



## به زراعی کشاورزی

دوره ۱۶ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۳

صفحه‌های ۳۸۱-۳۹۷

# بررسی اثر زئولیت بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های کلزا تحت شرایط کم‌آبی

لیلا متقی<sup>۱</sup>، ایرج اله‌دادی<sup>۲\*</sup>، امیرحسین شیرانی راد<sup>۳</sup>، غلام‌عباس اکبری<sup>۴</sup> و طاهره حسنلو<sup>۵</sup>

۱. دکتری، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران
۲. دانشیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران
۳. دانشیار پژوهش، بخش دانه‌های روغنی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، ایران
۴. دانشیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران
۵. استادیار پژوهش، بخش فیزیولوژی مولکولی، پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، کرج، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۱۲/۲۰

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۰۴/۲۴

### چکیده

تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر زئولیت بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا در شرایط کم‌آبی به صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در سال زراعی ۱۳۹۰-۹۱ در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه اصلاح و تهیه نهال بذر واقع در شهر کرج انجام گرفت. تنش کم‌آبی (از زمان شروع مجدد رشد در پایان زمستان) در سه سطح (۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی به ترتیب به عنوان عدم تنش، تنش خفیف و تنش شدید) و کاربرد زئولیت در دو سطح (صفر و ۱۰ تن در هکتار زئولیت طبیعی) به صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی و ژنوتیپ‌های کلزا (لاین 'KR4' و 'Eldo' و ارقام 'GKH305' و 'Anatol') در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. براساس نتایج، تنش رطوبتی با تأثیر منفی بر اجزای عملکرد به کاهش شدید عملکرد دانه و عملکرد روغن منجر شد. در بین اجزای عملکرد نیز تعداد دانه در خورجین بیشترین تأثیر منفی را از تنش رطوبتی دید. رقم 'GKH305' در شرایط عدم تنش و رقم 'Anatol' در دو سطح تنش رطوبتی خفیف و شدید، بیشترین عملکرد را تولید کردند. با توجه به نتایج تأثیر زئولیت، می‌توان از این ماده در شرایط کشت کلزا در تنش کم‌آبی استفاده کرد.

**کلیدواژه‌ها:** پایداری عملکرد، تعداد خورجین، روغن، شاخص برداشت، وزن هزاردانه.

## ۱. مقدمه

کلزا<sup>۱</sup> از مهم‌ترین دانه‌های روغنی در جهان است و این اهمیت به واسطه کیفیت مطلوب روغن و کنجاله آن است که پتانسیل منبع تجدیدشدنی سوخت‌های زیستی را نیز دارد [۴۲]. در ایران، کلزا گیاه به نسبت جدیدی است و در چند سال گذشته به دلیل اهمیت بسیار زیاد روغن خوراکی و کنجاله آن برای خوراک دام، سطح زیر کشت این گیاه روغنی به طور چشمگیری افزایش پیدا کرده است [۳۶]. کلزا با دارا بودن ۴۰-۴۴ درصد روغن، از مهم‌ترین دانه‌های روغنی محسوب می‌شود و پس از سویا و نخل روغنی دومین گیاه روغنی یکساله جهان است که به سبب روغن خوراکی آن کشت شده است. براساس آمار سازمان خواربار و کشاورزی جهان<sup>۲</sup> در سال ۲۰۱۱، تولید دانه کلزا در ایران و دنیا به ترتیب ۳۴۵ هزار و ۶۲/۴ میلیون تن بوده است [۲۰].

خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که به شدت رشد و عملکرد محصولات کشاورزی را کاهش می‌دهد [۱۶]، با این حال کلزا به واسطه کارایی مصرف آب زیاد و تحمل نسبی به تنش کم‌آبی، گیاه مناسبی برای کشت و کار در مناطق خشک است [۱۷]. شدت تأثیر منفی تنش خشکی بر عملکرد کلزا بسته به ژنوتیپ کشت شده، شدت، مدت، مرحله فنولوژی حادث شدن تنش و شرایط آب‌وهوایی منطقه متفاوت است [۹]. تنش خشکی با کاهش تعداد شاخه فرعی، همچنین کاهش قدرت باروری گل‌ها و کاهش فتوسنتز جاری و به دنبال آن افت دسترسی مخازن خورجین‌ها و دانه‌ها به فراورده‌های فتوسنتزی به کاهش تعداد غلاف، طول غلاف و تعداد دانه در غلاف منجر می‌شود [۳۴]. همچنین کاهش طول عمر برگ‌ها و ریزش سریع آن و کاهش طول دوره رسیدگی در کنار

کاهش درصد کلروفیل و کاهش انتقال مجدد مواد همگی به کاهش سهم هر یک از بذور از مواد فتوسنتزی منجر می‌شود و کاهش وزن هزاردانه را به دنبال دارد [۳۵]. تنش خشکی علاوه بر کمیت تولید دانه، بر کیفیت محصول دانه‌ای به ویژه درصد روغن دانه که هدف اصلی تولید کلزا است، تأثیر منفی می‌گذارد که در نهایت به کاهش شدید عملکرد روغن کلزا منجر می‌شود [۳۱].

یکی از راه‌های افزایش عملکرد در شرایط تنش، جلوگیری از هدر رفتن آب با استفاده از مواد اصلاح‌کننده خاک و به دنبال آن افزایش بازده مصرف آن است. یکی از این مواد که در مقادیر فراوان و به صورت طبیعی در ایران یافت می‌شود، زئولیت طبیعی با فرمول کلی  $\text{AlO}_2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  است. این ماده معدنی به دلیل خاصیت جذب شدید آب قادر است آب موجود در خاک را تا حد اشباع جذب و برای مدت طولانی حفظ کند و آن را به تدریج در اختیار گیاه قرار دهد [۴۰]. استفاده از زئولیت علاوه بر افزایش نفوذپذیری خاک، در بررسی اثر کاربرد مقادیر مختلف زئولیت بر اجزای عملکرد ذرت در شرایط مختلف رطوبتی خاک نشان داد که در تمامی سطوح رطوبتی خاک، بین مقدار زئولیت و کارایی مصرف آب رابطه مستقیم وجود داشت [۴]. استفاده از زئولیت به افزایش وزن صدانه، تعداد دانه در میوه و عملکرد دانه کدو پوست کاغذی منجر شد، ولی بر مقدار روغن آن تأثیر نداشت [۱۴]. سایر محققان نیز اثر مثبت زئولیت بر عملکرد گیاهان مختلف مانند آفتابگردان و برنج را گزارش کرده‌اند [۲۲، ۳۲].

هدف از پژوهش حاضر، بررسی مزیت کاربرد زئولیت طبیعی در جلوگیری یا کاهش آثار وقوع تنش خشکی در کشت پاییزه گیاه کلزا در منطقه کرج است.

1. *Brassica napus* L.

2. FAO

## ۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۰-۹۱ در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (کرج)، واقع در عرض جغرافیایی ۳۵/۵۹ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰/۷۵ درجه شرقی با ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا، متوسط بارندگی سالیانه ۲۵۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه ۱۵/۰ درجه سانتی‌گراد واقع در اقلیم نیمه‌خشک [۱۳] به صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمون‌شده عبارت بودند از:

الف) تنش رطوبتی در سه سطح شامل:  $I_1$  - عدم تنش (آبیاری پس از ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی)؛  $I_2$  - تنش متوسط (آبیاری پس از ۶۰ درصد تخلیه رطوبتی)؛ و  $I_3$  - تنش شدید (آبیاری پس از ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی)؛

ب) مقدار زئولیت: در دو سطح شامل:  $Z_1$  - عدم کاربرد زئولیت؛ و  $Z_2$  - کاربرد ۱۰ تن زئولیت در هکتار که زئولیت مورد استفاده از نوع کلینوپتیلولیت و تهیه‌شده از معادن میانه بود؛

ج) ژنوتیپ‌های کلزا: چهار ژنوتیپ کلزا که اسامی و مبدأ آنها در جدول ۱ درج شده است.

در این آزمایش، دو تیمار تنش رطوبتی و مقدار زئولیت به صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی و ژنوتیپ‌های کلزا در کرت‌های فرعی جای گرفتند.

جدول ۱. نام و مبدأ ژنوتیپ‌های بررسی‌شده در آزمایش

شماره	نام	مبدأ
۱	Anatol	آلمان
۲	Gkh305	مجارستان
۱	KR4	ایران
۲	Eldo	ایران

به منظور آماده‌سازی زمین، آبیاری قبل از کاشت انجام گرفت و پس از گاورو شدن خاک، شخم عمیق با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار انجام گرفت و به منظور خرد شدن کلوخه‌ها، تسطیح و یکنواخت شدن خاک مزرعه، ماله و دیسک زده شد. سپس به منظور آزمون خاک از دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری نمونه‌گیری انجام گرفت. براساس آزمون خاک سه کود زیر به همراه ۲/۵ لیتر در هکتار علف‌کش ترفلان به سطح خاک اضافه و با استفاده از دیسک سطحی با خاک مخلوط شدند: ۱. نیتروژن به مقدار ۱۶۱ کیلوگرم در هکتار (از منبع اوره) در سه نوبت شامل ۴۶ کیلوگرم در مرحله دو تا چهاربرگی، ۶۹ کیلوگرم در مرحله ساقه‌دهی و ۴۶ کیلوگرم در مرحله غنچه‌دهی؛ ۲. پتاسیم به مقدار ۷۸ کیلوگرم در هکتار (از منبع سولفات پتاسیم) در مرحله آماده‌سازی زمین؛ ۳. فسفر به مقدار ۶۹ کیلوگرم در هکتار (از منبع کود سوپرفسفات‌تریپل) در مرحله آماده‌سازی زمین.

پس از طراحی آزمایش و براساس نقشه طرح، در کرت‌هایی که باید زئولیت مصرف شود، مقدار زئولیت مورد نیاز براساس ۱۰ تن در هکتار محاسبه شد که باتوجه به مساحت (۱۴/۴۰ متر مربع) سهم هر واحد آزمایشی ۱۴/۴۰ کیلوگرم بود. زئولیت در سطح خاک پاشیده و تا عمق ۲۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط شد.

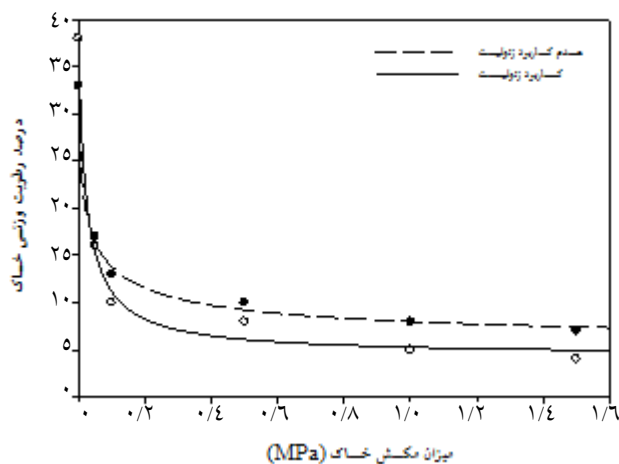
هر واحد آزمایشی شامل چهار پشته عریض با طول شش متر بود که کشت به صورت دوردیفه بر روی هر یک از پشته‌ها انجام گرفت. فاصله بین خطوط کشت ۳۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف نیز ۴ سانتی‌متر بود که در نهایت تراکم ۸۳ هزار بوته در هکتار لحاظ شد که بر این اساس مساحت هر واحد آزمایشی ۱۴/۴۰ مترمربع بود. بذور تمامی ژنوتیپ‌های با تعداد بسیار بیشتر، در عمق ۲ سانتی‌متری خاک کشت شد و در مرحله چهار تا شش‌برگی به منظور دستیابی به تراکم مورد نظر، تنک انجام گرفت.

گردید. با استفاده از نمودار، درصد رطوبت وزنی خاک در ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی محاسبه و از این طریق درصد رطوبت وزنی در هر یک از تیمارهای خشکی شامل ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی محاسبه شد.

به منظور رسم منحنی رطوبتی خاک نیز، ابتدا درصد رطوبت وزنی با استفاده از رطوبت‌سنج خاک TRIM اندازه‌گیری شد و سپس با استفاده از دستگاه صفحه فشاری، میزان مکش خاک سنجیده شد. در نهایت منحنی رطوبت خاک در شرایط کاربرد و عدم کاربرد ژئولیت رسم

جدول ۲. مشخصات خاک مزرعه محل آزمایش

عمق نمونه برداری ۳۰-۶۰ سانتی متر	عمق نمونه برداری ۰-۳۰ سانتی متر	پارامتر
۱/۲۲	۱/۴۶	هدایت الکتریکی (dS/m)
۷/۴	۷/۷	pH
۸/۷۴	۸/۶۷	درصد مواد خثنی شونده
۰/۹۹	۰/۸۹	درصد کربن آلی
۰/۰۷	۰/۰۹	درصد نیتروژن کل
۱۵/۶	۱۴/۹	فسفر قابل جذب (mg/kg)
۱۵۱	۱۹۶	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)
۳۱	۲۹	درصد رس
۴۸	۴۷	درصد سیلت
۲۱	۲۴	درصد شن
رسی-لومی	رسی-لومی	بافت خاک



شکل ۱. منحنی رطوبتی خاک مزرعه در دو تیمار مصرف و عدم مصرف ژئولیت

### ۳. نتایج و بحث

#### ۳.۱. تجزیه واریانس

نتایج جدول‌های ۳ و ۴ نشان می‌دهد که به جز اثر متقابل ژئولیت  $\times$  تنش که بر تعداد شاخه در بوته معنادار نبود، اثر تمامی تیمارها شامل تأثیرات ساده تنش، ژئولیت و ژئوتیپ، همچنین اثرهای متقابل دوگانه و سه‌گانه تیمارهای مذکور بر کلیه صفات مورد آزمون در سطح ۱ درصد معنا-دار بود (جدول‌های ۳ و ۴).

#### ۳.۲. تعداد شاخه در بوته

براساس نتایج، تنش رطوبتی به کاهش معنادار تعداد شاخه در بوته منجر شد، به طوری که تعداد شاخه در بوته در تیمار عدم استفاده از ژئولیت و در تنش خشکی خفیف و شدید نسبت به آبیاری معمولی به صورت میانگین با ۴۳ و ۷۵ درصد کاهش از ۶/۱ به ۳/۵ و ۱/۵ شاخه در بوته رسید و در شرایط کاربرد ژئولیت با ۳۶ و ۶۷ درصد کاهش از ۶/۸ به ۴/۳ و ۲/۲ شاخه در بوته رسید (جدول ۵). محققان دیگر با حذف آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه کلزا گزارش کردند که تنش خشکی قادر به کاهش معنادار تعداد شاخه در بوته است و دلیل آن را می‌توان به اختلال در فتوسنتز به واسطه کمبود آب و کاهش تولید مواد فتوسنتزی برای ارائه به بخش‌های در حال رشد و در نهایت عدم دستیابی گیاه به پتانسیل ژنتیکی از نظر تعداد شاخه در بوته نسبت داد [۱۵، ۲۷]. همچنین براساس نتایج استفاده از ژئولیت به صورت میانگین به افزایش ۲۱ درصدی تعداد شاخه انجامید که این افزایش در سطوح مختلف تنش رطوبتی متفاوت بود، به طوری که استفاده از ژئولیت در آبیاری معمولی، تنش متوسط و تنش شدید به ترتیب به افزایش تعداد شاخه در بوته به مقدار ۱۱، ۲۰ و ۳۲ درصد منجر شد (جدول ۵).

اولین آبیاری که به‌عنوان تاریخ کاشت در نظر گرفته می‌شود، دهم مهر انجام گرفت. زمان اعمال تیمار آبیاری از پایان زمستان و در مرحله شروع مجدد رشد بود. به منظور تعیین زمان آبیاری از دستگاه رطوبت سنج خاک TRIM و منحنی رطوبتی خاک استفاده شد. مقدار رطوبت خاک هر روز اندازه‌گیری و با توجه به تیمار رطوبتی هر کرت و ارتباط بین پتانسیل و درصد رطوبت خاک، زمان آبیاری تعیین شد. مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی و مبارزه با آفات نیز با استفاده از علف‌کش متاسیستوکس انجام گرفت.

در زمان رسیدگی، برای تعیین صفات تعداد شاخه و تعداد خورجین در بوته از هر کرت آزمایشی ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و صفات مورد نظر اندازه‌گیری شد. همچنین از ۱۰ بوته جداشده، ۳۰ خورجین به‌صورت تصادفی انتخاب و طول خورجین و تعداد دانه در خورجین در آنها محاسبه شد. پس از برداشت محصول از بذور برداشت‌شده، هشت نمونه صدتایی به‌صورت تصادفی انتخاب و با ضرب آن در عدد ۱۰، وزن هزاردانه برای هر کرت به‌صورت جداگانه محاسبه شد. به منظور اندازه‌گیری عملکرد دانه، برداشت از دو پشته میانی و با لحاظ یک متر از دو انتهای پشته به‌عنوان حاشیه، انجام گرفت. عملکرد دانه در رطوبت ۱۲-۱۴ درصد محاسبه شد. پس از تعیین درصد روغن با استفاده از روش سوکسله، در هر کرت آزمایشی، از حاصل‌ضرب آن در عملکرد دانه، عملکرد روغن اندازه‌گیری شد. همچنین از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد ماده خشک کل اندام هوایی، میزان شاخص برداشت نیز محاسبه شد.

در نهایت داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹) تجزیه واریانس شد و مقایسه میانگین داده‌ها نیز به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار اکسل<sup>۱</sup> رسم شد.

1. Excel

جدول ۳. تجزیه واریانس برخی صفات ارقام مختلف کلزا تحت تأثیر رژیم‌های مختلف رطوبتی و کاربرد ژنولیت

میانگین مربعات					d.f	تیمار
وزن هزاردانه	تعداد دانه در خورجین	تعداد خورجین	طول خورجین	تعداد شاخه در بوته		
۰/۰۳۴۲**	۴/۷۹۹**	۹۰/۸۸**	۰/۰۷۸**	۱/۵۰۳**	۳	تکرار
۷۶/۴۲۸۶**	۲۶۹۴/۸۹۷**	۱۲۶۳۸۴/۳۵**	۹۹/۶۰۲**	۱۶۶/۷۲۲**	۲	تنش (I)
۱۳/۳۸۰۲**	۷۱۵/۸۶۶**	۱۷۴۹۲/۴۱**	۱۲/۸۵۸**	۱۴/۴۱۴**	۱	ژنولیت (Z)
۰/۰۹۲۲**	۲۱/۷۳۵**	۳۸/۷۸**	۰/۰۹۱**	۰/۰۵۰ <sup>n.s</sup>	۲	I × Z
۰/۰۰۰۳۳	۰/۲۵۰	۴/۹۷	۰/۰۱۱	۰/۰۴۳	۱۵	خطای اصلی
۰/۰۹۰۸**	۱۳/۱۱۶**	۲۳۴/۸۱**	۰/۱۲۷**	۰/۲۲۵**	۳	ژنوتیپ (G)
۰/۰۶۰۴**	۱۲/۵۸۷**	۲۱۳/۳۸**	۰/۱۱۶**	۰/۱۰۴**	۳	I × G
۰/۰۵۶۱**	۱۳/۲۲۵**	۱۸۸/۳۸**	۰/۰۶۹**	۰/۰۹۵**	۶	Z × G
۰/۰۸۱۶**	۱۱/۱۳۸**	۱۴۳/۵۵**	۰/۲۰۷**	۰/۲۰۴**	۶	I × Z × G
۰/۰۰۱۵	۰/۰۴۳	۶/۹۹	۰/۰۱۷	۰/۰۲۰	۵۴	خطا
۱/۲۲	۱/۳۲	۲/۱۲	۳/۵۷	۳/۵۰		C.V

\*\* : معنادار در سطح ۱ درصد و n.s : عدم معناداری.

جدول ۴. تجزیه واریانس برخی صفات ژنوتیپ‌های کلزا تحت تأثیر رژیم‌های مختلف رطوبتی و کاربرد ژنولیت

میانگین مربعات				d.f	تیمار
شاخص برداشت	عملکرد روغن	عملکرد دانه	درصد روغن دانه		
۰/۰۰۳ <sup>n.s</sup>	۱۲۱۴۸/۷**	۳۵۵۱۱**	۰/۷۱۹**	۳	تکرار
۱۰۲۷/۸۰۸**	۳۳۲۶۴۶۱۳/۳**	۱۶۵۶۵۶۱۹۹**	۲۱۶/۸۸**	۱	تنش (I)
۲۱۲/۵۸۸**	۴۳۹۲۸۰۶/۱**	۲۱۱۳۸۱۷۷۵**	۳۴/۳۲۰**	۲	ژنولیت (Z)
۸/۶۳۷**	۳۱۴۲۸۳/۶**	۱۰۸۹۲۰۱**	۱/۴۳**	۲	I × Z
۰/۱۰۳	۱۶۲۱/۵	۴۳۵۳	۰/۰۲۶	۱۵	خطای اصلی
۱۵/۴۱۲**	۶۵۲۰۲/۷**	۳۴۰۹۲۱**	۰/۴۷۵**	۳	ژنوتیپ (G)
۷/۳۰۴**	۴۳۶۳۷/۲**	۱۶۵۱۴۶**	۰/۶۴۶**	۳	I × G
۵/۸۸۸**	۶۶۷۴۸/۲**	۲۹۴۳۰۰**	۰/۵۳۸**	۶	Z × G
۹/۱۲۴**	۷۳۷۰۳/۳**	۲۸۷۴۴۹**	۰/۸۴۰**	۶	I × Z × G
۰/۰۵۱	۱۲۹/۳	۲۹/۹	۰/۰۲۳	۵۴	خطا
۱/۴۲	۰/۹۵	۱/۰۸	۰/۳۷		C.V

\*\* : معنادار در سطح ۱ درصد و n.s : عدم معناداری.

بررسی اثر زئولیت بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های کلزا تحت شرایط کم‌آبی

جدول ۵. مقایسه میانگین برخی صفات ارقام مختلف کلزا تحت تأثیر متقابل تنش رطوبتی و کاربرد زئولیت

ژنوتیپ	دور آبیاری × زئولیت	تعداد شاخه در بوته	طول خورجین (cm)	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در	وزن هزاردانه (gr)
KR4	۴۰٪ × عدم زئولیت	۶/۰۷ <sup>D</sup>	۴/۹۳ <sup>G</sup>	۱۶۶/۸ <sup>F</sup>	۱۹/۴۹ <sup>H</sup>	۴/۱۵ <sup>G</sup>
	۴۰٪ × کاربرد زئولیت	۷/۱۳ <sup>A</sup>	۶/۱۵ <sup>A</sup>	۲۰۹/۸ <sup>A</sup>	۳۰/۸۱ <sup>A</sup>	۵/۱۹ <sup>A</sup>
	۶۰٪ × عدم زئولیت	۳/۶۷ <sup>G</sup>	۳/۳۵ <sup>L</sup>	۱۰۸/۴ <sup>K</sup>	۱۲/۹۱ <sup>L</sup>	۳/۰۱ <sup>L</sup>
	۶۰٪ × کاربرد زئولیت	۴/۱۳ <sup>F</sup>	۳/۷۷ <sup>J</sup>	۱۲۸/۶ <sup>I</sup>	۱۵/۱۷ <sup>K</sup>	۳/۶۰ <sup>J</sup>
	۸۰٪ × عدم زئولیت	۱/۲۳ <sup>L</sup>	۱/۵۰ <sup>S</sup>	۴۳/۱ <sup>R</sup>	۲/۸۰ <sup>S</sup>	۰/۹۸ <sup>T</sup>
	۸۰٪ × کاربرد زئولیت	۲/۴۰ <sup>I</sup>	۲/۵۷ <sup>N</sup>	۸۶/۸ <sup>M</sup>	۱۲/۰۳ <sup>M</sup>	۲/۰۲ <sup>O</sup>
GKH 305	۴۰٪ × عدم زئولیت	۶/۱۷ <sup>D</sup>	۵/۳۲ <sup>D</sup>	۱۸۶/۳ <sup>D</sup>	۲۴/۴۰ <sup>E</sup>	۴/۴۲ <sup>B</sup>
	۴۰٪ × کاربرد زئولیت	۶/۹۰ <sup>B</sup>	۵/۸۲ <sup>B</sup>	۲۰۱/۸ <sup>B</sup>	۳۰/۲۶ <sup>B</sup>	۴/۹۴ <sup>E</sup>
	۶۰٪ × عدم زئولیت	۳/۴۳ <sup>G</sup>	۳/۱۲ <sup>LM</sup>	۱۰۶/۹ <sup>KL</sup>	۱۲/۶۴ <sup>L</sup>	۲/۹۱ <sup>M</sup>
	۶۰٪ × کاربرد زئولیت	۴/۵۳ <sup>E</sup>	۴/۰۰ <sup>I</sup>	۱۳۴/۱ <sup>H</sup>	۱۶/۷۶ <sup>I</sup>	۳/۷۲ <sup>I</sup>
	۸۰٪ × عدم زئولیت	۱/۶۳ <sup>JK</sup>	۱/۷۰ <sup>R</sup>	۴۷/۹ <sup>Q</sup>	۳/۸۵ <sup>R</sup>	۱/۱۰ <sup>R</sup>
	۸۰٪ × کاربرد زئولیت	۲/۲۰ <sup>I</sup>	۲/۰۳ <sup>P</sup>	۷۰/۷ <sup>O</sup>	۸/۱۷ <sup>P</sup>	۱/۹۲ <sup>P</sup>
Anatol	۴۰٪ × عدم زئولیت	۶/۱۳ <sup>D</sup>	۴/۹۷ <sup>F</sup>	۱۷۳/۵ <sup>E</sup>	۲۱/۱۷ <sup>G</sup>	۴/۲۷ <sup>F</sup>
	۴۰٪ × کاربرد زئولیت	۶/۶۰ <sup>C</sup>	۵/۹۰ <sup>B</sup>	۱۹۹/۳ <sup>BC</sup>	۲۸/۱۷ <sup>C</sup>	۴/۸۱ <sup>C</sup>
	۶۰٪ × عدم زئولیت	۳/۵۷ <sup>G</sup>	۳/۳۷ <sup>K</sup>	۱۱۹/۵ <sup>J</sup>	۱۴/۹۲ <sup>K</sup>	۳/۱۲ <sup>K</sup>
	۶۰٪ × کاربرد زئولیت	۴/۵۰ <sup>E</sup>	۴/۰۸ <sup>H</sup>	۱۴۵/۱ <sup>G</sup>	۱۹/۱۴ <sup>H</sup>	۳/۸۶ <sup>H</sup>
	۸۰٪ × عدم زئولیت	۱/۸۳ <sup>J</sup>	۱/۸۷ <sup>Q</sup>	۵۶/۳ <sup>P</sup>	۶/۰۲ <sup>Q</sup>	۱/۲۹ <sup>Q</sup>
	۸۰٪ × کاربرد زئولیت	۲/۲۰ <sup>I</sup>	۲/۲۷ <sup>O</sup>	۸۰/۳ <sup>N</sup>	۹/۸۶ <sup>N</sup>	۱/۹۶ <sup>P</sup>
Eldo	۴۰٪ × عدم زئولیت	۵/۹۷ <sup>D</sup>	۵/۰۸ <sup>E</sup>	۱۷۶/۱ <sup>E</sup>	۲۲/۱۲ <sup>P</sup>	۴/۳۱ <sup>F</sup>
	۴۰٪ × کاربرد زئولیت	۶/۶۳ <sup>C</sup>	۵/۷۷ <sup>C</sup>	۱۹۶/۳ <sup>C</sup>	۲۵/۶۹ <sup>D</sup>	۴/۷۵ <sup>D</sup>
	۶۰٪ × عدم زئولیت	۳/۲۰ <sup>H</sup>	۲/۹۲ <sup>M</sup>	۱۰۴/۱ <sup>L</sup>	۱۱/۹۷ <sup>M</sup>	۲/۷۵ <sup>N</sup>
	۶۰٪ × کاربرد زئولیت	۴/۱۷ <sup>F</sup>	۳/۸۷ <sup>L</sup>	۱۳۲/۶ <sup>H</sup>	۱۶/۱۱ <sup>J</sup>	۳/۶۴ <sup>J</sup>
	۸۰٪ × عدم زئولیت	۱/۴۳ <sup>KL</sup>	۱/۵۷ <sup>R</sup>	۴۶/۲ <sup>QR</sup>	۳/۶۴ <sup>R</sup>	۱/۰۵ <sup>S</sup>
	۸۰٪ × کاربرد زئولیت	۲/۲۳ <sup>I</sup>	۲/۲۵ <sup>P</sup>	۷۳/۷ <sup>O</sup>	۹/۳۰ <sup>O</sup>	۱/۹۱ <sup>P</sup>

در هر ستون، تیمارهایی که حداقل در یک حرف مشترک‌اند، از نظر آماری و براساس روش دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنادار ندارند.

در بین ژنوتیپ‌های نیز در شرایط آبیاری معمولی، دو ژنوتیپ 'KR4' و 'GKH 305' (به ترتیب با ۶/۶ و ۶/۵ شاخه در بوته) و در شرایط تنش متوسط و شدید رقم 'Anatol' (به ترتیب با ۴/۰ و ۲/۰ شاخه در بوته) بیشترین تعداد شاخه در بوته را داشتند (جدول ۵). همچنین بیشترین تأثیر مثبت زئولیت بر تعداد شاخه در بوته در

شرایط آبیاری معمولی و تنش شدید در لاین 'KR4' و در تنش متوسط در رقم 'GKH305' دیده شد که در آنها زئولیت به ترتیب به افزایش ۱۸، ۹۵ و ۳۲ درصدی تعداد شاخه در بوته منجر شد (جدول ۵). در تحقیق دیگر نیز، اثر مثبت زئولیت بر خصوصیات رویشی مانند ارتفاع بوته، تعداد میانگره و تعداد برگ گیاه بادرشبی گزارش شد که دلیل آن را می توان در افزایش حفظ رطوبت خاک توسط زئولیت و کاهش اثرهای تنش رطوبتی جست و جو کرد [۱۲].

زئوتیپ‌های نیز در شرایط آبیاری معمولی، دو زئوتیپ 'KR4' و 'GKH305' (به ترتیب با ۵/۵۷ و ۵/۵۴ سانتی‌متر) و در شرایط تنش متوسط و شدید زئوتیپ 'Anatol' (به ترتیب با ۳/۷۲ و ۲/۰۷ سانتی‌متر) بالاترین طول خورجین را داشتند (جدول ۵). تأثیر مثبت زئولیت بر طول خورجین در مورد زئوتیپ‌های مختلف متفاوت بود که بیشترین تأثیر مثبت استفاده از زئولیت در شرایط آبیاری معمولی و تنش شدید رطوبتی، در لاین 'KR4' و در شرایط تنش متوسط در لاین 'Eldo' دیده شد (جدول ۵). زئوتیپ‌هایی که خورجین بلندتر و درشت‌تر دارند نسبت به زئوتیپ‌هایی که خورجین ریزتر و زیادتر تولید می‌کنند، برتری دارند. این محققان این صفت را قابل توارث دانستند که به عوامل ژنتیکی بستگی دارد، با این حال تحت تأثیر شرایط محیطی نیز قرار می‌گیرد [۷].

### ۳.۴. اجزای عملکرد (تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزاردانه)

نتایج نشان می‌دهد که در مورد تمامی زئوتیپ‌های مورد آزمایش، تنش به کاهش معنادار طول خورجین انجامید، به طوری که در شرایط عدم استفاده از زئولیت، تنش خشکی متوسط و شدید به ترتیب به کاهش ۳۷ و ۶۷ درصدی این صفت نسبت به آبیاری معمولی منجر شد و در شرایط استفاده از زئولیت نیز تنش متوسط و شدید به ترتیب کاهش ۳۳ و ۶۱ درصدی طول خورجین را در پی داشت که با نتایج سایر محققان [۳، ۱۵] مطابقت دارد (جدول ۵). با توجه به نقش چشمگیر خورجین‌ها در فتوسنتز و اختصاص مواد فتوسنتزی در زمان پر شدن دانه‌ها [۹] افزایش طول خورجین می‌تواند نقش مهمی در افزایش وزن هزاردانه و به دنبال آن عملکرد دانه داشته باشد [۱۵].

استفاده از زئولیت نیز در مورد تمامی زئوتیپ‌های مورد آزمایش تأثیر مثبت و معنادار بر طول خورجین داشت که بر این اساس استفاده از زئولیت به طور متوسط به افزایش ۲۲ درصدی طول خورجین منجر شد (جدول ۵) که این اثر افزایشی در رابطه با تیمارهای مختلف رطوبتی متفاوت بود، به طوری که در آبیاری معمولی، تنش متوسط و تنش شدید استفاده از زئولیت به ترتیب به افزایش طول خورجین به مقدار ۱۶، ۲۳ و ۳۷ درصد منجر شد (جدول ۵). در بین

تعداد خورجین در بوته در تیمار عدم استفاده از زئولیت از ۱۷۵ خورجین در شرایط عدم تنش، با کاهش ۳۸ و ۷۲ درصدی، به ترتیب در شرایط تنش متوسط و شدید به ۱۱۰ و ۴۸ خورجین در بوته رسید و در تیمار استفاده از زئولیت نیز تعداد خورجین در بوته از ۲۰۲ خورجین در شرایط عدم تنش به ۱۳۵ و ۷۸ بوته در خورجین به ترتیب در شرایط تنش متوسط و شدید رسید که کاهش ۳۳ و ۶۱ درصدی را نشان می‌دهد (جدول ۵).



مطابقت دارد [۲۳، ۲۶]. وزن دانه تابع سرعت و طول دوره پر شدن دانه است که از دو منبع فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای در گیاه تأمین می‌شود [۸] و در شرایط تنش خشکی، به دلیل کاهش جذب آب و املاح علاوه بر کاهش فتوسنتز برگ، انتقال مجدد مواد فتوسنتزی نیز دچار نقصان می‌شود و از طرف دیگر، مدت زمان پر شدن دانه به دلیل پیری زودرس برگ‌ها کاهش می‌یابد که تمامی این عوامل به کاهش وزن هزاردانه می‌انجامد [۴۵]. کاربرد ژئولیت به افزایش اجزای عملکرد در هر سه سطح تنش رطوبتی منجر شد، با این حال بیشترین کارایی استفاده از ژئولیت در افزایش هر سه جزء عملکرد، در شرایط تنش رطوبتی شدید دیده شد. براساس نتایج با استفاده از ژئولیت در سطوح عدم تنش، تنش متوسط و تنش شدید رطوبتی به ترتیب افزایش ۱۳، ۱۹ و ۳۸ درصدی تعداد خورجین، افزایش ۲۴، ۲۲ و ۲۹ درصدی تعداد دانه در خورجین و ۱۳، ۲۰ و ۴۳ درصدی وزن هزاردانه مشاهده شد (جدول‌های ۴ و ۵). محققان دیگر نیز تأثیر مثبت ژئولیت را بر اجزای عملکرد گیاه کلزا [۴۵] و کدوی پوست کاغذی [۱] که در شرایط تنش خشکی قرار گرفته‌اند تأیید می‌کنند. یکی از خصوصیات ژئولیت توان آب‌گیری و پسابدگی است که سبب می‌شود مانند تنظیم‌کننده آب عمل کند و با استفاده از همین خصوصیت ژئولیت می‌توان از آن در شرایط کمبود آب استفاده کرد [۲۴]. اثر مثبت و معنادار ژئولیت بر اجزای عملکرد در تیمار عدم تنش را نیز می‌توان به جذب انتخابی و آزادسازی کنترل‌شده عناصر غذایی توسط ژئولیت نسبت داد که موجب می‌شود در کنار افزایش فراهمی طولانی‌مدت آب، از شسته شدن عناصر غذایی از خاک جلوگیری کند و عناصر مورد نیاز گیاه را در طول فصل در اختیار گیاه قرار دهد [۲۲، ۳۹].

نتایج حاکی است که در شرایط عدم تنش

تعداد دانه در خورجین نیز در اثر تنش رطوبتی متوسط و شدید نسبت به شاهد به ترتیب ۴۰ و ۸۱ درصد کاهش در شرایط عدم کاربرد ژئولیت نشان داد که سبب افت متوسط تعداد دانه در خورجین از ۲۲ در تیمار شاهد به ۱۳ و چهاردانه در خورجین در تنش‌های متوسط و شدید شد. در شرایط کاربرد ژئولیت نیز تعداد دانه در خورجین از ۲۹ دانه در تیمار شاهد با کاهش ۴۲ و ۶۶ درصدی در تنش متوسط و شدید به ترتیب به ۱۷ و ۱۰ دانه در خورجین رسید (جدول ۵). وزن هزاردانه در تیمار شاهد و در صورت عدم کاربرد ژئولیت ۴/۳ گرم و در صورت کاربرد ژئولیت ۴/۹ گرم بود. همچنین وزن هزاردانه در شرایط عدم کاربرد ژئولیت، در تنش متوسط و شدید به ترتیب به ۲/۹ و ۱/۱ گرم و در شرایط کاربرد ژئولیت، در شرایط تنش متوسط و شدید به ترتیب به ۳/۷ و ۲/۰ گرم رسید (جدول ۵). در بررسی‌های دیگر نیز اعمال تنش رطوبتی کاهش معنادار تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزاردانه شد [۳۸]. برخی محققان افزایش درجه حرارت کنوپی و کاهش سطح برگ در اثر تنش خشکی را عاملی تأثیرگذار در بروز اثرهای منفی تنش رطوبتی بر اجزای عملکرد دانستند [۴۶]. تشکیل و رشد غلاف به تداوم فراهمی مواد وابسته است و هر گونه عاملی (نظیر تنش خشکی) فراهمی مواد مذکور را کاهش دهد به کاهش عملکرد از طریق افزایش سقط گلچه، بذر و خورجین منجر می‌شود [۱۹]. محققان بیان کردند که در مرحله گلدهی و مراحل اولیه رشد غلاف که زمان تعیین تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف است، وجود میزان رطوبت کافی در خاک به طولانی شدن دوره گلدهی و افزایش این دو جزء عملکرد منجر می‌شود [۲، ۴۵] که دلیل این موضوع می‌تواند وجود سطح برگ بیشتر در دوره گلدهی و عرضه مطلوب مواد فتوسنتزی باشد [۱۱]. اثر منفی تنش رطوبتی بر وزن هزاردانه با نتایج سایر محققان

برخی گزارش‌ها، درصد روغن دانه را تابعی از دو عامل ژنتیک و عوامل محیطی از جمله درجه حرارت و میزان رطوبت خاک در مرحله پر شدن دانه دانسته‌اند [۲۵، ۲۹، ۳۱، ۴۱]. حال آنکه بعضی محققان درصد روغن دانه را صرفاً تحت تأثیر عوامل ژنتیکی برشمرده‌اند که به طور معمول تحت تأثیر شرایط محیطی قرار نمی‌گیرد [۶، ۲۷، ۳۳].

استفاده از ژنولیت تأثیر افزایشی چندانی بر درصد روغن دانه نداشت و درحالی‌که در تیمار عدم کاربرد ژنولیت درصد روغن دانه در شرایط عدم تنش ۴۳/۲ درصد، تنش متوسط ۴۰/۹ درصد و تنش شدید ۳۸/۱ درصد بود، با استفاده از ژنولیت درصد روغن دانه به ترتیب به ۴۴/۲، ۴۲/۶ و ۳۹ درصد افزایش یافت (جدول ۶). دلیل تأثیر مثبت ژنولیت بر درصد روغن دانه را می‌توان در اثر مثبت ژنولیت بر افزایش فراهمی رطوبت و عناصر غذایی جست‌وجو کرد که با نتایج سایر تحقیقات مطابقت دارد [۶، ۲۲، ۴۹]. در این آزمایش در شرایط عدم تنش بیشترین درصد روغن در لاین 'KR4' و رقم 'GKH305' (۴۴ درصد) دیده شد و در شرایط تنش خشکی متوسط و شدید رقم 'Anatol' به ترتیب با ۴۴/۲ و ۳۸/۷ درصد، بیشترین درصد روغن را در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش تولید کرد (جدول ۶). اثر مثبت ژنولیت بر درصد روغن دانه بسته به ژنوتیپ و تنش رطوبتی متفاوت بود و بیشترین تأثیر افزایشی ژنولیت بر این صفت در شرایط عدم تنش و تنش شدید به لاین 'KR4' (به ترتیب با افزایش ۵/۸ و ۱/۰ درصد) و در شرایط تنش متوسط به لاین 'Eldo' (افزایش ۴/۹ درصد) تعلق داشت (جدول ۶).

### ۳.۶. شاخص برداشت

شاخص برداشت هر چهار ژنوتیپ آزمایش شده نیز تحت تأثیر تنش رطوبتی به صورت معناداری کاهش یافت که این

ژنوتیپ 'GKH305' با ۱۹۴ خورجین در بوته و ۲۷ دانه در خورجین و در شرایط تنش متوسط و شدید رقم 'Anatol' به ترتیب با ۱۳۲ و ۶۸ خورجین در بوته و ۱۷ و ۸ دانه در خورجین از نظر این دو صفت بالاتر از بقیه ژنوتیپ‌ها قرار گرفتند (جدول ۵). در مورد وزن هزاردانه نیز در شرایط عدم تنش رقم 'GKH305' و لاین 'KR4' با ۴/۷ گرم و در شرایط تنش رطوبتی متوسط و شدید رقم 'Anatol' به ترتیب با ۳/۵ و ۱/۶ گرم، به ترتیب بیشترین وزن هزاردانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). با اینکه تأثیر ژنولیت در تمامی ژنوتیپ‌های مورد استفاده به افزایش هر سه جزء عملکرد منجر شد، این تأثیر بر هر یک از ژنوتیپ‌ها متفاوت بود. در شرایط عدم تنش و تنش رطوبتی شدید، بیشترین کارایی استفاده از ژنولیت در لاین 'KR4' و در شرایط تنش متوسط رطوبتی در لاین 'Eldo' دیده شد. بر این اساس با استفاده از ژنولیت تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزاردانه در لاین 'KR4' و در شرایط عدم تنش به ترتیب ۲۵، ۵۸ و ۲۵ و در شرایط تنش شدید ۱۰۱، ۳۲۰ و ۱۰۵ درصد افزایش یافت و در تنش متوسط، اجزای عملکرد لاین 'Eldo' به ترتیب افزایشی ۲۷، ۳۲ و ۳۴ درصدی را نشان داد (جدول ۵).

### ۳.۵. درصد روغن

درصد روغن دانه نیز تحت تأثیر افزایش محدودیت آب روند منفی و معنادار نشان داد و در صورت عدم کاربرد ژنولیت از ۴۳/۲ درصد در تیمار عدم تنش به ۴۰/۹ و ۳۸/۱ درصد در تنش متوسط و شدید، و در صورت کاربرد ژنولیت از ۴۴/۲ در تیمار عدم تنش به ترتیب به ۴۲/۶ و ۳۹ درصد در تنش متوسط و شدید رسید. این نتایج نشان داد این صفت نسبت به سایر صفات تأثیر کمتری از تنش خشکی می‌بیند (جدول ۶). سایر محققان نتایج متفاوتی از اثر تنش رطوبتی بر درصد روغن کلزا گزارش کردند. در

بررسی اثر زئولیت بر عملکرد و اجزای عملکرد ژئوتیپ‌های کلزا تحت شرایط کم‌آبی

میزان کاهش در مورد تنش متوسط و تنش شدید نسبت به عدم تنش رطوبتی به ترتیب ۴۰/۰ و ۵۱/۱ درصد کاهش در شرایط عدم کاربرد زئولیت و ۳۰/۳ و ۴۸/۴ درصد کاهش در شرایط کاربرد زئولیت نشان داد (جدول ۶).

جدول ۶. مقایسه میانگین برخی صفات ارقام مختلف کلزا تحت تأثیر متقابل تنش رطوبتی و کاربرد زئولیت

ژئوتیپ	تنش کم‌آبی × زئولیت	مقدار روغن دانه (%)	شاخص برداشت (%)
KR4	۴۰٪ × عدم زئولیت	۴۲/۷۵ <sup>G</sup>	۱۹/۴۳ <sup>F</sup>
	۴۰٪ × کاربرد زئولیت	۴۵/۲۱ <sup>A</sup>	۲۴/۷۷ <sup>A</sup>
	۶۰٪ × عدم زئولیت	۴۰/۹۳ <sup>K</sup>	۱۲/۴۰ <sup>L</sup>
	۶۰٪ × کاربرد زئولیت	۴۲/۲۱ <sup>I</sup>	۱۴/۶۴ <sup>J</sup>
	۸۰٪ × عدم زئولیت	۳۷/۹۷ <sup>P</sup>	۸/۰۲ <sup>R</sup>
	۸۰٪ × کاربرد زئولیت	۳۹/۲۹ <sup>M</sup>	۱۳/۲۶ <sup>K</sup>
GKH 305	۴۰٪ × عدم زئولیت	۴۳/۶۱ <sup>D</sup>	۲۱/۸۹ <sup>D</sup>
	۴۰٪ × کاربرد زئولیت	۴۴/۳۲ <sup>B</sup>	۲۳/۶۶ <sup>B</sup>
	۶۰٪ × عدم زئولیت	۳۸/۰۷ <sup>K</sup>	۱۲/۰۸ <sup>LM</sup>
	۶۰٪ × کاربرد زئولیت	۳۸/۸۳ <sup>H</sup>	۱۶/۴۶ <sup>H</sup>
	۸۰٪ × عدم زئولیت	۴۰/۹۱ <sup>P</sup>	۹/۷۳ <sup>P</sup>
	۸۰٪ × کاربرد زئولیت	۴۲/۴۶ <sup>N</sup>	۱۱/۴۵ <sup>N</sup>
Anato1	۴۰٪ × عدم زئولیت	۴۳/۱۳ <sup>F</sup>	۲۰/۸۱ <sup>E</sup>
	۴۰٪ × کاربرد زئولیت	۴۳/۹۸ <sup>C</sup>	۲۳/۱۰ <sup>C</sup>
	۶۰٪ × عدم زئولیت	۴۱/۳۱ <sup>J</sup>	۱۴/۳۱ <sup>J</sup>
	۶۰٪ × کاربرد زئولیت	۴۳/۱۴ <sup>F</sup>	۱۸/۷۴ <sup>G</sup>
	۸۰٪ × عدم زئولیت	۳۸/۴۶ <sup>O</sup>	۱۳/۵۸ <sup>K</sup>
	۸۰٪ × کاربرد زئولیت	۳۸/۹۸ <sup>N</sup>	۱۱/۸۶ <sup>M</sup>
Eldo	۴۰٪ × عدم زئولیت	۴۳/۳۱ <sup>EF</sup>	۲۰/۹۳ <sup>E</sup>
	۴۰٪ × کاربرد زئولیت	۴۳/۵۲ <sup>DE</sup>	۲۲/۹۴ <sup>C</sup>
	۶۰٪ × عدم زئولیت	۴۰/۵۹ <sup>L</sup>	۱۰/۶۹ <sup>O</sup>
	۶۰٪ × کاربرد زئولیت	۴۲/۶۱ <sup>GH</sup>	۱۵/۹۴ <sup>I</sup>
	۸۰٪ × عدم زئولیت	۳۸/۰۶ <sup>P</sup>	۹/۳۱ <sup>Q</sup>
	۸۰٪ × کاربرد زئولیت	۳۸/۹۰ <sup>N</sup>	۱۲/۰۹ <sup>LM</sup>

در هر ستون، تیمارهایی که حداقل در یک حرف مشترک‌اند، از نظر آماری و براساس روش دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنادار ندارند.

استفاده از ژئولیت، در تنش متوسط و شدید رطوبتی به ترتیب ۱۶۵۰/۹ و ۵۵۷/۰ کیلوگرم در هکتار بود که نسبت به شاهد (۴۶۴۲ کیلوگرم در هکتار) ۶۴/۴ و ۸۸/۰ درصد کاهش نشان داد (شکل ۲). همچنین در شرایط کاربرد ژئولیت، تنش متوسط (۲۷۰۴/۶ کیلوگرم در هکتار) و تنش شدید (۱۰۸۲/۷ کیلوگرم در هکتار) سبب کاهش ۵۴/۰ و ۸۱/۶ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار عدم تنش (۵۸۷۸/۲ کیلوگرم در هکتار) شدند (شکل ۲). در صورت عدم کاربرد ژئولیت نیز، عملکرد روغن در تنش متوسط و شدید رطوبتی نسبت به عدم تنش به ترتیب با ۶۶/۴ و ۸۹/۴ درصد افت، از ۲۰۰۶/۳ در تیمار عدم تنش به ترتیب به ۶۷۶/۴ و ۲۱۲/۴ در تنش های متوسط و شدید رطوبتی رسید (شکل ۳). در شرایط کاربرد ژئولیت نیز تنش رطوبتی متوسط و شدید به ترتیب با تولید ۱۱۵۳/۳ و ۴۲۲/۴ کیلوگرم روغن در هکتار نسبت به عدم تنش با ۲۶۰۳/۲ کیلوگرم روغن در هکتار، کاهش ۵۵/۷ و ۸۳/۸ درصدی عملکرد روغن را در پی داشتند (شکل ۳). بسیاری از محققان، کاهش عملکرد کلزا در شرایط کمبود آب را گزارش کرده اند [۵، ۱۱، ۱۸، ۲۱، ۲۷، ۴۵]. تنش کم آبی با کاهش سطح برگ، پیری زودرس برگ، کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دلیل افت پتانسیل فشاری و کوتاه شدن دوره رشد زایشی برای گیاه محدودیت منبع ایجاد می کند و در طرف مقابل، با افزایش سقط جنین در زمان گلدهی، کاهش تعداد بذر و کاهش تعداد و اندازه غلاف ایجاد محدودیت مخزن می کند و در مجموع با کاهش اجزای عملکرد، از عملکرد نهایی می کاهد [۱۵، ۱۹، ۳۰، ۴۷].

نتایج نشان می دهد که اثر ژئولیت بر عملکرد دانه و روغن مثبت و معنادار بود و با افزایش محدودیت رطوبت بر کارایی ژئولیت افزوده شد، به طوری که در اثر استفاده از ژئولیت در تیمارهای عدم تنش، تنش متوسط و تنش شدید

با توجه به اینکه در گیاه کلزا مرحله گلدهی نسبت به سایر مراحل رشدی بیشتر تحت تأثیر قرار می گیرد، عملکرد دانه نیز نسبت به عملکرد رویشی آسیب بیشتری می بیند و به دنبال آن شاخص برداشت کاهش می یابد [۲۸]. هر عاملی که بتواند از شدت تنش بکاهد، قادر به افزایش انتقال بیشتر مواد ذخیره شده در برگ ها و ساقه است و طول دوره زایشی را افزایش می دهد که تمامی این عوامل سبب افزایش سهم عملکرد دانه از وزن کل بوته شده و در نهایت به افزایش شاخص برداشت منجر می شود. همچنین در این آزمایش، ژئولیت به عنوان اصلاح کننده خاک سبب افزایش شاخص برداشت در تمامی سطوح تنش رطوبتی شد که براساس نتایج، افزایش شاخص برداشت در اثر استفاده از ژئولیت نسبت به عدم مصرف ژئولیت در تیمارهای عدم تنش، تنش خفیف و تنش شدید به ترتیب ۱۳/۷، ۳۲/۹ و ۱۹/۸ درصد بود که این نتایج از طریق آزمایش های انجام گرفته توسط سایر محققان نیز تأیید می شود [۶]. همچنین در شرایط عدم تنش، رقم 'GKH' و در شرایط تنش متوسط و خشکی، رقم 'Anatol' بالاترین شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند (جدول ۶). از طرف دیگر، میزان تأثیر مثبت ژئولیت بر شاخص برداشت ژنوتیپ های مختلف متفاوت بود، به طوری که در تیمار عدم تنش رقم 'GKH305'، در تیمار تنش متوسط لاین 'KR4' و در تیمار تنش شدید رقم 'Anatol' حائز بیشترین تأثیرپذیری از ژئولیت بودند (جدول ۶).

### ۳.۷. عملکرد دانه و عملکرد روغن

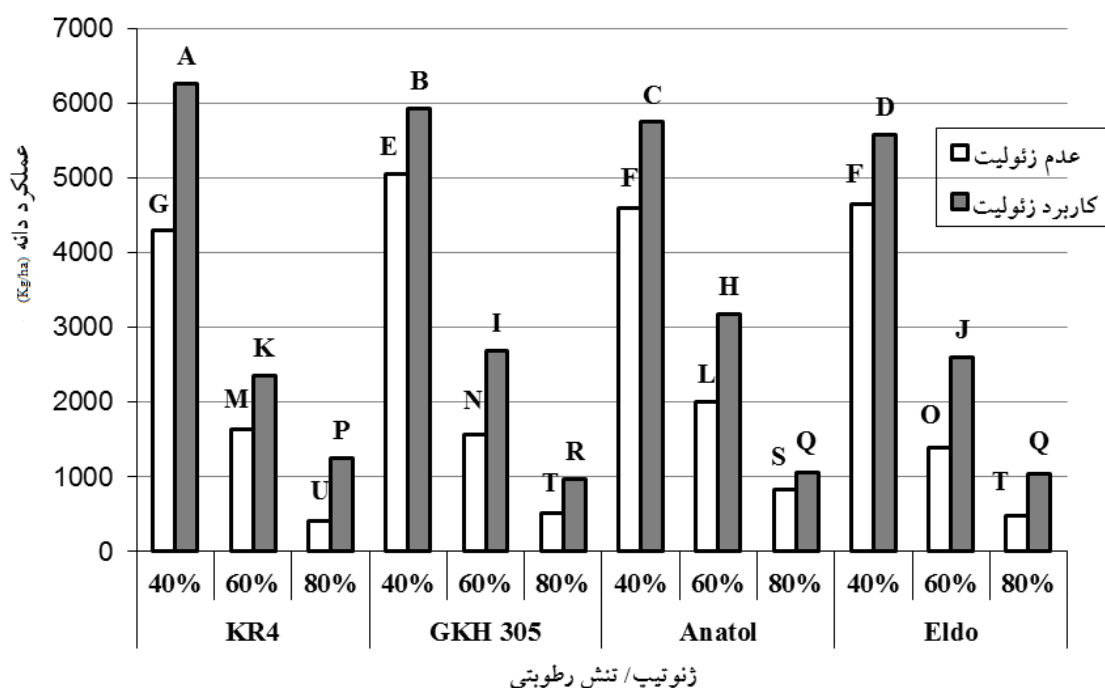
عملکرد دانه تابعی از سه جزء عملکرد است که با توجه به تأثیر منفی تنش رطوبتی بر هر سه جزء عملکرد، عملکرد دانه با شدت بیشتری تحت تأثیر این تنش قرار گرفت. براساس نتایج، متوسط عملکرد دانه کلزا در شرایط عدم

## بررسی اثر ژنولیت بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های کلزا تحت شرایط کم‌آبی

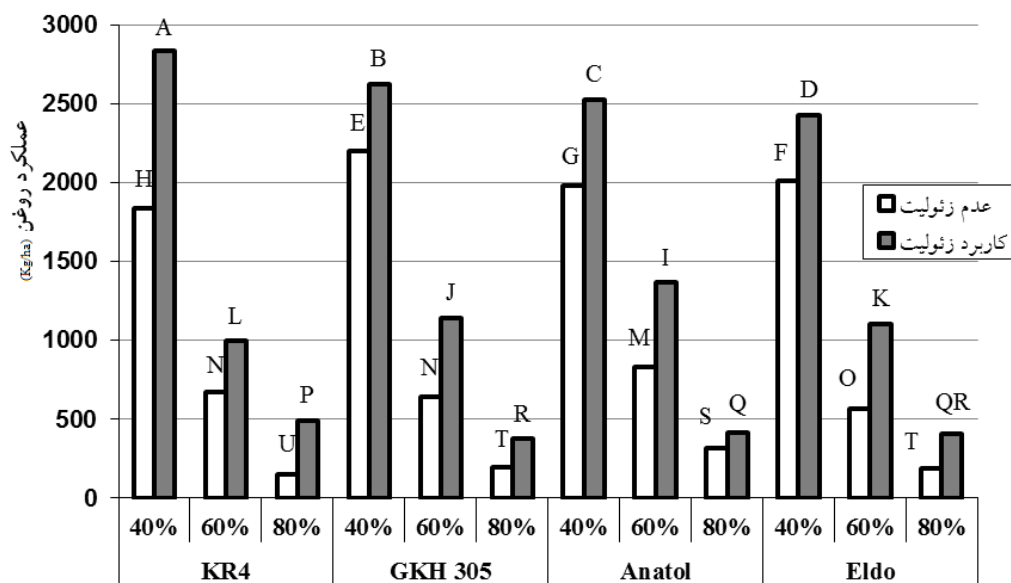
را به خود اختصاص داد (شکل‌های ۲ و ۳). نتایج نشان داد که در بین ژنوتیپ‌های آزمایش شده در شرایط عدم تنش و تنش رطوبتی شدید، بیشترین کارایی استفاده از ژنولیت در لاین 'KR4' و در شرایط تنش متوسط رطوبتی در لاین 'Eldo' حاصل شد. همچنین براساس نتایج، رقم 'Anatol' بیشترین پایداری عملکرد را در هر دو تیمار کاربرد و عدم کاربرد ژنولیت نشان داد و در طرف مقابل لاین‌های 'Eldo' و 'KR4' به ترتیب در تیمارهای عدم کاربرد و کاربرد ژنولیت کمترین پایداری عملکرد در برابر تنش رطوبتی را داشتند (شکل‌های ۲ و ۳). سایر محققان نیز گزارش کردند که شدت واکنش ژنوتیپ‌های مختلف کلزا در مواجهه با تنش رطوبتی متفاوت است [۳۷].

رطوبتی، عملکرد دانه به ترتیب ۲۶/۶، ۶۳/۸ و ۹۴/۴ درصد، و عملکرد روغن ۲۹/۷، ۷۰/۵ و ۹۸/۶ درصد افزایش یافت (شکل‌های ۲ و ۳). تأثیر مثبت ژنولیت بر رطوبت خاک و نگهداری مواد غذایی را می‌توان مهم‌ترین عامل تأثیر معنادار ژنولیت بر عملکرد قلمداد کرد که با نتایج سایر محققان در مورد محصولات زراعی مختلف مطابقت دارد [۱، ۶، ۷، ۱۴، ۲۲، ۴۹].

در بین ژنوتیپ‌های آزمایش شده، رقم 'GKH305' دارای بیشترین عملکرد دانه (۵۴۸۸ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد روغن (۲۴۱۴ کیلوگرم در هکتار) در شرایط عدم تنش بود و در شرایط تنش متوسط و شدید، رقم 'Anatol' بیشترین عملکرد دانه (به ترتیب ۲۵۹۱ و ۹۴۴ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد روغن (۱۰۹۹ و ۳۶۶ کیلوگرم در هکتار)



شکل ۲. اثر متقابل مصرف ژنولیت، میزان آبیاری و ژنوتیپ کلزا بر عملکرد دانه



ژنوتیپ/ تنش رطوبتی

شکل ۳. اثر متقابل مصرف زئولیت، میزان آبیاری و ژنوتیپ کلزا بر عملکرد روغن دانه

### منابع

- اسکندری زنجانی ک، شیرانی راد ا ح، نعیمی م، مرادی اقدم و طاهرخانی ت (۱۳۹۰) بررسی تأثیر کاربرد زئولیت و سلنیم بر صفات فیزیولوژیک و زراعی گیاه دارویی کدو پوست کاغذی در رژیم‌های مختلف رطوبتی. تولید گیاهان زراعی در شرایط تنش محیطی. ۳ (۱): ۷۱-۸۵.
- آیاری ه، شکاری ف و شکاری ف (۱۳۷۹) دانه‌های روغنی، زراعت و فیزیولوژی. انتشارات عمیدی تبریز. ۱۸۶ صفحه.
- حسن‌زاده م، نادری درباغشاهی م ر و شیرانی راد ا ح (۱۳۸۴) ارزیابی اثرات تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام پرمحصول کلزای پاییزه در منطقه اصفهان. پژوهش در کشاورزی. ۱: ۵۱-۶۲.
- خاشعی سیوکی ع، کوچک‌زاده م و شهابی فر م (۱۳۸۷) تأثیر کاربرد زئولیت طبیعی کلینوپتیلولایت و

نتایج کلی تحقیق حاضر نشان داد که کاربرد زئولیت به مقدار ۱۰ تن در هکتار سبب بهبود شرایط رشد گیاه و افزایش عملکرد تمامی ژنوتیپ‌های آزمایش‌شده کلزا شد. همچنین استفاده از زئولیت گذشته از اینکه در شرایط عدم تنش به افزایش اجزای عملکرد و به دنبال آن عملکرد دانه و روغن کلزا منجر شد، کاهش افت این صفات و در نهایت پایداری عملکرد دانه و روغن را در اثر تنش رطوبتی در پی داشت. با توجه به اینکه کارایی زئولیت با افزایش تنش رطوبتی رابطه مستقیم داشت، توصیه می‌شود ضمن استفاده از این اصلاح‌کننده در شرایط محیطی مختلف، از زئولیت برای افزایش عملکرد در مناطقی که گیاه کلزا بخشی از مراحل زندگی خود یا کل آن را در شرایط تنش خشکی می‌گذراند، استفاده شود. در بین ژنوتیپ‌های آزمایش‌شده نیز با توجه به اینکه رقم 'Anatol' ثبات بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشت، توصیه می‌شود به‌عنوان ژنوتیپ مقاوم به تنش خشکی، مطالعات تکمیلی در سال‌های بیشتر و مناطق مختلف در زمینه آن صورت گیرد.

بررسی اثر زئولیت بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های کلزا تحت شرایط کم‌آبی

- رطوبت خاک بر اجزای عملکرد ذرت. پژوهش‌های خاک. ۲۲(۲): ۲۳۵-۲۴۱.
۵. دانشمند ع ر، شیرانی راد اح، نورمحمدی ق، زارعی ق و دانشیان ج (۱۳۸۷) تأثیر تنش کمبود آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات فیزیولوژیک دو رقم کلزا. علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۵(۲): ۱۹۹-۲۱۲.
۶. شیرانی راد اح، مرادی اقدم م، طاهرخانی ت، اسکندری ک و نظری گلشن ا (۱۳۹۰) ارزیابی واکنش گیاه کلزا به مقادیر نیتروژن و رژیم‌های رطوبتی در شرایط کاربرد و عدم کاربرد زئولیت. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۳(۴): ۲۹۶-۳۰۶.
۷. صفایی ر، شیرانی راد اح، میرهادی م ج و دلخوش ب (۱۳۸۷) تأثیر زئولیت بر صفات زراعی دو رقم کلزا تحت شرایط تنش خشکی. گیاه و زیست بوم. ۱۵: ۶۳-۷۹.
۸. طباطبایی س ع، قاسمی ع و شاکری ا (۱۳۹۰) اثر تنش آبی بر عملکرد، اجزای عملکرد و میزان روغن ارقام کلزا. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۳: ۴۱-۵۳.
۹. عزیزی م، سلطانی ا و خاوری خراسانی س (۱۳۸۳) کلزا، فیزیولوژی، زراعت، به‌نژادی و تکنولوژی زیستی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه مشهد. مشهد. ۲۳۰ ص.
۱۰. فتوحی ک، احمدآلی ج، نورجو ا، پدرام ع و خورشید ع م (۱۳۸۷) مدیریت آبیاری براساس تخلیه مجاز رطوبتی در مراحل رشد چغندر قند در منطقه میاندوآب. چغندر قند. ۲۴(۱): ۴۳-۶۰.
۱۱. فنایی ح ر، گلوی م کافی م، قنبری بنجارا و شیرانی راد اح (۱۳۸۸) اثر مصرف کود پتاسیم و میزان آب آبیاری بر عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در دو گونه کلزا
۱۲. قلی زاده آ، اصفهانی م و عزیزی م (۱۳۸۵) مطالعه اثرات تنش آب به‌همراه کاربرد زئولیت طبیعی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica*) پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی. ۷۳: ۹۶-۱۰۲.
۱۳. کارگر س م ع، قنادها م ر، بزرگی پور ر، خواجه احمد عطاری ا ع و بابایی ح ر (۱۳۸۳) ارزیابی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در تعدادی از ژنوتیپ‌های سویا در شرایط آبیاری محدود. علوم کشاورزی ایران. ۳۵: ۱۲۹-۱۴۳.
۱۴. نعیمی م، اکبری غ ع، شیرانی راد اح، حسنلو ط و اکبری غ ع (۱۳۹۱) اثر کاربرد زئولیت و محلول‌پاشی سلنیم در شرایط تنش کم‌آبی بر روابط آبی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاه دارویی کدو پوست کاغذی. به‌زراعی کشاورزی. ۱۴(۱): ۶۷-۸۱.
۱۵. نعیمی م، اکبری غ ع، شیرانی راد اح، مدرس ثانوی س ع م و سادات نوری س ا (۱۳۸۶) بررسی برخی صفات مورفولوژیک و زراعی ارقام کلزا در پاسخ به تیمار قطع آبیاری در مرحله رشد زایشی. پژوهش کشاورزی. ۷(۳): ۲۲۳-۲۳۳.
16. Abedi T and Pakniyat H (2010) Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Czech Journal of Genetic and Plant Breeding. 46: 27-34.
17. Al-Barrak KM (2006) Irrigation interval and nitrogen level effects on growth and yield of canola (*Brassica napus* L.), Scientific Journal of King Faisal University Basic and Applied Sciences. 7(1): 87-103.

18. Albarrak KHM (2006) Irrigation Interval and nitrogen level effects on growth and yield of Canola (*Brassica napus* L.). *Science Journal of King Faisal University*. 7: 87-99.
19. Diepenbrock W (2000) Yield analysis of winter oilseed rape. *Field Crop Research*. 67: 35-49.
20. FAO. (2013) Crop production statistics. <http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e00.htm>
21. Gan Y, Campbell CA, Liu L, Basnyat P and McDonald CL (2009) Water use and distribution profile under pulse and oilseed crops in semiarid northern high latitude areas. *Agricultural Water Management*. 96: 337-348.
22. Gholamhoseini M, Ghalavand A, Khodaei-Joghan A, Dolatabadian A, Zakikhani H and Farmanbar H (2013) Zeolite-amended cattle manure effects on sunflower yield, seed quality, water use efficiency and nutrient leaching. *Soil and Tillage Research*. 126: 193-202.
23. Gunasekera CP, Martin LD, Siddique KHM and Walton GH (2006) Genotype by environment interactions of Indian mustard (*B. Juncea* L.) and canola (*B. napus* L.) in Mediterranean-type environments: II. Oil and protein concentrations in seed. *European Journal of Agronomy*. 13: 21-25.
24. Harb EMZ and Mahmoud MA (2009) Enhancing of growth, essential oil yield and components of yarrow plant (*Achillea millefolium* L.) growth under safe agriculture conditions using zeolite and compost. 4th Conference on Recent Technologies in Agriculture, Giza, Egypt. Pp. 2-4.
25. Hocking PJ and Stapper M (2001) Effect of sowing time and nitrogen fertilizer on canola and wheat and nitrogen fertiliser on Indian mustard I. Dry matter production, grain yield, and yield components. *Australian Journal of Agriculture Research*. 52: 623-634.
26. Iqbal M, Akhtar N, Zafar S and Ali I (2008) Genotypes responses for yield and seed oil quality brassica species under semi-arid environmental conditions. *South African Journal of Botany*. 74: 567-571.
27. Istanbuluoglu A, Arslan B, Gocmen E, Gezer E and Pasa C (2010) Effects of deficit irrigation regimes on the yield and growth of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Biosystem Engineering* 105: 388-394.
28. Jensen CR, Mogensen VO, Mortensen G, Fieldsen JK and Thage JH (1996) Seed glucosinolate, oil and protein contents of field-grown rape (*Brassica napus*) affected by soil drying and evaporative demand. *Field Crops Research*. 47: 93-105.
29. Johnson AM, Tanaka DL, Miller PR, Brandt SA, Nielsen DC, Lafond GP and Riveland NR (2002) Oilseed crops for semiarid cropping system in the Northern Great Plains. *Agronomy*. 94: 231-240.
30. Kajdi F (1994) Effect of irrigation on the protein and oil content of seed varieties. *Acta Agriculture*. 36(12): 44-50.
31. Kamkar B, Daneshmand AR, Ghooshchi F, Shiranirad AH and Safahani Langeroudi AR (2011) The effects of irrigation regimes and nitrogen rates on some agronomic traits of canola under a semiarid environment. *Agricultural Water Management*. 98: 1005-1012.
32. Kavooosi M (2007) Effects of zeolite application on rice yield, nitrogen recovery, and nitrogen use efficiency. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. London. 38: 69-76.
33. Ma Q, Niknam SR and Turner DW (2006) Responses of osmotic adjustment and seed yield of *Brassica napus* and *B. juncea* to soil water deficit at different growth stages. *Australian Journal of Agriculture Research*. 57(2): 221-226.



34. Mailer P, Baltensperger D, Clayton G, Johnson A, Lafond G, Mc Conkey B, Schatz B and Starica J (2002) Pulse crop adaptation and impact across the Northern Great Plains. *Agriculture*. 94: 261-272.
35. Modhan MM, Narayanan SL and Ibrahim SM (2000) Chlorophyll stability indexes (CSI): its impacts on salt tolerance in rice. *International Rice Research Institute Notes*: 25.2: 38-40.
36. Moghaddam MJ and Pourdard SS (2011) Genotype × environment interactions and simultaneous selection for high oil yield and stability in rainfed warm areas rapeseed (*Brassica napus* L.) from Iran. *Euphytica*. 180: 321-335.
37. Mohammad T, Ali A, Nadeem MA, Tanveer A and Sabir QM (2007) Performance of canola under different irrigation levels. *Pakistan Journal of Botany*. 39(3): 793-746.
38. Nasri M, Khalatbari M, Zahedi H, Paknejad F and Tohidi Moghadam HR (2008) Evaluation of micro and macro elements in drought stress conditions in cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.). *American Journal of Agriculture and Biological Science*. 3(3): 579-583.
39. Polat E, Karaca M, Demir H and Naci-Onus A (2004) Use of natural zeolite (Clinoptilolite) in agriculture. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 12:183-189.
40. Polite E, Karuca M, Demire H and Onus N (2004) Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. *Fruit and Ornamental Plant Research*. 12: 183-189.
41. Pritchard FM, Eagles HA, Norton RM, Salisbury SA and Nicolas M (2000) Environmental effects on seed composition of Victorian canola. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 40: 679–685.
42. Qian W, Li Q, Noack J, Sass O, Meng J, Frauen M and Jung C (2009) Heterotic patterns in rapeseed (*Brassica napus* L.): II. Crosses between European winter and Chinese semi-winter lines. *Plant Breeding*. 128 (5): 466–470.
43. Rashidi S, ShiraniRad AH, Ayene Band A, Javidfar F and Lak S (2012) Study of relationship between droughts stresses tolerances with some physiological parameters in canola genotypes (*B. napus* L.). *Annals of Biological Research*. 3(1): 564-569.
44. Sinaki J, Majidi Heravan ME, Shirani Rad AH, Noormohammadi GH and Zarei GH (2007) The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science*. 2: 417- 422.
45. Zahedi H, Noor-Mohamadi GH, Shirani-Rad AH, Habibi D and Mashhadi-Akbar-Boojar M (2009) The effects of zeolite and foliar applications of selenium on growth yield and yield components of three canola cultivars under drought stress. *World Applied Sciences*. 7: 255-262.