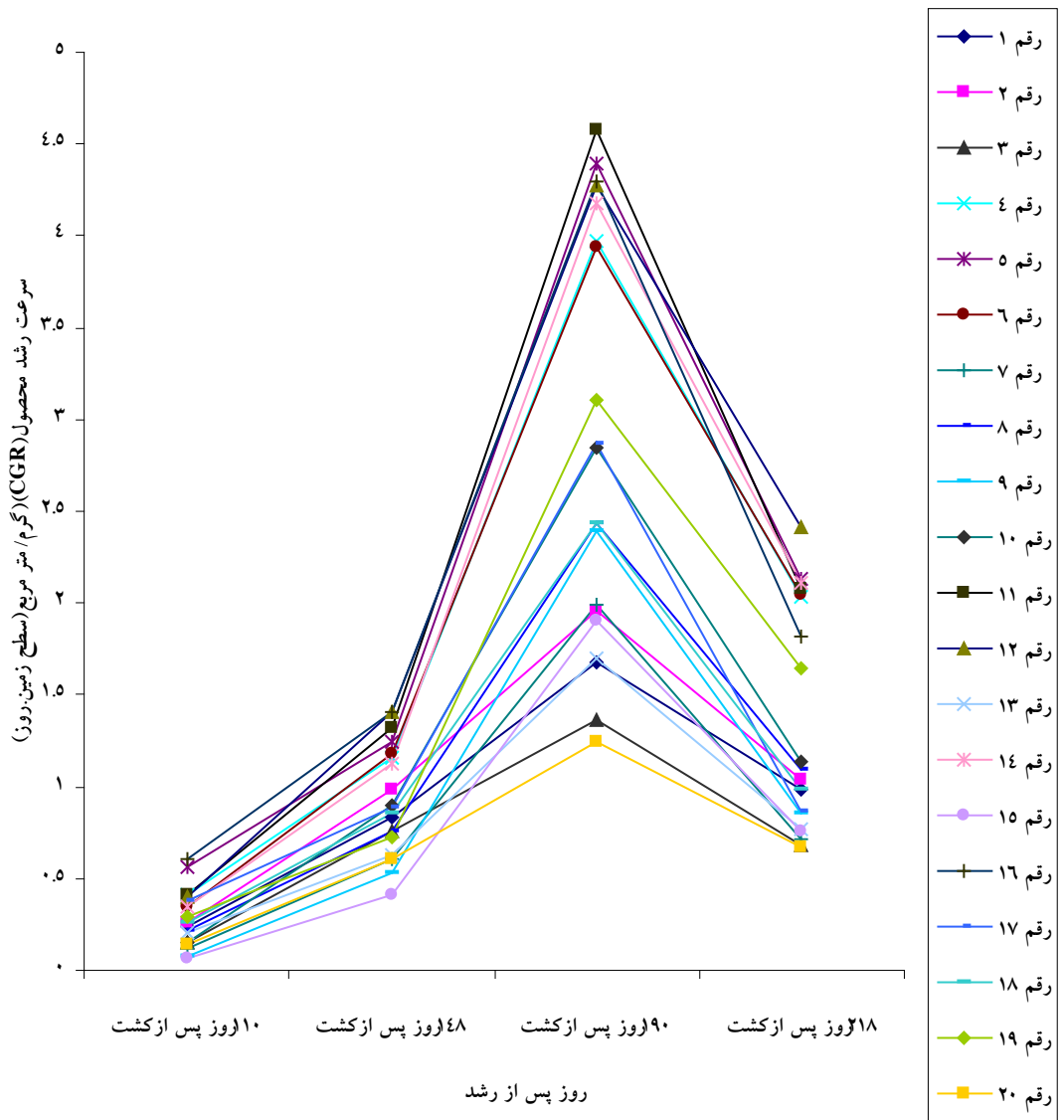
سهم حرکت مجدد مواد در عملکرد دانه تحت تأثیر دو عامل مقدار مواد منتقل شده و تغییرات عملکرد دانه ارقام قرار دارد. مقدار ماده خشک انتقال یافته به دانه در فرآیند حرکت مجدد بعضی ارقام در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط مطلوب کاهش و در بعضی ارقام دیگر گندم افزایش یافته است (نادری، ۱۳۸۱؛ قدسی و همکاران، ۱۳۸۲؛ Blum *et al.*, ۱۹۸۳). نادری (۱۳۸۱) گزارش کرد که به طور کلی مجموع سهم ماده خشک منتقل شده طی فرآیند حرکت مجدد از برگ و ساقه در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط مطلوب افزایش یافت. همچنین افزایش چشمگیر حرکت مجدد مواد در مورد گندم رقم ایستار احتمالاً به دلیل برخورد دوره پر شدن دانه این رقم با تنش گرمای پایان فصل علاوه بر تنش خشکی ذکر شده است. نسبت افزایش ماده خشک منتقل شده به دانه از طریق فرآیند حرکت مجدد، همچنان که بلوم و همکاران (Blum *et al.*, ۱۹۸۳) بیان داشتند، به خصوصیات ژنتیکی ارقام بستگی دارد. ارقامی که دارای توانایی بالا در این زمینه هستند، می‌بایستی همچنین به طور نسبی دوره پر شدن دانه طولانی را بگذرانند تا زمان مؤثری جهت ذخیره کردن مواد جابه‌جا شده بدون دانه‌ها را پیدا نمایند (Blum, ۱۹۹۸). پاپاگوستا و گایاناس (Papakosta and Gagianas, ۱۹۹۱) گزارش نمودند، درصد انتقال مجدد گندم نان به طور متوسط بین ۶ تا ۷۳ درصد بوده و در شرایط تنش رطوبتی انتهایی فصل رشد، ذخایر ساقه از اهمیت زیادی برخوردار بود، زیرا در مناطق مدیترانه‌ای، دوره پر شدن دانه‌ها با شرایط گرم و خشک مصادف شده و در فتوسنتز جاری گندم اختلال ایجاد می‌شود.

۴-۱۲-۳- سرعت جذب خالص

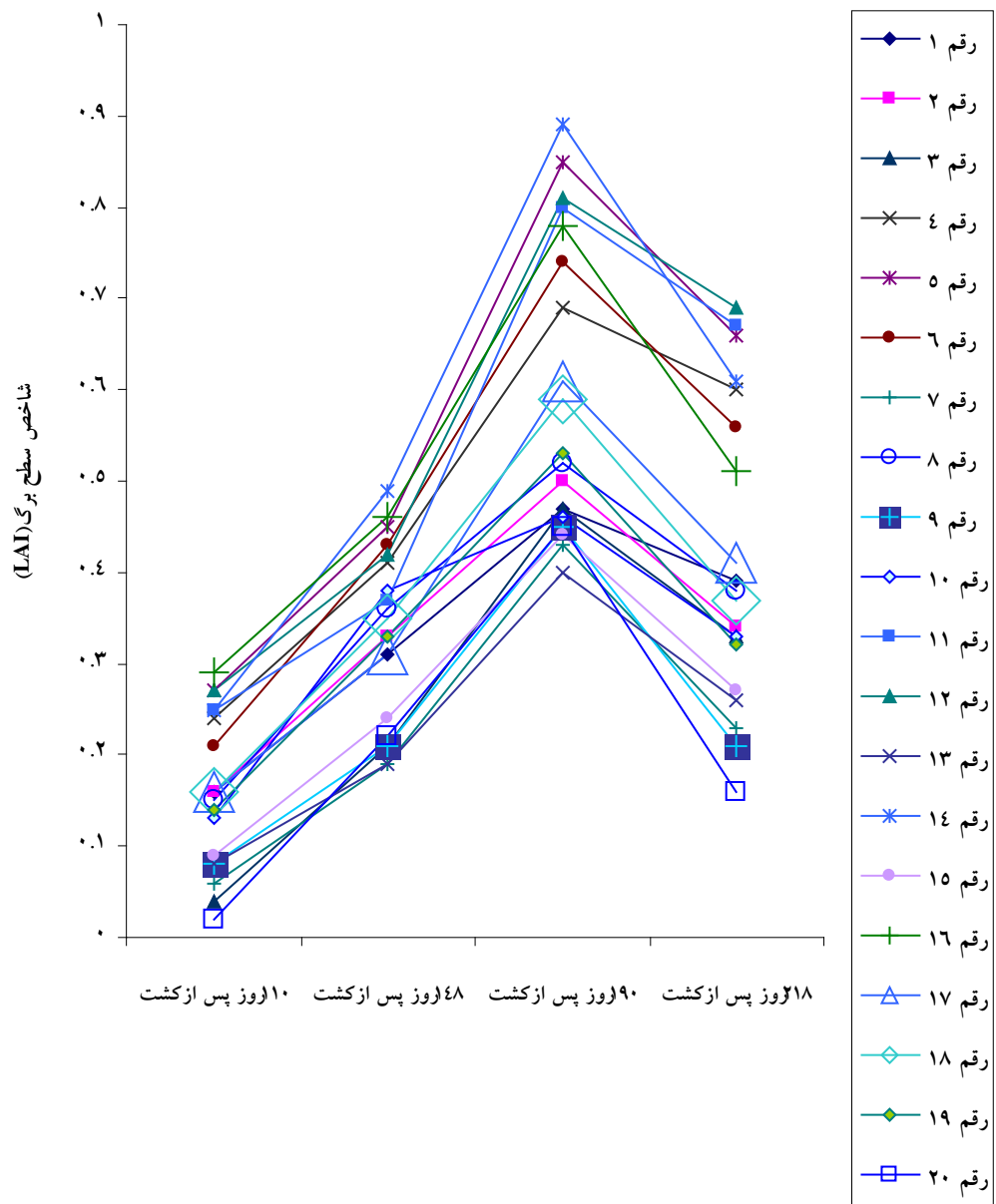
این شاخص (NAR؛ Net Assimilation Rate) بیانگر میزان تولید به ازای واحد سطح برگ در روز می‌باشد. سیر نزولی سرعت جذب خالص در تمام ارقام مورد آزمایش از ابتدا تا انتهای دوره رشد مشاهده شد (شکل ۴-۱۶ و ۴-۱۷)، عبارتی در کلیه ارقام در مراحل اولیه رشد (جوانی) NAR بالا بود اما بتدریج با افزایش سطح برگ و سایه اندازی آنها، NAR کاهش یافت. در ابتدای رشد ارقام Milena, Celecios, Sunday و RGS دارای بیشترین NRA بودند در حالیکه ارقام Geronimo, SLM-۰۴۶, Dante, Licord و Zarfam دارای کمترین NAR بودند که با توجه به اینکه ارقام اخیر دارای بیشترین شاخص سطح برگ بودند لذا وضعیت دیده شده امری منطقی و قابل انتظار می‌باشد. با توجه به شرایط رشدی گیاه کلزا و این نکته که در مرحله گلدهی و بعد از آن برگهای بالایی گیاه روی برگهای پایینی سایه‌اندازی داشته و همچنین نزدیک به مرحله پیری در این برگها می‌باشد، لذا این وضعیت سبب می‌شود در برگهای پایینی میزان تنفس گیاه بیشتر از فتوسنتز خالص گردد و در نتیجه در مراحل آخر رشد NAR نزدیک به صفر و حتی در ارقامی مثل Geronimo, SLM-۰۴۶, Dante, Licord, Shiralee, Talaye و Zarfam منفی هم بشود.



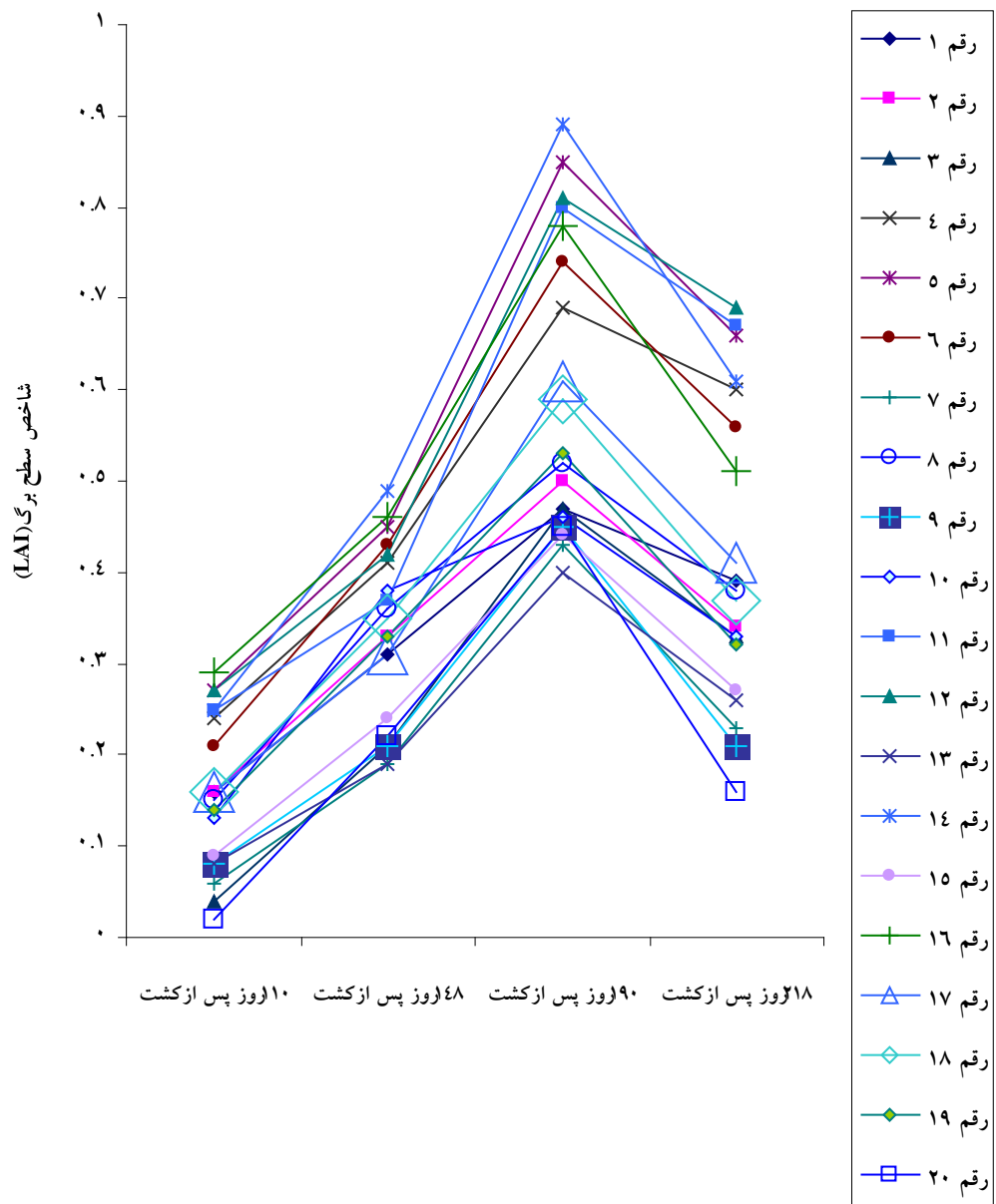
شکل ۴-۱۲- سرعت رشد محصول ارقام مختلف در شرایط عدم تنش کم آبیاری



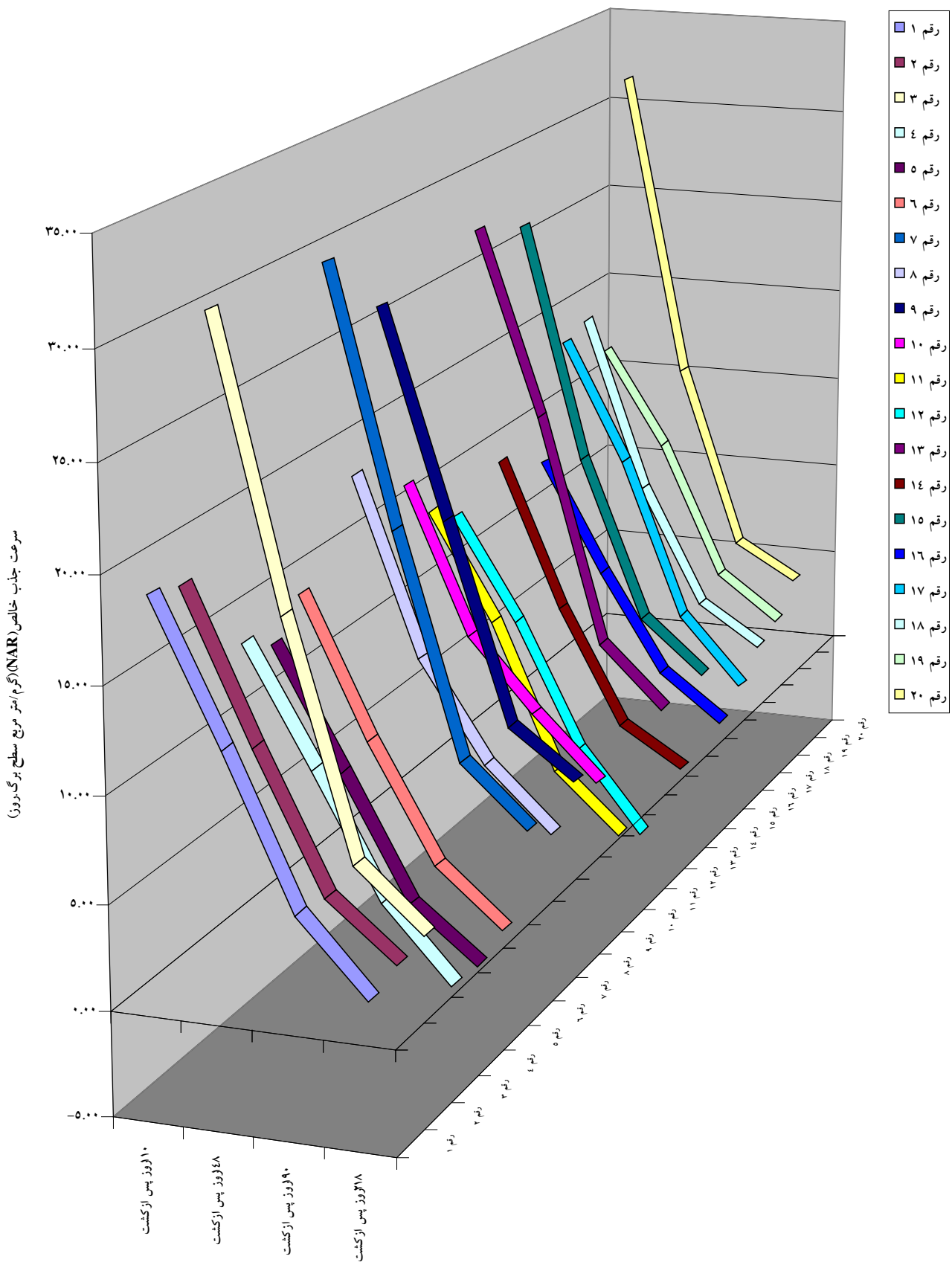
شکل ۴-۱۳- سرعت رشد محصول ارقام مختلف در شرایط تنش کم آبیاری



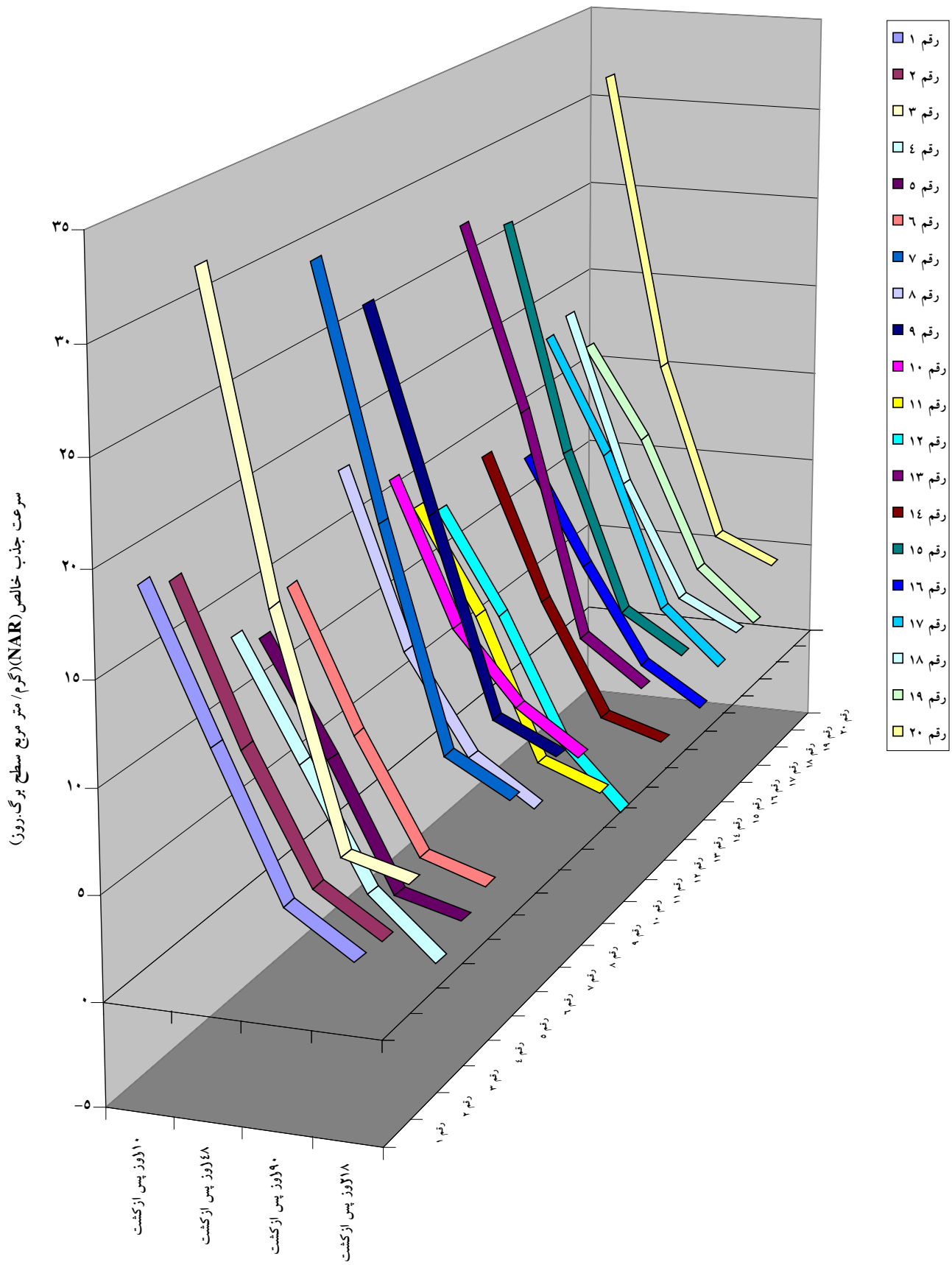
شکل ۴-۱۴- شاخص سطح برگ ارقام مختلف در شرایط عدم تنش کم آبیاری



شکل ۴-۱۵- شاخص سطح برگ ارقام مختلف در شرایط تنش کم آبیاری



شکل ۴-۱۶- سرعت جذب خالص ارقام مختلف در شرایط عدم تنش آبیاری



شکل ۴-۱۷- سرعت جذب خالص ارقام مختلف در شرایط تنش کم آبیاری

در این آزمایش اختلاف NAR در مرحله چهارم نمونه برداری در بین ارقام مختلف (تحت شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی) قابل توجه بود. در مقایسه‌ای که بین ارقام مورد مطالعه تحت شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی صورت گرفت مشخص شد که ۱۹۰ و ۲۱۸ روز پس از رشد، سرعت جذب خالص به سرعت کاهش می‌یابد. این ارقام در شرایط تنش رطوبتی نیز روند تقریباً ثابتی را نشان داد که علت امر را احتمالاً می‌توان به ثبات نسبی شاخص سطح برگ (LAI) در این رقم نسبت داد. بر اساس نمودارهای بدست آمده در این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که سرعت جذب خالص در شرایط عدم تنش رطوبتی بین ارقام مختلف تغییرات قابل توجهی را نشان نمی‌دهد در حالیکه این شاخص در ارقام تحت تنش رطوبتی به نسبت دارای تمایز بیشتری بود. لذا می‌توان چنین نتیجه گرفت که تحت تأثیر تنش کمبود آب، ارقام مورد مطالعه سطح برگ خود را سریعتر گسترش داده و در جهت اجتناب از تنش خشکی عمل نموده اند؛ عبارتی سایه اندازی برگ و کاهش NAR سریعتر صورت گرفته است. از طرفی از دلایل کاهش NAR می‌توان به کمبود آب و به موازات آن کمبود عناصر غذایی ناشی از عدم جذب کافی آب اشاره نمود، زیرا در این حالت نمو گیاهان تسریع شده و علائم کاهش رشد مشاهده خواهد شد. بر این اساس مارشور بیان می‌دارد که گیاهان دچار کمبود عنصر غذایی دارای رشد بسیار کند یا متوقف شده هستند و نمو آنها به طور غیرعادی جلو می‌افتد و علائم کمبود اغلب در شرایط رشد سریع گیاه، توسعه می‌یابند که می‌تواند بیانگر صحت نتایج آزمایش حاضر باشد (Marschner, ۱۹۹۵) همچنین رژیم رطوبتی نامطلوب ضمن کاهش سطح برگ و پیری آنها (مکانیسم اجتناب از تنش) منجر به کاهش فتوسنتز و در نهایت سرعت جذب خالص شده است. در حالیکه در ارقام آبیاری شده، احتمالاً افزایش بیشتر جذب عناصر غذایی سبب رشد متعادل گیاه شده است و عبارتی گیاه روند طبیعی رشد خود را طی نموده و سطح برگ و فتوسنتز آن تغییر خاصی را نشان نداده است و در این شرایط این ارقام دچار پیری زودرس (به دلیل سایه‌اندازی سریع و خارج از محدوده طبیعی رشد و همچنین کمبود عناصر غذایی) نشده‌اند. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که علاوه بر عوامل مستقل از تراکم (آب، عناصر غذایی و...) عواملی از جمله تنوع ژنتیکی در مقاومت به تنش حائز اهمیت می‌باشند و اولین گام جهت برنامه‌ریزی برای کاهش اثرات تنش بر کشاورزی و کمک به بحرانهای کمبود آب، شناسایی و بهره‌برداری از ارقام متحمل به تنش می‌باشد.

۴-۱۳- کارایی مصرف آب

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ارقام مختلف از نظر دو صفت کارایی مصرف آب و کارایی اقتصادی مصرف آب اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد (جدول ۴-۲۰). نتایج مقایسه میانگین به روش دانکن نشان داد بین ارقام مختلف برای هر دو صفت مذکور در شرایط غیر تنش و تنش کم‌آبیاری در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار آماری وجود دارد (جدول ۴-۲۱). در شرایط غیر تنش

برای هر دو صفت کارایی مصرف آب و کارایی اقتصادی مصرف آب ارقام Dante, Shiralee, Geronimo, Licord, SLM-۰۴۶ و Zarfam بیشترین مقدار را داشتند در حالیکه ارقام Sunday و Milena کمترین مقدار را نشان دادند. در شرایط تنش کم آبیاری برای هر دو صفت کارایی مصرف آب و کارایی اقتصادی مصرف آب ارقام Dante, SLM-۰۴۶ و Zarfam بیشترین مقدار و ارقام Talent و Milena کمترین مقدار را نشان دادند. دیده می شود که در کارایی مصرف آب در شرایط تنش کمتر از شرایط غیرتنشی شده است ولی در خصوص ارقام Dante, SLM-۰۴۶ و Zarfam این اختلاف بسیار کم و قابل اقباض می باشد. لذا این وضعیت نشان می دهد که ارقام مذکور در مجموع دو سایت تنش و غیر تنشی ارقام متمحل بوده و توانسته اند بیشترین کارایی استفاده از آب را داشته باشند. بنابراین چنانچه بخواهیم ارقام مذکور را جهت کشت در مناطق با کمبود آب توصیه کنیم، این ارقام ریسک کمتری دارند و خطرهای احتمالی ناشی از کمبود بارندگی ها یا کمبود منابع آب را تا حد قابل توجهی کاهش می دهند. از طرفی چنانچه بخواهیم با فرض ثابت بودن منابع آب به اقدام به کشت کنیم می توانیم سطح زیرکشت را با استفاده از این ارقام تا حد ۱۱/۶۷ درصد گسترش دهیم زیرا این ارقام به اندازه یک آب کمتر (۱۱/۶۷ درصد صرفه جویی در کل آب مصرفی زراعت کلزا در منطقه خرم آباد) مصرف آب کمتری داشته اند. یکی از نکات حائز اهمیت این است که این کم آبیاری در شرایطی رخ داده است که بارندگی های طبیعی وجود ندارد و از طرفی همزمان با مصرف زیاد آب در کشت محصولات تابستانه (همانند ذرت، لوبیا و غیره) می باشد. در مجموع این مقدار برداشت کمتر آب از منابع زیرزمینی به صرفه اقتصادی می باشد زیرا مقدار افت محصول برای ارقام مذکور در اثر تنش در مقایسه با مقدار بهای آب مصرفی صرفه جویی شده (۷۰۰ مترمکعب در هکتار) به صرفه تر بوده و بویژه آنکه این صرفه جویی در آب زمانی رخ داده است که نیاز به تأمین آب در کشاورزی بالا می باشد. از طرفی این ارقام قابل توصیه برای کشت دیم می باشند به شرط آنکه یک یا دو آب در اول کشت برای آنها تأمین گردد زیرا تاریخ کشت این ارقام به گونه ای است که معمولاً بارندگی های پاییزه در این زمانها رخ نمی دهد.

جدول ۴-۲۰- تجزیه واریانس کارایی مصرف آب و کارایی اقتصادی مصرف آب در ارقام مختلف تحت شرایط تنش و غیرتنش کم آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات در شرایط غیر تنش		میانگین مربعات در شرایط تنش	
		کارایی مصرف آب	کارایی اقتصادی مصرف آب	کارایی مصرف آب	کارایی اقتصادی مصرف آب
بلوک	۲	۰/۰۳۸	۱۴۷۰۵/۴۸	۰/۰۰۴	۱۵۶۹/۰۶۸
ژنوتیپ	۱۹	۳/۲۸۲**	۱۲۶۱۵۱۸/۶۷**	۵/۳۷۶**	۲۰۶۶۳۶۲/۹۹**
خطا	۳۸	۰/۰۶۸	۲۶۱۲۶/۵۷	۰/۰۱۵	۵۶۹۲/۳۸

** مبین معنی دار بودن در سطح یک درصد می باشد.

جدول ۴-۲۱- مقایسه میانگین کارایی مصرف آب و کارایی اقتصادی مصرف آب در ارقام مختلف تحت شرایط تنش و غیرتنش کم آبیاری (در سطح ۱ درصد)

ژنوتیپ

در هر ستون تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد.

نتیجه گیری نهایی

- نتایج این تحقیق نشان داد که صفت میانگین عملکرد دانه ارقام در شرایط غیر تنش (عادی) ۲۹۰۶/۱ و در شرایط تنش ۲۰۶۶/۲ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. در شرایط تنش رقم Zarfam با میانگین ۲۹۴۸ کیلوگرم در هکتار از عملکرد بالاتری در بین ارقام برخوردار بود. همچنین این رقم از نظر وزن هزار دانه نسبت به سایر ارقام از میانگین بالاتری برخوردار بود. با توجه به تغییرات مقادیر صفات مختلف در دو شرایط عادی و تنش رطوبتی، بیشترین درصد تغییر مربوط به صفت عملکرد روغن در هکتار با ۳۹/۶۷ درصد بود و کمترین تغییر مربوط به صفت ارتفاع بوته با ۱/۱ درصد بود.

- نتایج مقایسه میانگین برای عملکرد دانه نشان داد که در شرایط غیر تنش رقم Geronimo و Sunday و در شرایط تنش رقم Zarfam و Talent به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد را در واحد سطح داشتند. از نظر گلدهی رقم Zarfam و Dante زودتر از سایر ارقام وارد این مرحله شد و رقم Sunday نسبت به سایر ارقام دیرتر وارد گلدهی شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین شاخص‌ها نیز نشان داد ارقام Dante و Zarfam و SLM-۰۴۶ متحمل ترین و ارقام Sunday، Milena و Talent حساسترین ارقام بودند.

- نتایج نشان داد که همبستگی بین عملکرد دانه و وزن هزاردانه، تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته، طول خورجین و عملکرد روغن، مثبت و بسیار معنی دار است. صفت عملکرد روغن نیز با وزن هزار دانه و تعداد دانه در خورجین همبستگی مثبت و بسیار معنی داری داشت.

- نتایج حاصل از تجزیه به عاملها نشان داد که عامل عملکرد و عامل پروتئینی یا زودرسی در هر دو شرایط عادی و عامل قامت گیاه فقط در شرایط تنش بیشترین تغییرات صفات مختلف را بین ارقام توجیه کردند. نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد که در شرایط تنش و غیر تنش، تعداد پنج مولفه اصلی مجموعاً ۹۶/۳ درصد از کل تنوع موجود را توجیه نمودند.

- گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش کم‌آبایی در هر دو محیط بر اساس نمودار سه بعدی نشان داد که ژنوتیپ‌های Sunday، Rainbow، Celecious، Milena و Talent در گروه D قرار گرفته‌اند. به طور کلی نتایج به دست آمده از روش ترسیمی سه بعدی برای گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و مقاوم به تنش با استفاده از شاخص‌ها کاملاً در توافق با یکدیگر بود.

- بر اساس بای پلات ترسیم شده ژنوتیپ‌های Dante، SLM-۰۴۶ و Zarfam در ناحیه ای با پتانسیل تولید بالا و حساسیت پایین به خشکی قرار دارند و ژنوتیپ Zarfam دارای کمترین مقدار مربوط به مؤلفه دوم (حساسیت به تنش) بود و می‌توان از آن به عنوان یک رقم قابل توصیه بویژه برای مناطق با ریسک بالای تنش کم آبی نام برد. ژنوتیپ‌های Hyola۳۳۰، Rainbow و Talent دارای عملکرد پایین در شرایط تنش

بوده و حساسیت بالایی به کم آبیاری بودند و شاید بتوان گفت که این ژنوتیپ‌ها دارای سازگاری خصوصی به محیط‌های آبی می باشند. برخی از ژنوتیپ‌ها (Milena, Celecious و Sunday) در هر دو شرایط دارای عملکرد ضعیفی بودند و لذا استفاده از آنها برای شرایط آب و هوایی منطقه مورد مطالعه توصیه نمی شود.

- نتایج تعیین فاصله ژنوتیپ‌های مورد بررسی و گروه‌بندی آنها بر اساس صفات مورفولوژیک و زراعی نشان داد که در شرایط غیر تنش ارقام مورد مطالعه تشکیل ۵ گروه اصلی را دادند ولی در شرایط تنش کم آبیاری تشکیل ۴ گروه اصلی را دادند و صفات عملکرد و اجزای عملکرد و صفات فنولوژیک مهمترین نقش را در گروه‌بندی این ژنوتیپ‌ها هم در شرایط تنش و هم غیرتنش ایفا کرده‌اند.

- نتایج شاخص های رشد فیزیولوژیک نشان داد که روند تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ در ارقام مورد آزمایش در هر دو تیمار (تنش و غیر تنش) سیگموئیدی و تقریباً مشابه بود با این تفاوت که ارقام آبیاری شده CGR بیشتری داشتند و در وزن خشک آنها کاهش قابل ملاحظه ای مشاهده نگردید. همچنین نتیجه گرفته شد که ارقام مختلف نسبت به تیمارهای اعمال شده از واکنش‌های مختلفی برخوردار هستند. سیر نزولی سرعت جذب خالص در تمام ارقام مورد آزمایش از ابتدا تا انتهای دوره رشد مشاهده شد.

- نتایج مقایسه میانگین ارقام مختلف از نظر دو صفت کارایی مصرف آب و کارایی اقتصادی مصرف آب نشان داد بین ارقام مختلف برای هر دو صفت مذکور در شرایط غیر تنش و تنش کم آبیاری در سطح یک درصد اختلاف معنی دار آماری وجود دارد. در شرایط غیر تنشی برای هر دو صفت ارقام Geronimo, Shiralee, Dante, Licord, SLM-۰۴۶ و Zarfam بیشترین مقدار را داشتند در حالیکه ارقام Sunday و Milena کمترین مقدار را نشان دادند ولی در شرایط تنش کم آبیاری ارقام Dante, SLM-۰۴۶ و Zarfam بیشترین مقدار و ارقام Talent و Milena کمترین مقدار را نشان دادند. دیده شد که در کارایی مصرف آب در شرایط تنش کمتر از شرایط غیرتنشی شده است ولی در خصوص ارقام Dante, SLM-۰۴۶ و Zarfam این اختلاف بسیار کم و قابل اقباض می باشد. لذا این وضعیت نشان می دهد که ارقام مذکور در مجموع دو سایت تنش و غیر تنش ارقام متمحل بوده و توانسته‌اند بیشترین کارایی استفاده از آب را داشته باشند و با استفاده از این ارقام می توان میزان آب مصرفی در زراعت این گیاه را تا حد ۱۱/۶۷ درصد کاهش داد و این صرفه جویی حاصله را در سایر بهره‌بردارهای از منابع آب مدیریت کرد.

پیشنهادات

- ۱- با توجه به اینکه تا حد قابل توجهی ارقام متحمل به تنش کم آبیاری برای شرایط آب و هوایی منطقه مورد نظر مشخص شده است، بنابراین توصیه می شود در تحقیقات بعدی روی بهینه کردن دقیق تر آبیاری برای ارقام متحمل مذکور از نظر مقدار آب آبیاری، دور آبیاری، فواصل آبیاری و غیره کار شود.
- ۲- با توجه به اینکه گیاه کلزا یکی از مهمترین گیاهان دانه روغنی دنیا محسوب می شود و هر ساله اصلاح گران ارقام با پتانسیل های متفاوتی (از جمله ارقام متحمل به تنش های محیطی) تولید می کنند، لذا توصیه می شود هر چند سال یکبار این ارقام تهیه و برای شرایط آب و هوایی منطقه مورد نظر متناسب با تنش آبی مورد نظر (زمان تنش و میزان تنش) آزمون گردند، تا هر ساله ارقام بهتری به جامعه کشاورزان (که مهمترین مصرف کننده آب هستند) معرفی شود.
- ۳- در این تحقیق زمان اعمال تنش در مهمترین و حساس ترین مرحله نیاز آبی گیاه انجام گرفت تا ارقامی گزینش شوند که در مهمترین زمان بحران آب در اواخر فصل رشد بیشترین تحمل را دارند، ولیکن توصیه می شود در آینده روی همین ارقام تحقیق شود تا مشخص گردد که زمان کم آبیاری در کدامیک از سایر مراحل رشدی گیاه کمترین آسیب را به گیاه رسانده و کمترین افت محصول را نشان می دهد. عبارتی مشخص شود که مدیریت این مقدار صرفه جویی در مصرف آب در کدامیک از مراحل رشدی گیاه می تواند بیشترین صرفه اقتصادی را داشته باشد.
- ۴- با توجه به اینکه یکی از مهمترین زمانهای کمبود آب در کشاورزی در منطقه مورد مطالعه در اوایل پاییز می باشد و از طرفی عدم رخداد بارندگی در اوایل کشت این گیاه یکی از مهمترین مشکلات بخش کشاورزی منطقه می باشد، لذا پیشنهاد می شود در آینده ارقامی به کشاورزان معرفی شود که طول دوره رشدی کوتاهی داشته و بویژه تاریخ کشت دیر هنگامی داشته باشند تا بتوان تاحدی مشکل کمبود آب در اوایل فصل رشد این گیاه را برطرف کرد.
- ۵- پیشنهاد می شود از ارقام متحمل مذکور در فرایندهای اصلاحی به عنوان والدین در تلاقی ها بهره برداری نموده تا بتوان از طریق تلاقی با ارقام خیلی حساس به ارقام با هتروزیس بالاتر و با عملکرد بالاتر دست یافت.
- ۶- پیشنهاد می شود از فنون جدید مثل استفاده از روشهای مهندسی ژنتیک جهت تولید ارقام تراریخت با پتانسیل تحمل به تنش کم آبیاری بهره جست.

منابع و مراجع

- احمدی، م و جاویدفر ف. ۱۳۷۹. روشهای ارزیابی و اصلاح مقاومت به خشکی در گونه های روغنی جنس براسیکا (ترجمه). نشر سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی.
- آیاری، ه.، شکاری، ف. و شکاری، ف. ۱۳۷۹. دانه های روغنی (زراعت و فیزیولوژی). انتشارات عمیدی. ۱۸۲ ص.
- امیری اوغان، ح. م. مقدم. م. احمدی و ج. داوری. ۱۳۸۳. نحوه عمل ژن و وراثت پذیری شاخص های مقاومت به تنش خشکی در کلزا. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۵. شماره ۱.
- بی نام، ۱۳۷۷. (الف)؛ آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۸۶-۸۵. وزارت جهاد کشاورزی.
- بید آبادی، محدثه. ۱۳۸۲. آموزش نرم افزار نیاز آبی و برنامه آبیاری گیاهان.
- تائب، م. ۱۳۷۳. ژنتیک تحمل به تنش های محیطی. مقالات کلیدی سومین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، ۱۷-۱۲ شهریور، دانشگاه تبریز.
- حسین زاده، م. ح. اصفهانی، م. ربیعی، ب و م. ربیعی. ۱۳۸۴. اثر فواصل ردیف کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کلزای نشایی (*Brassica napus L.*) به صورت کشت دوم در اراضی شالیزاری.
- حق پرست، ر. ۱۳۷۶. انتخاب برای تحمل به خشکی در گندم نان. پایان نامه کارشناسی ارشد. شماره ۵۶. دانشگاه تبریز.
- حکمت شعار، ح. ۱۳۷۲. فیزیولوژی گیاهان در شرایط دشوار. انتشارات واژه تبریز.
- حیدری شریف آباد، ح. ۱۳۸۴. تنش شوری. اولین همایش اثر تنش های محیطی بر گیاهان. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان. ۱۰-۲۶.
- خادمی، زهرا، ح. رضایی، م. ملکوتی و پ. مهاجر میلانی. ۱۳۷۹. تغذیه ی بهینه کلزا گامی موثر در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت روغن. تولید کودی برای تولید کنندگان کلزا در خاک های شور، نشر آموزش کشاورزی، معاونت تات. وزارت کشاورزی کرج.
- خواجه پور، م. (۱۳۷۰). تولید نباتات صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان.
- دانشمند، ع. شیرانی راد، ا.ح.، درویش، ف و اردکانی، م. ر. ۱۳۸۳. بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و برخی صفات زراعی و فیزیولوژیک ارقام کلزا. خلاصه مقالات هشتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، ۵-۳ شهریور، دانشگاه گیلان. ص ۲۳۵.
- دهشیری، ع. ۱۳۷۸. زراعت کلزا. نشریه ترویج. دفتر تولید برنامه های ترویجی و انتشارات فنی، معاونت ترویج. ۶۲ ص.

- دهشیری، ع. م. ر. احمدی و ز. طهماسبی سروستانی. ۱۳۸۰. عملکرد ارقام کلزا به تنش آب. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۲. شماره ۳. صفحه ۶۴۹.
- رضایی، م. ۱۳۸۱. بررسی عملکرد و تجزیه تحلیل همبستگی و ضرایب مسیر صفات مرتبط با عملکرد دانه و روغن در کلزا. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه سیستان و بلوچستان. دانشکده کشاورزی.
- زبرجدی، ع. ر. د. د. کهریزی و ع. رضایی زاد. ۱۳۸۷. بررسی اثرات تنش خشکی بر روی عملکرد و اجزاء آن در برخی ژنوتیپ های کلزا. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. دانشگاه رازی.
- سرمد نیا، غ. و کوچکی، ع. ۱۳۷۴. فیزیولوژی گیاهان زراعی (تألیف گاردنر، پی پرس و میشل). انتشارات جهاددانشگاهی دانشگاه مشهد. ۳۸۷ ص.
- شریعتی، ش. و قاضی شهنی زاده، پ. ۱۳۷۹. کلزا. معاونت برنامه ریزی و بودجه. انتشارات وزارت جهاد کشاورزی، ۸۱ ص.
- شکاری، ف. ۱۳۸۰. اثر تنش خشکی بر روی فنولوژی و روابط آبی، رشد، عملکرد و کیفیت محصول کلزا. رساله دکتری (PhD). دانشگاه تبریز. ص ۱۸۰.
- شهیدی، ا و فروزان، ک. ۱۳۷۶. کلزا. شرکت توسعه کشت دانه های روغنی. ۴۷ صفحه
- شهیدی، ا. و فروزان، ک. ۱۳۷۶. کلزا. شرکت سهامی خاص توسعه ی کشت دانه های روغنی. ۶۷ ص.
- شیخ، ف.، تورچی، م.، ولیزاده، م.، شکیبیا، م.ر. و پاسبان اسلام، ب. ۱۳۸۴. ارزیابی تحمل به خشکی ارقام بهاره کلزا (Brassica sp.) مجله دانش کشاورزی، جلد ۱۵، شماره ۱، ص ۱۸۰-۱۷۴.
- شیرانی راد، ا. ج. ۱۳۷۹. بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر روند رشد صفات زراعی دو رقم کلزا. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه تربیت مدرس تهران.
- شیرانی راد، ا. ح. ۱۳۸۰. نتایج تحقیقات کلزا، به زارعی در سال زراعی ۸۰-۱۳۷۹. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج. ۹۵ ص.
- شیرانی راد، ا. و دهشیری ع. ۱۳۸۱. راهنمای کلزا (کاشت، داشت و برداشت). نشر سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی.
- شیرانی راد، ا. و دهشیری، عباس. ۱۳۸۱. راهنمای کلزا (کاشت، داشت، برداشت). وزارت جهاد کشاورزی. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی. معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی. ۱۱۳ ص.
- عبد میثانی، س و ع. شاه نجات بوشهری. ۱۳۷۶. اصلاح نباتات تکمیلی (جلد دوم). بیوتکنولوژی گیاهی. انتشارات دانشگاه تهران.
- عبد میثانی، س و ع. شاه نجات بوشهری. ۱۳۷۷. اصلاح نباتات تکمیلی (جلد دوم). بیوتکنولوژی گیاهی. انتشارات دانشگاه تهران.

عزیزی، م. سلطانی، ا و خاوری خراسانی، س. (۱۳۷۸). کلزا، فیزیولوژی، زراعت، به نژادی، تکنولوژی زیستی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه مشهد.

عزیزی، م.، سلطانی، ا. و خاوری خراسانی، س. ۱۳۷۸. کلزا (فیزیولوژی، زراعت، به نژادی، تکنولوژی زیستی). (تألیف کیمبر و مک گریگور). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۳۰ ص.

علیزاده، ا. ۱۳۸۱. طراحی سیستم‌های آبیاری. دانشگاه امام رضا (ع). انتشارات آستان قدس، مشهد.

فردادفر، ح. ۱۳۶۹. آبیاری عمومی. جلد اول. ناشر مولف.

فرشادفر، ع. ۱۳۷۵. کاربرد ژنتیک کمی در اصلاح نباتات. انتشارات دانشگاه رازی.

فرشادفر، ع. زمانی، م. مطلبی، م و ع. امام جمعه. ۱۳۸۰. انتخاب برای مقاومت به خشکی در لاین های نخود. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۲. شماره ۱. ص ۶۶-۷۷.

فصل نامه امور آب وزارت نیرو. استراتژی های مدیریت ملی منابع آب در کشور، سال ششم، شماره ۱ دوره جدید ۱۳۷۷.

قدسی، م.، جلالی کمالی، م.ر.، چائی چی، م.ر. و مظاهری، د. ۱۳۸۲. تجمع و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در ارقام گندم تحت تنش رطوبت در مراحل قبل و بعد از گرده افشانی در شرایط مزرعه‌ای. مجله پژوهش های زراعی ایران. جلد ۱. شماره ۲. ص. ۲۱۵-۲۰۵.

قریشی، ع.ا.، شریعتی، م.ر.، جارالهی، ر.، قائمی، م.ر.، شهابی فر، م.، تولائی، م.م. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (جلد اول). انتشارات وزارت جهاد کشاورزی.

کافی، م.، و ع. دامغانی. ۱۳۷۹. مکانیسمهای مقاومت به تنشهای محیطی. (ترجمه). دانشگاه فردوسی مشهد.

کانونی، ه (۱۳۷۷). بررسی و تجزیه علیت صفات مؤثر بر عملکرد دانه در ارقام نخود تحت شرایط دیم استان کردستان. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات. ص. ۳۲۹. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر و نهال کرج.

کشاورز، ع و صادق زاده. ک. ۱۳۷۹. مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی، برآورد تقاضا برای آینده، بحرانهای خشکسالی، وضعیت موجود چشم اندازهای آینده و کارایی جهت بهینه سازی مصرف آب. نشر وزارت جهاد کشاورزی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

کوچکی، ع و علیزاده، ا (۱۳۶۵). اصول زراعت در مناطق خشک. جلد دوم. انتشارات آستان قدس رضوی مشهد.

لسانی، ح. و مجتهدی، م. ۱۳۷۰، مبانی فیزیولوژی گیاهی (تألیف مایر، آندرسون، بونینگ و فراتیان) انتشارات د نادری، ا. ۱۳۸۱.

تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های گندم بهاره از نظر پتانسیل حرکت مجدد اسیمیلاتها و نیتروژن به دانه در شرایط تنش خشکی پایان فصل. خلاصه مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۴-۲ شهریور. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج. دانشگاه تهران، ۷۲۶ ص.

ملک زاده شفارودی، س. ۱۳۷۴. بررسی روابط همبستگی، ارائه اندیس های سلکسیون و آنالیز علیت بر اساس عملکرد و اجزاء عملکرد آن در گیاه روغنی کلزا. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس. دانشکده کشاورزی.

ملکی، ع. و مسعود سینکی، ج. ۱۳۸۴. اثر فواصل آبیاری و تقسیط نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزای بهاره. مجله دانش نوین کشاورزی. جلد ۱، شماره ۱. ص. ۳۷-۴۳.

ناصری، فرشته. ۱۳۷۰. دانه‌های روغنی (ترجمه). انتشارات آستان قدس رضوی. ۷۴۶ ص.

نورمند موید، ف. رستمی، م. ع و م. قنادها. ۱۳۸۰. ارزیابی شاخص‌های مقاومت به خشکی در گندم نان. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۲. شماره ۴.

نیکخواه، ح. ر. ۱۳۷۸. ارزیابی و مطالعه توارث پذیری مقاومت به خشکی در گندم نان. پایان نامه کارشناسی ارشد. نورمند موید، ف. م. ع. رستمی و م. ر. قنادها. ۱۳۷۷. تعیین شاخصهای مقاومت به خشکی در گندم نان. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج موسسه تحقیقات اصلاح نهال و بذر. صفحه ۲۴۳-۲۴۲.

هاشمی دزفولی، ا. کوچکی، ع و بنیان اول، م (۱۳۷۴). افزایش عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۸۷ ص

هدایتی علیرضا، آب، جنگ افزاری دو حرفی، ۱۳۸۶، نشر پیام سبز (سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری. وزارت جهاد کشاورزی)

یحیوی تبریز، ش. و صدرآبادی حقیقی ر. ۱۳۸۲. تأثیر آبیاری محدود بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم کلزای بهاره در شرایط آب و هوایی تبریز. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۱، شماره ۲. ص ۳۰۵-۳۱۲.

- Bartles, D. and R. Sunkar. ۲۰۰۵. Drought and salt tolerance in plants. *Critical reviews in Plant Sci.* ۲۴: ۲۳-۵۸.
- Blum, A. (۱۹۸۷). Methods of plant breeding for drought resistance. In: Monti, L and proceddu, E. (Ed), *Drought resistance in plants: physiological and genetic aspects.* Luxembourg: EEC, pp, ۱۲۶-۱۴۰.
- Blum, A. ۱۹۸۸. *Plant Breeding for Stress Environments* CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, USA.
- Blum, A., ۱۹۹۸. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. *Eupyhtica.* ۱۰۰ (۱-۳): ۷۷-۸۳.
- Blum, A., Polarkova, H., Golan, G. and Mayer, J., ۱۹۸۳. Chemical desiccation of wheat plants as simulator of post-anthesis stress. I. Effects on translocation and kernel growth. *Field Crops Res.*, ۶: ۵۱-۵۸.

- Bohnert, H. J. and R. A. Bressan. 2001. Abiotic stresses plant reaction and new approaches towards understanding stress tolerance. *Crop Science*. 7: 11-100.
- Bouchereau, A. and Classais, N., 1996. Water effects on rapeseed quality. *Eur. J. of Agron.*, 5:1-2, 19-30.
- Bousslama, M., W. T. Schapaugh. 1988. Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Sci*. 28: 933-937.
- Bradford, K. J. 1990. A water relations analysis of seed germination rates. *Plant Physiol*. 98: 181-189.
- Clark, J.M. and Simpson, G.M., 1978. Influence of irrigation and seeding rates on yield and yield components of *Brassica napus* cv. Tower. *Can. J. of Plant Sci.*, 58: 731-737.
- Clarke, J. M. and Simpson. G. M. (1978). Influence of irrigation and seeding rates on yield and yield components of *Brassica napus* cv. Tower. *Can. J. Plant Sci*. 58:731-737
- Daneshmand, A. 2006. Physiological response and seed yield of spring rapeseed genotypes under optimum and drought stress condition. in:<http://gsa.confex.com/gsa/2006/dro/finalprogram/Abstract105271.HTM>.
- De Souza P.I., Egli, D.B. and Bruening W.P., 1997. Water stress during seed filling and leaf senescence in soybean. *Agron. J*. 89: 107-112.
- Farshadfar, E., And J. Shutka. 2003. Multivariate analysis of drought tolerance in wheat substitution lines. *Cereal research communications*. Vol. 31 Nos. 1-2 Siddique, 2000
- Fernandez, G.C.J., 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp. 207- 270. In: *Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetable and other Food Crops, in Temperature and Water Stress*. Taiwan.
- Finch-Savage. W.E. and Elston, J., 1982. The effects of temperature and water stress on the timing of leaf death in *Vicia faba*. *Annu. Appl. Biol.*, 100: 567-579.
- Fischer, R.A. and Maurer, R., 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. 1. Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res*. 29: 197-212.
- Gavuzzi, P., F. Rizza, M. Palumbo, R. G. Campanile, G. L. Ricciardi and B. Borghi. 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in wheat cereals. *Can. J. Plant Science*. 77: 523-531.

- Ghobadi, M., M. Bakhshandeh., J. Fathi., M.H.Gharienh., K. Alamisaid., A. Naderiand M.E.Ghobadi. ۲۰۰۶. short and long periodes of water stress during different growth stages of canola (*B.napus* L.) : effect on yield , yield components , seed oil and protein contents. Journal of Agronomy ۵(۲): ۳۳۶-۳۴۱.
- Gibbs. W.J., ۱۹۷۵. Drought, its definition, delineation and effects in drought. special environmental report. World Meteorological Organization, Geneva. Switzerland., ۵: ۱-۳۹.
- Gilliland, G.G. and Hang, A.N. ۱۹۹۷. Oilseed rape keeps irrigated land productive during drought. [www.pubs. Edu. Washington state university](http://www.pubs.Edu.Washingtonstateuniversity). Pp.۱-۴.
- Gupta, A. K., Singh, J., Kaur, N. and Singh, R. (۱۹۹۱). Effect of polyethylene-glycol induced water deficit on germination of chickpea cultivars differing in drought tolerance. International Chickpea Newsletter, ۲۴: ۳۸-۳۹.
- Hasio, T. C. ۱۹۷۳. Plant responses to water stress. A. Rev. P۱. Physiol. ۲۴: ۵۱۹-۵۷۰.
- HongBo, S., L. ZongSuo, and S.MingAn. ۲۰۰۶. Osmotic regulation of ۱۰ wheat (*Triticum aestivum* L.) at soil water deficits. Colloides and surfaces B: Biointerfaces. ۴۷: ۱۳۲-۱۳۹.
- Houls, T. ۲۰۰۱. Conditions under which selection for mean productivity, tolerance to environmental stress, or stability should be used to improve yield across a range of contrasting environments. Euphytica. ۱۲۰: ۲۳۵-۲۴۵.
- Huang, B. ۲۰۰۰. Role of root morphological and physiological characteristic in droght resistance of plants. In: Wilkinson, R. E. (Ed.), Plants environment interactions. Marcel Dekker Inc, New York. pp: ۳۶-۶۴.
- Hurd, E. A. (۱۹۶۸). Growth of roots of seven varieties of spring wheat at hight and low moisture levels. Agron. J. ۶۰:۲۰۱-۲۰۵.
- Hussain, A.B.S., Sears, R.G., Cox, P.S. and Paulsen, G.M., ۱۹۹۰. Desiccation tolerance and its relationship to assimilate partitioning in winter wheat. crop Sci., ۳۰: ۶۲۲-۶۲۷.
- Jones, H.G., ۱۹۹۲. Plants and microclimat. Camb.Univ. Press., p.۴۱۳.
- Kajdi, F. ۱۹۹۴. Effect of irrigation on the protein and oil content seed varieties. Acta Agronomica. ۳۶ (۱۲): ۴۴-۵۰.
- Kajdi, F. and Pocsai, K., ۱۹۹۳. Effect of irrigation on the yield potential protein yield of oilseed rape cultivars. Acta Ovariensis. ۳۵:۶۵-۷۲

- Kimber, D. S., and Mc Gregor, D. L. 1995. *Brassica* oil seed: production and utilization CAB international.
- Kimber, D.S., and Mc Gregor, D.L., 1995. Brassica oil seeds: production and Utilization. 1st edn. CAB international, Oxon UK, pp: 394.
- Korte, J. and Williams, H., 1983. Irrigation of soybean types during reproductive ontogeny. *Crop Sci.*, 23:521-527
- Kramer, P. J. (1980). Drought stress and origin of adaptations. In: N.C. Turner and Kramer, P. J. (Ed), *Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress*. Wiley, New York USA. pp. 7-21.
- Kramer, P.J., 1983. Water relations of plants. Academic Press., pp. 322-410.
- Kriedemann, P.E., 1986. Stomatal and photosynthetic limitations to leaf growth. *Aust. J. Plant. physiol.*, 13: 15-32.
- Kumar, A. and Elston. J., 1993. Leaf expansion in Brassica species in response to water stress. *Indian J. of Plant Physiol.* 36:4-220.
- Kumar, A. and Sachan, J. N. (1991). Screening and breeding techniques for drought resistance in oiliferous *Brassica*. G. B. Plant University of Agriculture and Technology, Pantanger, India.
- Leopold, A. C. 1990. Coping with sesication, In: Alscher, R. G. and Cumming, J. R. (eds.) *Stress response in plants: adaptation mechanisms*. Wiley Liss New York. pp. 37-56.
- Levitt, J., 1980a. Stress terminology 36: 459-476. In: *Adaptation of genome*. Turner, N.C. and Kramer, P.J. (ed),
- Levitt. J., 1980b. Responses of plants to environmental stresses vol.1. Chilling, freezing and high temperature stresses. pp 3-17 and 347- 348. NewYork: Academic Press, pp. 225-228
- Lichter, R. (1982). Efficient yield of embryos by culture of isolated microspore of different *Brassicacea* species. *Plant Breeding*, 103: 119-123.
- Mailer, R.J. and Wratten, N., 1987. Glucosinolate variability in rapeseed in Australia, pp. 661-670. 7th International Rapeseed Congress, 11-14 May, Poznan, Poland.
- Mailor, R.J. and Cornish, P.S. 1987 Effect of water stress on glucosinolate and oil concentration in the seeds of rape (*Brassica napus* L.) and turnip rape (*Brassica rapa* L. var. *silvestris* [Lama.] Briggs). *Aus. J. Agric* 27; 707-711.

- Malek Sabet , A. A, Mehrabi , and A. H. shiranirad. ۲۰۰۶. Evaluation of Drought stress on Growth Analysis in Autumnal Rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. International symposium on Dryland Ecology and Human security. In:<http://www.isdehs.com/htm/۲۰۰۶-۱۳۵.htm>.
- Marschner, H., ۱۹۹۵. Mineral nutrition of higher plants. ۲nd edn. London, Academic press.
- May, L.H. and Milthorpe, F.L., ۱۹۶۲. Drought resistance of crop plants. Field crop Abstr., ۱۵: ۱۷۱-۹.
- May, W. E., Hume, D. Y. and Hale. B. A. (۱۹۹۴). Effects of agronomic practices on free fatty acid levels in the oil of Ontario grown spring canola. Can. J. Plant Sci. ۷۴(۲): ۲۶۷-۲۷۴.
- Mingeau, M., ۱۹۷۴. Comportement du colze de printemps a la secheresse. Informations Technigues. Paris, France. ۳۶:۱-۱۱.
- Morrison, M. J. and Stewart, W. ۲۰۰۲. Heat stress during Flowering in summer *Brassica* . Crop Sci. ۳۲: ۷۹۷-۸۰۳.
- Morrison, M.J. and Stewart, W. (۲۰۰۲). Heat stress during flowering in summer Brassica. Crop Sci: ۳۲: ۷۹۷-۸۰۳.
- Munoz, F.I. and Fernandez, J.L.M., ۱۹۷۹. Effect of different levels of irrigation on the yield of a crop of rapeseed (*B. napus*, Var. Midas) in south-east Spain. Proceed. ۵th Inter. Rapeseed Conf. ۱: ۲۵۴-۲۵۶.
- Nanami, H. Y. Wu and J. S. Boyer. ۱۹۹۷. College of Agriculture, Ehime University, Tarumi, Matsuyama ۷۹۰, Japan (H.N.); and college of Agriculture, University of Delaware ۷۰۰ Piolottown Road, Lewes, Dalaware ۱۹۹۵۸-۱۲۹۸ (Y. W., J. S. B.), Plant Physiology. ۱۱۴: ۵۰۱-۵۰۹.
- Nielsen, D.C. and Nelson, N.O., ۱۹۹۸. Black bean sensitivity to water stress at various growth stages. Crop Sci., ۳۸: ۴۲۲-۴۲۷.
- Nielsen, D.C., ۱۹۹۷. Water use and yield of canola under dryland condition in the central great plains. J.prod. Agric., ۱۰(۲):۳۰۷-۳۱۳.
- Papakosta, D.K., and Gagianas, A.A., ۱۹۹۱. Nitrogen, and dry matter accumulation, remobilization, and losses for mediterranean wheat during grain filling. Agron. J., ۸۳: ۸۶۴-۸۷۰.
- Pouzet, A. (۱۹۹۵). Agronomy. In: *Brassica* oilseeds: Production and utilization. eds. D. S.Kimber and D. I. McGregor. pp. ۶۵-۹۲. CAB International.

- Ramirez-Vallejo, P. and Kelly, J. D. (1998). Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica* 99: 127-136.
- Richards, R. A. and Thurling, N. (1979)a. Genetic analysis of drought stress response in rapeseed (*Brassica campestris* and *B. napus*). II. Physiological characters. *Euphytica*. 29(3): 700-709.
- Richards, R. A. and Thurling, N.(1978)a. Variation between and within species of rapeseed (*Brassica campestris* and *B. napus*)in response to drought stress. I. Sensitivity at different stages of development .*Aust. J. Agric. Res.* 29: 479- 477.
- Richards, R.A. and Thurling, N., 1978. Variation between and within species of rapeseed (*Brassica campestris* and *B.rapa*), in response to drought stress. II. Growth and development under natural drought stress. *Aust. J. Agric. Res.*, 29: 479-490.
- Rizza, F., F. W. Badeckb, L. Cattivellia, O. Lidestric, N. De Fonzok, A. m. Stancaa. 2001. Use of a water stress index to identify barely genotypes adapted to reinfed and irrigated conditions. *Crop Sci.* 22: 1441-1446.
- Robinson, K., 2001. Relation between water consumption and yield in canola (*Brassica napus* L.). *Land Resources and Environmental Science*.
- Rossielli, A. A. J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for stress and non-stress environment. *Crop Sci.* 21: 1441-1446.
- Satwinder, K., Paramjit, S., Gupta, V. P., Kaur, S. and Singh. P.(1997). Combining ability analysis for yield and its components in *Brassica napus* L. *Crop Improvement (Abstract)*
- Schneiter, A. A., Johnson, B. L. and Henderson, T. L. (1992). Rooting dept and water use of different sunflower phenotypes. *Proc. 13th.Int sunflower Conference, Pisa, Italy.*
- Schussler, J.R. and Westgate, M.E., 1991. Maize kernel set at low water potential: I. Sensitivity to reduced assimilates during early kernel growth. *Crop Sci.*, 21: 1189-1190.
- Secenji, M., A. Lendvai, Z. Hajosne, D. Dudits, J. Gyorgyey. 2005. Experimental system for studing long- term drought stress adaptation of wheat cultivars. *Proceedings of the 8th Hungarian congress on plant physiology and the 7th Hungarian conference on photosynthesis.*
- Sinaki, J. E. Madjidi Heravan and A.Shirani Rad .2007.The Effect of water Dificit During Growth Stage of Canola(*Brassica napus* L.).*American-Eurasiany.Agric and Environ.Sci.* 2(1): 417-422.

- Singh, K. B. (1993). Problems and prospects of stress resistance breeding in chickpea. In: Singh, K. B. and Saxena, M. C. (Ed), Breeding for stress tolerance in cool-season food legumes. John Willey and Sons, Chi Chester, U K. pp, 17-36.
- Singh, K. B. and M. C. Saxena. 1994. Breeding for Stress Tolerance in Cool-Season Food Legumes. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas.
- Sio- Se Mardeh, A., A. Ahmadi, K. Poustini, V. Mohammadi. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field crop research. 98: 222-229.
- Sivamani, E., A. Bahieldin, J. M. Wraith, T. Al- Niemi, W. E. Dyer, T. H. D. Ho, R. Qu. 2000. Improved biomass productivity and water use efficiency under water deficit conditions in transgenic wheat constitutively expressing the barley HVA1 gene.
- Smith, H. 1990. Signal perception, differential expression within multi gene families and the molecular basis of phenotypic plasticity, Plant, Cell and Environment; 13: 585-594.
- Sullivan, C.Y., and Eastin. J.D., 1975. Plant physiological response to water stress. 14:113-128. In: Plant modification for more efficient water use. Stone J.F.(ed.). Agric. Meteorology.
- Taiz, L. and Zeiger, E., 1991. Plant physiology. The Benjamin/ Cummings Publishing Company, Inc. California., p.565.
- Tesfamariam, E. H. 2004. Modeling the soil water balance of canola Brassica napus L (Hyola70).university of pretoria (etd).1-130.
- Thurling, N. and Richards, R.A., 1978. Variation between and within species of rapeseed (*Brassica campestris* and *Brassica rapa*) in response to drought stress. Aust. J. of Agric. Res., 29: 476-487.
- Turner, N., 1976. Crop water deficits: A decade of progress. PP. 1-23 In: Advances in agronomy (ed.) by Brady, N.C. Academic Press, Inc. Orlando, Florida.
- Walton , G., Ping, s., Bowden, B. 2004. Environment hmpacct of Canola yield and oil.10th international Rapeseed congress.Canberra, Australian
- Wright, P.R. 1996. Comparative adaptation of canola (*Brassica napus*) and Indian mustard (*B. juncea*) to soil water deficit: plant water relation and growth. Field Crop Res., 49: 51- 64
- Wright, P.R., Morgan, J. M., Jessop, R. S., and Cass. A. (1995). Comparative adaptation of canola (*Brassica napus* L.) and Indian mustard (*B. juncea*) to soil water deficits, yield and yield components. Field Crops Res. 42: 11-13.

Wright, P.R., Morgan, J.M., Jessop, R.S., and Gass, A., 1995. Comparative adaptation of canola (*Brassica napus*) and Indian mustard (*B. juncea*) to soil water deficit: yield and yield components. *Field Crops Res.*, 42: 1-13.

Islamic Republic of Iran
Ministry of Energy

Company of Lorestan
(IWRMC)

Deputy of Research and Technical Affairs
(Applied Research Plan)

Final Report on:

**Management and optimum utilization of water resources
using tolerant rapeseed (*Brassica napus*) genotypes to
irrigation deficit stress at Khorramabad climatic
condition**

Organization: Lorestan University, Research Deputy

Researcher: Ahmad Ismaili

Date: ۲۰۱۱

Islamic Republic of Iran
Ministry of Energy

Company of Lorestan
(IWRMC)

Deputy of Research and Technical Affairs
(Applied Research Plan)

Final Report on:

**Management and optimum utilization of water resources
using tolerant rapeseed (*Brassica napus*) genotypes to
irrigation deficit stress at Khorramabad climatic
condition**

Organization: Lorestan University, Research Deputy

Researcher: Ahmad Ismaili
Co-Workers: Saeid Heidary, Amir Hamzeh Haghiabi, Hojat-Allah
Yonesi, Alireza Zebarjadi, Kamran Samiey

Date: ۲۰۱۱