



## اثر سطوح تنش شوری بر صفات کمی و کیفی ارقام مختلف کلزا در شرایط کاربرد ورمی کمپوست

کامی کابوسی\*<sup>۱</sup> و اکبر نودهی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>استادیار گروه کشاورزی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران،

<sup>۲</sup>دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه کشاورزی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۸/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱/۱۵

### چکیده

**سابقه و هدف:** در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا، فشار زیادی برای استفاده از آب‌های لب شور در آبیاری گیاهان وجود دارد. در نتیجه شناسایی گیاهان و ارقام مقاوم به شوری مورد نیاز می‌باشد. سودمندی ورمی کمپوست در کاهش اثرات زیان‌بار شوری در برخی گیاهان گزارش گردیده است.

**مواد و روش‌ها:** به منظور بررسی اثر ۴ سطح شوری آب آبیاری (شامل ۱/۱۵، ۴، ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) بر صفات کمی و کیفی چهار رقم کلزا (شامل سه رقم هایولا ۴۸۱۵، ۳۰۸ و ۴۰۱ و رقم RGS 003) در شرایط کاربرد ۱۰ تن بر هکتار کود ورمی کمپوست، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. آزمایش در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان به صورت گلدانی در محیط آزاد و در زیر سایه‌بان (به منظور محروم کردن گیاه از دریافت بارندگی) انجام شد. به منظور جلوگیری از اثر سمیت ویژه برخی یون‌ها، برای تهیه سطوح متفاوت شوری از ترکیب چهار نمک  $\text{CaCl}_2$ ،  $\text{NaCl}$ ،  $\text{MgCl}_2$ ،  $\text{MgSO}_4$  با نسبت وزنی برابر استفاده گردید.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، عملکرد روغن، کارایی مصرف آب دانه و کارایی مصرف آب دانه روغن کلزا به صورت معنی‌داری تحت تاثیر رقم قرار گرفتند. آزمون مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در همه صفات مورد بررسی، بجز شاخص برداشت، رقم هایولا ۴۰۱ برتر از سایر ارقام بود، اگرچه در برخی صفات این برتری از نظر آماری معنی‌دار نبود. در مقابل، رقم RGS 003 نیز کمترین

\*مسئول مکاتبه: [kkaboosi@yahoo.com](mailto:kkaboosi@yahoo.com)

میزان عملکرد دانه، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب دانه را دارا بود. میزان عملکرد دانه و کارایی مصرف آب دانه رقم هایولا ۴۰۱ نسبت به رقم RGS 003 حدود ۲۳ درصد بیشتر بود. نتایج نشان داد که اثر شوری فقط بر صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و کارایی مصرف آب دانه معنی دار بود. بر اساس آزمون مقایسه میانگین‌ها، کمترین میزان صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و کارایی مصرف آب دانه در شاهد (۱/۱۵) دسی‌زیمنس بر متر) و بیشترین میزان این صفات در تیمار شوری آب آبیاری ۷ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده گردید و افزایش بیشتر شوری موجب کاهش این صفات گردید. همچنین اثر متقابل شوری و رقم بر هیچ یک از صفات مورد بررسی معنی دار نبود.

**نتیجه‌گیری:** به نظر می‌رسد افزایش صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و کارایی مصرف آب دانه تا شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر به دلیل افزایش جذب مواد غذایی از محلول خاک، کاهش قابلیت آبشویی مواد غذایی از محلول خاک (به دلیل کاهش قابلیت حلالیت آب) و تحریک گیاه جهت مقابله با تنش بوده است. همچنین کاربرد کود ورمی‌کمپوست از طریق بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک توانست موجب افزایش آستانه تحمل به شوری ارقام مورد بررسی گردد.

واژه‌های کلیدی: RGS، شوری آب، گرگان، هایولا.

## مقدمه

تنش شوری یکی از مهمترین تنش‌های غیرزیستی بوده و آثار منفی آن بر رشد گیاهان زراعی باعث افزایش تحقیقات در زمینه تحمل به شوری با هدف بهبود تحمل گیاهان شده است. برآوردها نشان می‌دهد که حدود ۲۰ درصد از زمین‌های کشاورزی و نزدیک به نیمی از اراضی تحت آبیاری جهان تحت تأثیر تنش شوری می‌باشند (۱۷، ۱۸ و ۶۶). همچنین تخمین زده شده است که سالانه بین ۲۵۰ تا ۵۰۰ هزار هکتار از اراضی کشاورزی دنیا بر اثر شوری از چرخه تولید خارج می‌شوند (۵۶). براساس مطالعات مؤمنی (۲۰۱۱) وسعت اراضی دارای خاک‌های با درجات مختلف شوری کشور ۵۵/۶ میلیون هکتار معادل ۳۴ درصد مساحت کل کشور می‌باشد که از این میزان ۶/۸ میلیون هکتار در دشت‌های کشاورزی می‌باشد (۳۸).

در بین گیاهان زراعی، کلزا (*Brassica napus L.*) به‌عنوان یک گیاه مقاوم به شوری شناخته شده است (۵۵). این گیاه در هلند نخستین محصولی است که در زمین‌های جدا شده از دریا کشت می‌شود (۲۲). در مورد آستانه تحمل شوری کلزا به‌دلیل تنوع ژنتیکی ارقام و تفاوت شرایط آزمایشات، نتایج متفاوت و بعضاً متناقض گزارش شده است (۵۲). در حالی که فرانکوئیس (۱۹۹۴) حد آستانه کاهش عملکرد شوری دو رقم کلزا را شوری خاک ۱۱ و ۹/۷ دسی‌زیمنس بر متر گزارش کرد (۲۴)، شهبازی و همکاران (۲۰۱۱) آن را برای دو رقم استقلال و طلایه، شوری خاک ۴/۸ دسی‌زیمنس بر متر (معادل شوری آب آبیاری ۶ دسی‌زیمنس بر متر) به‌دست آوردند (۵۲).

شوری خاک ظهور برگ‌ها و تشکیل اولین میان‌گره‌ها را در کلزا به تأخیر انداخته و استقرار و درصد سبز گیاه را کاهش می‌دهد. تنش شوری در مراحل بعدی رشد، موجب کاهش ارتفاع بوته، تعداد خورجین و تعداد دانه‌ها می‌شود (۱۴). نتایج پژوهش اخیانی و همکاران (۲۰۱۰) در خصوص بررسی تحمل به شوری هفت رقم کلزای بهاره نشان داد که تنش شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد اثر معنی‌داری داشت اما اثر متقابل شوری و رقم فقط بر صفت عملکرد نسبی معنی‌دار بود (۵). همچنین سلطانی و همکاران (۲۰۰۹) اثر شوری بر درصد ماده خشک گیاه کلزا را معنی‌دار گزارش کردند (۵۷). کاهش معنی‌دار عملکرد دانه ارقام مختلف کلزا تحت شرایط تنش شوری توسط شمس‌الدین سعید و فرحبخش (۲۰۰۸)، زمانی و همکاران (۲۰۱۰)، بایوردی (۲۰۱۰)، شهبازی و همکاران (۲۰۱۱) و تارینژاد و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش شده است (۱۶، ۵۲، ۵۴، ۶۰ و ۶۵). به‌طور کلی اثرات زیان‌بار شوری بر رشد گیاهان از طریق کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک (تنش آبی)، اختلال

(برهم زدن تعادل) تغذیه‌ای، اثرات یون‌های خاص (تنش نمک) و یا ترکیبی از آنها بروز پیدا می‌کند (۷). پژوهش اسمیچ و همکاران (۱۹۹۳) و پرچلی و همکاران (۱۹۹۵) نشان داد که اثرات منفی شوری بر کلزا عمدتاً به واسطه کاهش پتانسیل اسمزی بوده و روابط یونی از اهمیت کمتری برخوردار است (۴۳ و ۵۱).

در اکثر پژوهش‌های انجام شده در مورد تأثیر شوری بر گیاه از آب شور مصنوعی که عموماً NaCl یا ترکیبی از NaCl و CaCl<sub>2</sub> است استفاده می‌شود و از تأثیر سمیت برخی عناصر و اثر آنها بر قابلیت فراهمی سایر عناصر غذایی از لحاظ جذب توسط ریشه و انتقال آن درون گیاه صرف‌نظر می‌گردد. این موضوع با شرایط واقعی منابع آب و خاک شور تطابق ندارد (۴ و ۳۳). نتیجه پژوهش شمس‌الدین سعید و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که علاوه بر میزان شوری، نوع نمک (NaCl و CaCl<sub>2</sub>) نیز بر درصد جوانه‌زنی بذور ارقام مختلف کلزا تأثیر معنی‌داری داشت به طوری که با افزایش شوری، کاهش درصد جوانه‌زنی در تیمار NaCl بیشتر از CaCl<sub>2</sub> بود که احتمالاً به علت سمیت بیشتر یون سدیم نسبت به کلسیم است (۵۳).

کود ورمی‌کمپوست علاوه بر تأثیر بر غلظت عناصر غذایی موجود در خاک، بر ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک نیز تأثیر می‌گذارد (۱ و ۳۶). تجاد و گونزالس (۲۰۰۸) اثر کود ورمی‌کمپوست بر بهبود وضعیت فیزیکی خاک را بیشتر از کود دامی گزارش کردند (۶۱). میرزایی و همکاران (۲۰۰۹) اظهار داشتند که کاربرد کود ورمی‌کمپوست باعث اسفنجی شدن ساختمان خاک و افزایش درصد خلل و فرج و در نهایت کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک می‌شود (۳۷). نتایج پژوهش احمدآبادی و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست موجب کاهش معنی‌دار وزن مخصوص حقیقی و ظاهری و pH خاک و همپنین افزایش معنی‌دار درصد تخلخل، درصد اشباع، درصد رطوبت خاک در نقطه ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم، درصد کل آب قابل دسترس، درصد ماده آلی و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک گردید (۱). محمدی و همکاران (۲۰۱۱) افزایش عملکرد دانه و عملکرد روغن دانه گیاه کلزا در اثر استفاده از کمپوست زباله شهری را گزارش کردند (۳۹). رشتبری و علیخانی (۲۰۱۲) کاربرد کمپوست و ورمی‌کمپوست در شرایط آبیاری نرمال و تنش متوسط و شدید بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی و عملکرد گیاه کلزا را مثبت ارزیابی نمودند (۵۰). در بعضی از گیاهان نظیر آفتابگردان (*Helianthus annuus L.*)، ورمی‌کمپوست اثرات زیان‌بار شوری را کاهش داد و سبب افزایش رشد و تولید محصول شد (۴۶). همچنین عملکرد بیولوژیکی تمبر هندی (*Tamarindus indica L.*) در حضور

ورمی کمپوست در محیط تحت تنش کلرید سدیم بیش از چهار برابر افزایش یافت و ورمی کمپوست توانست به مقدار زیادی اثرات منفی تنش شوری بر رشد گیاه تمبر هندی را محدود کند (۴۲). بیک خورمیزی و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی تاثیر سطوح مختلف ورمی کمپوست بر بهبود تحمل به شوری گیاهچه‌های لوبیا قرمز بیان نمودند که در سطوح پایین شوری تمام نسبت‌های ورمی کمپوست و در سطوح شوری بالا نسبت‌های بالای ورمی کمپوست تا حدودی اثرات نامطلوب شوری را کاهش داد (۱۱). همچنین بررسی بیک خورمیزی و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که کاربرد ورمی کمپوست در شرایط تنش شوری موجب بهبود میزان فتوسنتز و کارایی مصرف آب لوبیا قرمز در مراحل گیاهچه‌ای و گلدهی گردید (۱۲).

یکی از روش‌های مقابله با مشکل شوری، کشت ارقام متحمل به شوری می‌باشد. 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 واکنش متفاوت ارقام مختلف این گیاه نسبت به شوری از سوی دیگر، این تحقیق با هدف بررسی اثر تنش شوری بر خصوصیات کمی و کیفی ارقام مختلف گیاه کلزا انجام گردید. همچنین با توجه به پتانسیل قابل توجه کود ورمی کمپوست در بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک و نقش آن در کاهش اثرات زیان‌بار تنش شوری بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی، این آزمایش در حضور کود ورمی کمپوست به‌عنوان اصلاح کننده خاک انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت کشت پایزه با هدف بررسی اثر تنش شوری بر ارقام مختلف کلزا تحت شرایط استفاده از کود ورمی کمپوست در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان به‌صورت گلدانی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. گلدان‌ها در فضای آزاد و در زیر یک سایه‌بان نسبتاً بلند که هوای آزاد از اطراف به راحتی در آن جریان داشت نگهداری شدند. وجود سایه‌بان به دلیل ضرورت انجام آبیاری جهت اعمال تیمارهای شوری و محروم کردن گلدان‌ها از دریافت بارندگی بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل شوری آب آبیاری در چهار سطح شامل ۱/۱۵ (شاهد)، ۴، ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و چهار سطح رقم کلزا شامل سه رقم هایولا ۴۸۱۵، ۳۰۸ و ۴۰۱ و رقم RGS 003 بود. لازم به ذکر است که به‌دلیل قرار گرفتن گلدان‌ها در زیر سایه‌بان و افتادن سایه در برخی ساعات

بر روی گلدان‌های یک ضلع از محل آزمایش، تحقیق به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی (به جای طرح کاملاً تصادفی) اجرا گردید.

با توجه به اهمیت نوع نمک در مطالعات شوری، جهت تهیه تیمارهای شوری، چهار نمک  $\text{CaCl}_2$ ،  $\text{NaCl}$ ،  $\text{MgCl}_2$ ،  $\text{MgSO}_4$  با نسبت وزنی برابر (هر نمک به میزان ۲۵ درصد از وزن کل نمک) به آب معمولی (شاهد) اضافه شد. مقدار نمک موردنیاز براساس رابطه تجربی  $\text{TDS}=640*\text{EC}$  (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 با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی محلول‌های مختلف ساخته شده، مقدار دقیق نمک موردنیاز تعیین گردید (۴۹). بر این اساس، در نهایت برای تهیه سطوح شوری ۴، ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۶۰۸، ۱۲۴۹ و ۱۹۵۳ میلی‌گرم از هر نمک به هر لیتر از آب معمولی اضافه شد.

پیش از پر کردن گلدان‌های پلاستیکی، مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه و ورمی‌کمپوست مورد استفاده اندازه‌گیری گردید و بر اساس آزمون مواد غذایی خاک، مقدار کود موردنیاز مشخص شد. نتایج ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و ورمی‌کمپوست و روش اندازه‌گیری آن‌ها در جدول (۱) آمده است. سپس بر اساس ابعاد گلدان (ارتفاع ۳۶ و عرض دهانه ۳۱ سانتی‌متر) و وزن مخصوص ظاهری خاک، مقدار خاک مورد نیاز برای پر کردن گلدان‌ها محاسبه شد و این میزان خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک مزرعه تهیه گردید. پس از خشک کردن خاک در مجاورت هوای آزاد و سپس عبور آن از الک دو میلی‌متری، درصد رطوبت خاک به روش وزنی اندازه‌گیری گردید. 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 گلدان‌ها به ارتفاع سه سانتی‌متر ماسه ریخته شد. سپس با توجه به درصد رطوبت و وزن مخصوص ظاهری خاک، وزن خاک موردنیاز برای پر کردن گلدان به ارتفاع ۲۸ سانتی‌متر محاسبه گردید. 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. همچنین پنج سانتی‌متر فوقانی گلدان‌ها نیز جهت انجام آبیاری خالی گذاشته شد. لازم به ذکر است که کود ورمی‌کمپوست به میزان ۱۰ تن در هکتار همراه با ۱۰ سانتی‌متر فوقانی خاک به گلدان اضافه گردید. 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 در عمق ۱/۵-۱ سانتی متری کشت شد. بعد از جوانه زنی بذر و استقرار آنها، عملیات تنک کردن طی چند مرحله انجام شد به طوری که در نهایت پنج بوته در هر گلدان (تراکم ۶۶ بوته در مترمربع) باقی ماند. کودهای شیمیایی مورد نیاز مطابق با توصیه کودی (مقدار ۲۰۰، ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم بر هکتار به ترتیب از کود اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم) در زمان کشت و در طول فصل رشد به گلدان‌ها داده شد. آبیاری گلدان‌ها تا مرحله شش برگی با آب معمولی و پس از آن تا پایان فصل رشد با سطوح شوری مورد نظر برای هر تیمار به صورت هفتگی انجام گردید. مقدار آبیاری بر اساس کاهش رطوبت خاک گلدان (روش وزنی) تعیین گردید و مقدار آن برای همه تیمارها یکسان بود. به منظور جلوگیری از خروج آب آبیاری از کف گلدان، در هر آبیاری، این حجم آب به صورت تدریجی به گلدان اضافه گردید.

در پایان فصل رشد پس از کف‌بر کردن کلیه بوته‌های هر گلدان، صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت (نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی)، درصد روغن، عملکرد روغن (حاصل ضرب درصد روغن در عملکرد دانه) و کارایی مصرف آب<sup>۱</sup> اندازه‌گیری و محاسبه گردید. کارایی مصرف آب به صورت نسبت میزان عملکرد گیاه (بر حسب کیلوگرم بر هکتار) به میزان حجم آب آبیاری (بر حسب مترمکعب بر هکتار) تعریف شده است. در تعریف شاخص کارایی مصرف آب، صورت کسر می‌تواند عملکرد دانه، عملکرد خشک، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد روغن، عملکرد پروتئین و غیره باشد (۳۱). در این پژوهش، کارایی مصرف آب دانه از حاصل نسبت عملکرد دانه کلزا (کیلوگرم) به حجم آب مصرفی (مترمکعب) و کارایی مصرف آب روغن از حاصل نسبت عملکرد روغن دانه کلزا (کیلوگرم) به حجم آب مصرفی (مترمکعب) محاسبه شد. تجزیه آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ و مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون LSD (در سطح احتمال ۵ درصد) صورت گرفت.

## 1. Water Use Efficiency (WUE)

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و ورمی کمپوست.

Table 1. Physical and chemical properties of soil and vermicompost.

ویژگی properties	واحد unit	روش اندازه‌گیری Measuring method	منبع روش Reference of method	خاک soil	ورمی کمپوست vermicompost
Sand	درصد (%) شن			24	-
Silt	درصد (%) سیلت		گی و بودر (۱۹۸۶)	50	-
Clay	درصد (%) رس	هیدرومتری	Gee and Bauder (1986)	26	-
Soil Texture	- بافت خاک			Loam	-
Soil Saturated Percent	درصد اشباع خاک (%)	-	گاردنر (۱۹۸۶) Gardner (1986)	31	36
Porosity	درصد (%) تخلخل	-	دنیلسون و سوسرلند (۱۹۸۶) Danielson and Sutherland (1986)	45	59
Bulk Density	جرم مخصوص ظاهری g.cm <sup>-3</sup>	سیلندر	بلک و هارتز (۱۹۸۶a) Black and Hartge (1986a)	1.40	0.64
Particle Density	جرم مخصوص حقیقی g.cm <sup>-3</sup>	پیکنومتر	بلک و هارتز (۱۹۸۶b) Black and Hartge (1986b)	2.56	1.55
pH	- اسیدیته	دستگاهی	-	8.0	7.8
EC	هدایت الکتریکی dS.m <sup>-1</sup>	دستگاهی	-	1.1	3.7
Total Organic Mass	درصد (%) کل مواد آلی	-	والکلی و بلک (۱۹۳۴) Walkley and Black (1934)	-	38.6
Total Organic Carbon	درصد (%) کل کربن آلی	-	احیایی و اصغرزاد (۱۹۹۶) Ahyaii and Asgharzadeh (1996)	1.12	11.42
Total N	درصد (%) نیتروژن کل	کجدال	گوپتا (۲۰۰۰) Gopta (2000)	0.11	1.90
P	درصد/ppm (%)* فسفر	اولسن	بولتز و هاول (۱۹۷۸) Boltz and Havel (1978)	8.80	0.65
Absorbable K	درصد/ppm (%)* پتاسیم قابل جذب	شعله‌سنجی		300.21	0.32

\* واحدها به ترتیب برای خاک و ورمی کمپوست می‌باشد.

\* Units are belonging to the soil and vermicompost, respectively.



## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در جدول (۲) ارائه شده است. بر اساس نتایج، اثر رقم بر صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد روغن، کارایی مصرف آب دانه و کارایی مصرف آب روغن در سطح احتمال پنج درصد ( $P < 0/05$ ) و بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد ( $P < 0/01$ ) معنی‌دار بود. در عین حال، اثر شوری فقط بر صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و کارایی مصرف آب دانه معنی‌دار گشت ( $P < 0/01$ ). همچنین اثر متقابل شوری و رقم بر هیچ یک از صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین صفات مورد بررسی نیز در جدول (۳) ارائه شده است.

**عملکرد دانه و کارایی مصرف آب دانه:** بر اساس جدول (۲)، اثرات ساده رقم و شوری به ترتیب در سطح پنج و یک درصد بر عملکرد دانه و کارایی مصرف آب دانه معنی‌دار بود. برای اندازه‌گیری صفت درصد روغن از ترکیب سه تکرار هر تیمار یک نمونه تهیه گردید (مجموعاً ۱۶ نمونه).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات کمی و کیفی کلزا.

Table 2. Results of analysis of variance of quantity and quality traits of canola.

منابع تغییرات Variation sources	درجه آزادی d.f	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	شاخص برداشت Harvest Index	درصد روغن* Oil percent	عملکرد روغن Oil yield	کارایی مصرف آب دانه Seed WUE	کارایی مصرف آب روغن Oil WUE
Block	بلوک 2	46094 <sup>ns</sup>	781132 <sup>ns</sup>	28.62 <sup>ns</sup>	-	5520 <sup>ns</sup>	0.0082 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>
Cultivar	رقم 3	440038*	2435438*	155.33**	11.94 <sup>ns</sup>	62952*	0.0811*	0.01*
Salinity	شوری 3	664456**	5108111**	4.47 <sup>ns</sup>	18.22 <sup>ns</sup>	37096 <sup>ns</sup>	0.123**	0.006 <sup>ns</sup>
Interaction	اثر متقابل 9	10216 <sup>ns</sup>	775927 <sup>ns</sup>	2.81 <sup>ns</sup>	-	16083 <sup>ns</sup>	0.020 <sup>ns</sup>	0.0029 <sup>ns</sup>
Error	خطا 30	118411	647971	8.86	-	15094	0.021	0.0028
CV	ضریب تغییرات -	16.64	15.13	7.62	-	16.85	16.63	16.85

<sup>ns</sup>, \*\*, \* به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصدی باشد.

<sup>ns</sup>, \* and \*\* are non-significant and significant at 5 and 1%, respectively.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین رقم ۴۰۱ (با بیشترین عملکرد دانه و کارایی مصرف آب دانه به ترتیب ۳/۳۹۲ گرم بر بوته و ۰/۹۷۵ کیلوگرم بر مترمکعب) و رقم RGS 003 (با کمترین میزان این صفات به ترتیب ۲/۷۶۴ گرم بر بوته و ۰/۷۹۵ کیلوگرم بر مترمکعب) وجود داشت. در عین حال اختلاف این دو رقم از نظر این صفات با ارقام ۴۸۱۵ و ۳۰۸ با میانگین عملکرد و کارایی مصرف آب دانه به ترتیب ۳/۱۲ گرم بر بوته و ۰/۸۹۷ کیلوگرم بر مترمکعب معنی‌دار نبود (جدول ۳). یافته‌های ربیعی و رحیمی (۲۰۱۴) نشان داد که عملکرد دانه رقم هایولا ۴۰۱ نسبت به RGS حدود ۴۰ درصد بیشتر بود (۴۵).

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین اثر شوری و رقم بر صفات مورد ارزیابی.

Table 3. Results of means comparison of salinity and cultivar on considered traits.

عامل	سطح	عملکرد دانه (گرم در بوته)	عملکرد بیولوژیکی (گرم در بوته)	شاخص برداشت (درصد)	درصد روغن	عملکرد روغن (گرم در بوته)	کارایی مصرف آب دانه (کیلوگرم در مترمکعب)	کارایی مصرف آب روغن (کیلوگرم در مترمکعب)
Factor	Level	Seed yield (g.plant <sup>-1</sup> )	Biological yield (g.plant <sup>-1</sup> )	Harvest Index (%)	Oil percent (%)	Oil yield (g.plant <sup>-1</sup> )	Seed WUE (Kg.m <sup>-3</sup> )	Oil WUE (Kg.m <sup>-3</sup> )
رقم (Cultivar)	H. 4815	2.968 <sup>ab</sup>	7.140 <sup>b</sup>	41.69 <sup>a</sup>	33.28 <sup>a</sup>	0.985 <sup>b</sup>	0.853 <sup>ab</sup>	0.283 <sup>b</sup>
	H. 308	3.272 <sup>ab</sup>	7.844 <sup>ab</sup>	41.76 <sup>a</sup>	34.90 <sup>a</sup>	1.134 <sup>ab</sup>	0.941 <sup>ab</sup>	0.326 <sup>ab</sup>
	H. 401	3.392 <sup>a</sup>	8.766 <sup>a</sup>	38.72 <sup>a</sup>	36.48 <sup>a</sup>	1.226 <sup>a</sup>	0.975 <sup>a</sup>	0.353 <sup>a</sup>
	RGS 003	2.764 <sup>b</sup>	8.143 <sup>ab</sup>	34.11 <sup>b</sup>	37.15 <sup>a</sup>	1.027 <sup>ab</sup>	0.795 <sup>b</sup>	0.295 <sup>ab</sup>
شوری (dS.m <sup>-1</sup> )	1.15	2.604 <sup>b</sup>	6.670 <sup>b</sup>	39.16 <sup>a</sup>	37.32 <sup>a</sup>	0.971 <sup>a</sup>	0.749 <sup>b</sup>	0.279 <sup>a</sup>
	4	3.097 <sup>ab</sup>	7.827 <sup>ab</sup>	39.88 <sup>a</sup>	37.28 <sup>a</sup>	1.153 <sup>a</sup>	0.891 <sup>ab</sup>	0.332 <sup>a</sup>
	7	3.395 <sup>a</sup>	8.920 <sup>a</sup>	38.46 <sup>a</sup>	33.53 <sup>a</sup>	1.137 <sup>a</sup>	0.976 <sup>a</sup>	0.327 <sup>a</sup>
	10	3.300 <sup>a</sup>	8.477 <sup>a</sup>	38.77 <sup>a</sup>	33.68 <sup>a</sup>	1.111 <sup>a</sup>	0.949 <sup>a</sup>	0.319 <sup>a</sup>

در هر ستون، میانگین‌هایی با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد براساس آزمون LSD ندارد.

In each column, means followed by at least one letter were not significantly different using LSD test at P<0.05.

این اختلاف در خصوص صفات عملکرد و کارایی مصرف آب دانه توسط یزدانی و همکاران (۲۰۱۵) در تیمارهای مختلف شوری به‌طور متوسط ۲۵ درصد گزارش گردید (۶۴) که با نتایج این تحقیق (۲۳ درصد) همخوانی نزدیکی دارد. وفابخش و همکاران (۲۰۰۹) اختلاف بین عملکرد و کارایی مصرف آب دانه ارقام مختلف کلزا را معنی‌دار گزارش کرد (۶۲). اختلاف ارقام مختلف کلزا از نظر عملکرد دانه توسط فرانکوئیس (۱۹۹۴)، احمدی و نیازی اردکانی (۲۰۰۶)، راهنما و مکنوندی

(۲۰۰۸)، شمس‌الدین سعید و فرح‌بخش (۲۰۰۸)، زمانی و همکاران (۲۰۱۰)، بایبوردی (۲۰۱۰)، بایبوردی و همکاران (۲۰۱۰)، شهبازی و همکاران (۲۰۱۱)، تجلی و همکاران (۲۰۱۱)، مصطفوی‌راد و همکاران (۲۰۱۲)، رمیه و همکاران (۲۰۱۲)، مصطفوی‌راد (۲۰۱۳)، تازی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۳) و راهنما (۲۰۱۳) نیز معنی‌دار گزارش شده بود (۲، ۱۰، ۱۶، ۲۴، ۴۰، ۴۱، ۴۷، ۴۸، ۴۹، ۵۲، ۵۴، ۵۹، ۶۰، ۶۵). همچنین بررسی شهبازی و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که در تمام سطوح شوری، کارایی مصرف آب دانه در رقم استقلال دو برابر رقم طلایه بوده است (۵۲). عملکرد کلزا به ظرفیت عملکرد رقم، شرایط آب و هوایی، نوع خاک و مدیریت زراعی بستگی دارد (۲۳ و ۴۵). عوامل ژنتیکی و زراعی تعیین‌کننده رشد و نمو گیاه و در نتیجه عملکرد دانه هستند (۲۳). گزارش شده است که ارقام مختلف کلزا عکس‌العمل متفاوتی نسبت به عوامل زراعی (۲۳) و شرایط آب و هوایی (۱۹) نشان می‌دهند. آخوندی و همکاران (۲۰۰۹) تفاوت بین ارقام مختلف کلزا از نظر عملکرد دانه و شاخص برداشت را به عوامل ژنتیکی و سازگاری با شرایط آب و هوایی نسبت دادند (۳). تفاوت در سازگاری فیزیولوژیکی ارقام مختلف و تطبیق مراحل رشدی با شرایط آب و هوایی را علت تفاوت عملکرد دانه ارقام مختلف اعلام کردند (۳۴). بنابراین، تفاوت بین ارقام مورد بررسی را می‌توان به عکس‌العمل آن‌ها نسبت به شرایط آب و هوایی و تفاوت ژنتیکی آن‌ها مربوط دانست.

بر خلاف انتظار، افزایش شوری از ۱/۱۵ (آب معمولی) به ۷ دسی‌زیمنس بر متر موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و کارایی مصرف آب دانه به میزان حدود ۳۰ درصد گردید اما با افزایش شوری به ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر مقدار این صفات کاهش یافت، اگرچه این کاهش معنی‌دار نبود (جدول ۳). در همین راستا، پژوهش شهبازی و همکاران (۲۰۱۱)، رمیه و همکاران (۲۰۱۲) و تازی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۳) بر روی کلزا نشان داد که افزایش شوری از صفر به ترتیب به ۶، ۳ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر، افزایش عملکرد دانه را به دنبال داشت ولی افزایش بیشتر شوری به کاهش این صفت منجر شد (۴۹، ۵۲ و ۶۰). پرچلی و همکاران (۱۹۹۵) گزارش کردند که افزایش شوری خاک از ۲/۳ به ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر به کاهش معنی‌دار عملکرد دانه کلزا منجر نگردید (۴۳). همچنین پژوهش استفان و رانی (۲۰۰۵) نشان داد که افزایش شوری از ۱/۴ به ۳ دسی‌زیمنس بر متر موجب ۱۰ درصد افزایش عملکرد دانه ارقام مختلف کلزا شد (۵۸). به نظر می‌رسد افزایش شوری تا ۷ دسی‌زیمنس بر متر به دلیل افزایش جذب مواد غذایی از محلول خاک، کاهش امکان آبشویی مواد غذایی از محلول خاک (به دلیل کاهش قابلیت حلالیت آب برای شستشوی مواد غذایی) و تحریک گیاه جهت مقابله با تنش

شوری موجب افزایش عملکرد دانه گردیده است. در عین حال، کاهش معنی‌دار عملکرد دانه کلزا در اثر شوری توسط فرانکوئیس (۱۹۹۴)، شمس‌الدین سعید و فرح‌بخش (۲۰۰۸)، حسینی و همکاران (۲۰۰۹)، زمانی و همکاران (۲۰۱۰)، بایوردی (۲۰۱۰)، بایوردی و همکاران (۲۰۱۰)، تجلی و همکاران (۲۰۱۱) و راهنا (۲۰۱۳) نیز گزارش گردیده بود (۱۰، ۱۶، ۲۴، ۳۲، ۴۷، ۵۴، ۵۹، ۶۵). هنگامی که تنش‌های محیطی به شدید هستند، رقابت برای مواد فتوسنتزی افزایش می‌یابد که به واسطه سقط جنین منجر به تلفات دانه در غلاف می‌گردد (۲۴). تنش شوری موجب کاهش درصد جوانه‌زنی، کاهش طول دوره رشد، افزایش رقابت درون گیاهی، عقیم شدن گل‌ها، ریزش خورجین و دانه و نهایتاً کاهش کمی و کیفی عملکرد دانه و روغن کلزا می‌گردد (۳۰ و ۳۵). همچنین تنش شوری در کلزا باعث هیدراتاسیون بافتی، سمیت یونی و عدم توازن مواد غذایی می‌گردد (۲۷). نتایج پژوهش یزدانی و همکاران (۲۰۱۵) نیز نشان داد که با افزایش شوری عملکرد و کارایی مصرف آب دانه هایولا ۴۰۱ و RGS003 کاهش یافت اما این کاهش در رقم هایولا ۴۰۱ نسبت به رقم RGS003 بیشتر بود (۶۴). همچنین نتیجه پژوهش حسینی و همکاران (۲۰۰۹) و شهبازی و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که کارایی مصرف آب دانه کلزا تا شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر افزایش و پس از آن کاهش یافت که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد (۳۲ و ۵۲).

**عملکرد بیولوژیکی:** اثرات ساده رقم و شوری به‌ترتیب در سطح پنج و یک درصد بر عملکرد بیولوژیکی معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس آزمون مقایسه میانگین‌ها، اختلاف معنی‌داری بین رقم ۴۰۱ (بیشترین عملکرد بیولوژیکی با ۸/۷۶۶ گرم بر بوته) و ۴۸۱۵ (کمترین عملکرد بیولوژیکی با ۷/۱۴ گرم بر بوته) وجود داشت. در عین حال اختلاف آن‌ها با ارقام هایولا ۳۰۸ و RGS003 معنی‌دار نبود (جدول ۳). وجود تفاوت معنی‌دار بین ارقام مختلف کلزا از نظر عملکرد بیولوژیکی توسط افراد و همکاران (۲۰۰۴)، بایوردی و همکاران (۲۰۱۰)، عظیمی گندمانی و همکاران (۲۰۱۲)، ارزانش و همکاران (۲۰۱۲) و تارینژاد و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش گردیده بود (۶، ۹، ۱۰، ۲۲ و ۶۰).

نتایج مقایسه میانگین اثر شوری بر عملکرد بیولوژیکی همانند اثر آن بر صفات عملکرد دانه و کارایی مصرف آب دانه بود به‌طوری‌که افزایش شوری از ۱/۱۵ (آب معمولی) به ۷ دسی‌زیمنس بر متر موجب افزایش معنی‌دار (حدود ۲۵ درصد) عملکرد بیولوژیکی گردید اما با افزایش شوری به ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر مقدار این صفت کاهش یافت، اگر چه این کاهش معنی‌دار نبود (جدول ۳). تارینژاد و همکاران (۲۰۱۳)، افزایش غیرمعنی‌دار عملکرد بیولوژیکی در شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر

نسبت به صفر و کاهش معنی‌دار در شوری‌های بیشتر را گزارش کرده بودند (۶۰). حسینی و همکاران (۲۰۰۹) نیز کاهش عملکرد بیولوژیکی در اثر شوری را گزارش کرده بودند اگر چه این کاهش تا ۶ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار نبود (۳۲). نتایج پژوهش پرچلی و همکاران (۱۹۹۵) نشان داد که افزایش شوری خاک از ۲/۳ به ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر به کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیکی کلزا منجر نگردد (۴۳). همچنین گل و احمد (۲۰۰۷) نیز افزایش عملکرد بیولوژیکی دو رقم کلزا در برخی تاریخ‌های کشت در تیمارهای خیلی شور نسبت به تیمار غیر شور را گزارش کردند (۲۸). در عین حال، کاهش معنی‌دار عملکرد ماده خشک کلزا در اثر شوری توسط انفراد و همکاران (۲۰۰۴) و ارزانش و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش شده است (۶، ۲۲). همچنین عظیمی گندمانی و همکاران (۲۰۱۲) کاهش عملکرد بیولوژیکی هشت رقم کلزا بهاره تحت تأثیر تنش شوری (۸) و بایوردی و همکاران (۲۰۱۰) ۵۹ درصد کاهش عملکرد بیولوژیکی کلزا در اثر افزایش شوری ناشی از کلرید سدیم از ۵۰ به ۲۰۰ میلی‌مول را گزارش کردند (۱۰).

**شاخص برداشت:** اثر رقم در سطح یک درصد بر صفت شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۲) به طوری که رقم RGS003 با ۳۴/۱۱ درصد کمترین میزان شاخص برداشت را دارا بود و اختلاف آن با سه رقم دیگر (با متوسط ۴۰/۷۲ درصد) معنی‌دار بود (جدول ۳). براساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ۳)، اگر چه افزایش شوری موجب کاهش جزئی شاخص برداشت شد ولی این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود. با توجه به این که در نتیجه افزایش شوری از ۱/۱۵ به ۷ دسی‌زیمنس بر متر، افزایش عملکرد بیولوژیکی (حدود ۳۴ درصد) بیشتر از افزایش عملکرد دانه (حدود ۳۰ درصد) بود (جدول ۳)، افزایش شوری به کاهش شاخص برداشت منجر گردید.

**عملکرد روغن و کارایی مصرف آب روغن:** بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر رقم در سطح پنج درصد بر عملکرد روغنو کارایی مصرف آب روغن معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثر رقم بر عملکرد و کارایی مصرف آب روغن مشابه اثر آن بر عملکرد بیولوژیکی بود به طوری که رقم ۴۰۱ به‌ترتیب با عملکرد و کارایی مصرف آب روغن معادل به‌ترتیب ۱/۲۲۶ گرم بر بوته و ۰/۳۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب بیشترین و رقم ۴۸۱۵ به‌ترتیب با ۰/۹۸۵ گرم بر بوته و ۰/۲۸۳ کیلوگرم بر مترمکعب کمترین مقدار این صفات را داشتند ولی اختلاف آن‌ها با ارقام ۳۰۸ و RGS003 معنی‌دار نبود (جدول ۳). وجود تفاوت معنی‌دار بین ارقام مختلف کلزا از نظر میزان روغن توسط

شمس‌الدین سعید و فرح‌بخش (۲۰۰۸)، بایبوردی و همکاران (۲۰۱۰)، مصطفوی‌راد و همکاران (۲۰۱۲)، تاری‌نژاد و همکاران (۲۰۱۳) و راهنما (۲۰۱۳) نیز گزارش گردیده است (۱۰، ۴۱، ۴۷، ۵۴، ۶۰). نتایج این تحقیق با پژوهش و فابخش و همکاران (۲۰۰۹) که اختلاف بین کارایی مصرف آب روغن ارقام مختلف کلزا را معنی‌دار گزارش کرده بودند، مطابقت دارد (۶۲).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که افزایش شوری از ۱/۱۵ (آب معمولی) به ۴ دسی‌زیمنس بر متر موجب افزایش عملکرد روغن می‌گردد اما با افزایش شوری تا ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر مقدار این صفت کاهش یافت، اگر چه این تغییرات معنی‌دار نبود (جدول ۳). اثر شوری بر میزان روغن متفاوت گزارش شده است. نتایج پژوهش تاری‌نژاد و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی شوری صفر تا ۱۲ و پژوهش شهبازی و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی شوری ۰/۷ تا ۱۴ 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 اگر چه این تغییرات معنی‌دار نبود (۵۲ و ۶۰). همچنین پژوهش‌های فرانکوئیس (۱۹۹۴)، قسیم و همکاران (۲۰۰۳) و تاری‌نژاد و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که شوری تأثیری بر درصد روغن کلزا نداشت (۲۴، ۴۴ و ۶۰) در حالی که نتایج شمس‌الدین سعید و فرح‌بخش (۲۰۰۸) و بایبوردی و همکاران (۲۰۱۰) کاهش معنی‌دار آن را نشان می‌دهد (۱۰ و ۵۴). پژوهش راهنما (۲۰۱۳) نیز نشان داد که شوری موجب کاهش عملکرد روغن به میزان ۴۷/۳ درصد گردید (۴۷).

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که شوری تأثیر معنی‌داری بر صفات درصد روغن، عملکرد روغن و کارایی مصرف آب روغن نداشت. بیشترین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و کارایی مصرف آب دانه در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده گردید و افزایش شوری بیشتر از این سطح به کاهش این صفات منجر گردید. به نظر می‌رسد که کاربرد ۱۰ تن بر هکتار ورمی کمپوست از طریق بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک توانسته است موجب افزایش آستانه تحمل به شوری ارقام مورد بررسی گردد. همچنین تقریباً در کلیه صفات مورد بررسی، رقم هایولا ۴۰۱ در مقایسه با سایر ارقام از یک برتری نسبی برخوردار بود.

منابع

1. Ahmad Abadi, Z., Ghajar Sepanlou, M., and Rahimi Alashti, S. 2012. Effect of vermicompost on physical and chemical properties of soil. J. Sci. Tech. Agric. Nat. Res.- Water Soil Sci., 15(58): 125-137. (In Persian)
2. Ahmadi, S.H., and Niazi Ardekani, J. 2006. The effect of water salinity on growth and physiological stages of eight canola (*Brassica napus* L.) cultivars. Irr. Sci., 25: 11-20.
3. Akhoundi, N., Roshdi, M., Hasanzadeh Ghourttapeh, A.A., and Ranji, H. 2009. Study of yield and its components in rapeseed genotypes in Miandoab areas of Azerbaijan. J. Res. Crop Sci., 1(4): 25-38.
4. Akhtari, A., Homaei, M., and Hoseini, Y. 2014. Modeling plant response to salinity and soil nitrogen deficiency. J. Water Soil Res. Conserv., 3(4): 33-50. (In Persian)
5. Akhyani, A., Rezaie, H., and Froumadi, M. 2010. The effects of salt stress on yield and physiological characteristics of winter rapeseed in Semnan province. Environ. Stresses Crop Sci., 2(2): 131-138. (In Persian)
6. Arzansh, M.H., Benny Aghil, N., Ghorbanly, M.L., and Shahbazi, M. 2012. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on growth parameters and levels of micronutrient on rapeseed cultivars under salinity stress. J. Soil Manage. Sustain. Prod., 2(2): 153-163. (In Persian)
7. Ashraf, M., and Harris, P.J.C. 2004. Review: Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Plant Sci., 166: 3-16.
8. Azari, A., Modares Sanavi, S.A.M., Askari, H., Ghanati, F., Naji, A.M., and Alizadeh, B. 2012. Effect of salt stress on morphological and physiological traits of two species of rapeseed (*Brassica napus* and *B. rapa*). Iran. J. Crop Sci., 14(2): 121-135. (In Persian)
9. Azimi Gandomani, M., Dehdari, A., Faraji, H., Movahhedi Dehnavi, M., and Alinaghizadeh, M. 2012. Effects of salinity on some quantitative and qualitative characteristics of spring rapeseed cultivars. Electron. J. Crop Prod., 5(1): 53-70. (In Persian)
10. Baibordi, A., Seidtabtabai, S.J., and Ahmadof, A. 2010. NaCl salinity effect on qualitative, quantitative and physiological attributes of winter canola (*Brassica napus* L.) cultivars. J. Water Soil, 24(2): 334-346. (In Persian)
11. Beyk Khurmizi, A., Abrishamchi, P., Ganjeali, A., and Parsa, M. 2010. The effect of vermicompost on salt tolerance of bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Agroecol., 2(3): 474-485. (In Persian)
12. Beyk Khurmizi, A., Ganjeali, A., Abrishamchi, P., and Parsa, M. 2012. Effect of vermicompost on photosynthesis and transpiration rate and water use efficiency of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under salinity stress. J. Agroecol., 4(3): 223-234. (In Persian)
13. Blake, G.R., and Hartge, K.H. 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.
14. Blake, G.R., and Hartge, K.H. 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.
  15. Boltz, D.F., and Howel, J.A. 1978. Colorimetric Determination of non-metals. John Wiley and Sons; New York: 197-202.
  16. Bybordi, A. 2010. Effects of salinity on yield and component characters in canola (*Brassica napus* L.) cultivars. Not. Sci. Biol., 2(1): 81-83.
  17. Bybordi, A., and Tabatabaei, S. 2012. Effect of different ratios of ammonium nitrate on photosynthesis and fatty acid composition in canola (*Brassica napus* L.) under saline conditions. J. Crop Prod. Process., 2(3): 83-92. (In Persian)
  18. Chinnusamy, V., Jagendorf, A., and Zhu, J.K. 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. Crop Sci., 45: 437-448.
  19. Christmas, E.P. 1996. Evaluation of planting date for winter canola production in Indian. P 278-281, In: J. Janick (ed.), Progress in New Crops, ASHS Press, Alexandria, VA.
  20. Danielson, R.E., and Sutherland, P.L. 1986. Porosity, 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, 18: 443-461.
  21. Ehyae, M., and Asgharzad, A. 1996. Explain of chemical soil analysis methods. Technical issue 983, Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran, 128 pp. (In Persian)
  22. Enferad, A., Poustini, K., Majnoon Hosseini, N., Taleie, A.R., and Khajeh-Ahmad- Attari, A.A. 2004. Physiological responses of Repeseed (*Brassica napus* L.) varieties to salinity stress in vegetative growth phase. J. Sci. Tech. Agric. Nat. Res., 7(4): 103-113. (In Persian)
  23. Faraji, A., and Soltani, A. 2007. Evaluation of yield and yield components of canola spring genotypes in two years with different climate conditions. Seed Plant, 23(2): 191-202. (In Persian)
  24. Francois, L.E. 1994. Growth, seed yield and oil content of canola grown under saline conditions. Agron. J., 86(2): 233-237.
  25. Gardner, W.H. 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.
  26. Gee, G.W., and Bauder, J.W. 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.
27. Ghorbanli, M.L., Sateei, A., and Moghisseh, E. 2003. Effects of different saline media on catalase, peroxides and nitrate reductase activities in root and leaves of colza (*Brassica napus* L.). Agron. J. Pajouhesh and Sazandegi (Agronomy and Horticulture), 16(58): 39-43. (In Persian)
  28. 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. Pak. J. Bot., 39(4): 1161-1172.
  29. Gupta, P.K. 2000. Soil, Plant, Water and Fertilizer Analysis. Agrobios Press, Bikaner, India, 438p.
  30. Gutierrez Boem, F.H., Scheiner, J.D., and Lavado, R.S. 1994. Some effects of soil salinity on growth, development and yield of rape seed (*Brassica napus* L.). J. Agron. Crop Sci., 43(3): 182-187.
  31. Heydari, N. 2013. Challenges and approaches for enhancing of water use efficiency in field crops in iran. Res. Achiev. Field Hortic. Crops, 2(1): 25-51. (In Persian)
  32. Hoseini, Y., Homaei, M., Karimian, N.A., and Saadat, S. 2009. The effects of phosphorus and salinity on growth, nutrient concentrations and water use efficiency in canola (*Brassica napus* L.). Agric. Res., 8(4): 1-18. (In Persian)
  33. Jalali, N., Homaei, M., and Mirnia, S.Kh. 2008. Modeling canola response to salinity in productive growth stages. J. Sci. Technol. Agric. Nat. Res., 12(44): 111-121. (In Persian)
  34. Khatamain, O.S., Modares Sanavy, S.A.M., Ghanati, F., and Mostavafi, M. 2011. Evaluation of yield, its components and some morphological traits of sixteen rapeseed oil cultivars in arak region. J. Sustain. Agric. Prod. Sci., 21(3): 147-161. (In Persian)
  35. Kumar, D. 1995. Salt tolerance in oilseed Brassica present status and further prospects. Plant Breed. Abs., 65(10): 1939-1447.
  36. Matos, G.D., and Arrunda, M.A.Z. 2003. Vermicompost as natural adsorbent for removing metal ions from laboratory effluents. Process Biochem., 39: 81-88.
  37. Mirzaei, R., Kambozia, J., Sabahi, H., and Mahdavi, A. 2009. Effect of different organic fertilizers on soil physicochemical properties, production and biomass yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). Iran. J. Field Crops Res., 7(1): 257-267. (In Persian)
  38. Moameni, A. 2011. Geographical distribution and salinity levels of soil resources of IRAN. Iran. J. Soil Res.- Soil Water Sci., 24(3): 203-215. (In Persian)
  39. Mohammadi, Kh., Pasari, B., Rokhzadi, A., Ghalavand, A., Aghaalikhani, M., and Eskandari, M. 2011. Response of grain yield and canola quality to different

- resources of farmyard manure, compost and biofertilizers in Kurdistan region. *Electron. J. Crop Prod.*, 4(2): 81-101. (In Persian)
40. Mostafavirad, M. 2013. Study of seed yield and seed macro elements content of three winter rapeseed varieties as affected by different nitrogen sources. *Electron. J. Crop Prod.*, 6(1): 109-123. (In Persian)
41. Mostafavirad, M., Shariati, F., and Mostafavi Rad, S. 2012. Evaluation of sowing date influence on quantitative and qualitative yield in four rapeseed cultivars adapted to cold regions in Arak, Iran. *Electron. J. Crop Prod.*, 5(2): 159-167. (In Persian)
42. Oliva, M.A., Rincón, R., Zenteno, E., Pinto, A., Dendooven, L., and Gutierrez, F. 2008. Vermicompost role against sodium chloride stress in the growth and photosynthesis in tamarind plantlets (*Tamarindus indica* L.). *Gayana Bot.*, 65(1): 10-17.
43. Porcelli, C.A., Gutierrez Boem, F.H., and Lavado, R.S. 1995. The K/Na and Ca/Na ratios and rapeseed yield, under soil salinity or sodicity. *Plant Soil*, 175: 251-255.
44. Qasim, M., Ashraf, M., Ashraf, M.Y., Rehman, S.U., and Rha, E.S. 2003. Salt-induced changes in two canola cultivars differing in salt tolerance. *Biol. Plantarum*, 46(4): 629-632.
45. Rabiei, M., and Rahimi, M. 2014. Selection of the best rapeseed genotypes as second crop in paddy fields of Guilan. *Electron. J. Crop Prod.*, 7(1): 201-213. (In Persian)
46. Rafiq, A., and Nusrat, J. 2009. Demonstration of growth improvement in sunflower (*Helianthus Annuus* L.) by the use of organic fertilizers under saline conditions. *Pak. J. Bot.*, 41(3): 1373-1384.
47. Rahnama, A. 2013. Comparison the yield and yield component of canola varieties and relative resistance in south salinity soil of Khouzestan province. *Agron. J. Pajouhesh and Sazandegi*, 99: 70-80. (In Persian)
48. Rahnama, A.A., and Makvandi, M.A. 2008. Changes in yield and yield components of canola cultivars (*Brassica napus* L.) in different planting rate in salty soils. *Iran. J. Dynamic. Agric.*, 5(3): 339-348. (In Persian)
49. Rameeh, V., Cherati, A., and Abbaszadeh, F. 2012. Salinity effects on yield, yield components and nutrient ions in rapeseed genotypes. *J. Agric. Sci.*, 57(1): 19-29.
50. Rashtbari, M., and Alikhani, H.A. 2012. Effect and efficiency of municipal solid waste compost and vermicompost on morpho-physiological properties and yield of canola under drought stress conditions. *J. Agric. Sci.*, 22(2): 113-127. (In Persian)
51. Schmidt, C., He, H., and Cramer, G.R. 1993. Supplemental calcium does not improve growth of salt- stressed Brassicas. *Plant Soil*, 155/156: 415-418.
52. Shahbazi, M., Kiani, A.R., and Raeisi, S. 2011. Determination of salinity

- tolerance threshold in two rapeseeds (*Brassica napus* L.) cultivars. Iran. J. Crop Sci., 13(1): 18-31. (In Persian)
53. Shamsaddin Saied, M., Farahbakhsh, H., and Maghsoodi Mude, A.A. 2007. Effects of salt stress on germination, vegetative growth and some physiological characteristics of canola. J. Sci. Technol. Agric. Nat. Res., 11(41): 191-203. (In Persian)
54. Shamseddin, M., and Farahbakhsh, H. 2008. Investigation of quantitative and qualitative parameters of canola under salty conditions for determining the best tolerance index. J. Sci. Technol. Agric. Nat. Res., 12(43): 65-78. (In Persian)
55. Shannon, M.C. 1998. Adaptation of plants to salinity. Adv. Agron., 60: 75-120.
56. Skaggs, H.T., Van Genuchten, M.Th., Shouse, P.J., and Poss, J.A. 2006. Macroscopic approaches to root water uptake as a function of water and salinity stress. Agric. Water Manage., 86(1-2): 140-149.
57. Soltani, S., Mousavi, S.F., and Mostafazadeh-Fard, B. 2009. Simultaneous effect of deficit irrigation and salinity on nutrients' content and dry matter of canola (*Brassica napus* L.) and soil salinity profile under greenhouse conditions. Iran. Water Res. J., 2(3): 65-76. (In Persian)
58. Steppuhn, H., and Raney, J.P. 2005. Emergence, height and yield of canola and barley grown in saline root zones. Can. J. Plant Sci., 85: 815-827.
59. Tajali, T., Bagheri, A.R., and Hosseini, M. 2011. Effect of salinity on yield and yield components of five canola cultivar. J. Plant Ecophysiol., 3: 77-90. (In Persian)
60. Tarinejad, A., Gayomi, H., Rashidi, V., Farahvash, F., and Alizade, B. 2013. Evaluation of tolerance rate of canola cultivar to salinity stress. J. Sustain. Agric. Prod. Sci., 22(4.1): 29-43. (In Persian)
61. Tejad, M., and Gonzalez, J.L. 2008. Influence of two organic amendments on the soil physical properties, Geoderma, 145: 325-334.
62. Vafabakhsh, J., Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Azizi, M. 2009. Effects of water deficit on water use efficiency and yield of canola cultivars (*Brassica napus* L.). J. Iran. Field Crop Res., 7(1): 285-292. (In Persian)
63. Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci., 34: 29-38.
64. Yazdani, H., Ghahraman, B., Davari, K., and Kafi, M. 2015. The effect of salinity stress and deficit irrigation on water use efficiency index of two canola varieties. Water Eng., 7(23): 67-84. (In Persian)
65. Zamani, S., Nezami, M.T., Habibi, D., and Baybordi, A. 2010. Study of yield and yield components of winter rapeseed under salt stress conditions. J. Crop Prod. Res. (Environ. Stresses Plant Sci.), 1(2): 109-121. (In Persian)
66. Zhu, J.K. 2001. Plant salt tolerance (review). Trends Plant Sci., 6(2): 66-71.

