تأثیر کاربرد زئولیت و کود نیتروژن در شرایط تنش کم‌آبی بر خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک کلزا

امان غیاثوند غیاثی[۱*]، غلامعلی اکبری[۱]، امیرحسین شیرانی‌راد[۲]، ایرج اله دادی[۱] و معصومه نعیمی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۶/۱۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۶)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کاربرد زئولیت و کود نیتروژن در شرایط تنش کم‌آبی بر خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک کلزا رقم RGS003، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۰- ۱۳۸۹ در منطقه قزوین به اجرا درآمد. در این تحقیق، عامل آبیاری در دو سطح شامل آبیاری معمول بر اساس ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (شاهد) و قطع آبیاری از مرحله ساقه‌دهی به بعد، عامل زئولیت در دو سطح شامل صفر و ده تن در هکتار و عامل نیتروژن نیز در سه سطح صفر، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش صفات تعداد خورجین در بوته (۴۱٪)، تعداد دانه در خورجین (۲۶٪)، وزن هزار دانه (۳۳٪)، عملکرد دانه (۵۲/۵ ٪)، درصد روغن (۱۴٪)، میزان رطوبت نسبی برگ (۳۱/۵٪) و میزان کلروفیل کل (۳۵٪) گردید. عدم مصرف نیتروژن در تمام صفات مورد بررسی اثرات سوئی را در پی داشت و موجب کاهش آن‌ها گردید. این در حالی است که کاربرد زئولیت در شرایط تنش کم‌آبی، بر تمام صفات مورد بررسی به جز درصد روغن و میزان کلروفیل، اثر مثبت و معنی‌داری داشت و به ویژه موجب بهبود عملکرد دانه و روغن گردید. براساس نتایج این پژوهش، کاربرد زئولیت به میزان ده تن در هکتار در مناطق در معرض تنش کم‌آبی به دلیل خاصیت جذب، نگهداری و افزایش دسترسی به رطوبت و عناصر غذایی در شرایط تنش، می‌تواند موجب کاهش اثرات تنش خشکی و بهبود عملکرد در گیاهان گردد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، خورجین، درصد روغن، زئولیت، کلروفیل

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

۲. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

۳. گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبد کاووس

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: aman.ghiasi_82@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

در بین دانه‌های روغنی، کلزا (*Brassica napus* L.) دومین منبع مهم تولید روغن خوراکی بعد از سویا در جهان است (۸). تولید کل جهانی کلزا ۶۱/۴ میلیون تن است که در حدود ۱۴٪ از میزان کل تولید جهانی دانه‌های روغنی که درحدود ۴۴۶/۳ میلیون تن می‌باشد را به خود اختصاص می‌دهد (۸). گیاه کلزا به دلیل کارایی بالای مصرف آب و تحمل خشکی و تا حدی تحمل به شوری در زراعت مناطق خشک جایگاه ویژه‌ای دارد و در بین گیاهان روغنی، بعد از سویا و نخل روغنی به‌عنوان سومین منبع مهم روغن خوراکی در جهان به شمار می‌آید (۵). سازگاری این گیاه به شرایط متفاوت محیطی و امکان توسعه کشت آن، نقطه امیدی جهت تولید روغن مورد نیاز کشور ما می‌باشد، ولی به واسطهٔ محدودیت‌های زراعی، هنوز جایگاه واقعی خود را پیدا نکرده است (۱۰). گیاهان اغلب در معرض تنش‌هایی از جمله سرما، شوری، خشکی، غرقابی، دمای بالا، عوامل بیماری‌زا و مسمومیت به‌وسیله فلزات سنگین قرار دارند (۳۰). هر کدام از عوامل مذکور با تأثیر نامطلوب خود رشد گیاه را تهدید کرده و مانع دستیابی گیاه به پتانسیل ژنتیکی کامل و کاهش تولید در سراسر جهان می‌شوند. در بین تنش‌های محیطی، خشکی بیشتر از سایر موارد روی رشد و تولید گیاهان زراعی اثر دارد (۹).

نتایج مطالعات مختلف نشان می‌دهد که واکنش‌های فیزیولوژیک گیاه در برابر خشکی و گرما، بسته به گونه، منطقه، زمان بروز و شدت این تنش‌ها متفاوت است (۲۶). عملکرد گیاه کلزا تابع تراکم، تعداد خورجین در گیاه، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه است (۲). از طرفی دوره رشد، به ویژه رشد زایشی کلزا در بسیاری از مناطق ایران با کمبود آب مواجه می‌شود (۲۸). طی یک بررسی مشاهده شد که تنش آبی متوسط از مرحله ساقه‌دهی به بعد، سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و صفات فیزیولوژیکی برگ از جمله هدایت روزنه‌ای، میزان کلروفیل و میزان آب نسبی برگ گردیده است. هم‌چنین که تنش آبی اعمال شده پس از مرحله ساقه‌دهی، با کوتاه نمودن طول دوره گلدهی و رشد زایشی و عدم باروری تعدادی از گل‌ها و ریزش آنها سبب کاهش تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه شده است (۷).

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 (۲۳). زئولیت‌ها گروهی از آلومینوسیلیکات‌های آبدار با ساختمان بلوری ویژه‌ای هستند که قابلیت فراوان آنها در جذب و ذخیره‌سازی آب سبب می‌شود که اولاً آب مصرفی گیاه ذخیره شود تا در هنگام لزوم از آب ذخیره شده در زئولیت مورد استفاده قرار گیرد، ثانیاً به دلیل ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و قرار گرفتن بعضی کاتیون‌ها از جمله آمونیوم در شبکه خود، علاوه بر نقش اصلاح‌کنندگی در خاک، می‌توانند نقش تغذیه‌ای داشته و باعث بهبود رشد گیاه بخصوص در اراضی با قابلیت تبادل کاتیونی پایین شوند (۱۲). 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 می‌شوند، از طریق افزایش فراهمی طولانی مدت آب و عناصر غذایی به بهبود رشد گیاه کمک کنند (۲۳). زئولیت می‌تواند به عنوان تنظیم کننده آب عمل کند، چرا که یکی از خصوصیات مهم آن توانایی آبگیری و پسابیدگی می‌باشد که می‌توان از آن برای بهبود تعادل آب در خاک در شرایط کمبود رطوبت، به ویژه در مراحل رشدی حساس به کاهش رطوبت استفاده کرد (۱۲).

کلزا به دلیل نیاز بالا به نیتروژن، ظرفیت و توانایی بالایی جهت جذب نیتروژن از خاک داشته و به عنوان یک گیاه دریافت کننده جهت کاهش آبشویی نیترات از سیستم‌های زراعی به کار می‌رود (۲۶). جکسون (۱۳) آزمایشی روی کلزای بهاره انجام داد و گزارش کرد که عملکرد کلزا و جذب عناصر غذایی به مقدار زیادی وابسته به میزان نیتروژن مصرفی است. با توجه به نیاز بالا، مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی نیتروژن در زراعت این گیاه معمول است. از این رو تعیین

Archive of SID

www.SID.ir

مقدار بهینه نیتروژن و واکنش کمی و کیفی گیاه به این نهاده پرمصرف در اکوسیستم‌های زراعی کشور بسیار مهم است. چرا که مصرف کود شیمیایی بیشتر، منجر به افزایش هدرروی آن و سر انجام آلودگی منابع زیست محیطی می‌شود. زئولیت طبیعی نوع کلینوپتیلولیت از طریق کاهش آبشویی، کارایی کود شیمیایی نیتروژن‌دار را افزایش داده و می‌تواند در عمل نیتریفیکاسیون مقدار نیترات را کاهش دهد (۲۳).

هدف از اجرای این آزمایش، بررسی تأثیر کاربرد زئولیت و کود نیتروژن در شرایط تنش کم‌آبی بر خصوصیات زراعی و برخی صفات فیزیولوژیک کلزا بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر کاربرد زئولیت و کود نیتروژن در شرایط تنش کم‌آبی بر خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک کلزا، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۰- ۱۳۸۹ در منطقه قزوین به اجرا آمد. متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۳۱۰ میلی‌متر بوده و بارندگی‌ها عمدتاً در اواخر پاییز و اوایل بهار روی می‌دهد. لازم به ذکر است میزان کل بارندگی در طول فصل رشد مورد نظر (اسفند الی خرداد) ۱۸۵ میلی‌متر بود (جدول ۱).

در این تحقیق، عامل آبیاری در دو سطح شامل آبیاری معمول بر اساس ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (شاهد) و قطع آبیاری از مرحله ساقه‌دهی تا پایان دوره رشد (کد شده به شماره ۲/۰۵ از جدول کدبندی سیلوستر- برادلی و مک پیس (۲۸))، عامل نیتروژن نیز در سه سطح صفر، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع کودی اوره (یک سوم قبل از کاشت، یک سوم در زمان ساقه‌دهی و یک سوم در زمان غنچه‌دهی) و عامل زئولیت در دو سطح شامل صفر (عدم کاربرد) و ده تن در هکتار بودند. در این آزمایش از یک رقم کلزا با تیپ رشدی بهاره با نام RGS003 استفاده شد. هر کرت آزمایشی شامل شش خط کاشت با فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر، فاصله بوته چهار سانتی‌متر و تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع بود که دو خط کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند. بین بلوک‌ها برای جلوگیری از اختلاط تیمارهای مختلف موجود، شش متر فاصله در نظر گرفته شد و برای هر بلوک، سرآب و فازآب جداگانه طراحی شد. پس از آماده‌سازی بستر بذر، کشت به صورت دستی در اسفندماه انجام شد. کوددهی و تغذیه گیاه بر اساس آزمون خاک و توصیه‌های کودی صورت گرفت (جدول ۲).

کلیه عملیات مربوط به داشت به جز آبیاری و کود نیتروژن به صورت یکسان و بر اساس عرف منطقه انجام شد. صفات مورد بررسی شامل اجزای عملکرد دانه (تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه)، عملکرد دانه، درصد روغن، محتوی نسبی آب برگ و میزان کلروفیل بودند که با حذف دو خط کناری و ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای خطوط میانی هر کرت نمونه‌برداری‌های لازم از هر کرت انجام شد. دو هفته پس از اعمال تیمارهای تنش کم‌آبی، اندازه‌گیری کلروفیل کل برگ پس از واکنش بافت تازه برگ و استون ۸۰ درصد، به وسیله اسپکتروفتومتر در طول موج ٦٦٣ و ٦۴۵ نانومتر انجام شد (۳). محتوی نسبی آب برگ‌ها بر اساس روش اومائی و همکاران (۲۲) بر حسب درصد و از طریق رابطه زیر محاسبه شد که در این رابطه، F_w وزن تازه، T_w وزن آماس و D_w وزن خشک دیسک‌ها بر حسب گرم می‌باشند:

$$RWC\ \% = [(F_w - D_w) / (T_w - D_w)] \times 100 \qquad [۱]$$

به منظور تعیین تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت آزمایشی در زمان رسیدن فیزیولوژیک به صورت تصادفی انتخاب شده و جهت تعیین این صفت استفاده شدند. برای تعیین عملکرد دانه ۴/۲ متر مربع از هر کرت آزمایشی به طور جداگانه کف‌بر شده و برای کاهش رطوبت به ۱۲ درصد، به مدت یک هفته در هوای آزاد نگهداری و پس از جدا کردن دانه‌ها از خورجین، وزن دانه‌ها با ترازوی دقیق تعیین و عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. میانگین دما و بارندگی ماهیانه در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۹۰ در قزوین

ماه	میانگین حداقل درجه حرارت (سانتی‌گراد)	میانگین حداکثر درجه حرارت (سانتی‌گراد)	میانگین درجه حرارت (سانتی‌گراد)	مجموع بارندگی (میلی‌متر)
اسفند	-۰/۴	۱۲	۵/۸	۴۹/۴
فروردین	۵/۳	۱۹/۷	۱۲/۵	۴۸/۶
اردیبهشت	۹/۸	۲۳/۲	۱۶/۵	۷۹
خرداد	۱۴	۳۲/۲	۲۳/۱	۸/۱
تیر	۱۸	۳۶/۱	۲۷	۹/۲

جدول ۲. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	کربن آلی (٪)	پتاسیم (ppm)	فسفر (ppm)	نیتروژن کل (٪)	هدایت الکتریکی(dS/m)	اسیدیته گل اشباع (pH)	روی (ppm)	آهن (ppm)	مس (ppm)
۳۱	۳۲	۴۷	۰/۷۰	۳۵۹	۲۰/۱۰	۰/۰۵	۰/۸۵	۷/۱	۳/۷۰	۶/۶۰	۱/۸۰

هکتار محاسبه شد. به منظور تعیین وزن هزار دانه پس از برداشت محصول، ده نمونه ۱۰۰ دانه‌ای از بذرهای هر کرت آزمایشی به طور تصادفی انتخاب و با ضرب کردن میانگین وزن آنها در عدد ۱۰، وزن هزار دانه محاسبه شد. درصد روغن دانه‌های هر کرت آزمایشی توسط دستگاه NMR در آزمایشگاه بخش دانه‌های روغنی مؤسسه تحقیقات و اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تعیین شد. داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (ver. 9) تجزیه شدند و میانگین داده‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

محتوی نسبی آب برگ

میزان رطوبت نسبی برگ از جمله پارامترهایی است که اغلب برای ارزیابی وضعیت آبی گیاه استفاده می‌شود (۲۳). نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر ساده آبیاری، نیتروژن و زئولیت در سطح یک درصد بر محتوی نسبی آب برگ معنی‌دار شد. قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی کاهش موجب کاهش ۳۱/۵ درصدی این صفت نسبت به آبیاری معمول شد (جدول ۴). اغلب پژوهشگران کاهش میزان رطوبت نسبی برگ در عکس‌العمل به تنش خشکی را گزارش کرده‌اند (۳ و ۱۷) . کومار و سینگ (۱۷) بالا بودن محتوای نسبی آب برگ را به عنوان یکی از ویژگی‌هایی معرفی کردند که می‌تواند در تداوم رشد کلزا در شرایط کم‌آبی دخالت داشته باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که مصرف نیتروژن موجب افزایش صفت مذکور شد، به‌طوری که در شرایط مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن رطوبت نسبی برگ در بالاترین میزان خود (۷۴ درصد) قرار داشت. کاربرد ده تن در هکتار زئولیت نیز موجب افزایش ۳/۵ درصدی رطوبت نسبی برگ نسبت به شرایط عدم کاربرد آن گردید (جدول ۴). اثرات متقابل دوگانه آبیاری × نیتروژن و هم‌چنین نیتروژن × زئولیت بر میزان رطوبت نسبی برگ معنی‌دار نشد و فقط اثر متقابل آبیاری × زئولیت بود که در سطح یک درصد بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۳)، به گونه‌ای که کاربرد زئولیت در هر دو شرایط آبیاری باعث افزایش میزان رطوبت نسبی شده؛ به این صورت که در شرایط آبیاری معمول، کاربرد زئولیت نسبت

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در کلزا

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	میزان روغن دانه	محتوی نسبی آب برگ	کلروفیل
بلوک	۲	۵۴/۶۴**	۲۹/۰۱**	۰/۲۶*	۶۳۹۶۲**	۲/۹۹*	۱۵/۸۰**	۱۰/۵۱**
آبیاری	۱	۶۶۹۹/۴۲**	۶۰۴/۰۱**	۱۶/۰۰**	۲۷۴۸۳۸۰۶**	۹۸/۰۱**	۶۹۳۳/۳۴**	۱۸۶/۷۸**
نیتروژن	۲	۲۶۷۴/۸۹**	۱۵۳/۰۱**	۵/۷۱**	۱۰۸۳۵۶۲۷**	۵۵/۰۸**	۲/۸۴*	۷/۴۱**
زئولیت	۱	۱۷۰۱/۵۶**	۱۰۵/۰۰**	۴/۴۱**	۸۶۶۴۱۹۲**	۹/۶۱**	۵۶/۷۵**	۱/۹۶**
آبیاری × نیتروژن	۲	۷۶۷/۶۶**	۳۷/۱۲**	۲/۱۷**	۴۸۳۳۹۰۶**	۱/۶۷^{ns}	۰/۳۲^{ns}	۰/۱۴^{ns}
آبیاری × زئولیت	۱	۰/۰۲^{ns}	۳/۲۱**	۰/۰۱**	۵۴۶۸۶۰**	۰/۶۷^{ns}	۷/۱۱**	۰/۰۰۴^{ns}
نیتروژن × زئولیت	۲	۱۸۲/۲۷**	۲/۵۴**	۰/۲۱*	۸۰۴۸۶۵**	۰/۰۳^{ns}	۰/۴۵^{ns}	۰/۰۹^{ns}
آبیاری× نیتروژن × زئولیت	۲	۵۲/۴۵**	۲/۷۱**	۰/۱۳**	۳۰۳۵۰۳**	۰/۲۲^{ns}	۱/۱۲^{ns}	۰/۲۶^{ns}
خطا	۲۲	۹۲/۱	۲/۴۰	۰/۰۶	۵۰۴۷	۰/۵۷	۰/۸۰	۰/۲۱
ضریب تغییرات	–	۱۲/۶۳	۹/۴۵	۷/۶۳۵	۱۲/۸۹	۱/۸۷	۱۱/۲۱	۴/۲۲

ns: غیرمعنی‌دار *: معنی‌دار در سطح ۵٪ **: معنی‌دار در سطح ۱٪

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴. مقایسات میانگین اثرات آبیاری، نیتروژن و زئولیت بر صفات مورد بررسی در کلزا

تیمار	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه ($kg.h^{-1}$)	میزان روغن دانه (٪)	محتوی نسبی آب برگ (٪)	کلروفیل ($mmol.g^{-1}$ fresh weight)
آبیاری							
آبیاری معمول (شاهد)	٦٦/۴ a	۲۵/۷ a	۴/۰۰ a	۳۳۲۵ a	۴۵/۰ a	۸۷/۹ a	۱۳/۰۹ a
قطع آبیاری در مرحله ساقه-دهی	۳۹/۱ b	۱۸/۹ b	۲/٦۷ b	۱۵۷۸ b	۳۸/۷ b	٦۰/۱ b	۸/۵۳ b
نیتروژن ($kg.ha^{-1}$)							
۰	۳٦/۰ c	۱۸/۵ c	۲/۵۵ c	۱۳۵۸ c	۳۸/۳ c	۷۳/۵ b	۱۰/۰۹ c
۷۵	٦۴/۷ a	۲۵/۱ a	۳/۸۵ a	۳۰۷۷ a	۴۲/٦ a	۷۴/۲ a	۱۰/٦۹ b
۱۵۰	۵۷/۴ b	۲۳/۵ b	۳/٦۰ b	۲۹۲۰ b	۴۰/۲ b	۷۴/۴ a	۱۱/٦۵ a
زئولیت ($ton.ha^{-1}$)							
۰	۴۵/۹ b	۲۰/۷ b	۲/۹۸ b	۱۹٦۱ b	۳۹/۸ b	۷۲/۸ b	۱۰/۵۸ b
۱۰	۵۹/٦ a	۲۴/۰ a	۳/٦۸ a	۲۹۴۲ a	۴۰/۹ a	۷۵/۳ a	۱۱/۰۴ a

اعدادی که در هر ستون و برای هر اثر متقابل، حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

به عدم کاربرد به آن موجب افزایش ۲ درصدی و در شرایط قطع آبیاری از مرحله ساقه‌دهی موجب افزایش ۵/۵ درصدی میزان رطوبت نسبی برگ شد (جدول ۵).

میزان کلروفیل

در این آزمایش اثر ساده آبیاری، نیتروژن و زئولیت در سطح یک درصد بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۳). قطع آبیاری از مرحله ساقه‌دهی به بعد، موجب کاهش ۳۵ درصدی کلروفیل نسبت به شرایط آبیاری معمول شد (جدول ۴). کاهش غلظت کلروفیل می‌تواند به عنوان یک عامل محدود کننده غیرروزنه‌ای به حساب آید. دلیل این کاهش به افزایش فلورسانس کلروفیل، بسته شدن روزنه‌ها (۴)، کاهش فعالیت کربوکسیلازی و هم‌چنین فعالیت بالای کلروفیلازی (۱) نسبت داده شده است. از عوامل دیگر می‌توان به حمله رادیکال‌های آزاد ناشی از تنش اکسیداتیو اشاره کرد. تنش خشکی از طریق کاهش رنگیزه‌های گیاهی از جمله کلروفیل‌ها می‌تواند موجب خسارات جبران ناپذیر به دستگاه فتوسنتزی گردد (۷). عبدالعزیز و همکاران (۱) در مطالعات خود کاهش محتوای کلروفیل را تحت شرایط تنش خشکی گزارش کردند و اظهار داشتند که حفظ غلظت کلروفیل تحت شرایط تنش خشکی به ثبات فتوسنتز در این شرایط کمک می‌کند. نتایج مقایسات میانگین نشان دهنده اثر مثبت نیتروژن در افزایش میزان کلروفیل کل بود به این صورت که کمترین میزان صفت یاد شده در شرایط عدم مصرف نیتروژن حاصل شد و با بالارفتن سطح نیتروژن (۷۵ کیلوگرم در هکتار) این صفت نیز افزایش ۵/۵ درصدی را نسبت به سطح قبلی نیتروژن (شاهد) تجربه کرد(جدول ۴). مدحج و همکاران (۲۰) کاهش میزان کلروفیل برگ پرچم گندم را در اثر کاهش میزان نیتروژن مصرفی گزارش کرده‌اند. کاربرد زئولیت موجب افزایش ۴ درصدی این صفت در مقایسه با تیمار عدم کاربرد آن گردید (جدول ۴).

اجزای عملکرد دانه (تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه)

اثر هر سه عامل آبیاری، نیتروژن و زئولیت بر صفات تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). تنش کم‌آبی موجب کاهش تعداد خورجین در بوته (۴۱ درصد)، تعداد دانه در خورجین (۲۶ درصد) و وزن هزار دانه (۳۳ درصد) نسبت به شرایط معمول آبیاری شد (جدول ۴). فیاض و همکاران (۱۱) علت کاهش تعداد خورجین در بوته در پی اعمال تنش رطوبتی را کاهش تعداد گل‌هایی که در آخر به خورجین تبدیل می‌شوند، دانستند. ایشان هم‌چنین طی بررسی خود اظهار داشتند که قطع آبیاری در مرحله گلدهی باعث کاهش تعداد دانه در خورجین از ۵۰/۸ به ۴۰/۸ عدد شد (۱۱). به نظر می‌رسد علت کاهش وزن هزار دانه به دنبال تنش کم‌آبی، کاهش جذب آب و املاح توسط گیاه و به دنبال آن کاهش ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی و آسیمیلات‌ها به دانه‌ها بوده است. نتایج حاصل از تحقیقات خانی و همکاران (۱۶) نیز بیانگر کاهش وزن هزار دانه را بر اثر تنش خشکی می‌باشد.

با بررسی عامل نیتروژن مشخص شد که بالاترین میزان تعداد خورجین در بوته (۴۵/۵)، تعداد دانه در خورجین (۲۵/۱) و وزن هزار دانه (۳/۸۵ گرم) با کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به دست آمد (جدول ۴). کلانتر احمدی و فتحی (۱۵) اظهار داشتند که افزایش کاربرد نیتروژن به دلیل کاهش میزان ریزش گل‌ها و افزایش سطح سبز گیاهی منجر به افزایش تولید مواد فتوسنتزی و تولید خورجین در گیاه می‌شود. چاکر الحسینی (۶) پس از بررسی اثرات نیتروژن و فسفر بر خصوصیات کیفی و کمی کلزا در شرایط دیم نیمه گرمسیری، اظهار داشت عامل نیتروژن موجب افزایش وزن هزار دانه شد ولی بین سطوح مختلف آن (۳۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم) تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. کاربرد زئولیت به میزان ۱۰ تن در هکتار به ترتیب موجب افزایش ۱۹، ۲۳ و ۱۹ درصدی تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه نسبت به تیمار عدم کاربرد آن شد(جدول ۴). صفائی و همکاران (۲۷) طی پژوهشی، افزایش معنی‌دار اجزای عملکرد دانه در کلزا را با کاربرد ۱۰ تن در هکتار زئولیت

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرات متقابل دوگانه صفات مورد بررسی در کلزا

تیمار	میانگین					
	تیمار	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه ($kg.h^{-1}$)	شاخص برداشت (٪)	محتوی نسبی آب برگ (٪)
آبیاری	نیتروژن ($kg.ha^{-1}$)						
آبیاری معمول (شاهد)	۰	۴۷/۵ d	۲۱/۸ d	۳/۲۰ d	۱۹۵۴ d	۱۵/۵ d	۸۷/۵ a
	۷۵	۷۱/۷ b	۲۶/۶ b	۴/۱۰ b	۳۵۰۲ b	۱۹/۷ b	۸۷/۹ a
	۱۵۰	۷۹/۹ a	۲۸/۶ a	۴/۷۰ a	۴۵۲۰ a	۲۳/۳ a	۸۸/۳ a
قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی	۰	۲۴/۵ f	۱۵/۱ f	۱/۹۰ f	۷۶۲ f	۷/۵ e	۵۹/۵ b
	۷۵	۵۷/۸ c	۲۳/۵ c	۳/۶۰ c	۲۶۵۱ c	۱۸/۰ c	۶۰/۵ b
	۱۵۰	۳۴/۹ e	۱۸/۳ e	۲/۵۰ e	۱۳۲۰ e	۸/۲ e	۶۰/۴ b
آبیاری	زئولیت ($ton.ha^{-1}$)						
آبیاری معمول (شاهد)	۰	۵۹/۵ b	۲۳/۸ b	۳/۶۳ b	۲۷۱۱ b	۱۶/۶ b	۸۷/۱ b
	۱۰	۷۳/۲ a	۲۷/۵ a	۴/۳۷ a	۳۹۳۹ a	۲۲/۴ a	۸۸/۷ a
قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی	۰	۳۲/۲ d	۱۷/۵ d	۲/۳۳ d	۱۲۱۰ d	۹/۱ d	۵۸/۴ d
	۱۰	۴۶/۰ c	۲۰/۵ c	۳/۰۰ c	۱۹۴۵ c	۱۳/۳ c	۶۱/۸ c
نیتروژن ($kg.ha^{-1}$)	زئولیت ($ton.ha^{-1}$)						
۰	۰	۳۱/۸ e	۱۷/۲ e	۲/۳۰ e	۱۱۱۰ f	۱۰/۲ e	۷۲/۳ c
	۱۰	۴۰/۲ d	۱۹/۷ d	۲/۸۰ d	۱۶۰۶ e	۱۲/۹ d	۷۴/۶ b
۷۵	۰	۵۳/۴ c	۲۲/۹ c	۳/۳۵ c	۲۳۱۳ d	۱۴/۸ c	۷۳/۱ c
	۱۰	۷۶/۱ a	۲۷/۲ a	۴/۳۵ a	۳۸۴۰ a	۲۲/۹ a	۷۵/۳ ab
۱۵۰	۰	۵۲/۴ c	۲۱/۹ c	۳/۳۰ c	۲۴۶۰ c	۱۳/۷ d	۷۲/۹ c
	۱۰	۶۲/۵ b	۲۵/۰ b	۳/۹۰ b	۳۳۸۰ b	۱۷/۸ b	۷۵/۸ a

اعدادی که در هر ستون و برای هر اثر متقابل، حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

نسبت به عدم کاربرد آن گزارش کردند. با بررسی اثر متقابل آبیاری × نیتروژن مشخص شد که در شرایط آبیاری معمول، حداکثر میزان اجزای عملکرد دانه کلزا با کاربرد بالاترین سطح نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد و کمترین میزان صفات تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه به تیمار عدم مصرف نیتروژن در شرایط قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی تعلق داشت (جدول ۵). اثر متقابل نیتروژن × زئولیت نیز نشان داد که بالاترین میزان تعداد خورجین با کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کاربرد ۱۰ تن در هکتار زئولیت حاصل شد (جدول ۵).

هم‌چنین بررسی اثر متقابل نیتروژن × زئولیت نشان داد که در تمام سطوح مصرف نیتروژن بین کاربرد و عدم کاربرد زئولیت تفاوت معنی‌داری وجود داشت و زئولیت همواره و در تمام سطوح نیتروژن منجر به افزایش وزن هزار دانه شد. بیشترین میزان وزن هزار دانه در شرایط مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کاربرد ۱۰ تن در هکتار زئولیت به‌دست آمد (جدول ۵). اثر متقابل آبیاری × زئولیت تأثیر معنی‌داری بر اجزای عملکرد دانه داشتند (جدول ۵)، به طوری که کاربرد زئولیت در تمام سطوح آبیاری منجر به افزایش اجزای عملکرد دانه گردید (جدول ۵). نتایج جدول مقایسه میانگین‌ها مشخص کرد که کاربرد زئولیت در شرایط قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی موجب افزایش اجزای عملکرد دانه (تعداد خورجین در بوته (۳۰ درصد)، تعداد دانه در خورجین (۱۴/۵ درصد) و وزن هزار دانه (۲۲ درصد)) نسبت به تیمار عدم کاربرد زئولیت در شرایط مشابه گردید (جدول ۵). بر اساس مطالعات حاصل از جدول مقایسه میانگین (جدول ۵) اثر متقابل سه‌گانه آبیاری × نیتروژن × زئولیت مشخص شد که بیشترین تعداد خورجین در بوته (۸۶/۷) در شرایط آبیاری معمول، مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کاربرد ۱۰ تن در هکتار زئولیت و کمترین تعداد آن (۲۰/۹) در شرایط قطع آبیاری و عدم کاربرد نیتروژن و زئولیت به‌دست آمد (جدول ۶).

عملکرد دانه

عملکرد گیاهان زراعی صفتی مهم و پیچیده است که تحت تأثیر ساختار ژنتیکی گیاه ، شرایط محیطی و اثرات متقابل آنها می‌باشد. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر ساده آبیاری، نیتروژن و زئولیت بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۳). قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی موجب کاهش ۵۲/۵ درصدی عملکرد دانه نسبت به شرایط آبیاری معمول گشت (جدول۲). مندال و همکاران (۱۹) کاهش عملکرد محصول را در شرایط محدودیت آبیاری در ارتباط با بسته شدن روزنه‌ها و کاهش سرعت و مقدار فتوسنتز و در پی آن کاهش اجزای عملکرد دانه دانسته‌اند.

در این آزمایش مشاهده شد که با بالا رفتن میزان محتوای نسبی آب برگ، عملکرد دانه نیز افزایش یافت (جدول ۴). کومار و سینگ (۱۷) نیز بالا بودن میزان رطوبت نسبی برگ را به عنوان یکی از ویژگی‌هایی معرفی می‌کنند که می‌تواند در تداوم رشد کلزا در شرایط کم‌آبی دخالت داشته باشد. با بررسی عامل نیتروژن مشخص شد که بیشترین میزان عملکرد دانه (۳۰۷۷ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌دست آمد و کمترین میزان آن (۱۳۵۸ کیلوگرم در هکتار) در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن حاصل شد(جدول۴). صادقی‌پور و همکاران (۲۷) در تحقیقی با کاربرد سطوح مختلف نیتروژن مشاهده کردند که بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۳۱۴۴ کیلوگرم درهکتار با مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۱۹۸۶ کیلوگرم در هکتار با مصرف ۴۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص در هکتار به‌دست آمد. ایشان اختلاف عملکرد بین سطوح مختلف نیتروژن را ناشی از تأثیر مثبت نیتروژن در افزایش تعداد خورجین و میانگین وزن هزار دانه دانستند. کاربرد زئولیت موجب افزایش ۳۳ درصدی عملکرد نسبت به شرایط عدم کاربرد آن شد (جدول۴). صفایی و همکاران (۲۷) افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه کلزا را در اثر کاربرد زئولیت گزارش کرده بودند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶. مقایسه میانگین آثار متقابل سه‌گانه صفات مورد بررسی در کلزا

تیمار			میانگین	
			تعداد خورجین در بوته	عملکرد دانه ($kg.h^{-1}$)
آبیاری	نیتروژن ($kg.ha^{-1}$)	زئولیت ($ton.ha^{-1}$)		
آبیاری معمول (شاهد)	۰	۰	۴۲/۷ f	۱۶۲۱ h
		۱۰	۵۲/۳ e	۲۲۸۷ f
	۷۵	۰	۶۲/۷ d	۲۷۵۲ e
		۱۰	۸۰/۷ b	۴۲۵۳ b
	۱۵۰	۰	۷۳/۲ c	۳۷۶۲ c
		۱۰	۸۶/۷ a	۵۲۷۸ a
قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی	۰	۰	۲۰/۹ j	۵۹۹ l
		۱۰	۲۸/۲ i	۹۲۶ k
	۷۵	۰	۴۴/۱ f	۱۸۷۵ g
		۱۰	۷۱/۵ c	۳۴۲۸ d
	۱۵۰	۰	۳۱/۶ h	۱۱۵۸ j
		۱۰	۳۸/۳ g	۱۴۸۲ i

اعدادی که در هر ستون و برای هر اثر متقابل، حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

به نظر می‌رسد کاربرد زئولیت با افزایش میزان رطوبت نسبی برگ و میزان کلروفیل کل، موجبات افزایش عملکرد دانه را فراهم آورده است (جدول۴). پیش‌تر نیز مشخص شد که کاربرد زئولیت با افزایش صفاتی همچون تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه موجب افزایش عملکرددانه گردید (جدول۲). اثرات متقابل دوگانه تیمارها در سطح یک درصد بر صفت مذکور معنی‌دار شدند (جدول ۳). با بررسی اثر متقابل دوگانه آبیاری × نیتروژن مشخص شد که بالاترین میزان عملکرد (۴۵۲۰ کیلوگرم در هکتار) در شرایط آبیاری معمول و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن (۷۶۲ کیلوگرم در هکتار) در شرایط قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی و عدم مصرف نیتروژن حاصل شد. در این شرایط، کمترین میزان کلروفیل کل و میزان رطوبت نسبی برگ به‌دست آمد (جدول ۳). اثر متقابل آبیاری × زئولیت نیز نشان داد که در شرایط آبیاری معمول کاربرد زئولیت منجر به افزایش ۳۱ درصدی عملکرد دانه نسبت به عدم کاربرد آن شد و در شرایط قطع آبیاری نیز کاربرد زئولیت موجب افزایش ۳۸ درصدی عملکرد دانه شد (جدول۳). اثر متقابل نیتروژن × زئولیت نیز نشان داد که بالاترین عملکرد دانه (۳۸۴۰ کیلوگرم در هکتار) در شرایط مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار و کاربرد ۱۰ تن در هکتار زئولیت و کمترین میزان آن (۱۱۱۰ کیلوگرم در هکتار) در شرایط عدم کاربرد نیتروژن و زئولیت به‌دست آمد (جدول۳). اثر متقابل سه گانه آبیاری × نیتروژن × زئولیت نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). بیشترین عملکرد دانه (۵۲۷۸ کیلوگرم در هکتار) در شرایط آبیاری معمول، کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و ۱۰ تن در هکتار زئولیت به‌دست آمد و کمترین میزان آن (۵۹۹ کیلوگرم در هکتار) در شرایط قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی

Archive of SID

www.SID.ir

و عدم کاربرد نیتروژن و زئولیت حاصل شد (جدول ۶). به نظر می‌رسد که به دلیل کمبود ذخایر فتوسنتزی در اندام هوایی در اثر عدم مصرف نیتروژن و به تبع آن، زردی برگ‌ها و پیری زودرس آنها، سطح فعال فتوسنتزی کاهش یافته است و از سوی دیگر، با کاهش میزان رطوبت نسبی برگ در اثر کمبود رطوبت، زمینه کاهش فتوسنتز در واحد سطح برگ فراهم آمد که در نهایت این شرایط منجر کاهش میزان اجزای عملکرد دانه و در نهایت کاهش عملکرد دانه گردیده است.

میزان روغن دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مشخص کرد که اثرات ساده آبیاری، نیتروژن و زئولیت بر میزان روغن دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). بین سطوح آبیاری از نظر میزان روغن دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت به گونه‌ای که قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی موجب کاهش ۱۴ درصدی درصد روغن نسبت به شرایط آبیاری معمول شد (جدول ۴). دانشمند و همکاران (۷) نیز گزارش کردند که کم‌آبی از مرحله ساقه‌دهی به بعد سبب کاهش درصد روغن گردید. از طرفی جنسن و همکاران (۱۴) گزارش کردند که تنش خشکی در کلزا، تنها در یکی از آزمایش‌ها که در خاک شنی صورت گرفته بود، باعث ایجاد ۳/۳ درصد کاهش مقدار روغن دانه گردید. در این پژوهش، بین سطوح مختلف نیتروژن اختلاف معنی‌داری از نظر درصد روغن وجود داشت به طوری که بالاترین میزان روغن دانه (۴۲/۶ درصد) با مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار و کمترین میزان آن (۳۸/۳ درصد) در شرایط عدم مصرف نیتروژن حاصل شد (جدول ۴). لازم به ذکر است که سطح بالاتر نیتروژن موجب کاهش میزان روغن دانه شد که نتایج حاصل با گزارش‌های کلانتر احمدی و فتحی (۱۵) مطابقت دارد. به نظر می‌رسد با افزایش مقدار نیتروژن پیش زمینه‌های تشکیل پروتئین در تهیه مواد فتوسنتزی افزایش یافته و مواد در دسترس برای سنتز اسیدهای چرب کاهش می‌یابد و این عامل موجب کاهش درصد روغن گردیده است. زئولیت نیز موجب افزایش میزان روغن دانه شد، به‌طوری که کاربرد آن موجب افزایش ۲/۵ درصدی درصد روغن نسبت به عدم کاربرد آن شد (جدول ۴).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش،کاهش میزان اجزای عملکرد در اثر تنش کم‌آبی نشان داد که کاهش عملکرد دانه، امری دور از انتظار نبوده است. هم‌چنین با توجه به کاهش بیشتر صفات وزن هزار دانه و تعداد خورجین در بوته در شرایط تنش کم‌آبی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که این اجزا حساسیت بیشتری به تنش داشته و نقش بیشتری در کاهش عملکرد دانه داشتند. کاربرد زئولیت در شرایط تنش کم‌آبی، موجب بهبود اغلب صفات زراعی مهم و نیز میزان رطوبت نسبی برگ گردید. هم‌چنین مشخص شد که کاربرد زئولیت در تمام سطوح نیتروژن اثر مثبت و معنی‌داری بر تمام صفات مورد بررسی داشته که این امر می‌تواند موید نقش موثر زئولیت در کاهش آبشویی و نگهداری کود نیتروژن باشد. به طور کلی نتایج این آزمایش، مشخص کرد که کاربرد زئولیت به میزان ده تن در هکتار به دلیل خاصیت جذب، نگهداری و افزایش دسترسی به رطوبت و عناصر غذایی در شرایط تنش کم‌آبی، موجب کاهش شدت و اثرات منفی تنش در کلزا و در نهایت منجر به بهبود عملکرد دانه گردید. بنابراین به نظر می‌رسد کاربرد زئولیت به عنوان یک اصلاح‌کننده خاک در مناطق در معرض تنش خشکی مشابه منطقه مورد آزمایش، شایان توجه بیشتری می‌باشد.

منابع مورد استفاده

1. Abd El-Aziz, N. G., A. M. Mazher Aziz and E. El-Habba. 2006. Effect of foliar spraying ascorbic acid on growth and chemical constituents of *Khaya senegalensis* growth under salt condition. *American Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science* 1(3): 207-214.

Archive of SID

www.SID.ir

2. Angadi, S. V., H. W, Cutforth, B. G, McConkey and Y. Gan. 2003. Yield Adjustment by Canola Grown at Different Plant Populations under Semiarid Conditions. *Crop Science* 43: 1358-1366.
3. Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol*ogy 24:1-15.
4. Ashraf, M. 2004. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora* 199: 361-376.
5. Basalma, D. 2008. The correlation and path analysis of yield and yield components of different winter rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. *Research Journal of Agricultural and Biological Science* 4: 120-125.
6. Chakerolhoseini, M. H. 2008. Evaluation of nitrogen and phosphorus on quantitative and qualitative traits of rapeseed in sub tropical dry farming conditions. *Journal of Soil Researches*22(2): 147-154. (In Farsi).
7. Daneshmand, A. R., A. H. Shirani Rad, G. Noor-Mohamadi and G. H. Zare. 2008. Effect of water deficit and different nitrogen rates on yield, yield components and physiological traits of two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. *Journal of Agricultural Science and Natural Resource* 15(2): 34-42. (In Farsi).
8. FAO. 2010**.** Food outlook. Global Market Analysis. Available online at: http://www.fao.Food outlook.com
9. Faraji, A., N. Lattifi., A. Soltani and A. H. Shirani Rad. 2009. Seed yield and water use efficiency of canola as affected by high temperature stress and supplemental irrigation. *Journal of Agriculture and Water Management* 96:132-140.
10. Fathi, G. A., M. H., Moradi Talavat and A. Naderi Arefi. 2010. Rapeseed Physiology. University of Ramin Khoozestan Press, 248 p. (In Farsi).
11. Fayyaz, F., M. H. Naderi Darbaghshahi and A. H. Shirani Rad. 2007. The effect of water deficit stress on yield and yield components of advanced rapeseed cultivars in Isfahan region. *Agricultural New Findings* 3: 177-189. (In Farsi).
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.
13. Jackson, D. 2000. Effect of nitrogen and sulfure on canola yield and nutrient uptake. *Agronomy Journal* 92, 644-649.
14. Jensen, C. R., V. O. Mogensen, G. Mortensen, J. K. Fieldsend, G. F. J. Milford, M. N. Andersen and J. H. Thage. 1996. Seed glucosinolate, oil and protein contents of field- grown rape (*Brassica napus* L.) affected by soil drying evaporation demand. *Field Crop Research* 47: 93-105.
15. Kalantar Ahmadi, A. A and G. A. Fathi. 2009. The effect of seed sowing rate, different levels of nitrogen, and different sowing dates on canola grain yield, cultivar Hyola401 in northern Khouzestan conditions. *Iranian Journal of Crop Science* 40(3): 191-204. (In Farsi).
16. Khani, M., J. Daneshian., H. Zeinali Khanghah and M. R. Ghannadha. 2005. Genetic analysis of yield and its components using of line × tester cross design in sunflower inbred lines under the stress and non-stress drought conditions. *Iranian Journal of Agricultural Science* 36(2): 435-445. (In Farsi).
17. Kumar, A. and D. P, Singh. 1998. Use of physiological indies as a screening technique for drought tolerance in oilseed *Brassica* species. *Annual of Botany* 81:413-420.
18. Malakouti, M. J., A, Bybordi, M, Lotfollahi, A. A, Shahabi, K. Siavoshi, R, Vakil, J, Ghaderi, J, Shahabifar, A, Majidi, A. R, Jafarnajadi, F, Dehghani, M. H, Keshavarz, M. Ghasemzadeh, R, Ghanbarpouri, M, Dashdi, M. Babakhani and N. Zaynalifard. 2008. Comparison of complete and sulfur coated urea fertilizers with pre-plant urea in increasing grain yield and nitrogen use efficiency in wheat. *Journal of Agricultural Science and Technology* 10:173-183.
19. Mandal, K.G., K. M. Hati., A. K, Misra and K. K, Bandyopadhyay. 2006. Assessment of irrigation and nutrient effect on growth, yield and water use efficiency of Indian mustard in central India. *Agricultural Water Management* 85(3): 279-286.
20. Modhaj, A., S, Lak, A, Naderi, Y, Emam and G, Noormohammdadi. 2011. Relationship between plant canopy temperature and leaf chlorophyll content with grain yield of wheat genotypes in different nitrogen levels and heat stress conditions after pollination. *Iranian Journal of Filed Crop Research*. 8(6): 946-955. (In Farsi).
21. Mumpton, F. 1999. Uses of natural zeolites in agriculture and industry. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. *La Roca Magica* 96: 3463-3470.
22. Omae, H., A, Kumar, K, Kashiviba and M. Shono. 2007. Assessing drought tolerance of Snap bean (*Phaseolus vulgaris*) from genotypic differences in leaf water relations, shoot growth and photosynthetic parameters. *Plant Production Science* 10 (1):28-35.
23. Polat, E., M, Karaca, H, Demir and A. Naci Onus. 2004. Use of natural zeolite (Clinoptilolite) in agriculture. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 12: 183 -189.

Archive of SID

www.SID.ir

24. Poormohammad Kiani, S., P. Grieu, P, Maury, T, Hewezi, L, Gentzbittel and A. Sarrafi. 2007. Genetic variability for physiological traits under drought condition and differential expression of water stress-associated genes in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 114:193-207.
25. Rahnama, M and A. M. Bakhshande. 2006. Dtermination of optimum irrigation level and compatible canola varieties in the mediterranean environment. *Asian Journal of Plant Science* 5:543-546.
26. Rossate, L., P. Laine and A. Qurry. 2001. Nitrogen storage and remobilization in *Brassica napus* L. during the growth cycle: nitrogen fluxes within the plant and changes in soluble protein patterns. *Journal of Experimental Botany* 52(361): 1655-1663
27. Safaei, R., A. H. Shirani Rad, M. J. Mirhadi and B. Delkhosh. 2008. Effect of zeolite on agronomic traits of two rapeseed cultivar under drought stress conditions. *Plant and Ecosystem* 15: 63-79. (In Farsi).
28. 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.). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science* 2(4):417-422.
29. Sylvester-Bradley, R. and R. J. Makepeac. 1984. A code for stages of development in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Aspects of Applied Biology* 6: 398-419.
30. Yamaguchi-Shinozaki, K., M. Kasuga, Q, Liu, K, Nakashima, Y. Sakuma and H. Hab. 2002. Biological mechanisms of drought stress response. *JIRCAS Working Report* 1-8.

Archive of SID

www.SID.ir