دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال یازدهم، شماره سی و ششم، ۱۳۹۸

# بررسی کارایی زئولیت در کاهش اثرات تنش خشکی بر صفات زراعی و عملکرد دانه کلزا در منطقه کرج

سمانه متقی[۱]، لیلا متقی[۲]، امیرحسین شیرانی راد[۳]، امید لطفی فر[٤]

تاریخ دریافت: ۹۵/۹/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۱٦

**چکیده**

به منظور بررسی تأثیر کاربرد زئولیت بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد دانه گیاه کلزا (*Brassica napus*) در شرایط تنش خشکی آزمایشی به صورت فاکتوریل-اسپلیت در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر اجرا شد. رژیم‌های آبیاری در سه سطح (آبیاری پس از ٤٠، ٦٠ و ٨٠ درصد تخلیه رطوبتی به ترتیب به‌عنوان عدم تنش، تنش خفیف و تنش شدید) و کاربرد زئولیت در دو سطح (صفر و ١٠ تن در هکتار زئولیت) به صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی و ژنوتیپ‌های کلزا شامل لاین‌های KR4 و Eldo و ارقام GKH305 و Anatol در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار قطر ساقه، تعداد شاخه فرعی، ارتفاع بوته، عملکرد ماده خشک، طول و تعداد خورجین در شاخه اصلی و شاخه فرعی، تعداد دانه در خورجین‌های اصلی و فرعی، عملکرد ماده خشک و دانه گردید. اعمال تنش متوسط و شدید خشکی باعث کاهش ٥٩ و ٨٦ درصدی عملکرد دانه شد. استفاده از زئولیت سبب افزایش معنی‌دار در کلیه صفات مذکور گردید. نتایج اثر متقابل زئولیت و تنش خشکی نشان داد که با افزایش محدودیت آب، کارایی زئولیت افزایش یافت به‌طوری کارایی زئولیت در عملکرد دانه در سطوح عدم تنش، تنش متوسط و شدید به ترتیب ٢٧، ٦٤ و ٩٤ درصد بود. در شرایط عدم تنش، لاین KR4 و رقم GKH305 به‌ترتیب در استفاده و عدم استفاده از زئولیت بالاترین عملکرد دانه را داشتند ولی با اعمال تنش متوسط و شدید عملکرد دانه در رقم Anatol مشاهده شد. بر این اساس استفاده از زئولیت، به ویژه در شرایط تنش شدید خشکی، با حفظ رطوبت خاک و کاهش اثرات تنش بر اجزاء عملکرد، می‌تواند سبب بهبود عملکرد دانه کلزا گردد.

**واژه‌های کلیدی:** تخلیه رطوبتی، دانه در خورجین، عملکرد روغن، وزن دانه

**متقی، س.، ل. متقی، ا. شیرانی راد و ا. لطفی فر. ۱۳۹۸. بررسی کارایی زئولیت در کاهش اثرات تنش خشکی بر صفات زراعی و عملکرد کلزا در منطقه کرج. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳٦: ۲۷۱-۲٥٦.**

۱- استادیار گروه علوم کشاورزی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران- مسئول مکاتبات. پست الکترونیک: samanehmottaghi@yahoo.com

۲- دانش آموخته دکترای پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳- استاد موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

٤- استادیار گروه علوم کشاورزی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

**مقدمه**

کلزا پس از سویا به عنوان دومین گیاه روغنی در جهان مطرح است که جهت تولید روغن خوراکی کشت می‌گردد (FAO, 2016). این گیاه علاوه بر اینکه روغن خوراکی با کیفیت بالا تولید می‌کند، توان تولید کنجاله‌ای دارد که پتانسیل تبدیل به سوخت زیستی را نیز دارد (کیان و همکاران، ۲۰۰۹). در ایران نیز با توجه به اهمیت بالای روغن‌های خوراکی و کیفیت بالای کنجاله آن برای خوراک دام، کشت این گیاه در چند سال اخیر توسعه چشمگیری یافته است (مقدم و پورداد، ۲۰۱۱).

تولید محصول در گیاه کلزا همانند سایر گیاهان زراعی تحت تاثیر مخرب تنش‌های زیستی و غیرزیستی قرار می‌گیرد که در بین تنش‌های موجود، تنش خشکی مهم‌ترین عامل کاهش دهنده عملکرد کلزا در ایران محسوب می‌گردد (رشیدی و همکاران، ۲۰۱۲ و یارنیا و همکاران، ۲۰۱۱) به طوری‌که در چند سال اخیر و با کاهش نزولات جوی سطح زیر کشت این گیاه با کاهش محسوس مواجه گردیده است (مقدم و پورداد، ۲۰۱۱). عوامل متعددی از جمله شدت، مدت و مرحله فنولوژی در زمان وقوع تنش، نوع ژنوتیپ و شرایط آب و هوایی منطقه تعیین کننده شدت خسارت کلزا در اثر تنش خشکی است (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۳). تنش خشکی با کاهش تعداد شاخه فرعی، کاهش باروری گل‌ها و کاهش فتوسنتز جاری و به دنبال آن کاهش دسترسی مخازن خورجین‌ها و دانه‌ها به فرآورده‌های فتوسنتزی، سبب کاهش تعداد و طول خورجین و تعداد دانه در خورجین می‌گردد که در نهایت افت معنی‌دار عملکرد دانه را به دنبال دارد (میلر و همکاران، ۲۰۰۲). مطالعات نشان داده است که تنش خشکی تا نقطه پژمردگی موقت، در مرحله رشد رویشی کلزا سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع ساقه، وزن خشک گیاه و تعداد شاخه فرعی می‌گردد (سنگ تراش و همکاران، ۲۰۰۹). بر اساس تحقیقات زارعی و همکاران (۲۰۱۰) آبیاری پس از ۱۵ روز نسبت به آبیاری پس از هفت روز به ترتیب منجر به کاهش ۱۲ و ۱۵ درصدی تعداد خورجین و وزن هزار دانه و به دنبال آن کاهش ۲۱ درصدی عملکرد شد.

افزودن مواد اصلاحی به خاک برای افزایش کارآیی مصرف آب و بهبود خواص فیزیکی خاک یکی از مهم‌ترین راههای مقابله با کمبود آب به شمار می‌رود (پولات و همکاران، ۲۰۰٤). زئولیت‌ها گروهی از آلومینوسیلیکات‌های آبدار با ساختمان بلوری ویژه‌ای هستند که قابلیت فراوان آن‌ها در جذب و ذخیره‌سازی آب سبب می‌شود که آب مصرفی گیاه ذخیره شود تا در هنگام لزوم از آب ذخیره شده در زئو لیت مورد استفاده قرار گیرد و همچنین به دلیل ظرفیت تبادل کا تیونی بالا و قرار گرفتن بعضی کا تیونها از جمله آمو نیوم در شبکه خود، علاوه بر نقش اصلاح کنندگی در خاک، می‌توانند نقش تغذیه‌ای داشته و باعث بهبود رشد گیاه بخصوص در اراضی با قابلیت تبادل کاتیونی پایین شوند (حارب و محمود، ۲۰۰۹). جذب انتخا بی و آزادسازی کنترل شده عناصر غذ ایی از زئولیت باعث می‌شود در صورت انتخاب نوع صحیح زئولیت مصرفی، هنگامی که این مواد به عنوان اصلاح کننده به خاک اضافه می‌شوند، از طریق افزایش فراهمی طولا نی مدت آب و عناصر غذایی به بهبود رشد گیاه کمک کنند (پولات و همکاران، ۲۰۰٤). زئولیت می‌تواند به عنوان تنظیم کننده آب عمل کند، چرا که این مواد بشدت آبدوست بوده که ضمن برخورداری از سرعت و ظرفیت زیاد جذب آب در موقع نیاز ریشه، به راحتی آب و مواد غذایی محلول در آب را در اختیار ریشه گیاه قرار می‌دهند (توحیدی مقدم و همکاران، ۲۰۰۹؛ زاهدی و همکاران، ۲۰۰۹) پیش از این تاثیر مثبت کاربرد زئولیت در بهبود رشد و افزایش عملکرد گیاهانی مانند پنیرک (احمدی آذر و همکاران، ۱۳۹٤)، شلغم روغنی (شجاعی و همکاران، ۱۳۹۱)، آفتابگردان (غلامحسینی و همکاران، ۲۰۱۲)، برنج (گوناسکرا و همکاران، ۲۰۰٦)، کدو پوست کاغذی (نعیمی و همکاران، ۱۳۹۱) و گلرنگ (میرزاخانی، ۱۳۹۰) به ویژه در شرایط تنش خشکی گزارش شده است.

بر اساس موارد ذکر شده هدف از این تحقیق بررسی تاثیر و کارایی ماده معدنی زئولیت در حفظ توان رشد و تولید عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف کلزا در شرایط تنش خشکی می‌باشد.

**مواد و روش‌ها**

این آزمایش در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر واقع در عرض جغرافیایی ۳۵/۵۹ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰/۷۵ درجه شرقی و ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا به صورت فاکتوریل- اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. مزرعه محل انجام آزمایش با متوسط بارندگی سالیانه ۲۵۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه ۱۵ درجه سانتی‌گراد در اقلیمی نیمه خشک واقع شده است. تیمارهای مورد آزمون عبارت بودند از:

تنش خشکی در سه سطح شامل: ۱- عدم تنش (آبیاری پس از ٤۰ درصد تخلیه رطوبتی)، تنش متوسط (آبیاری پس از ٦۰ درصد تخلیه رطوبتی) و تنش شدید (آبیاری پس از ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی)؛ میزان زئولیت: در دو سطح شامل: عدم کاربرد

زئولیت و کاربرد ۱۰ تن زئولیت در هکتار؛ ژنوتیپ‌های کلزا: دو رقم به نام‌های Etanol و Gkh305 و دو لاین امید بخش به نام‌های KR4 و Eldo.

در این آزمایش دو تیمار تنش خشکی و میزان زئولیت به صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی و ارقام کلزا در کرت‌های فرعی جای گرفتند. مشخصات ژنوتیپ‌های مورد استفاده که از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه شدند نیز در جدول ۱ درج گردیده است.

**جدول ۱- اسامی و مبدأ ژنوتیپ‌های مورد بررسی در آزمایش**

| ژنوتیپ‌ها | ژنوتیپ | مبداء |
|---|---|---|
| ارقام تجاری | Anatol | آلمان |
| | Gkh | مجارستان |
| لاین‌های امید بخش | KR4 | ایران |
| | Eldo | ایران |

**جدول ۲- میزان بارندگی ماهیانه (میلی‌متر) طی فصل رشد کلزا در منطقه آزمایش**

| مهر | آبان | آذر | دی | بهمن | اسفند | فروردین | اردیبهشت | خرداد | مجموع |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱/۲ | ۱۰/٦ | ۲٦/٤ | ۳۳/٥ | ۳۰/۲ | ٥٥/۳ | ۲۹/۱ | ۱۰/۷ | ٥/۰ | ۱۹٤/٥ |

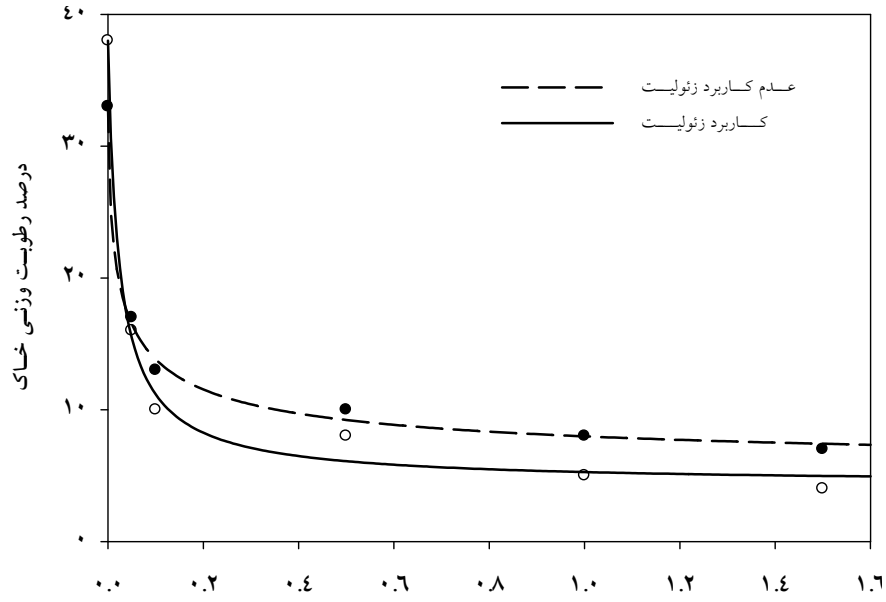
به منظور آماده سازی زمین، آبیاری قبل از کاشت انجام گرفت و پس از گاورو شدن خاک، شخم عمیق با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار انجام گرفته و به منظور خرد شدن کلوخه‌ها، تسطیح و یکنواخت شدن خاک مزرعه، ماله و دیسک زده شد. به منظور آنالیز خاک از دو عمق ۳۰-۰ و ٦۰-۳۰ سانتی‌متری نمونه-گیری انجام شد (جدول ۲). بر اساس آزمون خاک، کود اوره به میزان ۳٥۰ کیلوگرم در هکتار در سه نوبت شامل ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله ۲ تا ٤ برگی، ۱٥۰ کیلوگرم در مرحله ساقه دهی و ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله غنچه دهی. کود سولفات پتاسیم و کود سوپر فسفات تریپل هر کدام به میزان ۱٥۰ کیلوگرم در هکتار به همراه ۲/٥ لیتر در هکتار علف‌کش ترفلان به سطح خاک اضافه و با استفاده از دیسک سطحی با خاک مخلوط شدند.

پس از طراحی آزمایش و بر اساس نقشه طرح، در کرت-هایی که باید زئولیت مصرف گردد، میزان زئولیت مورد نیاز بر اساس ده تن در هکتار محاسبه و قبل از مرحله دیسک در سطح خاک پاشیده و تا عمق ۲۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. در نهایت هر واحد آزمایشی شامل چهار پشته به طول ٦ متر شامل ۸ خط کشت با فاصله ۳۰ سانتی‌متر بود که دو پشته کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند. کاشت به صورت خشکه‌کاری و دستی انجام گرفت. به منظور اطمینان از سبز شدن، ٥ بذر در عمق ۳ سانتی‌متری کشت گردید. جهت دستیابی به تراکم مورد نظر، عملیات تنک در مرحله ٤ تا ٦ برگی کلزا انجام شد. فاصله بوته‌ها روی خطوط کاشت ٤ سانتی‌متر بود که بر این اساس تراکم بوته‌ها ۸۳ بوته در متر مربع بود. تاریخ اولین آبیاری که به عنوان تاریخ کاشت در نظر گرفته شد ۲ آبان بود.همچنین مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی و مبارزه با آفات نیز با استفاده از علف‌کش متاسیستوکس انجام گرفت. فاصله بوته‌ها روی خطوط کاشت ٤ سانتی‌متر بود که بر این اساس تراکم بوته-ها ۸۳ بوته در متر مربع بود. تاریخ اولین آبیاری که به عنوان تاریخ کاشت در نظر گرفته شد ۲ آبان بود.

تنش خشکی در محدوده ریشه بر اساس درصد تخلیه رطوبتی خاک از مرحله سبز شدن و استقرار بوته‌ها تا زمان برداشت انجام گردید. محاسبه میزان تخلیه رطوبتی خاک با استفاده از دستگاه رطوبت سنج خاک TRIM-TDR و منحنی رطوبتی خاک (شکل ۱) انجام گرفت. میزان رطوبت خاک هر روز اندازه‌گیری و با توجه به تیمار رطوبتی هر کرت و نمودار تخلیه رطوبتی، زمان آبیاری تعیین شد (علیزاده، ۱۳۸۳).

**جدول ۳- مشخصات خاک مزرعه آزمایشی**

| پارامتر | عمق نمونه برداری | |
|---|---|---|
| | ۰-۳۰ سانتی متر | ۳۰-۶۰ سانتی متر |
| هدایت الکتریکی $dS.m^{-1}$ | ۱/٤٦ | ۱/۲۲ |
| pH | ۷/۷ | ۷/٤ |
| درصد مواد خنثی شونده (٪) | ۸/٦۷ | ۸/۷٤ |
| کربن آلی(٪) | ۰/۸۹ | ۰/۹۹ |
| نیتروژن کل(٪) | ۰/۰۹ | ۰/۰۷ |
| فسفر قابل جذب ($mg.kg^{-1}$) | ۱٤/۹ | ۱۵/٦ |
| پتاسیم قابل جذب | ۱۹٦ | ۱۵۱ |
| درصد رس % | ۲۹ | ۳۱ |
| درصد سیلت % | ٤۷ | ٤۸ |
| درصد شن % | ۲٤ | ۲۱ |
| بافت خاک | رسی-لومی | رسی-لومی |




**شکل ۱- منحنی رطوبتی خاک مزرعه در دو تیمار مصرف و عدم مصرف زئولیت**

به منظور اندازه‌گیری صفات رویشی شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد شاخه‌های فرعی در زمان رسیدگی فیزیولوژیک تعداد ۱۰ بوته از هر کرت آزمایشی به صورت تصادفی انتخاب و ارتفاع بوته از یقه تا انتهای گل‌آذین بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد و تعداد شاخه‌های فرعی نیز شمارش گردید. قطر ساقه نیز توسط کولیس در محل گره سوم و با دقت یک درصد اندازه‌گیری گردید و میانگین آن‌ها برای هر کرت محاسبه و ثبت شد. جهت ارزیابی میزان ماده خشک بوته در هر کرت پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای خطوط کشت، ده بوته به طور تصادفی از دو خط میانی هر کرت انتخاب و پس از خشک کردن در آون با دمای ۷۵ درجه به مدت ۷۲ ساعت، وزن خشک اندام هوایی آن‌ها توزین و برحسب کیلوگرم در هکتار ثبت گردید.

در هر کرت پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای خطوط کشت، هفت بوته به طور تصادفی از چهار خط میانی انتخاب و طول خورجین و تعداد دانه در خورجین در ۳۰ عدد خورجین از

خورجین‌های ساقه اصلی و ۳۰ عدد خورجین از شاخه‌های فرعی از خورجین‌های موجود در ۱۰ بوته تعیین گردید و میانگین طول و تعداد انه در خورجین برای هر کرت یادداشت شد. به منظور تعیین تعداد خورجین در ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی، در زمان رسیدگی فیزیولوژیک تعداد ۱۰ بوته از هر کرت آزمایشی به صورت تصادفی انتخاب و صفات مذکور برای هر بوته شمارش گردید. جهت ارزیابی عملکرد دانه در هر کرت، پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای خطوط کشت به عنوان حاشیه و از چهار پشته میانی یا همان چهار خط میانی، برداشت انجام گردید. پس از برداشت بوته‌ها، دانه‌ها به صورت دستی از خورجین جدا و عملکرد دانه برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. تمام محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار آماری SAS (ver. 9) صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز به روش دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

**نتایج و بحث**

اثر اصلی تمامی تیمارها شامل زئولیت، تنش خشکی و ژنوتیپ، همچنین اثرات دوگانه و سه گانه آن‌ها، بر ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه فرعی، عملکرد دانه، طول خورجین در ساقه اصلی و تعداد دانه در خورجین در ساقه اصلی و ساقه فرعی درسطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ٤، ٥ و ٦). در مورد عملکرد ماده خشک اثر ساده تنش خشکی و زئولیت و اثر متقابل این دو تیمار، همچنین اثر رقم و اثرمتقابل زئولیت×تنش خشکی×ژنوتیپ بر این صفت معنی‌دار بود. همچنین اثر کلیه تیمارها، به استثنای اثر متقابل زئولیت و تنش خشکی، بر تعداد خورجین در ساقه اصلی و فرعی در سطح یک درصد معنی‌دار گردید ولی اثر متقابل زئولیت و تنش خشکی بر این دو صفت در سطح ٥ درصد معنی‌دار بود(جدول ٤، ٥ و ٦)و اثرات ساده زئولیت، تنش خشکی و ژنوتیپ، همچنین اثرات متقابل تنش خشکی×زئولیت و تنش خشکی×زئولیت×ژنوتیپ در سطح یک درصد و اثر متقابل تنش خشکی×ژنوتیپ در سطح ٥ درصد بر طول خورجین در شاخه فرعی معنی‌دار بود ولی اثر متقابل زئولیت×تنش خشکی و اثر متقابل زئولیت×ژنوتیپ بر این صفت معنی دار نبود (جدول ٤، ٥ و ٦).

**جدول ٤- تجزیه واریانس برخی صفات رویشی ژنوتیپ های مختلف کلزا تحت تاثیر تنش خشکی و کاربرد زئولیت**

| تیمار | d.f | میانگین مربعات | |
|---|---|---|---|
| | | تعداد شاخه فرعی | عملکرد دانه |
| تکرار | ۳ | ۰/۲۱۲ $^{n.s}$ | ۲۳۸۲۸ $^{n.s}$ |
| زئولیت (A) | ۱ | ۱۷/۱٦۲ $^{**}$ | ۱٦۳۸۹۷۳۲ $^{**}$ |
| تنش (B) | ۲ | ۱٦۳/۷۹٤ $^{**}$ | ۱٥٥۲۸۰۹۱٦ $^{**}$ |
| A×B | ۲ | ۲/٦٤٤ $^{**}$ | ۱۱۷۷۷٦۰ $^{**}$ |
| خطای الف (کرت اصلی) | ۱٥ | ۰/۱٥۲ | ۱۰۰۳۲ |
| رقم (C) | ۳ | ۰/۲۱۹ $^{**}$ | ۳۰۳٥۰۸ $^{**}$ |
| A×C | ۳ | ۰/۰۱۷ $^{n.s}$ | ۱۰٦٥۲۱ $^{**}$ |
| B×C | ٦ | ۰/۲۲٤ $^{**}$ | ۲۱۹۱٥۹ $^{**}$ |
| A×B×C | ٦ | ۰/۱۱۸ $^{**}$ | ۱۷۲٥۱٥ $^{**}$ |
| خطای ب (کرت فرعی) | ٥٤ | ۰/۰۲٥ | ۱۰۰۲٤ |
| C.V | | ٤/۱۳ | ۳/۸٦ |

$^{**}$ و $^{*}$ به ترتیب معنی دار در سطح ۰/۰۱ و ۰/۰٥ و $^{n.s}$ عدم معنی داری.

**جدول ۵- تجزیه واریانس برخی صفات رویشی ژنوتیپ های مختلف کلزا تحت تاثیر تنش خشکی و کاربرد زئولیت**

| تیمار | d.f | میانگین مربعات | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ارتفاع | قطر ساقه | عملکرد بیولوژیک |
| تکرار (R) | ۳ | ۱۴۹/۸۶ ** | ۲/۵۳۶ ** | ۱۵۵۶۳۲۹ n.s |
| زئولیت (A) | ۱ | ۴۵۱۶/۸۳ ** | ۳۲/۵۵۴ ** | ۱۵۲۴۹۴۰۸۷ ** |
| تنش (B) | ۲ | ۵۸۷۲۳/۸۱ ** | ۳۸۸/۴۰۶ ** | ۲۸۶۵۰۵۶۵۲۸ ** |
| A×B | ۲ | ۷۵۲/۳۸ ** | ۰/۲۲۲ ** | ۱۳۶۱۲۸۶۵ ** |
| خطای الف (کرت اصلی) | ۱۵ | ۷/۲۱ | ۰/۰۲۲ | ۸۳۷۹۵۹ |
| رقم (C) | ۳ | ۷۳/۷۴ ** | ۰/۴۸۳ ** | ۴۴۶۲۳۲۰ ** |
| A×C | ۳ | ۱۰۸/۷۶ ** | ۰/۲۹۲ ** | ۲۱۸۰۰۶۸ n.s |
| B×C | ۶ | ۳۱/۰۲ ** | ۰/۱۳۵ ** | ۱۷۶۴۳۲۶ n.s |
| A×B×C | ۶ | ۱۰۳/۲۲ ** | ۰/۲۰۲ ** | ۳۵۴۳۸۴۸ ** |
| R×C | ۹ | ۲۰/۵۴ | ۰/۰۷۴ | ۶۲۹۷۹۸۹ |
| R×(AB)×C | ۴۵ | ۵/۴۸ | ۰/۰۱۴ | ۸۲۶۵۴۱ |
| C.V | | ۲/۳۱ | ۱/۹۳ | ۱۰/۲۴ |

** و * به ترتیب معنی دار در سطح ۰/۰۱ و ۰/۰۵ و n.s عدم معنی داری.

**جدول ۶- تجزیه واریانس طول و تعداد خورجین در ژنوتیپ های مختلف کلزا تحت تاثیر تنش خشکی و کاربرد زئولیت**

| تیمار | d.f | میانگین مربعات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | طول خورجین | | تعداد خورجین | | تعداد دانه در خورجین | |
| | | در ساقه اصلی | در ساقه فرعی | در ساقه اصلی | در ساقه فرعی | در ساقه اصلی | در ساقه فرعی |
| تکرار | ۳ | ۱/۳۰۴ ** | ۰/۰۵۷ n.s | ۰/۴ n.s | ۶۶/۸۵ ** | ۷/۶۱۴ ** | ۳/۱۰ ** |
| زئولیت (A) | ۱ | ۱۱/۶۶۷ ** | ۱۶/۴۱۳ ** | ۲۷۶۲/۳ ** | ۵۹۹۰/۷۸ ** | ۷۰۴/۸۸ ** | ۷۲۱/۶۲ ** |
| تنش (B) | ۲ | ۱۰۸/۵۷۵ ** | ۹۲/۷۲۳ ** | ۲۸۹۷۱/۲ ** | ۴۲۷۶۳/۶۵ ** | ۲۵۴۵/۱۵ ** | ۲۸۱۲/۵۸ ** |
| A×B | ۲ | ۰/۲۸۱ ** | ۰/۲۰۵ n.s | ۵۸/۱ * | ۳/۹۷ * | ۱۷/۳۱ ** | ۲۵/۲ ** |
| خطای اصلی | ۱۵ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۹۹ | ۱۱/۵ | ۰/۶۵ | ۰/۷۵ | ۰/۰۸ |
| رقم (C) | ۳ | ۰/۱۹۹ ** | ۰/۳۴۰ ** | ۳۲/۱ ** | ۷۳/۷۴ ** | ۱۲/۳۸ ** | ۱۳/۶۵۸ ** |
| A×C | ۳ | ۰/۲۰۴ ** | ۰/۰۶۸ n.s | ۱۱/۱ ** | ۱۵/۶۵ ** | ۱۳/۰۹ ** | ۱۲/۲۹ ** |
| B×C | ۶ | ۰/۰۸۱ ** | ۰/۱۲۷ * | ۲۵/۰ ** | ۴۶/۱۸ **0 | ۱۴/۵۶ ** | ۱۲/۲۸ ** |
| A×B×C | ۶ | ۰/۲۳۹ ** | ۰/۱۶۸ ** | ۲۴/۶ ** | ۳۴/۰۲ ** | ۱۱/۵۴ ** | ۱۱/۱۵ ** |
| خطا | ۵۴ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۴۱ | ۱/۱ | ۰/۳۸ | ۰/۰۶ | ۰/۰۶ |
| C.V | | ۲/۱۶ | ۵/۴۳ | ۲/۱۵ | ۰/۹۴ | ۱/۵۶ | ۱/۵۹ |

** و * به ترتیب معنی دار در سطح ۰/۰۱ و ۰/۰۵ و n.s عدم معنی داری.

**ارتفاع بوته**

نتایج نشان داد اعمال تنش خشکی متوسط و شدید به طور میانگین سبب کاهش ۲۴ و ۵۲ درصدی ارتفاع بوته گردید که در صورت عدم استفاده از زئولیت این کاهش شدیدتر بود (جدول ۷). در سه تنش خشکی شامل عدم تنش، تنش متوسط و تنش شدید استفاده از زئولیت به ترتیب منجر به افزایش ۷، ۴ و ۳۴ درصدی ارتفاع بوته گردید که نشان می‌دهد با افزایش شدت تنش، کارایی زئولیت بیشتر می‌گردد (جدول ۷). در بین ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری معمولی، رقم GKH305 و در شرایط تنش متوسط و شدید، رقم Anatol دارای بیشترین ارتفاع بوته بودند. بیشترین اثر مثبت زئولیت بر ارتفاع بوته در شرایط آبیاری معمولی و تنش شدید در لاین KR4 و در تنش متوسط در رقم Anatol دیده شد که در آن‌ها زئولیت به ترتیب منجر به افزایش ۹، ۶۹ و ۹ درصدی ارتفاع بوته گردید (جدول

۷). در بسیاری از تحقیقات اثر منفی تنش خشکی بر ارتفاع بوته گزارش شده است (شیرانی‌راد و همکاران، ۱۳۹۰) که دلیل آن را می‌توان از یک طرف به کاهش طول دوره رشد نسبت داد و از طرف دیگر حضور آب در بافت‌های گیاهی از طریق افزایش پتانسیل فشاری موجب افزایش اندازه سلول و افزایش رشد می-گردد و در شرایط تنش کمبود آب از رشد سلولی ممانعت می-کند. نادری درباغشاهی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که ارتفاع گیاه در تنش‌هایی که در مرحله ساقه‌دهی رخ می‌دهد قادر به کاهش اجزای رویشی گیاه بخصوص ارتفاع بوته می‌باشند. زئولیت با افزایش موجودی آب در خاک، سبب کاهش اثرات مخرب تنش خشکی و افزایش ارتفاع بوته می‌گردد (شیرانی‌راد و همکاران، ۱۳۹۰). ساین و ساکسنا (۱۹۹۸) گزارش کردند که وجود زئولیت میزان ضریب تبادل کاتیونی و دسترسی گیاه را به عناصر غذایی افزایش داده و تخلخل خاک را بالا برده سبب گردید که ارتفاع بوته در سطح مطلوبی حفظ گردد و گیاه رشد رویشی خود را بخوبی طی نماید.

**قطر ساقه**

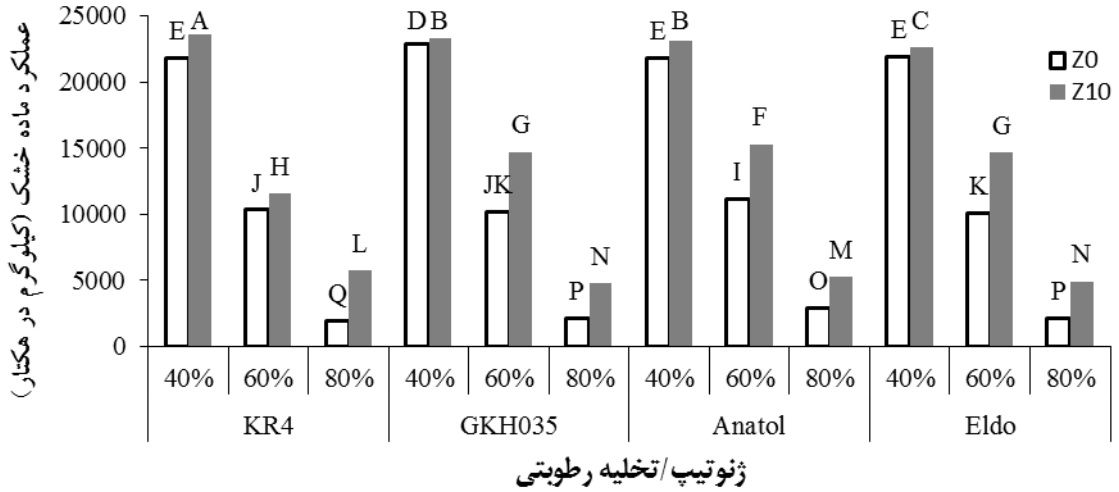
نتایج مقایسه میانگین نشان می‌دهد تنش متوسط و شدید خشکی با اثر منفی و معنی‌دار بر قطر ساقه، به طور میانگین منجر به کاهش ٢٤ و ٦٢ درصدی صفت مذکور گردید (جدول ۷). اثر استفاده از زئولیت بر قطر ساقه در سطوح مختلف تنش خشکی متفاوت بود به‌طوری‌که در شرایط عدم تنش، تنش متوسط و تنش شدید، زئولیت منجر به افزایش ۹، ۱۷ و ۲۷ درصدی قطر ساقه گردید (جدول ۷). در شرایط آبیاری معمولی، تمامی ژنوتیپ‌ها در یک گروه آماری قرار گرفتند اما در شرایط تنش متوسط و شدید خشکی بالاترین قطر ساقه در رقم Anatol دیده شد. همچنین بالاترین تاثیر مثبت زئولیت بر قطر ساقه در شرایط آبیاری معمولی و تنش شدید در لاین KR4 و در تنش متوسط در رقم GKH305 مشاهده گردید که در آن‌ها زئولیت به ترتیب منجر به افزایش ١٤، ٤٤ و ١٨ درصدی قطر ساقه گردید (جدول ۷). اثر منفی تنش خشکی بر قطر ساقه با نتایج گزارشات جباری و همکاران (١٣٩٤) در کلزا و نعیمی (١٣٩٢) در کدو پوست کاغذی مطابقت داشت. همچنین فرهمند و همکاران (١٣٨٦) در مطالعه‌ای که روی گیاه گل نرگس شیراز انجام دادند، بیان کردند که مصرف زئولیت سبب افزایش سطح برگ، وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک ریشه، میزان کلروفیل، قطر ساقه و وزن تر و خشک ساقه گل‌دهنده شد.

**تعداد شاخه فرعی**

تنش خشکی شدید و متوسط منجر به کاهش معنی‌دار و به ترتیب ٤٠ و ٧٣ درصدی تعداد شاخه در بوته شد که درصورت استفاده از زئولیت کاهش قطر ساقه کمتر بود (جدول ۷). در شرایط عدم تنش، تنش متوسط و تنش شدید خشکی تاثیر مثبت استفاده از زئولیت به ترتیب ١٣، ٢٨ و ٦٧ درصد بود (جدول ۷). در بین ژنوتیپ ها نیز در شرایط آبیاری معمولی، رقم GKH305 و در شرایط تنش متوسط و شدید رقم Anatol بالاترین تعداد شاخه در بوته را به خود اختصاص دادند. بالاترین تاثیر مثبت زئولیت بر تعداد شاخه در بوته در شرایط آبیاری معمولی و تنش شدید در لاین KR4 (به ترتیب ١٧ و ٩٤ درصد افزایش) و در تنش متوسط در لاین Eldo و رقم GKH305 (به ترتیب ٣٥ و ٣٤ درصد) دیده شد (جدول ۷). اثر منفی کاهش تعداد شاخه فرعی در بوته در سایر تحقیقات نیز دیده شد (شعبانی و همکاران، ۱۳۸۹ و احمدی و بهرانی، ۲۰۰۹). محققین دلیل کاهش معنی‌دار تعداد شاخه در بوته را به اختلال در فتوسنتز به واسطه کمبود آب و کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت ارائه به بخش‌های در حال رشد و در نهایت عدم دستیابی گیاه به پتانسیل ژنتیکی از نظر تعداد شاخه در بوته نسبت دادند (استانبلوگلو و همکاران، ۲۰۱۰). در رابطه با اثر مثبت و معنی‌دار استفاده از زئولیت بر خصوصیات رویشی مانند ارتفاع بوته، تعداد میانگره و تعداد برگ گیاه بادرشبی (*Dracocephalum moldavica*) گزارش شد (قلی زاده و همکاران، ۱۳۸۵) که دلیل آن را می‌توان در افزایش توان حفظ رطوبت خاک توسط زئولیت و کاهش اثرات تنش خشکی جستجو کرد.

**وزن خشک اندام هوایی:** تنش خشکی منجر به کاهش معنی‌دار این صفت در هر دو سطح استفاده و عدم استفاده از زئولیت گردید که میانگین این کاهش در تنش‌های متوسط و شدید به ترتیب ٤٥ و ٨٣ بوده است با این‌حال کاربرد زئولیت سبب تخفیف اثرات هر دو سطح تنش گردید (شکل ۲). استفاده از زئولیت به‌طور متوسط سبب رشد ۲۱ درصدی وزن خشک اندام هوایی شد که در شرایط عدم تنش خشکی، تنش خشکی متوسط و شدید این افزایش به ترتیب ۵، ٣٤ و ١٢٥ درصد بود (شکل ۲). در بین ژنوتیپ ها در شرایط آبیاری معمولی، رقم GKH305 و در شرایط تنش متوسط و شدید رقم Anatol بالاترین وزن خشک گیاه را داشتند. همچنین بررسی میزان تاثیر زئولیت بر وزن خشک بوته نشان داد که که بالاترین تاثیر مثبت در شرایط آبیاری معمولی و تنش شدید رطوبتی، در لاین KR4 و در شرایط تنش متوسط در لاین Eldo و رقم GKH305

دیده شد (شکل ۲). فتحی و قلی‌زاده (۱۳۸۹) نیز در تحقیقات خود کاهش عملکرد بیولوژیک را در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط معمول مشاهده کردند. تنش خشکی از طریق کاهش تعداد شاخه فرعی، تعداد و شاخص سطح برگ و به دنبال آن کاهش فتوسنتز، کاهش طول دوره رشد گیاه و کاهش ارتفاع بوته منجر به کاهش عملکرد بیولوژیک می‌گردد (پازکی، ۱۳۸۹). در رابطه با تاثیر مثبت زئولیت، تحقیقات اکبری و همکاران(۱۳۸۹) بر روی چغندر قند و قنبری و آریافر (۲۰۱۳) بر روی نعناع نیز حاکی از تاثیر مثبت این ماده بر رشد رویشی گیاه و بخصوص وزن خشک اندام هوایی بود.




**شکل ۲- اثر متقابل زئولیت (Z0: عدم مصرف و Z10 مصرف ۱۰ تن در هکتار زئولیت) و تنش خشکی (بر اساس درصد تخلیه رطوبتی) بر عملکرد ماده خشک چهار ژنوتیپ کلزا (بر اساس روش دانکن در سطح آماری ۰/۰۵).**

**طول خورجین در ساقه اصلی**

بر اساس نتایج، طول خورجین در ساقه اصلی کاهش معنی‌داری نسبت به تنش خشکی از خود نشان داد که این کاهش به صورت میانگین ۳۲ و ٦۰ درصد در تنش‌های خشکی متوسط و شدید داشت (جدول ٦). همچنین استفاده از زئولیت در سطوح عدم تنش، تنش متوسط و تنش شدید خشکی به ترتیب سبب افزایش ١٦، ١٤ و ۳۰ درصدی صفت مذکور شد (جدول ۷). در بین ژنوتیپ‌ها نیز در شرایط عدم تنش خشکی، رقم GKH305 و در شرایط تنش متوسط و تنش شدید، رقم Anatol دارای بالاترین طول خورجین بودند. بیشترین تاثیر زئولیت در سطوح عدم تنش و تنش خشکی شدید در لاین KR4 (به ترتیب با افزایش ۳۰ و ۵۲ درصدی) و در تنش متوسط خشکی در لاین Eldo (۲۵ درصد افزایش) مشاهده گردید (جدول ۷).

**طول خورجین در ساقه فرعی**

نش خشکی متوسط و شدید نسبت به عدم تنش باعث کاهش معنی‌دار و به ترتیب ٣٤ و ٦٢ درصد طول خورجین در شاخه فرعی گردید (جدول ۷). از طرف دیگر استفاده از زئولیت به‌صورت متوسط باعث افزایش ۲۵ درصدی این صفت گردید (جدول ۷). در شرایط عدم تنش خشکی رقم GKH305 و در شرایط تنش متوسط و شدید رقم Anatol بالاترین طول خورجین فرعی را داشتند (جدول ۷). این نتایج با یافته‌های سایر محققین مبنی بر اثر منفی تنش بر طول خورجین مطابقت دارد (شعبانی و همکاران، ۱۳۸۹ و جباری و همکاران، ١٣٩٤). محققین این صفت را قابل توارث دانسته که به عوامل ژنتیکی بستگی دارد، با این حال تحت تاثیر شرایط محیطی نیز قرار می‌گیرد (صفایی و همکاران، ۱۳۸۷).

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر کاربرد زئولیت بر برخی صفات کلزا در سطوح مختلف تنش کم آبی

| ژنوتیپ | تنش خشکی×تیمار زئولیت | میانگین | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ارتفاع بوته | قطر ساقه | تعداد شاخه فرعی | طول خورجین در شاخه اصلی | طول خورجین در شاخه فرعی |
| KR4 | ٤٠٪× عدم زئولیت | d۱٥٥/٤ | e۱۰/٥۰ | d٥/٥٥ | e٥/۲۳ | c٤/۹۸ |
| | ٤٠٪× کاربرد زئولیت | a۱٦۹/٦ | a۱۱/۸۰ | b٦/٥۰ | a٦/۸۳ | a٦/۰۰ |
| | ٦۰٪× عدم زئولیت | g۱۲۱/۲ | iv/۸۷ | g۳/٥۰ | j۳/۹۳ | f۳/۱۰ |
| | ٦۰٪× کاربرد زئولیت | f۱۲٥/٤ | gh۸/۸۳ | f٤/۱۰ | h٤/۲۰ | e۳/۸۳ |
| | ۸۰٪× عدم زئولیت | n٥۷/٦ | m۳/۱۷ | k۱/۱۳ | p۱/۹۳ | j۱/٥۰ |
| | ۸۰٪× کاربرد زئولیت | h۹۷/۲ | k٤/۷۷ | i۲/۲۰ | l۲/۹۳ | g۲/٦۷ |
| GKH305 | ٤٠٪× عدم زئولیت | bc۱٦٤/۰ | de۱۰/۷۷ | c٥/۹۷ | c٥/۹۳ | b٦/٤۳ |
| | ٤٠٪× کاربرد زئولیت | a۱٦۹/۷ | ab۱۱/٦۰ | a٦/۸۷ | b٦/٥۳ | a٦/۰۰ |
| | ٦۰٪× عدم زئولیت | g۱۱۹/٦ | iv/٦۰ | h۳/۱۳ | j۳/۸۳ | f۳/۰۳ |
| | ٦۰٪× کاربرد زئولیت | ef۱۲۸/٥ | g۹/۱۷ | ef٤/۲۰ | fg٤/٤۳ | de٤/۱۰ |
| | ۸۰٪× عدم زئولیت | l٦۹/۱ | l۳/۸۰ | k۱/۲۰ | o۲/۱۰ | ij۱/۷۳ |
| | ۸۰٪× کاربرد زئولیت | j۸٥/٥ | k٤/٦۳ | i۱/۹۳ | m۲/٦۷ | g۲/٤۰ |
| **Anatol** | ٤٠٪× عدم زئولیت | c۱٦۱/۷ | de۱۰/۷۳ | cd٥/۷۷ | d٥/۷۳ | c٥/۰۷ |
| | ٤٠٪× کاربرد زئولیت | ab۱٦۷/٦ | cd۱۱/۰۷ | b٦/٥۰ | b٦/٤۳ | a٥/۹۳ |
| | ٦۰٪× عدم زئولیت | g۱۲۰/۸ | iv/۷٦ | g۳/٤۷ | i٤/۰۷ | e۳/۲۷ |
| | ٦۰٪× کاربرد زئولیت | e۱۳۱/۳ | f۹/٥۳ | e٤/٤۷ | e٤/٥۳ | d٤/٤۰ |
| | ۸۰٪× عدم زئولیت | kv٦/٥ | l۳/۹۷ | j۱/٥۳ | n۲/۳۷ | hi۲/۰۳ |
| | ۸۰٪× کاربرد زئولیت | i۹۱/٥ | j٥/۱۳ | i۲/۱۳ | l۲/۸۳ | g۲/٥۳ |
| **Eldo** | ٤٠٪× عدم زئولیت | c۱٦۰/٤ | d۱۰/۸۷ | c٥/۹۰ | c٥/٤۳ | c٥/۱۰ |
| | ٤٠٪× کاربرد زئولیت | ab۱٦۷/۱ | bc۱۱/۳۳ | b٦/٤۳ | bc٦/۱۳ | b٥/٤۷ |
| | ٦۰٪× عدم زئولیت | g۱۱۹/۳ | iv/٥۷ | h۲/۹۷ | k۳/۲۰ | f۳/۰۰ |
| | ٦۰٪× کاربرد زئولیت | ef۱۲۸/۱ | h۸/۸۰ | f٤/۰۰ | g٤/۳۷ | de٤/۱۰ |
| | ۸۰٪× عدم زئولیت | m٦۲/۲ | l۳/٦۳ | k۱/۱۳ | o۲/۰۷ | j۱/٦۰ |
| | ۸۰٪× کاربرد زئولیت | i۹۰/۹ | k٤/۷۷ | i۲/۰۷ | m۲/٥۷ | g۲/۳۳ |

در هر ستون تیمارهایی دارای حداقل یک حرف مشترک از نظری آماری بر اساس روش دانکن در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند

**تعداد خورجین در ساقه اصلی**

بر اساس نتایج، تنش‌های متوسط و شدید خشکی به صورت میانگین سبب کاهش ٤۳ و ۷٦ درصدی این صفت نسبت به تیمار عدم تنش گردید. استفاده از زئولیت سبب افزایش معنی‌دار این صفت در تمامی سطوح تنش خشکی گردید ولی با افزایش شدت تنش، کارایی زئولیت بالاتر رفت به‌طوری‌که در شرایط عدم تنش، تنش متوسط و تنش شدید این افزایش به ترتیب ۱۳، ۳٦ و ٦۰ درصد بود (جدول ۸). بررسی ژنوتیپ‌ها از نظر تعداد خورجین در ساقه اصلی نشان می‌دهد که در شرایط عدم تنش خشکی بالاترین تعداد خورجین در ساقه اصلی به رقم GKH305 و در شرایط تنش متوسط و شدید خشکی به رقم Anatol تعلق داشت. همچنین در شرایط عدم تنش و تنش شدید خشکی، بالاترین کارایی زئولیت به لاین KR4 (به ترتیب با افزایش ۱۸ و و ۱۱٥ درصدی) و در شرایط تنش متوسط خشکی به لاین Eldo(افزایش ٤۷ درصدی) اختصاص داشت (جدول ۸).

**تعداد خورجین در در شاخه‌های فرعی**

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که تنش خشکی بر این صفت هم اثر معنی‌دار داشت و بروز تنش خشکی متوسط و شدید به‌ترتیب منجر به کاهش ٦۳ و ۷۰ درصدی تعداد خورجین در شاخه فرعی گردید. (جدول ۸). استفاده از زئولیت در شرایط

عدم تنش، تنش متوسط و شدید به ترتیب سبب افزایش ۱۷، ۲۹ و ٦۷ درصدی این صفت گردید (جدول ۸). توان متفاوت ژنوتیپ‌ها در تحمل تنش خشکی سبب شد تا در سطوح متفاوت رژیم آبیاری، تعداد خورجین در شاخه فرعی آن‌ها تفاوت معنی-دار داشته باشد و بالاترین میزان این صفت در شرایط عدم تنش در رقم GKH305 و در دو تیمار تنش شامل تنش متوسط و تنش شدید خشکی در رقم Anatol مربوط بود. بررسی اثر زئولیت حاکی است که در تمامی سطوح رژیم آبیاری، تعداد خورجین تولید شده توسط هر چهار ژنوتیپ مورد آزمون نسبت به زئولیت وانش مثبت و معنی‌دار داشتند که بالاترین واکنش در شرایط عدم تنش و تنش شدید در لاین KR4 (با افزایش ۲۸ و ۹۵ درصدی) و در شرایط تنش متوسط در لاین Eldo (افزایش ۳٦ درصدی) دیده شد (جدول ۸). از آنجا که تنش خشکی میزان فتوسنتز و سوخت و سازمواد غذایی را در گیاه محدود می‌سازد، گیاه از میزان اجزای عملکر خود به ویژه تعداد خورجین در بوته می‌کاهد تا خود را با میزان مواد غذایی موجود در شیره گیاهی تطبیق دهد (گان و همکاران، ۲۰۰۹). فنایی و همکاران (۱۳۸۸) نیز بیان نمودند که تامین میزان مناسب رطوبت در کشت کلزا در مرحله قبل از گلدهی و در مرحله رویشی باعث طولانی شدن دوره‌ی گل‌دهی و افزایش تعداد غلاف‌ها می‌شود که دلیل آن را می‌توان به وجود سطح برگ بیش‌تر در دوره گل‌دهی و عرضه‌ی بیش‌تر مواد فتوسنتزی نسبت داد. اثر منفی تنش خشکی بر تعداد خورجین کلزا در سایر تحقیات نیز گزارش گردیده بود (دانشمند و همکاران، ۲۰۰۸، سینکی و همکاران، ۲۰۰۷). سیبی و همکاران (۱۳۹۰) با تحقیق بر روی اثر زئولیت بر گلرنگ گزارش کردند که استفاده از زئولیت به میزان ده تن در هکتار می‌تواند با کاهش تبخیر و تعرق، نیاز رطوبتی گیاه را تامین نماید و گیاه توانایی تولید و رشد خود را بهبود و تعداد غوزه بیشتری تولید نماید.

**تعداد دانه در خورجین در خورجین اصلی**

در هر دو تیمار استفاده و عدم استفاده از زئولیت تنش خشکی منجر به کاهش تعداد دانه در خورجین فرعی گردید که میانگین این کاهش در سطوح تنش متوسط و شدید خشکی به ترتیب ٤۰ و ۷۳ درصد بود (جدول ۷). زئولیت در مورد این صفت نیز موجب افزایش تعداد دانه در خورجین اصلی گردید، با این‌حال میزان افزایش در تیمارهای مختلف تنش خشکی متفاوت و به ترتیب برای شرایط عدم تنش، تنش متوسط و تنش شدید ۳۸، ۲۷ و ۱٤٥ درصد بود (جدول ۸). در بین ژنوتیپ‌ها نیز اختلاف معنی‌دار از نظر تولید دانه در خورجین اصلی وجود داشت و در شرایط عدم تنش خشکی، رقم GKH305 و در شرایط تنش متوسط و شدید خشکی، رقم Anatol بالاترین میزان این صفت را در سطوح مختلف تنش خشکی داشتند. بالاترین درصد افزایش تعداد دانه در خورجین اصلی در اثر کاربرد زئولیت در شرایط عدم تنش و تنش شدید خشکی مربوط بود به لاین KR4 که در آن زئولیت سبب افزایش ٦۸ و ۳٦۹ درصدی صفت مذکور شد و در شرایط تنش متوسط، بالاترین کارایی زئولیت در لاین Eldo با افزایش ۳٤ درصدی تعداد دانه در خورجین اصلی مشاهده گردید (جدول ۸).

**تعداد دانه در خورجین‌های فرعی**

تاثیر تنش خشکی بر تعداد دانه در خورجین فرعی کلیه ژنوتیپ‌ها معنی‌دار و منفی بود و میانگین این اثر منفی برای تنش‌های شدید و متوسط به ترتیب ٤۷ و ۸۱ درصد بود (جدول ۸). زئولیت با تاثیر مثبت بر حفظ رطوبت خاک افزایش تعداد دانه در بوته را به همراه داشت که میزان این افزایش بسته به سطح تنش متفاوت و از افزایش ۳۱ درصدی در تیمار عدم تنش تا افزایش ٤۰ و ۱٦۱ درصدی در شرایط تنش متوسط و شدید خشکی متغیر بود (جدول ۸). ژنوتیپ‌ها نیز در شرایط رطوبتی متفاوت توان تولید دانه متفاوتی داشتند که در شرایط عدم تنش خشکی و تنش شدید، لاین KR4 و در شرایط تنش متوسط، رقم Anatol بهترین جایگاه نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها قرار گرفتند. کارایی زئولیت در افزایش تعداد دانه در خورجین نیز در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش متفاوت بود و بالاترین تاثیر مثبت این ماده بر تعداد دانه در خورجین فرعی در شرایط عدم تنش و تنش شدید، به لاین KR4 (به ترتیب با افزایش ٤٦ و ۲۷٤ درصدی) و در شرایط تنش متوسط خشکی به لاین Eldo (افزایش ٤٦ درصدی) مربوط بود (جدول ۸). محمد و همکاران (۲۰۰۷) و اظهار داشتند که تنش در مرحله گلدهی با ایجاد محدودیت در تأمین مواد فتوسنتزی و کاهش ذخائر مواد هیدروکربنه، نمو دانه در درون خورجین‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد و باعث سقط دانه ها در خورجین می‌گردد که این نتایج با یافته‌های سنا و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت دارد. همچنین تنش در مراحل ابتدایی این دوره موجب کاهش معنی‌دار در تعداد خورجین در بوته می‌گردد، در حالی‌که اعمال تنش در اواخر گلدهی منجر به کاهش در تعداد دانه می‌شود (آل بارک، ۲۰۰٦، سینکی و همکاران، ۲۰۰۷ و ما و همکاران، ۲۰۰٦). محققین اعتقاد دارند که شدت اثرگذاری تنش رطوبتی تابعی از ژنوتیپ، شدت و مدت تنش، شرایط آب و هوایی و مراحل رشد و نمو

می‌باشد (رابرتسون و هالند، ۲۰۰٤، فاروق و همکاران، ۲۰۰۹ و سینکی و همکاران، ۲۰۰۷). صفائی و همکاران (۱۳۸۷) افزایش ۱۹/۵ درصدی این صفت را با کاربرد ۱۰ تن در هکتار زئولیت نسبت به عدم کاربرد آن گزارش کرده‌اند. تاثیر مثبت و معنی‌دار زئولیت بر اجزاء عملکرد در تیمار عدم تنش را نیز می‌توان به جذب انتخابی و آزادسازی کنترل شده عناصر غذایی توسط زئولیت نسبت داد که در کنار افزایش فراهمی طولانی‌مدت آب، از شسته شدن عناصر غذایی از خاک جلوگیری کرده و عناصر مورد نیاز گیاه را در طول فصل در اختیار گیاه قرار دهد (غلامحسینی و همکاران، ۲۰۱۳؛ نصری و همکاران، ۲۰۰۸).

**جدول ۸- مقایسه میانگین اثر کاربرد زئولیت بر برخی صفات کلزا در سطوح مختلف تنش کم آبی**

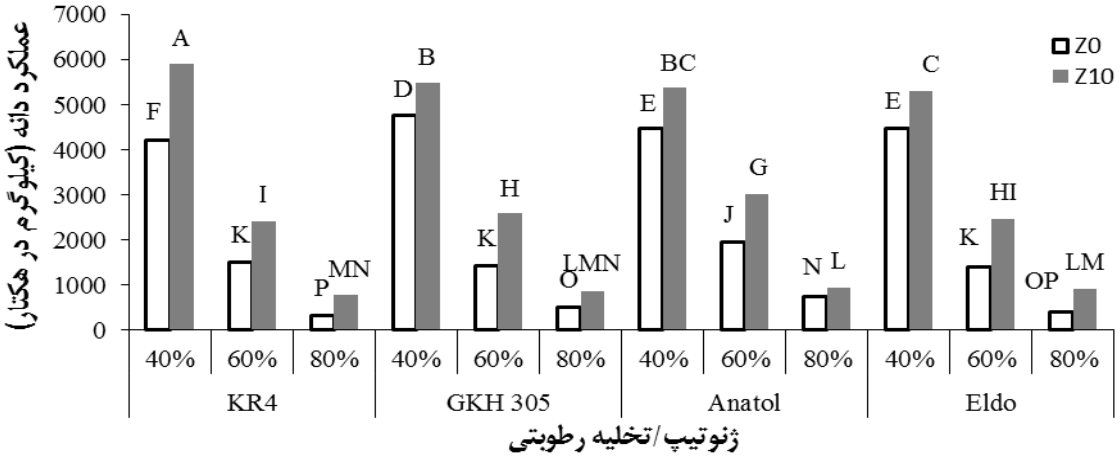
| ژنوتیپ | تنش خشکی×تیمار زئولیت | میانگین | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | تعداد خورجین | | تعداد دانه در خورجین | |
| | | در شاخه اصلی | در شاخه فرعی | در شاخه اصلی | در شاخه فرعی |
| KR4 | ٤۰٪× عدم زئولیت | d۷۲/۸۳ | h۹۳/۵۸ | h۱۸/۹۸ | g۱۸/٤۰ |
| | ٤۰٪× کاربرد زئولیت | a۸٦/۲۷ | a۱۱٦/۲۷ | a۳۱/۸۳ | a۲٦/۹۰ |
| | ٦۰٪× عدم زئولیت | gh۳۹/٤۳ | n٥٤/۰۰ | l۱۳/۲۳ | l۹/۹۰ |
| | ٦۰٪× کاربرد زئولیت | f٤۹/٦۳ | l٦٥/۷۷ | j۱٥/٦۰ | j۱۲/۸۰ |
| | ۸۰٪× عدم زئولیت | m۱۲/٥۷ | v۲۱/٦۰ | s۲/٦۰ | r۱/۹۰ |
| | ۸۰٪× کاربرد زئولیت | f۲۷/۰۳ | q٤۰/۳۷ | m۱۲/۲۰ | nv/۱۰ |
| GKH305 | ٤۰٪× عدم زئولیت | c۷۷/۷۳ | e۹۸/۸۳ | e۲۳/۰۳ | e۱۹/۸۳ |
| | ٤۰٪× کاربرد زئولیت | a۸٥/۷ | b۱۱۳/۰۰ | b۳۱/۰۷ | b۲٥/۱۳ |
| | ٦۰٪× عدم زئولیت | h۳۸/۱۷ | o٥۲/۷۰ | l۱۲/۹۳ | m۹/۲۳ |
| | ٦۰٪× کاربرد زئولیت | f٥۱/۹ | k۷۰/۱۷ | i۱٦/۷۰ | i۱۳/٦۷ |
| | ۸۰٪× عدم زئولیت | m۱٤/۷۳ | u۲٤/۸۰ | r۳/۹۳ | q۲/٥۰ |
| | ۸۰٪× کاربرد زئولیت | k۲۲/٥۳ | s۳٥/۹ | p۸/۲۰ | p٥/۲۳ |
| Anatol | ٤۰٪× عدم زئولیت | d۷۳/۲۰ | g۹٥/٤۳ | g۲۱/٥۰ | f۱۹/۱۰ |
| | ٤۰٪× کاربرد زئولیت | b۸۲/٤۷ | c۱۱۰/۸ | c۲۸/۹۸ | c۲٤/۱۷ |
| | ٦۰٪× عدم زئولیت | g٤۱/۰۳ | m٥۹/٤۷ | k۱٥/۰۰ | k۱۰/۹۳ |
| | ٦۰٪× کاربرد زئولیت | e٥٦/۱۳ | i۷٥/٥۰ | h۱۹/۲۳ | h۱٥/۰۳ |
| | ۸۰٪× عدم زئولیت | l۱۸/۱۳ | t۲۹/۰۳ | q٦/۰۰ | q۲/٥۰ |
| | ۸۰٪× کاربرد زئولیت | k۲۳/۲۳ | p٤۱/۸۰ | n۹/۹۷ | o٥/۹۷ |
| Eldo | ٤۰٪× عدم زئولیت | d۷٤/۳۷ | f۹٦/٦۰ | f۲۲/٥۳ | f۱۹/۱۳ |
| | ٤۰٪× کاربرد زئولیت | b۸۱/۷۳ | d۱۰۹/۷۰ | d۲٦/۸۷ | d۲۳/٦۰ |
| | ٦۰٪× عدم زئولیت | i۳٤/۸۳ | o٥۲/۷۰ | m۱۲/٤۳ | m۸/۹۷ |
| | ٦۰٪× کاربرد زئولیت | f٥۱/۰۷ | jv۱/۷۰ | i۱٦/٦۷ | j۱۳/۱۳ |
| | ۸۰٪× عدم زئولیت | n۱٤/۰۰ | w۲۰/۱۷ | r۳/۷۰ | qr۲/۲۳ |
| | ۸۰٪× کاربرد زئولیت | k۲۲/۰۷ | r۳۷/٥۳ | o۹/۳۷ | p٥/٥۳ |

در هر ستون تیمارهایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند از نظری آماری بر اساس روش دانکن در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

**عملکرد دانه**

بر اساس نتایج مقایسه میانگین، کاهش عملکرد در اثر بروز تنش خشکی بسیار شدید بود با این‌حال مصرف زئولیت، شدت خسارت را تا حدودی کاهش داد. بر این اساس در تیمار عدم مصرف زئولیت، میزان خسارت تنش‌های متوسط و شدید خشکی به ترتیب ٦٤ و ۸۸ درصد و در تیمار مصرف زئولیت به ترتیب ٥٤ و ۸٤ درصدی در اثر تنش متوسط و تنش شدید خشکی بود (شکل ۳). استفاده از زئولیت به طور معنی‌دار سبب افزایش عملکرد دانه در کلزا گردید، که بر اساس نتایج، کارایی آن بر عملکرد دانه با افزایش شدت تنش خشکی افزایش یافت.

به طوری که استفاده از زئولیت در شرایط عدم تنش، تنش متوسط و شدید خشکی عملکرد را به ترتیب ۲۳، ٦۷ و ۷۸ درصد افزایش داد (شکل ۳). بر اساس نتایج، در شرایط عدم تنش خشکی، رقم GKH305 و در شرایط تنش متوسط و شدید خشکی رقم Anatol بالاترین عملکرد دانه را داشتند. همچنین با این‌که تمامی ژنوتیپ‌ها نسبت به تنش خشکی واکنش منفی نشان دادند ولی شدت تنش خسارت در ژوتیپ‌های مختلف متفاوت بود و بالاترین کاهش عملکرد در اثر تنش متوسط به لاین KR4 و رقم GKH305 (با ٦۱ درصد کاهش) و در اثر تنش شدید به لاین KR4 (با ۸۹ درصد کاهش) مربوط بود. میزان تاثیر زئولیت نیز در سطوح مختلف بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بود. به طوری که که بالاترین کارایی ماده مذکور در عدم تنش و تنش شدید خشکی در لاین KR4 (به ترتیب افزایش ٤۰ و ١٤٤ درصدی) و در تنش متوسط در رقم GKH305 (با افزایش ۸۲ درصدی) مشاهده گردید (شکل ۳). کاهش عملکرد کلزا در شرایط کمبود آب توسط بسیاری از محققین گزارش گردیده است (جباری و همکاران، ١٣٩٤؛ فرجی، ۲۰۰۹؛ استنبالوگلو و همکاران، ۲۰۱۰؛ فنایی و همکاران، ۱۳۹۳ و حاتم‌وند و همکاران، ۱۳۹۳). 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 می‌کند و از طرف دیگر با افزایش سقط جنین در زمان گل‌دهی، کاهش تعداد بذر و کاهش تعداد و اندازه غلاف ایجاد محدودیت مخزن کرده و در مجموع با کاهش اجزاء عملکرد، از عملکرد نهایی می‌کاهد (قاسمیان و همکاران، ۲۰۱۱؛ دین و همکاران، ۲۰۱۱). در تحقیقات والتون و همکاران (۲۰۰۲) کمبود رطوبت خاک بعد از شروع گلدهی را عامل کاهش ۵۰ درصدی عملکرد دانه دانستند و علت اصلی این وضعیت را کاهش شدید تعداد خورجین دربوته کلزا ذکر کردند که با نتایج به دست آمده در این تحقیق مطابقت دارد. ماندال و همکاران (۲۰۰٦) کاهش عملکرد محصول را در شرایط محدودیت آبیاری را در ارتباط با بسته شدن روزنه‌ها و کاهش سرعت و مقدار فتوسنتز و در پی آن کاهش وزن هزاردانه دانسته‌اند. تاثیر مثبت زئولیت بر رطوبت خاک و نگهداری مواد غذایی را می‌توان مهمترین عامل تاثیر گذار زئولیت بر عملکرد دانست. جذب انتخابی و آزادسازی کنترل شده عناصر غذایی از زئولیت باعث می‌شود در صورت انتخاب نوع صحیح زئولیت مصرفی، هنگامی که این مواد به عنوان اصلاح کننده به خاک اضافه می شود، ار طریق افزایش فراهمی طولانی مدت آب و عناصر غذایی به بهبود رشد گیاه کمک می‌کند (پولات و همکاران، ۲۰۰٤). پیش از این نیز اثر مثبت زئولیت در شرایط تنش خشکی بر روی عملکرد گیاه کدو پوست کاغذی توسط اسکندری زنجانی و همکاران (۱۳۹۰) و نعیمی و همکاران (۱۳۹۱) در گیاه گلرنگ توسط یوسفوند و همکاران (۱۳۹۰)، در کلزا توسط شیرانی‌راد وهمکاران (۱۳۹۰) و زاهدی و همکاران (۲۰۰۹)، در آفتابگردان توسط غلامحسینی و همکاران (۲۰۱۳) در گیاه نعناع توسط قنبری و همکاران (۲۰۱۳)، در چغندرقند توسط اکبری و همکاران (۱۳۸۹) و در سیب زمینی توسط مدنی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش گردیده بود. همچنین محققین گزارش کردند که شدت واکنش عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف کلزا در مواجه با تنش خشکی متفاوت می‌باشد (محمد و همکاران، ۲۰۰۷).




**شکل ۳- اثر متقابل زئولیت (Z0: عدم مصرف و Z10 مصرف ۱۰ تن در هکتار زئولیت) و تنش خشکی (بر اساس درصد تخلیه رطوبتی) بر عملکرد دانه چهار ژنوتیپ کلزا (بر اساس روش دانکن در سطح آماری ۰/۰۵)**

**نتیجه‌گیری**

کاربرد ده تن زئولیت در هکتار به دلیل خاصیت جذب، نگهداری و افزایش دسترسی به رطوبت در شرایط تنش کم‌آبی، موجب کاهش شدت و اثر زیان‌بار تنش در کلزا گردید. کاربرد زئولیت در شرایط عدم تنش خشکی را می‌توان به افزایش توان جذب مواد غذایی و عناصر غذایی خاک که توسط زئولیت ایجاد می‌گردد، نیز ارتباط داد. همچنین در شرایط تنش خشکی، فراهمی رطوبت حاصل از کاربرد زئولیت، از طریق ممانعت از هدر رفت انرژی و توان گیاه برای مقابله و سازگاری با تنش خشکی، منجر به افزایش اجزای عملکرد دانه و در نهایت افزایش عملکرد دانه گیاه گردید. بر این اساس، به نظر می‌رسد می‌توان افزودن زئولیت به خاک را به عنوان یکی از راه‌کارهای امکان‌پذیر برای کاهش اثر کمبود آب بر تولید گیاهان زراعی برای بررسی بیشتر معرفی نمود.

**منابع**


احمدی آذر، ف.، ط. حسن‌لو.، ع. ایمانی و و. فیضی اصل. ۱۳۹٤. تنش خشکی و کاربرد زئویت معدنی بر رشد و برخی پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه پنیرک (*Malva sylvestris*). مجله پژوهش‌های گیاهی. جلد ۲۸، شماره ۳: ٤٥۹-٤٧٤.

اسکندری زنجانی، ک.، ا.ح. شیرانی‌راد.، م. نعیمی.، ا. مرادی اقدم. و ت طاهرخانی. ۱۳۹۰. بررسی تاثیر کاربرد زئولیت و سلنیم بر صفات فیزیولوژیک و زرتعی گیاه کدو پوست کاغذی در رژیم‌های مختلف رطوبتی. تولید گیاهان زراعی در شرایط تنش. جلد ۳، شماره ۱: ۸۵-۷۱.

اکبری، م.، غ.ر. ملکی.، ا. زند. ۱۳۸۹. بررسی اثرات کاربرد زئولیت و پتاسیم بر رشد رویشی و عملکرد چغندرقند. یافته‌های توین کشاورزی. جلد ۵، شماره ۲: ۱۲۵-۱۳۲.

پازکی، ع. ۱۳۸۹. اثر مقادیر مختلف زئولیت و تنش کم آبی بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت کلزا (*Brassica napus* L) در منطقه شهرری. مجله زراعت و اصلاح نباتات. جلد ٦ ، شماره ۱: ۱-۱٦.

جباری، ح.، غ.ع. اکبری.، ن.ا. خوش‌خلق‌سیما.، ا.ح. شیرانی‌راد.، ا. اله‌دادی. و ف. تاجدینی. ۱۳۹٤. بررسی ویژگی‌های زراعی، فیزیولوژیک و کیفی کلزا تحت تنش آبی. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. جلد ۸، شماره ۱: ۳۵-٤۹.

حاتم‌وند، م.، ط. حسنلو.، ف. دهقان نیری.، ا.ح. شیرانی‌راد.، س.ع. طباطبایی. و س.م. حسینی. ۱۳۹۳. بررسی برخی شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ارقام کلزا تحت تاثیر تنش خشکی. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. جلد ۷، شماره ۱: ۱۷۳-۱۸۵.

سیبی، م.، م. میرزاخانی. و م. گماریان.۱۳۹۰. اثر تنش آبی، مصرف زئولیت و سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ بهاره. یافته‌های نوین کشاورزی. جلد ۵، شماره ۳: ۲۷۵-۲۹۰.

شجاعی، ا.ن.، ب. دلخوش.، ا.ح. شیرانی‌راد. و ق. نورمحمدی. ۱۳۹۱. بررسی اثر پتاسیم و زئولیت بر صفات کمی و کیفی شلغم روغنی در تنش خشکی آخر فصل. تولید گیاهان زراعی در شرایط تنش‌های محیطی، جلد ٤، شماره ٤: ۵۱-٦۲.

شعبانی، ع.، ع. ا، کامگار حقیقی.، ع. ر، سپاسخواه.، ی، امام و ت، هنر. ۱۳۸۹. اثر تنش آبی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و کیفیت کلزای پاییزه (*Brassica napus* L.) رقم لیکورد. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۱۲، شماره ٤: ٤۲۱-٤۰۹

شیرانی راد، ا.ح.، م. مرادی اقدم.، ت. طاهرخانی.، ک. اسکندری و ا. نظری گلشن. ۱۳۹۰. ارزیابی واکنش گیاه کلزا به مقادیر نیتروژن و رژیم-های رطوبتی در شرایط کاربرد و عدم کاربرد زئولیت. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. جلد ۳، شماره ٤: ۳۰٦-۲۹٦.

صفائی، ر.، ا.ح، شیرانی‌راد.، م.ج، میرهادی و ب، دلخوش. ۱۳۸۷. تأثیر زئولیت بر صفات زراعی دو رقم کلزا تحت شرایط تنش خشکی. مجله علمی پژوهشی گیاه و زیست بوم. جلد ۱۵، شماره ٤: ۷۹-٦۳

عزیزی م.، ا. سلطانی. و س. خاوری خراسانی. ۱۳۸۳. کلزا، فیزیولوژی، زراعت، به نژادی و تکنولوژی زیستی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه مشهد. مشهد. ۲۳۰ صفحه.

علیزاده، ا. ۱۳۸۳ . رابطه آب و خاک و گیاه (ترجمه). انتشارات دانشگاه امام رضا مشهد. ٤۷۰ صفحه.

فتحی، ق. و م.ر. عنایت قلی زاده. ۱۳۸۹. تاثیر استرس خشکی در مراحل رشد بر عملکردهای دانه و روغن ارقام کلزا. فیزیولوژی گیاهان زراعی. جلد ۲، شماره ۲: ۱۱٤-۹۷.

فرهمند، ه، ف. نظری، س. عشقی، م. خوشخوی.۱۳۸٦ .کاربرد مقادیر مختلف زئولیت طبیعی و اتفن بر تولید گل نرگس شیراز. خلاصه مقالات پنجمین کنگره ی علوم باغبانی ایران. دانشگاه شیراز.

فنایی، ح.ر.، م. گلوی.، م. کافی.، ا. قنبری بنجار و ا.ح. شیرانی راد. ۱۳۸۸. اثر مصرف کود پتاسیم و میزان آب آبیاری بر عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در دو گونه کلزا (*Brassica napus* L.) و خردل هندی (*Brassica juncea*). مجه علوم زراعی ایران. جلد ۱۱، شماره ۳: ۲۸۹-۲۷۱.

فنایی، ح.ر.، م.ر. ناروئی‌راد. و م. محمدقاسمی. ۱۳۹۳. ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌های بهاره کلزا. مجله به نژتدی نهال و بذر. جلد ۳۰، شماره ۲: ۲۶۹-۲۸۷.

-قلی زاده، آ.، م. اصفهانی و م. عزیزی. ۱۳۸۵. مطالعه اثرات تنش آب به همراه کاربرد زئولیت طبیعی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica*). پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی. جلد ۷۳، شماره ۳: ۹۶-۱۰۲.

مدنی، ح.، آ. مقیمی. و ن. ساجدی. ۱۳۸۹. تاثیر مقادیر مختلف زئولیت و دور آبیاری بر عملکرد و برخی صفات سیب زمینی. یافته های نوین کشاورزی. جلد ٤، شماره ۳: ۲۸۱-۲۸۹.

میرزاخانی، م. ۱۳۹۰. اثر تنش آبی و مصرف زئولیت بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گلرنگ پاییزه. نشریه زراعت و اصلاح نباتات. جلد ۷، شماره ۳: ۳۹-۵۹.

نادری درباغشاهی، م. ر.، ح، مدنی.، س. ع، حسینی و ح. ر، جوانمرد. ۱۳۸۹. بررسی عکس العمل ارقام کلزای پاییزه به قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد. فصلنامه علمی-پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. جلد ۳، شماره ۲: ۱۹۷-۱۸۵.

نعیمی م.، غ.ع. اکبری.، ا.ح. شیرانی‌راد.، ط. حسنلو. و غ.ع. اکبری. ۱۳۹۱. اثر کاربرد زئولیت و محلول پاشی سلنیم در شرایط تنش کم آبی بر روابط آبی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاه دارویی کدو پوست کاغذی. مجله به زراعی کشاورزی.جلد ١٤، شماره ۱: ۸۱-٦٧.

نعیمی، م. ۱۳۹۲. بررسی اکوفیزیولوژیک تأثیر کاربرد زئولیت و سلنیم بر تحمل به تنش کم‌آبی در گیاه دارویی کدو تخم کاغذی (*Cucurbita pepo* L.). پایان نامه دکترا دانشگاه تهران.

یوسفوند، پ.، ن. ساجدی. و م. میرزاخانی. ۱۳۹۰. تاثیر تنش خشکی، مصرف زئولیت و سلنیوم بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان. یافته‌های نوین کشاورزی. جلد ۵، شماره ۳: ۳۲۵-۳۳۹.

Ahmadi, M and M.J. Bahrani. 2009: Yield and yield components of rapeseed as influenced by water stress at different growth stages and nitrogen levels. American-Eurasian. J. Agric. Environ. Sci: 5:755:761.

Al-Barrak, K.M. 2006. Irrigation interval and nitrogen level effects on growth and yield of canola (*Brassica napus* L.), Scientific J. King Faisal Uni. Basic Applied Sci. 7: 87-103.

Daneshmand, A., A.H. Shirani-Rad and J. Daneshian. 2008. Echo-physiological and agronomical aspects of rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes as affected by soil water availability. P. 244-245. Proceeding of the 12th International Rapeseed Congress Sustainable Development in Cruciferous Oilseed Crops Production. 26-30 March Wuhan, China. Science Press USA Inc.

Din, J., S.U. Khan., I. Ali and A.R. Gurmani. 2011. Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. Journal of Animal and Plant Sciences. 21: 78-82.

FAO. 2016. Foodoutlook. Global Market Analysis. http://www.fao.foodoutlook.com

Faraji, A., N. Lattifi, A. Solatni and A. H. Shirani Rad. 2009.Seed yield and water use efficiency of canola as affected by high temperature stress and supplemental irrigation. Agric Water Manag. 96: 132-140.

Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita and S. M. A. Basra. 2009. Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. Agron. Sustain. 29: 185-212.

Gan, Y., C.A. Campbell., L. Liu., P. Basnyat and C.L. McDonald. 2009. Water use and distribution profile under pulse and oilseed crops in semiarid northern high latitude areas. Agric Water Manag. 96: 337-348.

Ghanbari M and S. Ariafar. 2013. The effect of water deficit and zeolite application on growth traits and oil yield of medicinal peppermint (*Mentha pipertia* L.). Intern J. Aromatic plants. 3: 32-39.

Ghasemyan Ardestani, H., A.H. Shirani Rad and P. Zandi, P. 2011. Effect of drought stress on some agronomic traits of two rapeseed varieties grown under different potassium rates. Australian J. Basic Appl Sci. 5: 2875-2882.

Gholamhoseini, M., A. Ghalavand., A. Khodaei-Joghan., A. Dolatabadian., H. Zakikhani and H. Farmanbar. 2013. Zeolite-amended cattle manure effects on sunflower yield, seed quality, water use efficiency and nutrient leaching. Soil Till. Res. 126: 193–202.

Gholamhoseini, M., M. Aghaalikhani., A. Khodaei-Joghan., H. Zakikhani and A. Dolatabadian. 2012. How zeolite controls nitrate leaching and modifies canola grain yield and quality. Agric Res Rev. 1: 113–126.

Gunasekera, C.P., L. D. Martin., K. H. M. Siddique and G. H. Walton. 2006. Genotype by environment interactions of Indian mustard (*B. juncea L.*) and canola (*B. napus L.*) in Mediterranean-type environments:1-Crop growth and seed yield. Eur. J. Agron. 25: 1-12.

Harb, E. M. Z and M. A, Mahmoud. 2009. Enhancing of growth, essential oil yield and components of yarrow plant (*Achillea millefolium* L.) growth under safe agriculture conditions using zeolite and compost. 4rd Conference on Recent Technologies in Agriculture. Giza. Egypt.

Istanbulluoglu, A., B. Arslan., E. Gocmen., E. Gezer and C. Pasa. 2010. Effects of deficit irrigation regimes on the yield and growth of oilseed rape (*Brassica napus* L). Biosystem Enginiering. 105: 388–394.

Ma, Q., S.R. Niknam. and D.W. Turner. 2006. Response of osmotic adjustment and *B. juncea* to soil water deficit at different growth stages. Australian Journal of Agricultural Research. 57: 221-226.

Mailer, P., D. Baltensperger., G. Clayton., A. Johnson., G. Lafond, B. McConkey., B Schatz and J. Starica. 2002. Pulse crop adaptation and impact across the Northern Great Plains. Agriculture. 94: 261-272.

Mandal, K.G., K.M. Hati., A.K. Misra and K.K. Bandyopadhyay. 2006: Assessment of irrigation and nutrient effects on growth, yield and water use efficiency of Indian mustard (*Brassica juncea*) in central India. J. Agric. water manage. 85: 279-286.

Moghaddam, M.J and S.S. Pourdad. 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.

Mohammad, T., A. Ali., M.A. Nadeem., A. Tanveer and Q.M. Sabir. 2007. Performance of canola under different irrigation levels. Pakistan J. Botany. 39: 793-746.

Nasri, M., H. Zahedi and H. R. Tohidi Moghadam. 2008. Investigation of Water Stress on macro elements in Rapeseed genotypes Leaf (*Brassica napus*). Ameri. J. Agric and Bio Sci. 3: 669-672.

Polat, E., M, Karaca, H, Demir and A. Naci Onus. 2004. Use of natural zeolite (Clinoptilolite) in agriculture. J. Fruit Ornamental Plant Res. 12: 183 -189.

Qian, W., Q. Li., J. Noack., O. Sass., J. Meng., M. Frauen and C. Jung. 2009. Heterotic patterns in rapeseed (*Brassica napus* L.): II. Crosses between European winter and Chinese semi winter lines. Plant Breeding. 128: 466–470.

Robertson, M.J and F. Holland. 2004. Production risk of canola in semi-arid subtropics of Austeralia. Australian J. Agri Res 55: 525-538.

Rashidi, S., A.H. ShiraniRad., A. Ayene Band., F. Javidfar and S. Lak. 2012. Study of relationship between droughts stresses tolerances with some physiological parameters in canola genotypes (*B. napus* L.). Annals Biol Res. 3: 564-569.

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

Sangtarash, M. H., M.M. Qaderi, C.C. Chinnappa and D.M. Reid. 2009. Differential sensitivity of canola (*Brassica napus*) seedlings to ultraviolet-B radiation, water stress and abscisic acid. Environ. Exp. Botany. 66: 212-219.

Sinaki, J. M., E. Majidi Heravan, A. H. Shirani Rad, G. Noormohamadi and G. Zarei. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*B.napus* L.). Amer-Eurasian J. Agric.Environ. Sci. 2:417-422.

Singh. K.B and M.C. Saxena.1991. Studies on Drought tolerance in legume program. Annual report ICARDA. 112 P.

Tohidi-Moghaddam, H. R., A. H. Shirani-Rad, G. Noormohammadi, D. Habibi and M.M.A. Boojar. 2009. Effect of super absorbent application on antioxidant enzyme activities in canola (*Brassica napus* L.) cultivars under water stress conditions. American J. Agric. Biol. Sci. 4: 215-223.

Walton, G; N. Medham., M. Robertson and T. Potter. 2002. Phonology, Physiology and Agronomy. Australian J. Agric Res. 59: 1425-39.

Yarnia, M., N. Arabifard., F. Rahimzade Khoei and P. Zandi. 2011. Evaluation of drought tolerance indices among some winter rapeseed cultivars. African J. Biotech. 10: 10914-10922.

Zahedi, H., G. Noormohamaki., A.H. Shirani-Rad., D. habibi and M. Boojar. 2009. The effect of Zeolite and foliar application of selenium on growth yield and yield components of three canola cultivars under drought stress. World Appl Sci J. 7: 255-262

Zarei, G., H. Shamsi and S.M. Dehghani. 2010. The effect of drought stress on yield, yield components and seed oil content of three autumnal rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.). J Res Agric Sci, 6: 29-37.

# Study the efficiency of zeolite in reduce the effect of drought stress on agronomical traits and seed yield of rapeseed in Karaj region

S. Mottaghi[1], L. Mottaghi[2], A. Shiranirad[3], O. Lotfifar[1]

Received: 2016-12-2 Accepted: 2017-3-6

**Abstract**

To study the effect of zeolite use on growth characteristics and yield of rapeseed (*Brassica napus*) under drought stress, a split factorial experiment in a randomized complete blocks design was conducted with four replications in Seed and Plant Improvement Institute in Karaj. In this study, there were three irrigation regimes (Irrigation after 40, 60 and 80% soil water deficit, as non-stress, low stress and high stress, respectively) and use of zeolites in two levels (0 and 10 tons per ha zeolite) arranged in factorial in main plots and four genotypes of rapeseed (Line KR4 and Eldo and GKH 305 and Anatol cultivars) in sub-plots. The means compression revealed that water stress leads to significant decrease in plant height, stem diameter, number of branches per plant, length and number of silique per main stems and branches, seed numbers in main and second silique, dry matter and seed yield. Two moderate and severe water stress caused to 59 and 86% reduction in seed yield. But use of zeolite caused to significant increase in the above mentioned traits. The interaction of zeolite and water stress results also indicated zeolite efficiency increased with increasing water restrictions and finally zeolite efficiency was 27, 64 and 94 percent in seed production in non-stress, moderate and severe stress, respectively. Although under non stress condition KR4 line and GKH305 cultivar had the highest seed yield in use and non-use of zeolite, respectively. Under medium and severe stress, Anatol had the highest yield. So use of zeolite, especially in severe stress, by keep soil water and decrease the effect of stress on yield components, can increase seed yield of rapeseed.

**Key words:** Oil yield, seed per silique, seed weight, and water deficit

[1]- Assistant Professor, Payam Noor University, Tehran, Iran
[2]- Former PhD Student of Aboureyhan campus, The University of Tehran, Tehran, Iran
[3]- Professor of Seed and Plant Improvement Institute, AREEO, Karaj, Iran