اثر زئولیت بر کاهش اثرات تنش خشکی در ارقام مختلف کلزا در شرایط اقلیمی فیروزکوه

فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۳، شماره ۴، صفحات ۴۷-۳۳
(زمستان ۱۳۹۶)

مهدی عُشری

باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران ✉ mehdi.oshri@gmail.com

چکیده به منظور تعیین نقش زئولیت در کاهش اثرات تنش خشکی در چند رقم کلزا، آزمایش مزرعه‌ای در شرایط اقلیمی فیروزکوه به صورت فاکتوریل- کرت خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در منطقه فیروزکوه انجام شد. ارقام کلزا شامل Kr18، Karaj1، Ks12، Goliath، Hyola401، Karaj2، Eagle، SW، Come و Hyola420 بودند. دو عامل میزان آبیاری و کاربرد یا عدم کاربرد زئولیت در کرت‌های اصلی و ارقام کلزا در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. آبیاری در سه سطح شامل آبیاری معمول، قطع آبیاری از مرحله گلدهی و خورجین‌دهی انجام شد. زئولیت به میزان ۸ تن در هکتار قبل از کاشت همراه با شخم اولیه، توزین و به خاک اضافه شد. اجزای عملکرد تحت شرایط تنش خشکی کاهش یافت و منجر به کاهش عملکرد دانه گردید. کاربرد زئولیت منجر به افزایش عملکرد دانه و روغن دانه شد. بیشترین عملکرد دانه در آبیاری مطلوب بدون توجه به کاربرد زئولیت به دست آمد. در شرایط کاربرد زئولیت رقم Kr18 بیشترین عملکرد را به خود اختصاص داد ولی در صورت عدم استفاده از زئولیت رقم Eagle گزینه‌ی مناسب‌تری بود. در شرایط تنش آبی، استفاده از زئولیت برای جلوگیری از کاهش عملکرد، توصیه می‌شود.

شناسه مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ پژوهش: ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۸/۲۴

تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۱۱

واژه‌های کلیدی

- استرس خشکی
- تنش آبی
- رژیم آبیاری
- سوپرجاذب
- قطع آبیاری

این مقاله با دسترسی آزاد تحت شرایط و قوانین The Creative Commons of BY - NC - ND انتشار یافته است.

DOI: 10.22034/AEJ.2018.538879

مقدمه کلزا از مهمترین گیاهان روغنی است که کمبود منابع آبی، توسعه سطح زیر کشت آن را در کشور محدود می‌کند. یکی از راه‌های گسترش کمی و کیفی زراعت، افزایش بهره‌وری از منابع آب و خاک است.[۱] تنش در نتیجه ورود غیرعادی فرآیندهای فیزیولوژیک که از تأثیر یک یا ترکیبی از عوامل زیستی و محیطی حاصل می‌شود، به وجود می‌آید.[۱۱] تنش خشکی وارده به گیاه از مهم‌ترین عوامل کاهش درصد روغن در گیاه می‌باشد.[۱۳] خشکی، علاوه بر محدود کردن رشد گیاهان، توسعه سطح زیر کشت آن را نیز کاهش می‌دهد و از این رو، اقدامات در کشاورزی، به سمت مصرف بهینه منابع آبی و افزایش بهره برداری از آن، سوق داده می‌شود. در این راستا، به کارگیری عملیات زراعی مناسب و استفاده از ارقام متحمل‌تر به خشکی می‌تواند بسیار کارا باشد.[۱] به دلیل کمبود آب در مناطق خشک و نیمه خشک شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی نیاز می‌باشد.[۲] یکی از روش‌های مقابله با تنش آبی، افزودن مواد سوپرجاذب به خاک می‌باشد که علاوه بر بالابردن کارایی مصرف آب، بهبود خواص خاک را نیز منجر می‌شود.[۳۰] زئولیت‌ها[1] نوعی سوپرجاذب می‌باشند که موادی از گروه آلومینوسیلیکات‌ها[2] با ساختمان بلوری هستند و توانایی زیادی در جذب آب دارند. همچنین علاوه بر ذخیره آب مورد نیاز گیاه، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را نیز افزایش و نقش اصلاح کنندگی در خاک ایفا می‌کنند. همچنین زئولیت به‌عنوان تنظیم کننده آب عمل و با قابلیت آبگیری و از دست دادن آب در شرایط کمبود آب، گیاه را برای مقابله با تنش خشکی توانمندتر می‌سازد.[۶] *راکو و مک‌گریگور (۱۹۷۵)* و *فالر و داون (۱۹۷۰)* آبیاری را موجب افزایش مقدار روغن کلزا دانستند.[۶،۳۲] *کروگمان و هابز (۱۹۷۵)* اظهار داشتند تنش آب تأثیر عمده‌ای روی کیفیت دانه ندارد ولی تنش در مرحله گل‌دهی، مقدار روغن دانه کلزا را کاهش می‌دهد.[۱۸] *مندهام و سالیسبوری (۱۹۹۵)* درصد روغن ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه حدود ۳۰٪ عنوان شده است.[۲۱] *مجد نصیری (۲۰۰۴)* در بررسی تحمل به شدت‌های مختلف تنش خشکی ارقام کلزا نتیجه گرفت، همگام با افزایش طول دوره خشکی در بوته‌ها، افت عملکرد نیز بیشتر بوده و شروع تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه خسارت کمتری وارد کرده است.[۲۴] *فرانسویس (۱۹۹۴)* نیز گزارش کردند تنش خشکی اواخر فصل عمدتاً از طریق تعداد خورجین در بوته، باعث افت عملکرد کلزا می‌گردد.[۷] *بانج شفیعی (۲۰۰۲)* بیان داشت متوسط ماده خشک در شرایط کاربرد زئولیت در کلزا به طور معنی‌داری از شاهد بیشتر بود.[۳] *موران (۱۹۹۴)* زئولیت می‌تواند تا ۶۰٪ وزن خود آبگیری کند که ناشی از خلل و فرج زیاد می‌باشد.[۲۲] *پازوکی و همکاران (۲۰۱۰)* بیان کردند که با به کار بردن ۶ تن در هکتار زئولیت همراه با آبیاری معمول در محصول کلزا، بیشترین وزن هزار دانه و عملکرد دانه حاصل شد.[۲۹]

هدف این پژوهش تعیین اثرات خشکی در چند رقم کلزا و امکان کاهش اثرات تنش خشکی با استفاده از کاربرد ماده سوپرجاذب زئولیت بود.

مواد و روش‌ها این آزمایش به صورت فاکتوریل-کرت خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در منطقه فیروزکوه با موقعیت جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه عرض شرقی و ۵۲ درجه و ۴۴ دقیقه طول شمالی با ارتفاع ۱۹۷۶ متر از سطح دریا اجرا شد. منطقه فیروزکوه با مجموع بارندگی ۲۴۵/۵ میلی‌متر، حداقل و

[1] zeolites
[2] aluminosilicates

جدول ۱) برخی مشخصات فیزیکی شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1) Some of the physical chemical properties of the soil at the test site

sand (%)	silt (%)	clay(%)	soil texture	EC(ds)	total nitrogen (%)	Organic carbon (%)	pH	P (ppm)	K (ppm)
22	50	28	Silt loam	0.54	0.03	0.25	7.6-7.7	27.5	489

حداکثر دمای سالانه به ترتیب ۲۷- و ۳۲ + درجه سلسیوس و متوسط دمای سالانه ۹/۶ درجه سلسیوس، دارای اقلیم سرد و خشک است.[۱۲]

ارقام کلزا شامل Kr18، Karaj1، Ks12، Goliath، Hyola401، Karaj2، Eagle، SW، Come و Hyola420 بود که از شرکت سبزینه پزوران سبز، قائمشهر دریافت شد. به منظور آماده‌سازی، زمین مورد نظر آبیاری و آزمایش خاک انجام شد (جدول ۱).

براساس این آزمون، ۶۰ کیلوگرم در هکتار ازت از منبع اوره و ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفات از منبع فسفات آمونیوم در زمان شخم استفاده شد. همچنین کود ازت به صورت سرک به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله شروع ساقه رفتن و ظهور اولین غنچه‌های گل مصرف شد. آبیاری در سه سطح شامل آبیاری معمول، قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی و خورجین‌دهی بود. زئولیت به میزان ۸ تن در هکتار قبل از کاشت همراه با شخم توزین و به خاک اضافه گردید. مبارزه با علف هرز به صورت دستی و بدون اعمال علف‌کش انجام شد.

در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و بیولوژیک، شاخص برداشت از پنج بوته اندازه‌گیری شد. عملکرد روغن و پروتئین دانه نیز به ترتیب از حاصلضرب درصد روغن و پروتئین در عملکرد دانه حاصل شد. برای محاسبه درصد روغن و پروتئین نمونه‌ها به ترتیب از روش سوکسله[۳] و کجلدال[۴] استفاده شد.

دو عامل میزان آبیاری و زئولیت به صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی و ارقام کلزا در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. تجزیه واریانس با نرم‌افزار SAS ver. 9.1.3 و مقایسه میانگین ساده صفات از آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار[۵] و برای مقایسه میانگین اثر متقابل از آزمون کمترین مربعات[۶] استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد خورجین در گیاه

اثر ساده رقم از نظر تعداد خورجین در بوته در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. سایر اثرات ساده و اثرات متقابل اختلاف معنی‌داری از جهت تعداد خورجین در بوته نداشتند (جدول ۲). ارقام Kr18، comet، Sw، Karaj1 و Eagle برتری معنی‌داری از جهت تعداد خورجین در بوته نسبت به دیگر ارقام داشت. (شکل ۱). *نیکنام و تارنر (۲۰۰۳)، شکاری (۱۹۸۰)، لطیفی (۱۹۹۵) و شولز (۱۹۷۴)* نشان دادند که با کمبود آب در مرحله گرده‌افشانی و یا پرشدن دانه در کلزا، و کاهش میزان آب در دسترس تعداد خورجین در گیاه را کاهش داشت که این کاهش در مطالعه کنونی قابل توجه نبود.[۱۹،۲۷،۳۸،۳۹]

نتایج این پژوهش با نتایج پژوهشگران دیگری نظیر *پانا (۱۹۹۲)، پوما و همکاران (۱۹۹۹)، فرانکویس (۱۹۹۴)، شکاری (۲۰۰۱)* که اختلاف بین ارقام در خصوص تعداد خورجین در گیاه را اظهار داشتـــــند،

[3] soxhlet
[4] kjeldahl
[5] LSD (Least Significant Difference)
[6] lsmeans (least-squares means)

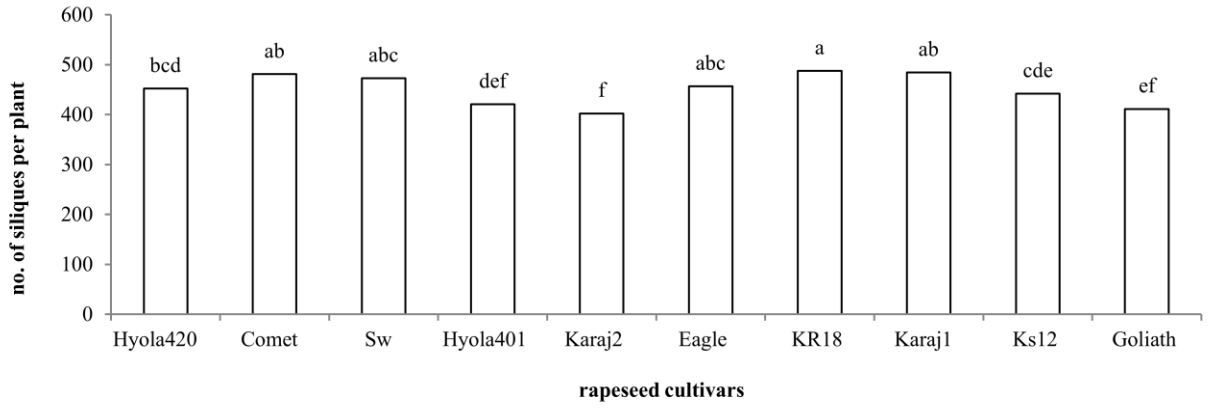
جدول ۲) تجزیه واریانس ویژگی‌های زراعی کلزا تحت تأثیر ارقام، تنش آبی و کاربرد زئولیت

Table 2) Analysis of variance of rapeseed cultivars traits effected by water stress and zeolite application

Source of variation	df	no. of silique per plant	no. of seed per silique	seed oil percentage	seed yield	see oil yield	thousand seed weight	biological yield	harvest index
Replication	2	3113871.84**	19174.3917**	3.4874902**	41798.7**	688.00*	0.24551**	1053700.8**	0.0001656*
Irrigation regime (I)	1	288804.75ns	22.5125ns	6.1685378**	2993449.9**	911964.14**	1.725**	84453122.6**	0.002372**
Zeolite application (Z)	2	92386.23ns	21.3780ns	0.1765258ns	10319095.7**	3430925.66**	6.56**	232199474.0**	0.0029226**
I*Z	2	59.57ns	0.0986ns	0.0857915ns	5840.8**	714.92*	0.4502**	130734.6**	0.0000449ns
Cultivar (C)	9	2961.17**	2.0874ns	2.2864856**	1130302.8**	282546.63**	1.353194**	3626488.6**	0.0006**
Z*C	9	260.41ns	0.0869*	0.1491547**	141447.3**	32212.61**	0.071892**	35830.7**	0.0000778**
I*C	18	194.4ns	0.0990**	0.1756107**	73023.9**	16624.79**	0.1103136**	112240.3**	0.0000545**
I*C*Z	18	209.59ns	0.0590ns	0.1560431**	101351.1**	20834.33**	0.0758179**	254482.4**	0.0000258**
Experimental error	108	644.31	0.0350	0.00005	3.9	7.99	0.0000271	30.8	0.000007

* and ** significant at 5 and 1% probability level, respectively and ns is non-significant.

**معنی‌دار در سطح ۱٪ * معنی دار در سطح ۵٪ و ns غیرمعنی‌دار



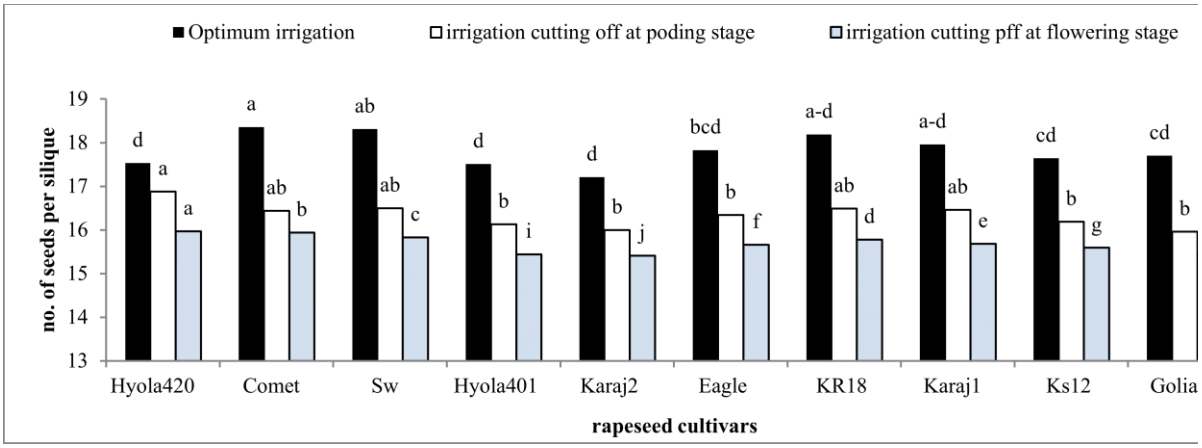
شکل ۱) تعداد خورجین در گیاه در ارقام مختلف کلزا تحت تنش آبی و کاربرد زئولیت

Figure 1) Number of seeds siliques per plants in rapeseed cultivars under water stress and zeolite application

همخوانی دارد.[۷،۲۸،۳۱،۳۹] به نظر می‌رسد پتانسیل ژنتیکی در تعیین تعداد خورجین در گیاه حایز اهمیت می‌باشد. این صفت در مطالعه حاضر تحت تأثیر مقدار آبیاری و کاربرد زئولیت قرار نگرفته است.

تعداد دانه در خورجین

اثرات متقابل زئولیت در رقم در سطح ۵٪ و اثر متقابل آبیاری در رقم در سطح ۱٪ معنی‌دار بود و سایر اثرات تأثیری نشان ندادند (جدول ۲). بدون کاربرد زئولیت، ارقام Hyola420، Comet، Sw، Kr18 و Karaj1 نسبت به دیگر ارقام در تعداد دانه در خورجین برتری نشان دادند. در صورتی که در شرایط کاربرد زئولیت، رقم Comet، Sw، Eagle، Kr18 و Karaj1 بالاترین تعداد دانه در خورجین را به خود اختصاص داد. به طور کلی در تمامی ارقام کاربرد زئولیت موجب بهبود تعداد دانه در خورجین شده است لیکن این افزایش در ارقام مختلف، به یک صورت نبوده است (شکل ۳). در شرایط آبیاری مطلوب رقم Comet، Sw، Kr18 و Karaj1 نسبت به دیگر ارقام تعداد دانه در خورجین برتری داشتند. که این نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد که این ارقام استفاده مطلوبی از نهاده‌هایی چون آب دارند. درصورتی که با برقراری تنش در مرحله خورجین‌دهی، رقم Hyola420 به همراه Kr18 و Karaj1 برتر بودند این موید آن است که این ارقام مقاومت مطلوبی به کم‌آبی دارد. همچنین در شرایط تنش شدیدتر (قطع آبیاری از مرحله گلدهی) همه ارقام کاهش قابل توجه‌ای در تعداد دانه در غلاف نشان دادند که در اینجا رتبه نخست برای رقم Hyola420 بود (شکل ۲). تفاوت بین ارقام مختلف و تاثیر پتانسیل ژنتیکی قبلا توسط *سنا و همکاران (۲۰۰۳)* اظهار شده است.[۳۶] *رائو و مندهام (۱۹۹۱)* و *گوش و همکاران (۱۹۹۴)* نشان دادند که آبیاری تکمیلی کلزا باعث افزایش تعداد دانه در خورجین گردیده است که در پژوهش کنونی نیز این افزایش در تعداد دانه، همگام با آبیاری مشهود است.[۸،۳۳] در بررسی حاضر دلیل کاهش تعداد دانه در خورجین در شرایط خشکی می‌تواند این‌گونه باشد که وقوع تنش خشکی از مرحله خورجین‌دهی موجب کاهش جذب آب و املاح و در نتیجه کاهش فتوسنتز برگ و تولید شیره پرورده گردیده است. این وضعیت موجب از بین رفتن اندام‌های زایشی و در نتیجه افزایش آسیب پذیری تشکیل دانه‌ها در خورجین

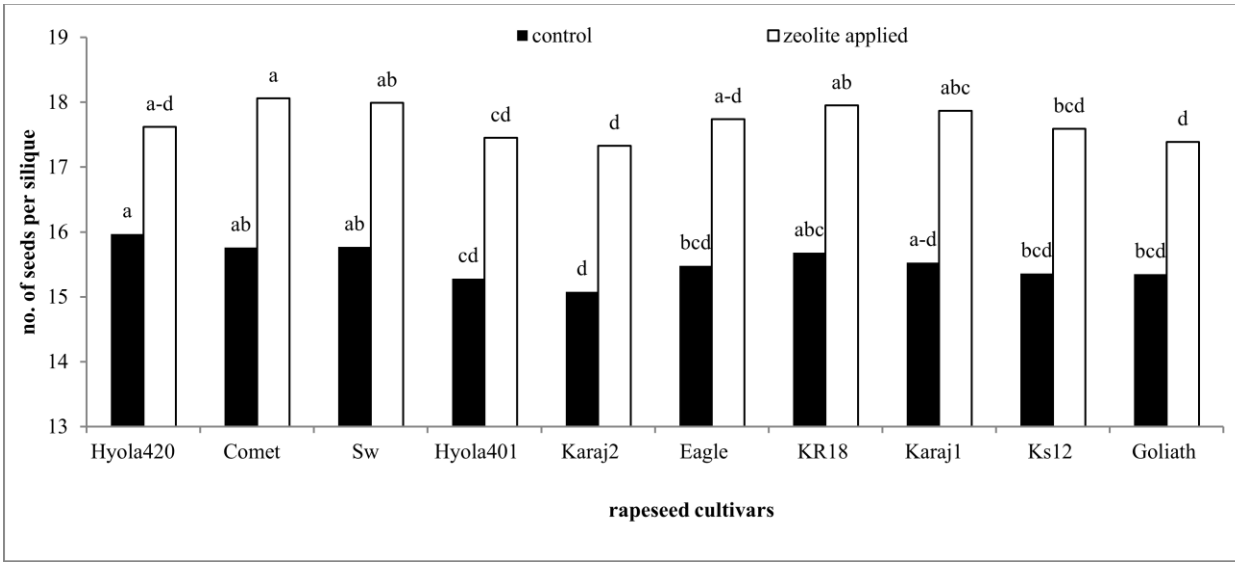


شکل ۲) تعداد دانه در خورجین در ارقام کلزا تحت سطوح مختلف تنش آبی

Figure 2) Number of seeds per silique in rapeseed cultivars under water stress different level

توجه: ارقام مختلف در شرایط مختلف آبیاری به طور جداگانه با هم مقایسه شده‌اند.

Note: Various cultivars have been compared in different irrigation levels, separately.



شکل ۳) تعداد دانه در خورجین در ارقام کلزا در شرایط کاربرد و عدم کاربرد زئولیت

Figure 3) Number of seeds per silique in rapeseed cultivars in zeolite applied and control conditions

توجه: ارقام مختلف در شرایط کاربرد و عدم کاربرد زئولیت، به طور جداگانه با هم مقایسه شده‌اند.

Note: Various cultivars have been compared in zeolite application and control condition, separately.

شده است. نتایج فوق با نتایج پژوهشگرانی *نظیر پوما (۱۹۹۹) نیکنام و همکاران (۱۹۹۹)، هاشم (۱۹۹۸) و سانا (۲۰۰۳)* که همگی کاهش تعداد دانه در خورجین را در اثر تنش خشکی گزارش نمودند، همخوانی دارد.[۱۰،۲۶،۳۱،۳۶]

عملکرد دانه

تمامی اثرات اعم از ساده و متقابل در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). در شرایط آبیاری مطلوب، رقم Eagle نسبت به دیگر ارقام برتر بود. قطع آبیاری در خورجین‌دهی، رقم Comet عملکرد دانه قابل توجهی از خود نشان داد که حاکی از مقاومت بالا این رقم به خشکی می‌باشد در شرایط عدم کاربرد زئولیت و آبیاری مطلوب رقم Eagle نسبت به دیگر ارقام برتر بود در حالی که همراه با کاربرد زئولیت و آبیاری مطلوب رقم Karaj1 عملکرد بالاتری به خود اختصاص داد. زمانی که قطع آبیاری از خورجین‌دهی همراه با کاربرد زئولیت بود، رقم Hyola420 نسبت به دیگر ارقام برتر بود اما در همین شرایط آبیاری و عدم کاربرد زئولیت رقم Eagle برتر بود. سرانجام اینکه در قطع آبیاری از گلدهی بدون کاربرد و یا بدون کاربرد زئولیت بازهم رقم Eagle جایگاه نخست را به خود اختصاص داد (جدول ۴). تفاوت بین ارقام مختلف کلزا در عملکرد توسط *ردی (۱۹۹۸)* نیز گزارش شده است.[۳۱] در مطالعه حاضر با کاهش آبیاری کاهش عملکرد مشهود بود هرچند که کاربرد زئولیت بخشی از این کاهش را جبران کرد در صورتی که *شیرانی (۲۰۰۰) عنوان داشت که با* افزایش فاصله آبیاری، کاهش عملکرد دانه معنی‌دار نمی‌شود و آن را به دلیل استفاده کلزا از بقایای رطوبت خاک *دانست*.[۴۰]

درصد روغن دانه

اثرات ساده آبیاری و رقم و نیز سایر اثرات متقابل شامل رقم در کاربرد زئولیت، رقم در آبیاری و نیز اثر متقابل سه‌گانه از جهت درصد روغن دانه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. (جدول ۲). آبیاری مطلوب همراه با کاربرد زئولیت، رقم Karaj1 برتری معنی‌داری در درصد روغن دانه داشت می‌تواند استفاده بهتر این رقم از نهاده‌ها را نشان دهد اما وقتی از زئولیت استفاده نشد این بار Comet جایگاه بهتری به خود اختصاص داد. همگام با قطع آبیاری از خورجین‌دهی و کاربرد زئولیت این بار نیز Comet برتری داشت اما درصورت عدم کاربرد زئولیت Eagle وضعیت بهتری داشت که به نوعی مقاومت این رقم را نشان می‌دهد زمانی که آبیاری از گلدهی قطع شد و هیچ اصلاح کننده‌ای به خاک اضافه نشد این بار رقم Karaj1 شرایط مناسبتری داشت با این مقدار تنش و کاربرد زئولیت رقم Hyola420 جایگاه اول درصد روغن دانه را بین دیگر ارقام از آن خود کرد (جدول ۳). بروز کمبود آب در مراحل مختلف رشدی به ویژه دوره رشد زایشی کمیت و کیفیت روغن تولید شده، را تحت تأثیر قرار می‌دهد یافته‌های این پژوهش با *سنگتراش (۲۰۰۹)* که کاهش درصد روغن دانه همزمان با قطع آبیاری در مرحله گلدهی را بیان داشت برابری می‌کند.[۳۷]

عملکرد روغن دانه

اثر ساده زئولیت، آبیاری و رقم و همچنین اثرات متقابل آبیاری در رقم، زئولیت در رقم و نیز اثر متقابل سه‌گانه از جهت صفت عملکرد روغن دانه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود و نیز اثرات متقابل آبیاری در زئولیت در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). در شرایط عدم کاربرد زئولیت و آبیاری مطلوب رقم Eagle نسبت به دیگر ارقام برتر بود در حالی که همراه با کاربرد زئولیت و آبیاری مطلوب رقم Karaj1 عملکرد روغن بالاتری به خود اختصاص داد در قطع آبیاری از خورجین‌دهی و نیز از زئولیت استفاده شد، رقم Hyola420

عملکرد روغن دانه‌اش برتر بودکه این دلالت به استفاده بهینه این رقم از زئولیت در شرایط خشکی داشت وقتی زئولیت استفاده نشد رقم Eagle شرایط بهتری داشت در تنش شدیدتر یا همان قطع آبیاری از گلدهی با کاربرد یا بدون کاربرد زئولیت، برتری از آن Eagle بود که می‌توان حاکی از مقاومت بالای این رقم به خشکی و استفاده بهتر از اصلاح کننده‌های خاک دانست (جدول ۵). افزایش عملکرد با افزایش آبیاری که در این مطالعه گزارش شد، با دیدگاه *فرجی و همکاران (۲۰۰۸)* که عنوان داشتند آبیاری تکمیلی سبب افزایش عملکرد روغن دانه شده است همخوانی داشت[۵]

عملکرد بیولوژیک

اثر ساده زئولیت، آبیاری و رقم و همچنین اثرات متقابل آبیاری در زئولیت، آبیاری در رقم، زئولیت در رقم و نیز اثر متقابل سه گانه از جهت صفت عملکرد بیولوژیک در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). در شرایط عدم کاربرد زئولیت و آبیاری مطلوب رقم Hyola410 نسبت به دیگر ارقام برتر بود درحالیکه همراه با کاربرد زئولیت و آبیاری مطلوب رقم Karaj2 عملکرد بیولوژیک بالاتری به خود اختصاص داد در اولین سطح تنش، قطع آبیاری از خورجین‌دهی که از زئولیت استفاده نشد رقم Kr18 در عملکرد بیولوژیک برتری نشان داد لیکن با کاربرد زئولیت مجددا Karaj2 در صدر قرار گرفت با اعمال شدیدتر تنش همراه با کاربرد زئولیت Hyola410 عملکرد بیولوژیک بالاتری نسبت به دیگر ارقام از آن خود کردکه مؤید تاثیر بیشتر به کار بردن زئولیت در این رقم می‌باشد اما در همین شرایط رطوبتی و عدم استفاده از زئولیت Karaj2 قدرت پتانسل زنتیکی خود را نشان داد (جدول ۷). کاهش عملکرد بیولوژیک که در پژوهش حاضر به آن اشاره شد توسط *شیرانی‌راد (۲۰۰۱)* که قطع آبیاری از گلدهی به بعد، کاهش معنی‌داری در عملکرد بیولوژیک کلزا داشت گزارش شد.[۴۱]

شاخص برداشت

اثر ساده زئولیت، آبیاری و رقم و همچنین اثرات متقابل آبیاری در رقم، زئولیت در رقم، و نیز اثر متقابل سه‌گانه از جهت صفت شاخص برداشت در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). در شرایط عدم کاربرد زئولیت و آبیاری مطلوب ارقام Eagle و Kr18 نسبت به دیگر ارقام برتر بود همراه با کاربرد زئولیت و آبیاری مطلوب رقم Kr18 شاخص برداشت بالاتری به خود اختصاص داد زمانی که آبیاری در مرحله خورجین‌دهی قطع شد توام با کاربرد یا عدم کاربرد زئولیت رقم Kr18 نسبت به دیگر ارقام برتر بود که نشان‌دهنده توان این رقم در انتقال مواد فتوسنتزی به دانه دارد. همگام با تنش بیشتر یا همان قطع آبیاری از گلدهی با کاربرد زئولیت Kr18 و Eagle برتری قابل توجهی به دیگر ارقام داشت با همین مقدار تنش و تیمار شاهد زئولیت، رقم Eagle برتر بود که موید مقاومت این رقم در شرایط خشکی در خصوص شاخص برداشت می‌باشد در تمامی تیمارها استفاده از زئولیت منجر به بهبود شاخص برداشت شده است (جدول ۸). نتایج این پژوهش که کارایی استفاده از زئولیت در کلزا را نشان داد با یافته‌های *خوشبخت و همکاران (۲۰۰۷) که* در آزمایش خود روی تربچه اظهار داشتند استفاده از زئولیت باعث افزایش شاخص برداشت شده است مطابقت می‌کرد.[۱۷]

وزن هزار دانه

اثر ساده زئولیت، آبیاری و رقم و همچنین اثرات متقابل آبیاری در زئولیت، آبیاری در رقم، زئولیت در رقم و نیز اثر متقابل سه گانه از جهت صفت وزن هزار دانه در سطح ۱٪ معنی دار بود (جدول ۲). در هر دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد زئولیت و

جدول ۳) اثر تنش آبی و کاربرد زئولیت بر درصد روغن ارقام کلزا در شرایط اقلیمی فیروزکوه. (ارقام مختلف در هر سطح آبیاری و هر سطح زئولیت به طور جداگانه مقایسه شده است)

Table 3) The effect of water stress and zeolite application on oil percentage of rapeseed cultivars in Firoozkooh climate condition (It should be noted that different cultivars at each level of irrigation and each level of zeolite were compared separately)

Water stress levels	Zeolite	Hyola420	Comet	SW	Hyola410	Karaj2	eagle	Kr18	Karaj1	Ks12	Goliath
Optimum irrigation	control	47.03 d	47.27 a	47.23 b	46.14 i	45.95 j	47.12 c	46.94 e	49.8 f	46.68 g	46.40 h
	applied	46.66 f	46.92 d	47.19 c	46.23 i	46.54 g	46.83 e	47.26 b	47.33 a	46.19 j	46.38 h
Irrigation cutting-off at podding stage	control	46.50 c	.4638 e	46.34 f	45.92 i	45.8 h	46.59 a	46.53 b	46.37 d	46.30 g	46.13 h
	applied	46.84 b	46.9 a	46.65 c	45.83 i	45.81 j	46.33 d	46.32 e	46.25 f	46.23 g	45.95 h
Irrigation cutting-off at flowering stage	control	46.60 b	46.5 c	45.97 f	45.75 g	45.37j	46.50 d	46.17e	46.71a	45.54 h	45.50 i
	applied	46.81 a	46.59 b	46.22 e	46.59 j	46.03 g	46.20 f	46.44 d	46.55 c	45.79 i	45.81 h

جدول ۴) اثر تنش آبی و کاربرد زئولیت بر عملکرد دانه ارقام کلزا در شرایط اقلیمی فیروزکوه (ارقام مختلف در هر سطح آبیاری و هر سطح زئولیت به طور جداگانه مقایسه شده است)

Table 4) The effect of water stress and zeolite application on seed yield of rapeseed cultivars in Firoozkooh climate condition (It should be noted that different cultivars at each level of irrigation and each level of zeolite were compared separately)

Water stress levels	Zeolite	Hyola420	Comet	SW	Hyola410	Karaj2	Eagle	Kr18	Karaj1	Ks12	Goliath
Optimum irrigation	control	4009.14 e	4047.83 c	3958.04 f	3669.56 j	3766.14 i	4271.96 a	4141.91 b	4017.48 d	3858.23 h	3878.23 g
	applied	4629.02 d	4597.08 e	4528.66 f	4389.g	4040.84 h	4676.78 c	4735.13 b	4893.33 a	3929.5 i	3777.84 j
Irrigation cutting-off at podding stage	control	3811.09 f	3902.45 b	3884.68 c	3698.82 h	3542.91 j	3946.6 a	3870.18 e	3880.69 d	3785.86 g	3678.53
	applied	4530.08 a	4479.19 b	4449.98 d	4280.02 g	4178.45 h	4297.42 f	4471.05 c	4400.21 e	3940.8 i	37921.0 j
Irrigation cutting-off at flowering stage	control	3720.9 c	3675.29 d	3591.34 f	3418.38 h	3501.49 g	3786.95 a	3741.34 b	3593.66 e	3035.37 i	2964.9 j
	applied	4291.86 d	4147.79 e	3984 f	3496.61 i	3372.98 j	4649.17 a	4508.27 b	4345.3 c	3627.4 g	3576.31 h

جدول ۵) اثر تنش آبی و کاربرد زئولیت بر عملکرد روغن دانه ارقام کلزا در شرایط اقلیمی فیروزکوه (ارقام مختلف در هر سطح آبیاری و هر سطح زئولیت به طور جداگانه مقایسه شده است)

Table 5) The effect of water stress and zeolite application on seed oil yield of rapeseed cultivars in Firoozkooh climate condition (It should be noted that different cultivars at each level of irrigation and each level of zeolite were compared separately)

Water stress levels	Zeolite	Hyola420	Comet	SW	Hyola410	Karaj2	Eagle	Kr18	Karaj1	Ks12	Goliath
Optimum irrigation	control	1812.57 d	1839.37 c	1796.98 f	1627.86 j	1663.93 i	1935.23 a	1869.28 b	1807.5 e	1731.23 g	1729.98 h
	applied	2138.87 d	2135.97e	2116.31 f	2009.47 g	1866.14 h	2173.31c	2220.67 b	2298.27 a	1801.04 i	1738.67 j
Irrigation cutting-off at podding stage	control	1689.88 f	1726.1b	1717.08 c	1617.07 h	1545.38 j	1743.64 a	1707.95 d	1706.81 e	1662.09 g	1609.12 i
	applied	2084.87 a	2068.13 b	2040.48 c	1928.51 g	1881.91h	1958.01f	2036.67 d	2001.34 e	1791.6 i	1713.4 j
Irrigation cutting-off at flowering stage	control	1641.34 b	1619.03 d	1563.48 f	1481.05 h	1504.88 g	1667.84 a	1635.85 c	1590.09 e	1309.27 i	1277.7 j
	applied	1967.85 d	1892.28 e	1803.29 f	1561.13 i	1520.35 j	2103.56 a	2050.01 b	1980.65 c	1626.38 g	1604.18 h

جدول ۶) اثر تنش آبی و کاربرد زئولیت بر وزن هزار دانه ارقام کلزا در شرایط اقلیمی فیروزکوه (ارقام مختلف در هر سطح آبیاری و هر سطح زئولیت به طور جداگانه مقایسه شده است)

Table 6) The effect of water stress and zeolite application on thousand seed weight of rapeseed cultivars in Firoozkooh climate condition (It should be noted that different cultivars at each level of irrigation and each level of zeolite were compared separately)

Water stress levels	Zeolite	Hyola420	Comet	SW	Hyola410	Karaj2	Eagle	Kr18	Karaj1	Ks12	Goliath
Optimum irrigation	control	4.15 d	4.37 b	4.13 e	3.78 h	3.53 j	4.07 f	4.38 a	4.25 c	3.94 g	3.69 i
	applied	4.30 e	4.74 b	4.29 f	3.82 i	3.70 j	4.51 d	4.92 a	4.60 c	4.21 h	4.22 g
Irrigation cutting-off at podding stage	control	4.40 a	4.39 b	4.28 c	3.68 i	3.54 j	4.17 d	4.15 e	4.09 f	3.97 g	3.80 h
	applied	4.46 c	4.65 a	4.54 b	3.87 j	4.04 i	4.45 d	4.36 f	4.45 e	4.22 g	4.05 h
Irrigation cutting-off at flowering stage	control	3.76 d	3.57 f	3.68 e	3.37 h	3.55 g	4.03 b	4.11 a	3.89 c	3.06 i	2.93 j
	applied	4.35 c	4.52 a	4.41 b	3.70 j	3.90 h	4.32 d	4.24 f	4.30 e	4.11 g	3.90 i

جدول۷) اثر تنش آبی و کاربرد زئولیت بر عملکرد بیولوژیک ارقام کلزا در شرایط اقلیمی فیروزکوه (ارقام مختلف در هر سطح آبیاری و هر سطح زئولیت به طور جداگانه مقایسه شده است)

Table 7) The effect of water stress and zeolite application on Biological yield of rapeseed cultivars in Firoozkooh climate condition (It should be noted that different cultivars at each level of irrigation and each level of zeolite were compared separately)

Water stress levels	Zeolite	Hyola420	Comet	SW	Hyola410	Karaj2	Eagle	Kr18	Karaj1	Ks12	Goliath
Optimum irrigation	control	17013.7 g	16750.4 i	17952.6 c	17971.9 a	17638.3 e	17964 b	17806 d	17486.1 f	16832.6 h	16541.8 j
	applied	19553.7 g	19088 i	20036 b	19712 d	20056 a	19632 e	20007 c	18896 j	19584 f	19099 h
Irrigation cutting-off at podding stage	control	15626.2 h	15695.2 g	16232.9 e	16475.7 b	16338.9 d	16384.4 c	16578.9 a	15316.2 i	15737.9 f	15308 j
	applied	17865 h	18116 g	18586 c	18479 e	18891 a	18751 b	18546 d	18262 f	17450 j	17629 i
Irrigation cutting-off at flowering stage	control	14713.6 g	14368.8 i	15152.8 e	15233.8 d	15418.4 a	15383.9b	15357.2 c	15040.1 f	14248.1 j	14488 h
	applied	16921 g	16647 i	17854 c	17873 a	17516 e	17855 b	17732 d	17356 f	16744 h	16453 j

جدول۸) اثر تنش آبی و کاربرد زئولیت بر شاخص برداشت ارقام کلزا در شرایط اقلیمی فیروزکوه (ارقام مختلف در هر سطح آبیاری و هر سطح زئولیت به طور جداگانه مقایسه شده است)

Table 8) The effect of water stress and zeolite application on harvest index of rapeseed cultivars in Firoozkooh climate condition (It should be noted that different cultivars at each level of irrigation and each level of zeolite were compared separately)

Water stress levels	Zeolite	Hyola420	Comet	SW	Hyola410	Karaj2	Eagle	Kr18	Karaj1	Ks12	Goliath
Optimum irrigation	control	0.2425 g	0.2540 d	0.2602 b	0.2384 h	0.2550 d	0.2674 a	0.2685 a	0.2581 c	0.2488 e	0.2467 f
	applied	0.2664 d	0.2675 c	0.2654 e	0.2533 g	0.2644 e	0.2686 b	0.2716 a	0.2666 cd	0.2535 g	0.2575 f
Irrigation cutting-off at podding stage	control	0.2487 d	0.2539 bc	0.2466 e	0.2424 g	0.2393 i	0.2550 b	0.2560 a	0.2536 c	0.240 h	0.2463 f
	applied	0.2621 b	0.2591 c	0.2611 b	0.2560 d	0.2509 e	0.2621 b	0.2642 a	0.2553 d	0.2483 f	0.2472 f
Irrigation cutting-off at flowering stage	control	0.2415 f	0.2484 b	0.2442 e	0.2368 hi	0.2357 i	0.2516 a	0.2484 c	0.2463 d	0.2378 h	0.2399 g
	applied	0.2533 b	0.2482 e	0.2523 c	0.2472 f	0.2462 fg	0.2553 a	0.2543 a	0.2492 d	0.2452 g	0.211 h

آبیاری مطلوب رقم Kr18 نسبت به دیگر ارقام برتر بود که نشان از پتانسیل ژنتیکی بالاتر این رقم در تولید وزن هزار دانه بود زمانی که حد متوسط تنش رخ داد یا همان قطع آبیاری از خورجین‌دهی، همزمان با کاربرد ۸ تن زئولیت، رقم Comet برتر بود ولی همین مقدار آبیاری در تیمار شاهد، رقم Hyola420 ارجح بود در حد بالای تنش همراه با کاربرد زئولیت، دوباره Comet قدرت نمایی کرد در حالی که در همین مقدار تنش و تیمار شاهد رقم Kr18 برتر از دیگر ارقام بود نتایج حاکی از تاثیر زئولیت در تنش آبی دارد که این تاثیر در ارقام، متفاوت است(جدول ۶). یافته‌های کنونی با آزمایشات *مندهام و سالیسبوری (۱۹۹۵)* برابری می‌کند که نشان داد وزن نهایی دانه‌ها تا حدود زیادی بین ژنوتیپ‌ها متفاوت بوده و از عوامل محیطی گوناگون متأثر می‌گردد.[۲۱] مشابه بود. *صداقت و همکاران (۲۰۰۳)* در بررسی جنبه‌های فیزیولوژیکی تحمل به خشکی در کلزا، اظهار داشتند تحت شرایط خشکی، ارقام اختلاف معنی‌داری در وزن هزار دانه نشان ندادند که با نتایج این مطالعه متفاوت بود.[۳۵] در صورتی که *کیلر (۱۹۹۸)* عنوان داشت با شرایط تنش شدید وزن هزار دانه کاهش می‌یابد که با نتایج پژوهش کنونی همخوانی دارد.[۱۵] نتایج این آزمایش‌ها با نتایج *مونیرو و مکنیلی (۱۹۹۲)* که معتقدند تنش خشکی ملایم تأثیر چندانی بر وزن هزار دانه ندارد همخوانی دارد.[۱۶]

نتیجه‌گیری کلی تأثیر استفاده از زئولیت بر عملکرد دانه و عملکرد روغن دانه مثبت و قابل توجه بود لیکن پاسخ ارقام، متفاوت بود. با توجه به اینکه در شرایط کاربرد زئولیت و عدم کاربرد زئولیت واکنش ارقام گوناگون، متفاوت بود بایستی انتخاب رقم بر مبنای این باشد که آیا امکان استفاده از زئولیت وجود دارد یا خیر؟ رقم Eagle بهترین عملکرد دانه را در شرایط عدم استفاده از زئولیت، و رقم Kr18 در شرایط کاربرد زئولیت، عملکرد دانه برتری داشت. در این جا بایستی به هزینه استفاده از زئولیت نیز توجه شود. بیشترین مقاومت به کم‌آبی از سوی رقم Eagle نشان داده شد.

تشکر و قدردانی از شرکت سبزینه پروران سبز شهر قائمشهر به سبب استفاده از امکانات آن مجموعه خصوصاً مهندس مازیار پهلوان مدیر عامل شرکت تشکر و سپاسگزاری می‌گردد.

References

1. Ahmadi M, Javidfar F (2000) The methods of evaluation and modification of drought resistance in oilseed species of Brazilian genus. Agricultural Research and Training Organization Publications: Tehran. [in Persian]
2. Angadi SV (2003) Yield adjustment by canola grown at different by plant population under semiarid condition. Crop Science 43(4):1357- 1366.
3. Banj-shafiee SH (2002) The effects of super absorb about soil moisture increasing fertilizer efficiency, plant establishment *Panicum antidotatea*. Final project report, Desert Research Department, Forestry and Rangeland Research Institute: Tehran, Iran. [in Persian]
4. Bengtsson A (1988) Current winter rape cultivars. Aktulla Hostrapssorter Svensk Frotidning 57:115-117.
5. Faraji A, Latifi N, Soltani A, Shirani A (2008) Effect of planting date and irrigation on dry matter accumulation, yield and harvest index of two canola varieties. Journal of Agricultural and Natural Resource Sciences 15(6): 95-107. [in Persian with English abstract]
6. Fowler D, Downey R (1970) Lipid and morphological changes in developing rapeseed *Brassica napus* L. Canadian Journal of Plant Science 50(3): 223-247.
7. Francois L (1994) Growth, seed yield, and oil contents of canola grown under saline conditions. Agronomy Journal 86(1):230-237.
8. Ghosh R, Bandyopadhyay P, Mukhopadhyay N (1994) Performance of rapeseed-mustard cultivars under various moisture regimes on the Gangetic Alluvial plain of West Bengal. Journal of Agronomy and Crop Sciences 173(1): 5-10.
9. Harb E, Mahmoud M (2009) Enhancing of growth, essential oil yield and components of yarrow plant (*Achillea Millefolium*) growth under safe agriculture conditions using zeolite and compost. Proceedings of the 4th Conference on Recent Technologies in Agriculture. Giza, Egypt.
10. Hashem A, Majumdar N, Hamid A, Hossein M (1998) Drought stress effects on seed yield, yield attributes, growth, cell membrane stability and gas exchange of synthesized *Brassica napus.* Journal of Agronomy and Crop Sciences 180(3): 129-136.
11. Hekmat-Shoar H (1993) Plant physiology under difficult conditions. Niknam Publisher: Tabriz. [in Persian]
12. Iran Metrological Organization (2016) Final report, Firoozkooh Metrological Statistics: Firoozkooh, Iran. [in Persian]
13. Jones H (1993) Drought tolerance and water use efficiency. In: Water Deficits, Griffits H (eds) pp: 193-219.
14. Kafi M, Zand M, Kamkar B, Sharifi H, Goldani M (2000) Plant physiology (2nd edition), Mashhad University Press, Mashhad. [in Persian]
15. Keiller D, Morgan D (1988) Effect of pod removal and plant growth regulations on the growth, development and carbon assimilate distribution in oilseed rape (*Brassica napus*). The Journal of Agricultural Science 111(2): 357-362.
16. Khoshnazar P, Ahmadi M, Ghanandha M (2000) A study of adaptation and yield capacity of rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars and lines. Iranian Journal of Agricultural Sciences 31(2): 341-352.
17. Khoshbakht D, Baninasad B (2007) Application of zeolite improved growth characteristics and yield of radish. Proceedings of the 5th Iranian Horticultural Science Congress. Shiraz. Iran. [in Persian]
18. Krogman K, Hobbs E (1975) Yield and morphological response of rape (*Brassica campestris* L. cv. Span) to irrigation and fertilizer treatments. Canadian Journal of Plant Science 55(4): 903-909.
19. Latifi N (1995) Effects of moisture deficiency on morphological characteristics, dry matter production and harvest index in the stages before and after flowering of canola. Journal of Agricultural Science and Technology 2(2): 83-71. [in Persian with English abstract]
20. Maliwal G, Thakkar K, Sonani V, Patel P, Trivedi S (1998) Response of mustard (*Brassica juncea* L.) to irrigation and fertilization. Annals of Agricultural Sciences 19(2): 353-355.
21. Mendham N, Salisbury P (1995) Physiology, Crop development, growth and yield. In 'Brassica Oilseeds Production and Utilization. Kimber DS, McGregor DI (eds). CAB International: Wallingford.
22. Moran J, Becana M, Frechilla S (1994) Drought induces oxidative stress in pea plants. Planta 194: 346-352.

23. Munir M, Mc Neilly T (1992) Comparison of variation in yield and yield components in forage and winter oilseed rape. Pakistan Journal of Agricultural Research 13(3): 289-292
24. Nasiri M (2004) Investigating the interaction of nutrient elements and drought stress in canola cultivars PhD thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Faculty of Agriculture: Tehran, Iran. [in Persian with English abstract]
25. Nielsen D, Janick J (1996) Potential of canola as a dryland crop in Northeastern Colorado. In: Janick (ed). Progress in New Crops. ASHS Press: Alexandria.
26. Niknam S, Turner D (1999) Physiological aspects of drought tolerance in *Brassica napus* and *Brassica Juncea.* Proceedings of the 10th International Rapeseed Congress. Camberra. Australia.
27. Niknam S, Ma Q, Turner D (2003) Osmatic adjustment and Seed yield of *Brassica napus* and *B. juncea* genotypes in a water-limited environment in South-Western Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture 43(9): 1127-1135.
28. Pannu R, Singh D, Singh P, Sangwan V, Chaudhury B (1992) Effect of moisture stress on growth, partitioning of biomass and harvest index of oilseed Brassica. Crop Research 56: 31-34.
29. Pazoki A (2010) Amount of zeolite and water stress on yield, yield components and harvest index of canola in the Shahr-e Rey. Journal of Agronomy 6(1): 1-16. [in Persian with English abstract]
30. Polat E, Karaca M, Demir H, Naci A (2004) Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research 12: 183-189.
31. Poma I, Venezia G, Gristina L (1999) Rapeseed (*Brassica napus* L. var. *oleifera* D.C.) echophysiological and agronomical aspects as affected by soil water availability. Proceedings of the 10th International Rapeseed Congress. Canberra. Australia.
32. Rakow G, McGregor D (1975) Oil fatty acid and chlorophyll accumulation in developing seeds of two 'linolenic acid lines' of two low erucic acid rapeseed. Canadian Journal of Plant Science 55(1): 197-203
33. Rao M, Mendham N (1991) Soil- plant-water relations of *Brassica campestris* L. Journal of Agricultural Science 117: 197-205.
34. Reddy C, Reddy P (1998) Performance of mustard varieties on alfisoils of Rayalaseema region of Andhra Pradesh. Journal of Oilseed Research 15: 379-380.
35. Sadaqat H, Nadeem-Tahir M, Tanveer-Hussain M (2003) Physiogenetic aspects of drought tolerance in canola (*Brassica napus*). International Journal of Agriculture and Biology 4: 611-614.
36. Sana M, Ali A, Asghar Malik M, Farrukh Saleem M, Rafiq M (2003) Comparative yield potential and oil contents of different canola cultivars (*Brassica napus* L.). Pakistan Journal of Agronomy 2(1): 1-7.
37. Sangtarash MH, Qaderi MM, Chinnappa C, Reid DM (2009) Differential sensitivity of canola (*Brassica napus*) seedling to ultraviolent-B radiation, water stress and Abscisic acid. Environmental and Experimental Botany 66(2): 212-219.
38. Schulze J (1974) Root development of wheat at the flowering stage under different cultural practices. Agricultural Research 1: 12-17.
39. Shekari F (2001) The investigation of drought stress on phenology, water relations, growth, yield and quality of rapeseed. PhD thesis, Tabriz University, faculty of agriculture: Tabriz, Iran. [in Persian with English abstract]
40. Shirani A (2000) Physiological study of tolerance to drought stress in canola cultivars. Final project report, Seed and Plant Improvement Institute: Karaj, Iran. [in Persian with English abstract]
41. Shirani A (2001) The evaluation of colza plant response to the amount of moisture and nitrogen in applying and non-applying zeolite condition. Journal of Crop Eco-Physiology 3(4): 296-306. [in Persian with English abstract]
42. Triboi-Blondel A, Renard M (1999) Effect of temperature and water stress on fatty acid composition of rapeseed oil (*Brassica napus* L.) Proceedings of the 10th International Rapeseed Congress. Erina, Australia.

Application of zeolite to alleviate of drought stress in rapeseed cultivars in Firoozkooh, Iran climate condition

Agroecology Journal
Vol. 13, No. 4 (33-47)
(winter 2018)

Mehdi Oshri
Young Researcher and Elite Club, Firoozkooh branch, Islamic Azad University, Firoozkooh, Iran
✉ mehdi.oshri@gmail.com

Received: 15 November 2017 **Accepted:** 02 March 2018

Abstract To investigate the effect zeolite application in alleviation of drought stress in some rapeseed cultivars, a field experiment was conducted based on randomized complete block design in factorial-split plot experiment in Firoozkooh, Iran climate condition. Rapeseed cultivars consist of Kr18, Karaj1, Ks12, Goliath, Hyola401, Karaj2, Eagle, SW, Comet and Hyola420. Two factors including irrigation levels and zeolite application were placed in main plots and rapeseed cultivars assigned in subplots. Irrigation was applied in three levels of normal irrigation, irrigation cutting-off in flowering and podding stages. Zeolite applied as pre-plant in 8 tons/ha rate along with initial plowing adding to the soil. The yield components decreased under drought stress conditions and ultimately led to a significant decrement in seed yield. Application of zeolite resulted in increasing of seed yield and seed oil content. The highest seed yield was obtained in normal irrigation regardless of zeolite application. In zeolite application cases, the Kr18 cultivar had the highest yield, Eagle cultivar was better in case of zeolite lack. Therefore, in drought stress condition, it is recommended to use zeolite to prevent seed yield losses in rapeseed cultivars.

Keywords
- water stress
- drought stress
- irrigation regime
- super-adsorbent
- cutting of irrigation

This open-access article is distributed under the terms of the Creative Commons-BY-NC-ND which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

DOI: 10.22034/AEJ.2018.538879