

تأثیر کاربرد زئولیت بر کلزا تحت شرایط تنش شوری

کامی کابوسی^{۱*} و اسماء احسانی^۲

^۱ استادیار و ^۲ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه کشاورزی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران

* نویسنده مسئول (kkaboosi@yahoo.com)

چکیده

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف شوری آب آبیاری (۱/۴، ۴، ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) و زئولیت (۰، ۳، ۶ و ۹ تن بر هکتار) بر کلزای پائیزه، آزمایشی در فصل زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در منطقه گرگان انجام شد. نتایج نشان داد که طول غلاف در تمام سطوح زئولیت و شوری نسبت به تیمار شاهد به میزان حدود سه درصد به ترتیب افزایش و کاهش داشت. بیشترین افزایش ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد بیولوژیکی در سطح کاربرد ۹ تن بر هکتار زئولیت به ترتیب با ۱۱، ۶، ۳ و ۱۲ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد) مشاهده شد. در عین حال بیشترین مقدار وزن هزار دانه، عملکرد و کارایی مصرف آب دانه و عملکرد و کارایی مصرف آب روغن به ترتیب با حدود ۱۲، ۱۱ و ۱۷ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد در سطح کاربرد ۶ تن بر هکتار زئولیت بدست آمد. سطوح مختلف شوری تعداد دانه در غلاف را بین دو تا چهار درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داد. بر خلاف انتظار، سطوح شوری ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر موجب افزایش تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد و کارایی مصرف آب دانه، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد و کارایی مصرف آب روغن گردید که البته با نتایج برخی پژوهش‌ها همخوانی دارد.

کلمات کلیدی: دانه، روغن، شوری آب، عملکرد، کارایی مصرف آب.

مقدمه

که تولید دانه به ترتیب حدود ۱۴۶ و ۴۵/۶ (معادل حدود ۳۲ درصد تولید کشور) هزار تن را به دنبال دارد (۷). تنش شوری موجب کاهش درصد جوانه‌زنی، کاهش طول دوره رشد، افزایش رقابت درون گیاهی، عقیم شدن گل‌ها، ریزش غلاف و دانه و نهایتاً کاهش کمی و کیفی عملکرد دانه و روغن کلزا می‌گردد (۴۹ و ۵۱). همچنین تنش شوری در کلزا باعث هیدراتاسیون بافتی، سمیت یونی و عدم توازن مواد غذایی می‌گردد (۲۸). لذا کاهش معنی‌دار عملکرد دانه ارقام مختلف کلزا تحت شرایط

کلزا به عنوان یکی از مهمترین دانه‌های روغنی بعد از سویا مقام دوم را از نظر میزان تولید دانه در سطح دنیا دارد (۱۷) و در حدود ۱۲ درصد از میزان کل تولید جهانی دانه‌های روغنی را، که حدود ۳۷۷/۶ میلیون تن می‌باشد، به خود اختصاص داده است (۲۳). بر اساس آمارهای سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲، سطح زیر کشت این محصول در کشور و استان گلستان به ترتیب ۸۱/۸ و ۲۱/۹ (معادل حدود ۲۷ درصد کشور) هزار هکتار است

همراه ساختمان متخلخل زئولیت‌ها موجب افزایش سطح ویژه و قابلیت تبادل کاتیونی (حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی-اکی‌والان در صد گرم خاک) آنها شده است (۱۴، ۲۷ و ۳۲). زئولیت‌ها قابلیت جذب انتخابی کاتیون‌های مفید مانند آمونیوم و آزادسازی کنترل شده آنها را دارند و لذا می‌توانند کارایی کودهای شیمیایی را افزایش دهند (۲۷) و (۴۳). آزادسازی کنترل شده و دوام ترکیبات مختلف سموم مانند آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌ها و سرعت پایین رهاسازی آنها منجر به افزایش کارایی سموم برای مدت طولانی‌تر در محیط توسط زئولیت می‌گردد (۳۶ و ۶۴). زئولیت دارای عناصری مانند پتاسیم، کلسیم، سدیم، منیزیم، آلومینیوم، مس، سیلیسیم، فسفر، گوگرد، آهن و منگنز است (۲۴). زئولیت به دلیل خاصیت جذب شدید آب قادر است آب موجود در خاک را تا حد اشباع جذب و برای مدت طولانی حفظ کند (۳۰).

گزارش شده است که کاربرد زئولیت موجب افزایش معنی‌دار ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (۱۵)، کاهش معنی‌دار غلظت نیترات زه‌آب خروجی از منطقه ریشه (۲۴، ۲۷ و ۵۰)، تعدیل اسیدیته خاک به دلیل خاصیت بافری (۱۵ و ۳۶)، کاهش نیترات زه‌آب کشاورزی به میزان ۸ تا ۱۶ درصد (۳۲)، افزایش کارایی کودهای دامی (۵۴)، افزایش رطوبت نقطه ظرفیت زراعی و افزایش آب قابل استفاده به میزان ۱/۵ برابر (۱۴)، افزایش ظرفیت نگهداری آب و نمک در خاک و حفظ مواد غذایی در منطقه ریشه گیاه (۳۷)، افزایش نفوذپذیری خاک از ۷ تا ۳۰ درصد در شیب‌های کم و بیش از ۵۰ درصد در شیب‌های زیاد (۱۵ و ۶۳)، افزایش کارایی علف‌کش در کنترل علف‌های هرز، کاهش تراکم اغلب گونه‌های علف‌های هرز در شرایط محدودیت آبیاری معمولی و محدودیت آبیاری (در شرایط محدودیت آبیاری علف‌های هرز بهتر کنترل شدند)، کاهش تجزیه و آبشویی علف‌کش و در نتیجه افزایش پایداری آن (۳۶)، افزایش معنی‌دار ارتفاع

تنش شوری توسط محققین مختلف گزارش گردیده است (۸، ۱۹، ۲۱ و ۲۲). نتایج بررسی تنش شوری بر مراحل مختلف رشد و نمو ارقام مختلف کلزا نشان داد که شوری ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر و بیشتر موجب کاهش معنی‌دار رشد دانه‌رست‌های آنها گردید، اگر چه درصد جوانه‌زنی بذرها کلزا تا تیمار ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر تحت تأثیر شوری قرار نگرفت. همچنین شوری موجب کاهش کلیه صفات رویشی گردید ولی ارقام مورد بررسی از نظر واکنش به شوری تفاوتی نداشتند. در نهایت آستانه کاهش عملکرد ارقام مورد بررسی حدود ۷-۵ دسی‌زیمنس بر متر شوری خاک تعیین شد. (۲۲). کلزا در اراضی نسبتاً شور گنبد و گرگان، با هدایت الکتریکی حدود ۷/۷ دسی‌زیمنس بر متر، محصول مناسبی تولید می‌کند (۲۵). این در حالی است که آستانه تحمل به شوری دو رقم کلزا در استان گلستان شوری خاک ۴/۸ دسی‌زیمنس بر متر (معادل شوری آب آبیاری ۶ دسی‌زیمنس بر متر) به دست آمد (۲۲).

زئولیت‌ها شامل گروه وسیعی از آلومینوسیلیکات‌های هیدراته با فرمول کلی $\text{AlO}_2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ دارای یک شبکه تراهدرال اتم‌های اکسیژن هستند که در اطراف سیلیسیم و آلومینیوم قرار گرفته‌اند. (۲۹، ۳۰ و ۵۳). کلینوپتیلولیت‌ها^۱ زئولیت‌های رایج برای اهداف کشاورزی هستند (۱۴). بر خلاف کانی‌های معمول رسی، در زئولیت‌ها چارچوب ساختمانی به اندازه کافی باز است و این ویژگی باعث بوجود آوردن خواص منحصر به فرد زئولیت‌ها شده است. مولکول‌های آب و کاتیون‌ها به راحتی می‌توانند بدون آن که ساختار شبکه دچار تغییر شود، در داخل این شبکه حرکت کنند. همچنین بار منفی موجود در ساختمان زئولیت‌ها ناشی از حضور آلومینیوم باعث ایجاد پدیده تبادل کاتیونی با سایر کاتیون‌های موجود در محیط می‌شود (۲۷ و ۳۱). این موضوع به

^۱ Clinoptilolite



شاخص سطح برگ، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و عملکرد تر و خشک کلزای علوفه‌ای را به دنبال داشت در حالی که تیمار ۳ تن بر هکتار اثر معنی‌داری بر این صفات نداشت (۲۶ و ۲۷). گزارش شده است که کاربرد ژئولیت در شوری آب ۳ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر موجب افزایش عملکرد دانه جو به ترتیب به میزان ۹ و ۲۳/۳ درصد شد (۳۷). کاربرد ۱۰ تن بر هکتار ژئولیت در شرایط وجود و عدم وجود تنش شوری و خشکی موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای گردید (۳۱).

با توجه به شوری بخش زیادی از اراضی استان گلستان، کمبود منابع آب شیرین و اهمیت کلزا به عنوان یک گیاه روغنی از یک سو و با توجه به ویژگی‌های مثبت، فراوانی، استخراج آسان و قیمت اقتصادی ژئولیت‌های طبیعی در کشور از سوی دیگر، این پژوهش با هدف بررسی با تاثیر کاربرد سطوح مختلف ژئولیت بر گیاه کلزا تحت شرایط تنش شوری انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ به صورت کشت پاییزه با هدف بررسی اثر ژئولیت و تنش شوری بر صفات مختلف کلزا به شکل گلدانی و در شرایط طبیعی گلخانه (به طوری که هوای آزاد از اطراف به راحتی جریان داشت) انجام شد. علت قرار دادن گلدان‌ها در فضای گلخانه ضرورت انجام آبیاری جهت اعمال تیمارهای شوری و محروم کردن گلدان‌ها از دریافت بارندگی بود. تیمارهای آزمایشی شامل شوری آب آبیاری در چهار سطح شامل ۱/۴ (شاهد)، ۴، ۷ و ۱۰ دسی-زیمنس بر متر و چهار سطح ژئولیت شامل ۰، ۳، ۶ و ۹ تن بر هکتار بود.

در این پژوهش جهت تهیه تیمارهای شوری از ترکیب

بوته، وزن خشک، درصد قند و درصد نیکوتین توتون (۱۵ و ۱۸)، افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیکی تر و خشک سوروگوم علوفه‌ای (۱۰)، افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، درصد پروتئین کل برگ و ساقه و کارایی مصرف آب دانه ذرت علوفه‌ای (۱۵) گردید. استفاده از ژئولیت به افزایش وزن هزار دانه، تعداد دانه در میوه و عملکرد دانه کدو پوست کاغذی منجر شد ولی بر مقدار روغن آن تاثیر نداشت (۳۰). کاربرد ده تن بر هکتار ژئولیت در شرایط آبیاری معمولی موجب افزایش صفات تعداد شاخه فرعی، طول غلاف، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، عملکرد دانه و عملکرد روغن چهار ژنوتیپ مختلف کلزا به ترتیب به میزان ۱۱، ۱۶، ۱۳، ۲۴، ۱۳، ۱۳/۷، ۲۶/۶، ۲۹/۷ درصد گردید (۳۰). همچنین آثار مثبت کاربرد ژئولیت با افزایش سطح تنش آبی افزایش یافت به طوری که صفات فوق را به ترتیب ۳۲، ۳۷، ۳۸، ۲۹، ۴۳، ۱۹/۸، ۹۴/۴، ۹۸/۶ درصد افزایش داد. این در حالی بود که در همه رژیم‌های آبیاری، کاربرد ژئولیت افزایش قابل توجهی بر درصد روغن نداشت (۳۰). کاربرد ۳ تن بر هکتار ژئولیت عملکرد دانه و ماده خشک آفتابگردان را در شرایط آبیاری معمولی و آبیاری محدود افزایش داد ولی افزایش عملکرد دانه و ماده خشک به ترتیب در شرایط آبیاری محدود و آبیاری معمولی بیشتر بود (۳۶). بذور کلزا تولید شده در شرایط کاربرد ژئولیت از درصد جوانه‌زنی، وزن خشک گیاهچه، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه بالاتری برخوردار بودند (۴). کاربرد ژئولیت اثر نامطلوب تنش خشکی بر تولید گیاهچه‌های غیرنرمال را کاهش داد و سبب افزایش درصد جوانه‌زنی، وزن خشک گیاهچه، درصد سبز مزرعه، متوسط سبز شدن روزانه و درصد استقرار گیاهچه در بذور کلزا گردید ولی اثر معنی‌داری بر درصد روغن نداشت (۴ و ۵). همچنین کاربرد ۶ و ۹ تن بر هکتار ژئولیت افزایش معنی‌دار

جهت جلوگیری از نشست خاک در گلدان و رسیدن به وزن مخصوص ظاهری خاک مزرعه، پر کردن خاک گلدان به صورت تدریجی و در لایه‌های پنج سانتی‌متری همراه با کوبش انجام شد. تمام زئولیت و کود گوگرد و یک‌سوم کود نیتروژن با ده سانتی‌متر بالایی خاک به طور کامل مخلوط و درون گلدان‌ها ریخته شد. همچنین پنج سانتی‌متر فوقانی گلدان‌ها نیز جهت انجام آبیاری خالی گذاشته شد. پس از پر کردن گلدان با یک آبیاری نسبتاً سنگین، ضمن تحکیم خاک و آماده‌سازی بستر کشت بذر، رطوبت مورد نیاز برای کشت آماده گردید. در هر گلدان تعداد ۱۵ بذر کلزا رقم هایولا ۴۰۱ در تاریخ ۱۶ آذر در عمق ۱/۵-۱ سانتی‌متری کشت شد. بعد از جوانه‌زنی بذر و استقرار آنها، طی چند مرحله عملیات تنک کردن انجام شد به طوری که در نهایت تعداد بوته در هر گلدان به ۵ بوته رسید. آبیاری گلدان‌ها تا مرحله شش برگی با آب معمولی و پس از آن تا پایان فصل رشد با سطوح شوری مورد نظر به صورت هفتگی انجام گردید. مقدار آبیاری بر اساس کاهش رطوبت وزنی گلدان تعیین گردید ولی مقدار آن برای همه تیمارها یکسان بود. به منظور جلوگیری از خروج آب از کف گلدان، در هر آبیاری، این حجم آب به صورت تدریجی به گلدان اضافه گردید. در پایان فصل رشد صفات ارتفاع بوته، طول غلاف، تعداد غلاف در بوته، دانه در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت (نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی)، درصد روغن، عملکرد روغن (حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد روغن)، کارایی مصرف آب دانه و کارایی مصرف آب روغن اندازه‌گیری گردید.

چهار نمک کلرید سدیم، کلرید کلسیم، کلرید منیزیم آبدار و سولفات منیزیم با نسبت‌های وزنی برابر با آب معمولی (تیمار شاهد) استفاده شد. برای این منظور ابتدا مقدار نمک بر اساس رابطه تجربی $TDS=640*EC$ (که در آن TDS مقدار نمک بر حسب میلی‌گرم بر لیتر و EC هدایت الکتریکی بر حسب دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد) به صورت تقریبی محاسبه شد و سپس با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی محلول‌های ساخته شده به صورت سعی و خطا مقدار دقیق نمک تعیین گردید. پیش از پر کردن گلدان‌های پلاستیکی، مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده اندازه‌گیری گردید و بر اساس آزمون مواد غذایی خاک، مقدار کود مورد نیاز (کود گوگرد معادل ۵۰ کیلوگرم در هکتار در زمان کشت و کود اوره معادل ۱۳۵ کیلوگرم در هکتار در سه مرحله زمان کشت، در زمان خروج از روزت و هنگام گلدهی) مشخص شد. نتایج ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و روش اندازه‌گیری آنها در جدول ۱ آمده است. سپس بر اساس ابعاد گلدان (ارتفاع ۳۶ و عرض دهانه ۴۰ سانتی‌متر) و وزن مخصوص ظاهری خاک، مقدار خاک مورد نیاز برای پر کردن گلدان‌ها محاسبه گردید و این میزان خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک مزرعه تهیه گردید. پس از خشک کردن خاک در مجاروت هوای آزاد و سپس عبور آن از الک دو میلی‌متری، درصد رطوبت خاک به روش وزنی اندازه‌گیری گردید. نحوه پر کردن گلدان‌ها به این صورت بود که ابتدا به منظور جلوگیری از تجمع نمک یا آب در گلدان‌ها، پنج سوراخ به قطر یک سانتی‌متر در کف آنها به عنوان زهکش تعبیه گردید و در ته گلدان به ارتفاع سه سانتی‌متر ماسه ریخته شد. سپس با توجه به درصد رطوبت، حجم گلدان و وزن مخصوص ظاهری خاک، وزن خاک مورد نیاز برای پر کردن گلدان به ارتفاع ۲۸ سانتی‌متر محاسبه گردید.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

ویژگی	واحد	روش اندازه‌گیری	شماره منبع	مقدار
شن	درصد	هیدرومتری	۴۶	۳۰
سیلت	درصد			۴۸
رس	درصد			۲۲
بافت خاک	-			لوم
درصد اشباع خاک	درصد	-	۴۵	۳۲
جرم مخصوص ظاهری	گرم بر سانتی‌مترمکعب	سیلندر	۳۸	۱/۴۱
جرم مخصوص حقیقی	گرم بر سانتی‌مترمکعب	پیکنومتر	۳۹	۲/۵۳
اسیدپته عصاره اشباع	-	دستگاهی	-	۷/۸
هدایت الکتریکی عصاره اشباع	دسی‌زیمنس بر متر	دستگاهی	-	۱/۳
کل کربن آلی	درصد		۶۲	۱/۹۸
نیتروژن کل	درصد	کجدال	۱	۰/۲۰
فسفر قابل جذب	قسمت در میلیون	اولسن	۴۸	۱۹/۵
پتاسیم قابل جذب	قسمت در میلیون	شعله‌سنجی	۴۰	۵۲۰

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

اثر سطوح مختلف شوری و زئولیت بر صفات مورد بررسی در شکل ۱ ارائه شده است. نتایج نشان داد که کاربرد ۹ تن بر هکتار زئولیت موجب ۱۱ درصد افزایش ارتفاع بوته کلزا نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد) گردید در حالی که سطوح ۳ و ۶ تن بر هکتار تغییر محسوسی بر ارتفاع بوته نداشت. افزایش ارتفاع بوته ذرت دانه‌ای در اثر کاربرد زئولیت نیز گزارش گردیده بود (۳۱) که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. سطوح مختلف شوری موجب کاهش جزئی (و نه قابل توجه)

ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد گردید. این در حالی بود که کاهش ارتفاع بوته در اثر تنش شوری توسط پژوهشگران مختلف گزارش شده بود (۳، ۱۳، ۱۶، ۱۹، ۲۲، ۴۱ و ۵۷). اگرچه نتایج بیشتر پژوهش‌های قبلی نشان می‌دهد که ارتفاع بوته کلزا در اثر تنش شوری کاهش می‌یابد، ولی نتایج یک پژوهش نشان داد که در دو رقم مختلف کلزا افزایش شوری از ۱/۴ به ۳ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر موجب افزایش ارتفاع بوته به ترتیب به میزان ۵/۴ و ۴ سانتی‌متر گردید (۶۱). همچنین در پژوهش دیگری کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته کلزا در اثر



تعداد غلاف در بوته کلزا با افزایش

شوری گزارش شده است (۹، ۱۶، ۲۱ و ۲۲) که با نتایج این پژوهش همخوانی ندارد. در عین حال، نتایج برخی پژوهش‌ها نشان داد که در بیشتر ارقام مورد بررسی کلزا، افزایش شوری به ترتیب تا ۳، ۴ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر موجب افزایش تعداد غلاف در بوته کلزا شد ولی پس از آن، افزایش شوری به کاهش این صفت منجر گردید (۸، ۴۱ و ۵۷). همچنین در پژوهشی افزایش شوری آب آبیاری تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در دو رقم از هشت رقم مورد بررسی کلزا به افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته منجر گردید، اگرچه در سایر ارقام کاهش این صفت را به دنبال داشت (۵۸).

تعداد دانه در غلاف

کاربرد ۳ تن بر هکتار زئولیت تأثیری بر تعداد دانه در غلاف نداشت در حالی که در سطوح کاربرد ۶ و ۹ تن بر هکتار زئولیت، این صفت حدود ۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت. این در حالی است که در پژوهشی تعداد دانه در غلاف کلزا در شرایط کاربرد ۱۰ تن بر هکتار زئولیت نسبت به عدم کاربرد، در شرایط بدون تنش آبی برای ارقام مخالف بین ۱۶ تا ۵۸ درصد و در شرایط تنش آبی متوسط بین ۱۸ تا ۳۴ درصد یافت (۳۰). سطوح مختلف شوری تعداد دانه در غلاف را بین دو تا چهار درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داد. کاهش تعداد دانه در غلاف کلزا در اثر شوری توسط برخی پژوهشگران گزارش شده بود (۹، ۱۶، ۱۹، ۲۱، ۲۲، ۴۱ و ۴۴). با توجه به تأثیر مثبت زئولیت و تأثیر منفی شوری بر طول غلاف از یک سو و همبستگی طول غلاف با تعداد دانه در غلاف (۲۱) از سوی دیگر، لذا می‌توان انتظار داشت که زئولیت و شوری به ترتیب موجب افزایش و کاهش تعداد دانه در غلاف مشابه گردد. تعداد دانه در غلاف به طور متوسط به ۳۰ تخمک در زمان گلدهی می‌رسد ولی تعداد نهایی آنها همواره از مقدار

افزایش شوری آب آبیاری از ۰/۶ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده نگردید (۵۹).

طول غلاف

طول غلاف در تمام سطوح زئولیت و شوری نسبت به تیمار شاهد به میزان حدود سه درصد به ترتیب افزایش و کاهش داشت. در پژوهشی کاربرد ۱۰ تن بر هکتار زئولیت نسبت به عدم کاربرد، در شرایط بدون تنش، تنش متوسط و تنش شدید آبیاری به ترتیب موجب ۱۶، ۲۳ و ۳۷ درصد (به طور متوسط ۲۵ درصد) افزایش طول غلاف کلزا گردید (۳۰). کاهش طول غلاف کلزا در اثر شوری توسط برخی پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده بود (۸ و ۲۱). شوری با افزایش فشار اسمزی محلول خاک منجر به کاهش جذب آب و در نتیجه کاهش تقسیم، طویل شدن و تمایز سلولی می‌گردد. لذا طول خورجین با افزایش شوری کاهش یافت.

تعداد غلاف در بوته

بر اساس نتایج، کاربرد ۳ تن بر هکتار زئولیت تغییر محسوسی بر تعداد غلاف در بوته نداشت ولی با افزایش سطح کاربرد به ۶ و ۹ تن بر هکتار این صفت به ترتیب ۳ و ۶ درصد افزایش یافت. نتایج یک پژوهش نشان داد که کاربرد ۱۰ تن بر هکتار زئولیت نسبت به عدم کاربرد، در شرایط بدون تنش آبی موجب ۱۳ درصد افزایش تعداد غلاف در بوته کلزا گردید (۳۰) که با نتایج این پژوهش نزدیکی دارد. بر خلاف انتظار، شوری ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر موجب افزایش تعداد غلاف در بوته به ترتیب به میزان ۵ و ۸ درصد گردید. در شرایط تنش شوری، محدودیت جذب عناصر غذایی توسط ریشه، منجر به کاهش تولید مواد فتوسنتزی و کاهش تخصیص آن به اندام‌های زایشی می‌شود. بنابراین کمبود منبع طی دوره گلدهی باعث ریزش اندام‌های زایشی، گل‌های بارور و غلاف‌های جوان می‌شود که نتیجه آن کاهش تعداد غلاف‌های بالغ است (۹). بر همین اساس، کاهش



عنایت به اثر ژئولیت بر اجزاء عملکرد کلزا در این پژوهش، برتری تیمار ۶ تن بر هکتار ژئولیت را می‌توان به افزایش وزن هزار دانه نسبت داد.

بر خلاف انتظار، شوری موجب افزایش عملکرد دانه و کارایی مصرف آب دانه گردید به طوری که در سطوح شوری ۴، ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر این صفات نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۲/۵، ۳ و ۶ درصد افزایش یافت. علت این امر را می‌توان به افزایش تعداد غلاف در بوته و وزن هزار دانه با شوری دانست. در همین راستا گزارش شده است که افزایش شوری از صفر به ترتیب به ۶، ۳ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر افزایش عملکرد دانه کلزا را به دنبال داشت ولی افزایش بیشتر شوری به کاهش این صفت منجر شد (۸، ۲۲ و ۵۷). همچنین گزارش شده است که افزایش شوری خاک از ۲/۳ به ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر به کاهش معنی‌دار عملکرد دانه کلزا منجر نگردید (۵۵) و افزایش شوری از ۱/۴ به ۳ دسی‌زیمنس بر متر موجب ۱۰ درصد افزایش عملکرد دانه ارقام مختلف کلزا شد (۶۱). در عین حال، کاهش معنی‌دار عملکرد دانه کلزا در اثر شوری در بیشتر پژوهش‌های قبلی گزارش گردیده بود (۶، ۹، ۱۳، ۱۶، ۱۹، ۲۱، ۳۵، ۴۱ و ۴۴). در پژوهشی با افزایش شوری کارایی مصرف آب دانه ارقام مختلف کلزا کاهش یافت (۳۵) در حالی که نتایج برخی دیگر از پژوهش‌ها نشان داد که کارایی مصرف آب دانه کلزا تا شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر افزایش و پس از آن کاهش یافت (۱۳ و ۲۲) که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. در مورد آستانه تحمل شوری کلزا به دلیل تنوع ژنتیکی ارقام و تفاوت شرایط آزمایشات، نتایج متفاوت و بعضاً متناقض گزارش شده است (۲۲). برای مثال در حالی که حد آستانه تحمل به شوری کلزا ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر گزارش شده است (۵۲)، این شاخص توسط پژوهشگران دیگر برای دو رقم مختلف کلزا شوری خاک ۱۱ و ۹/۷ دسی‌زیمنس بر متر (۴۴)، برای یک رقم دیگر شوری آب

مذکور کمتر است زیرا عواملی مانند شوری، افزایش فشار اسمزی و عوامل محیطی دیگر در کاهش تعداد دانه در غلاف موثر است (۹).

وزن هزار دانه

بیشترین مقدار وزن هزار دانه با حدود ۱۲ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد در شرایط کاربرد ۶ تن بر هکتار ژئولیت بدست آمد و سطوح کاربرد ۳ و ۹ تن بر هکتار ژئولیت به ترتیب موجب حدود ۶ و ۵ درصد افزایش این صفت شدند. در پژوهشی کاربرد ۱۰ تن بر هکتار ژئولیت نسبت به عدم کاربرد، موجب ۱۰ تا ۲۵ درصد افزایش وزن هزار دانه ارقام مختلف کلزا گردید (۳۰) که با نتایج این پژوهش همخوانی نزدیکی دارد. بر خلاف انتظار، سطوح مختلف شوری موجب چهار تا شش درصد افزایش وزن هزار دانه نسبت به تیمار شاهد گردید. به نظر می‌رسد که گیاه تلاش دارد که کاهش طول غلاف و تعداد دانه در غلاف در اثر شوری را با افزایش وزن هزار دانه جبران نماید. در همین راستا نتایج پژوهشی نشان داد که تنش شوری تاثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه کلزا نداشت (۴۴). در پژوهش دیگری کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه کلزا در محدوده شوری آب آبیاری ۰/۷ تا ۶ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده نشد (۲۲).

عملکرد دانه و کارایی مصرف آب دانه

بیشترین مقدار عملکرد دانه و کارایی مصرف آب دانه در شرایط کاربرد ۶ تن بر هکتار ژئولیت به ترتیب به میزان ۱۵۳۶ کیلوگرم بر هکتار و ۰/۸۰۴ کیلوگرم بر مترمکعب مشاهده گردید. بر اساس نتایج، این صفات در این تیمار نسبت به تیمار شاهد بیش از ۱۱ درصد افزایش داشتند در حالی که کاربرد ۳ و ۹ تن بر هکتار ژئولیت افزایش قابل توجهی در این صفات به دنبال نداشتند. با توجه به این که عملکرد دانه تابعی از اجزاء عملکرد (تعداد غلاف در بوته، دانه در غلاف و وزن هزار دانه) می‌باشد و با



خیلی شور نسبت به تیمار غیرشور را گزارش کردند. بیشترین میزان صفات زایشی (وزن هزار دانه و عملکرد دانه) و رویشی (ارتفاع بوته، طول غلاف و عملکرد بیولوژیکی) به ترتیب در سطح کاربرد ۶ و ۹ تن بر هکتار مشاهده گردید که به این معنا می‌باشد که کاربرد زیاد زئولیت به دلیل افزایش رشد رویشی گیاه کلزا از پتانسیل تولید دانه آن می‌کاهد. بر همین اساس، بیشترین و کمترین میزان شاخص برداشت به ترتیب در سطوح کاربرد ۶ و ۹ تن بر هکتار زئولیت مشاهده گردید. همچنین شوری موجب تغییر قابل ملاحظه شاخص برداشت نگردید که نشان می‌دهد اثر شوری بر صفات عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی گیاه کلزا از روند و شیب یکسانی برخوردار بوده است.

درصد روغن

کاربرد زئولیت موجب افزایش درصد روغن گردید به طوری که بیشترین مقدار این صفت در سطوح ۶ و ۹ تن بر هکتار زئولیت با حدود ۲/۵ درصد افزایش درصد روغن در مقایسه با شرایط عدم کاربرد (حدود ۶ درصد نسبت به تیمار عدم کاربرد) مشاهده گردید. این در حالی بود که نتایج پژوهشی نشان داد که در رژیم‌های آبیاری مختلف، کاربرد زئولیت موجب افزایش قابل توجه درصد روغن نشد (۳۰).

سطوح مختلف شوری، بجز شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر، تاثیری محسوسی بر درصد روغن نداشت. اثر شوری بر درصد روغن کلزا در پژوهش‌های مختلف متفاوت و متضاد گزارش شده است. برای مثال، نتایج دو پژوهش در بررسی شوری صفر تا ۱۲ (۸) و ۰/۷ تا ۱۴ (۲۲) دسی‌زیمنس بر متر بر درصد روغن کلزا نشان داد که حداکثر این صفت به ترتیب در شوری ۳ و ۸ و حداقل آن به ترتیب در شوری ۹ و ۰/۷ اتفاق افتاد که کاملاً مخالف یکدیگر است. همچنین در حالی که در برخی پژوهش‌ها اثر تنش شوری بر درصد روغن کلزا را

آبیاری ۵ دسی‌زیمنس بر متر (۱۱ و ۱۲) و برای یک رقم کلزا شوری خاک ۴/۸ دسی‌زیمنس بر متر معادل شوری آب آبیاری ۶ دسی‌زیمنس بر متر (۲۲) اعلام شده است.

عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت

نتایج نشان داد که زئولیت موجب افزایش عملکرد بیولوژیکی کلزا گردید به طوری که در سطوح ۳ و ۶ و ۹ تن بر هکتار کاربرد زئولیت، عملکرد بیولوژیکی به ترتیب حدود ۵ و ۱۲ درصد نسبت به شرایط عدم کاربرد افزایش داشت. حدود ۱۵ تا ۴۲ درصد افزایش عملکرد بیولوژیکی تر و ۵ تا ۴۰ درصد عملکرد بیولوژیکی خشک کلزای علوفه‌ای در سطوح مختلف کاربرد زئولیت (۲۷) و ۴ تا ۱۶ افزایش عملکرد بیولوژیکی سوروگوم علوفه‌ای در اثر استفاده از سوپرچاد زئولیت (۱۰) گزارش شده بود.

بر خلاف انتظار، نتایج اثر شوری بر عملکرد بیولوژیکی همانند اثر آن بر صفات عملکرد دانه و کارایی مصرف آب دانه بود به طوری که سطوح مختلف شوری موجب حدود ۲ تا ۶ درصد افزایش عملکرد بیولوژیکی نسبت به تیمار شاهد (۱/۴ دسی‌زیمنس بر متر) گردیدند. البته گزارش‌های مشابهی وجود دارد که اثر غیرکاهش و حتی در برخی موارد افزایشی تنش شوری بر عملکرد بیولوژیکی گیاه کلزا را که نشان می‌دهد. در همین راستا، تارینژاد و همکاران (۸)، افزایش غیرمعنی‌دار عملکرد بیولوژیکی در شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به صفر و کاهش معنی‌دار در شوری‌های بیشتر را گزارش کردند. حسینی و همکاران (۱۳۸۷) کاهش معنی‌داری در عملکرد بیولوژیکی کلزا تا شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده نکردند. پرچلی و همکاران (۱۹۹۵) گزارش کردند که افزایش شوری خاک از ۲/۳ به ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیکی کلزا نگردید. گل و احمد (۲۰۰۷) افزایش عملکرد بیولوژیکی دو رقم کلزا در برخی تاریخ‌های کشت در تیمارهای



آبیاری به افزایش عملکرد کمی و کیفی کلزا منجر گردید که البته با نتایج برخی پژوهش‌ها همخوانی دارد.

منابع

۱. احیایی، م. و اصغرزاد ع (۱۳۷۵) شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. نشریه فنی شماره ۹۸۳. موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، تهران، ایران، ۱۲۸ صفحه.
۲. ارزانش م.ح.، بنی‌عقیل ن.، قربانلی م.ل. و شهبازی م (۱۳۹۱) تاثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه بر پارامترهای رشدی و غلظت عناصر کم‌مصرف در دو رقم کلزا تحت تنش شوری. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، ۲(۲): ۱۶۳-۱۵۳.
۳. آرمندپیشه ا.، ایران‌نژاد ح.، اله‌دادی ا.، امیری ر. و کلیائی ا.ع (۱۳۸۸) اثر کاربرد زئولیت بر جوانه‌زنی و قدرت رویش بذور کلزا تحت تنش خشکی. فصلنامه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، ۱۱(۱): ۶۲-۵۴.
۴. آرمندپیشه ا.، شیرانی‌راد ا.ح.، اله‌دادی ا.، عبادی ع. و کلیائی ا.ع (۱۳۸۹) کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی با کاربرد زئولیت بر خصوصیات بذره‌ای تولید شده ارقام کلزا (*Brassica napus L.*). فصلنامه علمی- پژوهشی گیاه و زیست بوم، ۶(۲۴): ۷۵-۶۷.
۵. بایوردی ا.، طباطبایی س.ج. و احمداف ع (۱۳۸۹) تأثیر تنش شوری ناشی از کلور سدیم بر خصوصیات فیزیولوژیکی، کمیت و کیفیت ارقام پاییزه کلزا. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۴(۲): ۳۴۶-۳۳۴.
۶. بی‌نام، ۱۳۹۴. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲؛ جلد اول: محصولات زراعی. انتشارات معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی وزارت جهاد کشاورزی، ۱۶۹ صفحه.
۷. تارینژاد ع.ر.، قیومی ح.، رشیدی و.، فرح‌وش ف. و

غیرمعنی‌دار گزارش گردیده بود (۸، ۲۲، ۴۴ و ۵۶)، نتایج پژوهش‌های دیگر کاهش معنی‌دار این صفت در شرایط شوری را نشان داد (۶، ۱۶ و ۲۱).

عملکرد روغن و کارایی مصرف آب روغن

نتایج نشان داد که کاربرد زئولیت در تمام سطوح نسبت به تیمار شاهد منجر به افزایش عملکرد روغن و کارایی مصرف آب روغن کلزا گردید به طوری که بیشترین افزایش نسبت به تیمار شاهد در سطح کاربرد ۶ و ۹ تن بر هکتار زئولیت به میزان حدود به ترتیب ۱۷ و ۸ درصد مشاهده گردید. در همین راستا کاربرد ده تن بر هکتار زئولیت در شرایط آبیاری معمولی میانگین عملکرد روغن چهار ژنوتیپ مختلف کلزا را به میزان ۲۹/۷ درصد افزایش داد (۳۰) که با نتایج این پژوهش مشابهت دارد. بر خلاف انتظار، شوری به افزایش عملکرد روغن و کارایی مصرف آب روغن منجر گردید. بیشترین مقدار این صفات در شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد که پنج درصد نسبت به تیمار شاهد بیشتر بود. عملکرد و کارایی مصرف آب روغن به صفات درصد روغن و عملکرد دانه بستگی دارد. با توجه به تغییر جزئی درصد روغن با افزایش شوری در این پژوهش، افزایش عملکرد روغن و کارایی مصرف آب روغن را می‌توان به افزایش عملکرد دانه کلزا مرتبط دانست.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که بیشترین میزان صفات زایشی (وزن هزار دانه و عملکرد دانه) و رویشی (ارتفاع بوته، طول غلاف و عملکرد بیولوژیکی) به ترتیب در سطح کاربرد ۶ و ۹ تن بر هکتار مشاهده گردید که نشان می‌دهد کاربرد سطوح بالای زئولیت به دلیل افزایش رشد رویشی گیاه کلزا از پتانسیل تولید دانه آن می‌کاهد. بر همین اساس، بیشترین و کمترین میزان شاخص برداشت به ترتیب در سطوح کاربرد ۶ و ۹ تن بر هکتار زئولیت مشاهده گردید. بر خلاف انتظار، افزایش شوری آب

۱۵. راهنما ع.ا. (۱۳۹۲) مقایسه عملکرد، اجزای عملکرد و مقاومت نسبی ارقام کلزا در اراضی لب شور خوزستان. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی)، ۹۹: ۷۰-۸۰.
۱۶. رسولی س.ف.، گالشی س.، پیردشتی ه.ا. و زینلی ا. (۱۳۹۳) بررسی اثر تنش غرقابی بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا. نشریه تولید گیاهان زراعی، ۷(۲): ۴۱-۲۳.
۱۷. رنجبر م.، اصفهانی م.، قدوسی م. و یزدانی م.ر. (۱۳۸۳) تاثیر آبیاری و مصرف زئولیت طبیعی بر عملکرد کمی و کیفی توتون کوکر ۳۴۷. پژوهشنامه علوم کشاورزی، ۱(۲): ۶۳-۷۵.
۱۸. زمانی ص.ع.، نظامی م.ط.، حبیبی د. و بایوردی ا. (۱۳۸۸) بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کلزای پاییزه در شرایط تنش شوری. مجله تنش‌های محیطی در علوم گیاهی، ۱(۲): ۱۰۹-۱۲۱.
۱۹. شمس‌الدین سعید م. و فرح‌بخش ح. (۱۳۸۷) بررسی صفات کمی و کیفی عملکرد کلزا تحت شرایط تنش شوری و شناسایی بهترین شاخص مقاومت. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲(۴۳ الف): ۶۵-۷۸.
۲۰. شهبازی م.، کیانی ع.ر. و رئیسی س. (۱۳۹۰) تعیین آستانه تحمل به شوری در دو رقم کلزا (*Brassica napus L.*). مجله علوم زراعی ایران، ۱۳(۱): ۳۱-۱۸.
۲۱. شهرابی فراهانی ب.، فرهمندفر ا.، حسنلو ط.، شیرانی‌راد ا.ح. و طباطبایی س.ع. (۱۳۹۲) ارزیابی تحمل به خشکی چند رقم کلزا بر اساس خصوصیات فیزیولوژی و زراعی در منطقه یزد. نشریه تولید گیاهان زراعی، ۶(۴): ۹۷-۷۷.
۲۲. عابدی کوپایی ج.، موسوی س.ف. و معتمدی آ. (۱۳۸۹) بررسی تاثیر کاربرد زئولیت کلینوپتیلولایت در کاهش آبشویی کود اوره از خاک. آب و فاضلاب، ۲۳۵: ۲۹-۴۳.
۲۳. علیزاده ب. (۱۳۹۱) ارزیابی میزان تحمل‌پذیری ارقام کلزا به تنش شوری. ویژه‌نامه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۲(۴، ۱): ۲۹-۴۳.
۲۴. تجلی ط.، باقری ع.ر. و حسینی م. (۱۳۹۰) اثر تنش شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد پنج رقم کلزا. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی، ۳: ۹۰-۷۷.
۲۵. ترابی ع.ر.، فرح‌بخش ح. و خواجه‌پوری نژاد غ.ر. (۱۳۹۲) بررسی رژیم‌های مختلف آبیاری و سوپرچاد زئولیت بر عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor L.*). به-زراعی کشاورزی، ۱۵(۳): ۱۴-۱.
۲۶. جلالی و.ر. و همایی م. (۱۳۸۹) مدل‌سازی اثر زمان اعمال تنش شوری محیط ریشه بر عملکرد گیاه کلزا. مجله به‌زراعی کشاورزی، ۱۲(۱): ۴۰-۲۹.
۲۷. جلالی و.ر.، همایی م. و میرنیا س.خ. (۱۳۸۷) مدل‌سازی واکنش کلزا به شوری طی دوره‌های رشد زایشی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲(۴۴): ۱۱۱-۱۲۱.
۲۸. حسینی ی.، همایی م.، کریمیان ن.ع. و سعادت س. (۱۳۸۷) اثرات فسفر و شوری بر رشد، غلظت عناصر غذایی و کارایی مصرف آب در کلزا (*Brassica napus L.*). پژوهش کشاورزی: آب، خاک و گیاه در کشاورزی، ۸(۴): ۱۸-۱.
۲۹. حق‌شناس گرگابی م. و بیگی هرچگانی ح. (۱۳۸۹) اثر زئولیت میانه بر ظرفیت نگهداری آب و ضرایب مدل‌های منحنی رطوبتی دو بافت خاک شنی و لوم-رسی. مجله پژوهش آب ایران، ۴(۶): ۴۲-۳۵.
۳۰. خاشعی سیوکی ع.، کوچک‌زاده م. و شهبازی فر م. (۱۳۸۷) تاثیر کاربرد زئولیت طبیعی کلینوپتیلولایت و رطوبت خاک بر اجزای عملکرد ذرت. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، ۲۲(۲): ۲۴۱-۲۳۵.

- آزمایش‌های ناپیوسته و پویا. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۴(۸): ۷۷۳-۷۶۶.
۳۱. یزدانی ح.، قهرمان ب.، داوری ک. و کافی م (۱۳۹۳) اثرات تنش شوری و کم آبیاری بر شاخص کارایی مصرف آب دو رقم کلزا. مجله مهندسی منابع آب، ۷(۲۳): ۸۴-۶۷.
۳۲. یعقوبی س.ر.، آقاعلیخانی م.، غلامحسینی م.، سادات‌اسیلان ک.، دولت‌آبادیان آ.، خدایی‌جوکان آ. و جمشیدی ا (۱۳۹۰) تاثیر کمپوست کود دامی غنی شده با مقادیر مختلف زئولیت بر کارایی علف‌کش تری‌فلورالین در کنترل علف‌های هرز آفتابگردان تحت رژیم‌های مختلف آبیاری. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۲(۱): ۱۵۵-۱۴۳.
33. Al-Busaidi A, Yamamoto T, Inoue M, Eneji AE, Mori Y and Irshad M (2008) Effects of zeolite on soil nutrients and growth of barley following irrigation with saline water. *Journal of Plant Nutrition*, 31(7): 1159-1173.
34. Blake GR and Hartge KH (1986a) Bulk density, In: Klute A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods*. 2nd Edition, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 13: 363-376.
35. Blake GR and Hartge KH (1986b) Particle density, In: Klute A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods*. 2nd Edition, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 14: 377-382.
36. Boltz DF and Howel JA (1978) *Colorimetric Determination of non-metals*. John Wiley and sons; New York: 197-202.
37. Bybordi A (2010) Effects of salinity on yield and component characters in canola (*Brassica napus L.*) cultivars. *Notulae Scientia Biologicae*, 2(1): 81-
38. Dwairi IM (1998) Evaluation of Jordanian zeolite tuff as a controlled slow-
- ۲۱(۳): ۵۷-۵۱.
۲۳. عظیمی‌گندمانی م.، دهداری ا.، فرجی ه.، موحدی-دهنوی م. و علی‌نقی‌زاده م (۱۳۹۱) تاثیر تنش شوری بر برخی خصوصیات کمی و کیفی ارقام کلزای بهاره. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۵(۱): ۷۰-۵۳.
۲۴. غلامحسینی م.، آقاعلیخانی م. و ملکوتی م.ج (۱۳۸۷) تاثیر سطوح مختلف نیتروژن و زئولیت بر عملکرد کمی و کیفی علوفه کلزای پاییزه. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲(۴۵ب): ۵۴۸-۵۳۷.
۲۵. غلامحسینی م.، آقاعلیخانی م. و ملکوتی م.ج (۱۳۸۸) تاثیر زئولیت در کاهش آبخش نیتروژن در یک خاک شنی تحت کشت کلزای علوفه‌ای. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، ۲۳(۱): ۶۰-۴۹.
۲۶. قربانلی م.ل.، ساطعی آ. و مقیسه ا (۱۳۸۲) اثر مقادیر متفاوت شوری بر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و نیترات ردوکتاز در ریشه و برگ‌های ارقام کلزا (*Brassica napus L.*). پژوهش و سازندگی، ۱۶(۱): ۴۳-۳۹.
۲۷. کاظمیان ح (۱۳۸۳) مقدمه‌ای بر زئولیت‌ها؛ کانی‌های سحرانگیز. انتشارات بهشت، چاپ اول، تهران، ۱۰۰ صفحه.
۲۸. متقی ل.، اله‌دادی ا.، شیرانی‌راد ا.ح.، اکبری غ.ع. و حسنلو ط (۱۳۹۳) بررسی اثر زئولیت بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های کلزا تحت شرایط کم‌آبی. به‌زراعی کشاورزی، ۱۶(۲): ۳۹۷-۳۸۱.
۲۹. محمدی م.، مولوی ح.، لیاقت ع.م. و پارسی‌نژاد م (۱۳۹۲) اثر کاربرد زئولیت بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای. مجله پژوهش آب در کشاورزی، ۲۷(۱): ۷۵-۶۷.
۳۰. مسلمی کوچصفهانی م.، نوایان م.، اسمعیلی‌ورکی م. و وظیفه‌دوست م (۱۳۹۳) بررسی کاهش نیترات زه-آب کشاورزی توسط زئولیت اصلاح شده در

- technology, Dekker, New York, pp. 119.
49. Polat E, Karaca M, Demir H and Naci Onus A (2004) Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 12: 183-189.
 50. Porcelli CA, Gutierrez Boem FH and Lavado RS (1995) The K/Na and Ca/Na ratios and rapeseed yield, under soil salinity or sodicity. *Plant Soil*, 175: 251-255.
 51. Qasim M, Ashraf M, Ashraf MY, Rehman SU and Rha ES (2003) Salt-induced changes in two canola cultivars differing in salt tolerance. *Biologica plantarum*. 46(4): 629-632.
 52. Rameeh V, Cherati A and Abbaszadeh F (2012) Salinity effects on yield, yield components and nutrient ions in rapeseed genotypes. *Journal of Agricultural Sciences*, 57(1): 19-29.
 53. Rameeh V (2012) Ions uptake, yield and yield attributes of rapeseed exposed to salinity stress. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12(4): 851-861.
 54. Shabani A, Sepaskhah AR and Kamgar-Haghighi AA (2013) Responses of agronomic components of rapeseed (*Brassica napus* L.) as influenced by deficit irrigation, water salinity and planting method. *International Journal of Plant Production*, 7(2): 313-340.
 55. Steppuhn H and Raney JP (2005) Emergence, height, and yield of canola and barley grown in saline root zones. *Canadian Journal of Plant Science*, 85: 815-827.
 56. Walkley A and Black IA (1934) An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 34: 29-38.
 57. Xiubin H and Zhanbin H (2001) Zeolite application for enhancing water infiltration and retention in loess soil. *Resources, Conservation and Recycling*, 34: 45-52.
 58. Zhang H, Kim Y and Dutta PK (2006) Controlled release of paraquat from surface-modified zeolite. *Microporous and Mesoporous Materials*, 88: 312-318.
 - release fertilizer for NH₄. *Environmental Geology*, 34: 1-3.
 39. Francois LE (1994) Growth, seed yield and oil content of canola grown under saline conditions. *Agronomy Journal*, 86(2): 233-237.
 40. Gardner WH (1986) Water content, In: Klute A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods*. 2nd Edition, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 21: 493-544.
 41. Gee GW and Bauder JW (1986) Particle size analysis, In: Klute A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods*. 2nd Edition, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 9: 383-411.
 42. Gul H and Ahmad R (2007) Effect of different sowing dates on the vegetative and reproductive growth of canola (*Brassica napus* L.) cultivars under different salinity levels. *Pakistan Journal of Botany*, 39(4): 1161-1172.
 43. Gupta PK (2000) *Soil, plant, water and fertilizer analysis*. Agrobios pub. Bikaner, India.
 44. Gutierrez Boem FH, Scheiner JD and Lavado RS (1994) Some effects of soil salinity on growth, development and yield of rape seed (*Brassica napus* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 43(3): 182-187.
 45. Huang ZT and Petrovic AM (1994) Clinoptilolite influence on nitrate leaching and nitrogen use efficiency in simulated sand based golf greens. *Journal of Environmental Quality*, 23(6):1190-1194.
 46. Kumar D (1995) Salt tolerance in oilseed Brassica present status and further prospects. *Plant Breeding Abstracts*, 65(10): 1939-1447.
 47. Maas EV and Hoffman GJ (1977) Crop salt tolerance- current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE*. 103(2): 115-134.
 48. Payra P, Dutta PK, Auerbach SM, Carrado KA and Dutta PK (2004) *Handbook of zeolite science and*

Effects of Zeolite on Canola under Salinity Stress

Kami Kaboosi^{*1} and Asmae Ehsani²

¹Assistant Professor and ²Former M.Sc. Student of Department of Agriculture, Gorgan branch,
Islamic Azad University, Gorgan, Iran

* Corresponding Author (kkaboosi@yahoo.com)

Abstract

To evaluate the effect of different levels of irrigation water salinity (1.4, 4, 7 and 10 dS.m⁻¹) and zeolite (0, 3, 6 and 9 tons per hectare) on rapeseed, an experiment in season 2015 was done in the Gorgan region. The results showed that all levels of zeolite and salinity increased and decreased the length of the pod to the rate of about three percent, respectively. Most plant height, number of pods per plant, number of seeds per pod and biological yield was observed in 9 tons per hectare zeolite application level that were increased by 11, 6, 3 and 12 percent compared to the control treatment (non-application), respectively. However, the maximum amount of seed weight, seed yield and its water use efficiency and seed oil yield and its water use efficiency by 12, 11 and 17 percent increasing compared to the control treatment were obtained at the application level 6 tons per hectare zeolite. Different levels of salinity results in decrease of number of seeds per pod between two and four percent compared to the control level. On the contrary, salinity levels 7 and 10 dS.m⁻¹ increased the number of pods per plant, seed weight, seed yield and its water use efficiency, biological yield and seed oil yield and its water use efficiency, although those findings were consistent to some researchs.

Keywords: Oil, Seed, Water Salinity, Water Use Efficiency, Yield.