



## تأثیر شوری و ورمی کمپوست بر مورفولوژی، عملکرد، اجزاء عملکرد، روغن و بهره‌وری آب گیاه کلزا

کامی کابوسی<sup>\*</sup>، ابوالفضل فرجی<sup>۱</sup>، سیدمحمد مهدی نژادحسینی<sup>۱</sup>

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

<sup>۲</sup> دانشیار بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.

### چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر سطوح مختلف شوری آب (۱/۲، ۴، ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) و ورمی کمپوست (صفر، ۳، ۶ و ۹ تن بر هکتار) بر کلزا (هایولا ۴۰۱) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در شرایط گلدانی انجام شد. نتایج نشان داد که شوری بیش از ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر موجب کاهش معنی‌دار به ترتیب طول غلاف و ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین گردید. شوری منجر به کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه و عملکرد و بهره‌وری آب دانه شد به طوری که این صفات در شوری ۱۰ نسبت به ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۲۵، ۲۶ و ۲۶ درصد کاهش یافت. بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیکی به ترتیب در شوری ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده گردید. شوری ۱۰ نسبت به ۱/۲ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب موجب حدود ۳۲ و ۵۵ درصد کاهش عملکرد بیولوژیکی شد. تفاوت بین تیمارهای مختلف شوری از نظر درصد روغن معنی‌داری بود ولی این تفاوت از الگوی منظمی برخوردار نبود. اختلاف بین تیمارهای مختلف ورمی کمپوست از نظر کلیه صفات مورد بررسی به جز ارتفاع اولین غلاف، تعداد دانه در غلاف و شاخص برداشت معنی‌داری بود. کاربرد ۹ تن بر هکتار ورمی کمپوست نسبت به عدم کاربرد موجب افزایش ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد و بهره‌وری آب دانه، عملکرد بیولوژیکی، درصد روغن و عملکرد و بهره‌وری آب روغن به ترتیب به میزان ۱۰، ۱۵، ۱۰، ۲۵، ۲۶، ۶ و ۳۲ درصد گردید.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری آب، شوری آب، کلزا، هایولا.

<sup>\*</sup>مسئول مکاتبه: [kkaboosi@yahoo.com](mailto:kkaboosi@yahoo.com)

## مقدمه

تخمین زده می‌شود که ۵ درصد از اراضی قابل کشت، حدود ۲۰ درصد از زمین‌های تحت کشاورزی و نزدیک به ۵۰ درصد از اراضی فاریاب جهان با مشکل شوری مواجه می‌باشند (Zhu, 2001; Sakr *et al.*, 2012; Bybordi and Tabatabaei, 2012). همچنین ۳۴ درصد از کل وسعت، ۲۰ درصد از مساحت دشت‌ها و بیش از ۵۰ درصد از وسعت اراضی زیر کشت آبی کشور با مشکل شوری مواجه می‌باشند (Pazira and Homae, 2003; Moameni, 2011).

در بین گیاهان زراعی، کلزا (*Brassica napus* L.) به عنوان گیاه مقاوم به شوری شناخته می‌شود (Shannon, 1998). در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ سطح زیرکشت و تولید کلزا در کشور به ترتیب حدود ۸۲ هزار هکتار و ۱۴۶ هزار تن بود که استان گلستان به ترتیب با حدود ۲۷ و ۳۲ درصد سطح زیرکشت و تولید رتبه نخست کشور را داشت (Anonymous, 2015). شوری خاک ظهور برگ‌ها و تشکیل اولین میان گره‌ها 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 کلزا می‌شود (Gutierrez Boem *et al.*, 1994). به‌طور کلی اثرات زیان‌بار شوری بر رشد گیاهان از طریق کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک (تنش آبی)، اختلال (بر هم زدن تعادل) تغذیه‌ای، اثرات یون‌های خاص (تنش نمک) و یا ترکیبی از آنها بروز پیدا می‌کند (Ashraf and Harris, 2004). در عین حال ثابت شده است که اثرات منفی شوری بر کلزا عمدتاً به واسطه کاهش پتانسیل اسمزی بوده و روابط یونی از اهمیت کمتری برخوردار است (Porcelli *et al.*, 1995; Schmidt *et al.*, 1993). تاثیر منفی معنی‌دار شوری بر صفات ارتفاع بوته (Zamani *et al.*, 2010)، طول غلاف (Shamseddin and Farahbakhsh, 2008)، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه و عملکرد دانه (Shahbazi *et al.*, 2011; Bybordi, 2010; Tarinejad *et al.*, 2013)، شاخص برداشت (Shahbazi *et al.*, 2011) و عملکرد روغن (Shamseddin and Farahbakhsh, 2008) کلزا گزارش شده است.

ورمی‌کمپوست علاوه بر تاثیر بر غلظت عناصر غذایی موجود در خاک، بر ویژگی‌های شیمیایی خاک مانند pH، هدایت الکتریکی، درصد مواد آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نیز تاثیر می‌گذارد. همچنین بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند تخلخل، تهویه، زهکشی، قدرت جذب و نگهداری رطوبت و سطح ویژه خاک برای جذب آب و مواد غذایی تحت تاثیر ورمی‌کمپوست افزایش می‌یابد (Matos *et al.*, 2003; Ahmad Abadi *et al.*, 2012). افزایش عملکرد دانه و عملکرد روغن دانه گیاه کلزا در اثر استفاده از کمپوست زباله شهری گزارش شده است (Mohammadi *et al.*, 2011). در بعضی از گیاهان نظیر آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، ورمی‌کمپوست اثرات زیان‌بار شوری را کاهش داد و سبب افزایش عملکرد شد (Rafiq and Nusrat, 2009). 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 (Oliva *et al.*, 2008). بررسی تاثیر سطوح مختلف ورمی کمپوست بر بهبود تحمل به شوری گیاهچه‌های لوبیا قرمز نشان داد 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 (Beyk Khurmizi *et al.*, 2010). همچنین کاربرد ورمی کمپوست در شرایط تنش شوری به بهبود میزان فتوسنتز و کارایی مصرف آب لوبیا قرمز در مراحل گیاهچه‌ای و گلدهی منجر می‌شود (Beyk Khurmizi *et al.*, 2012).

گزارش شده است که بیش از ۳۵۰ هزار هکتار از اراضی استان گلستان با درجات مختلف شوری از ۴ تا ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر مواجه می‌باشد که بیش از ۵۰ درصد آن به کشت گیاهان زراعی اختصاص دارد (Salehi and Mosavat, 2009). با توجه به کمبود منابع آب شیرین و شوری بخش زیادی از اراضی استان گلستان (Salehi *et al.*, 2012) و اهمیت کلزا به عنوان یک گیاه روغنی از یک سو و پتانسیل قابل توجه کود ورمی کمپوست در بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی منطقه ریشه گیاه و نهایتاً رشد گیاهاز سوی دیگر، این پژوهش با هدف بررسی سودمندی کاربرد ورمی کمپوست در کاهش اثرات زیان‌بار شوری بر گیاه کلزا در استان گلستان انجام گردید.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف بررسی اثر تنش شوری و کاربرد کود ورمی کمپوست بر صفات مختلف کمی و کیفی گیاه کلزا رقم هایولا ۴۰۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان با مختصات جغرافیایی ۵۴ دقیقه و ۲۷ ثانیه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی به صورت گلدانی در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ انجام شد. گلدان‌ها در فضای آزاد و در زیر یک سایه‌بان نسبتاً بلند که هوای آزاد به راحتی در اطراف 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 به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل شوری آب آبیاری در چهار سطح شامل ۱/۲ (شاهد)، ۴، ۷ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و چهار سطح کاربرد کود ورمی کمپوست شامل صفر (شاهد)، ۳، ۶ و ۹ تن بر هکتار بود.

با توجه به اهمیت نوع نمک در مطالعات شوری (Jalali *et al.*, 2008; Shamseddin *et al.*, 2007) جهت تهیه تیمارهای شوری از ترکیب چهار نمک  $MgCl_2$ ،  $NaCl$ ،  $CaCl_2$ ،  $MgSO_4$  با آب معمولی (شاهد) با نسبت‌های وزنی برابر (هر نمک ۲۵ درصد از کل نمک) استفاده شد.

برای این منظور ابتدا مقدار نمک مورد نیاز براساس رابطه تجربی  $TDS=640*EC$  (که در آن TDS مقدار نمک بر حسب میلی گرم بر لیتر و EC هدایت الکتریکی بر حسب دسی زیمنس بر متر می باشد) به صورت تقریبی محاسبه گردید و سپس با اندازه گیری هدایت الکتریکی محلول های ساخته شده و به روش سعی و خطا مقدار دقیق نمک مورد نیاز تعیین گردید (Rameeh *et al.*, 2012). بر این اساس، در نهایت برای تهیه سطوح شوری ۴، ۷ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر به ترتیب ۶۰۸، ۱۲۴۹ و ۱۹۵۳ میلی گرم از هر نمک به ازای هر لیتر از آب به آب معمولی (تیمار شاهد) اضافه شد.

پیش از پر کردن گلدان های پلاستیکی، مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه و ورمی کمپوست اندازه گیری گردید و بر اساس آزمون مواد غذایی خاک، مقدار کود مورد نیاز مشخص شد. نتایج ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک و ورمی کمپوست و روش اندازه گیری آنها در جدول (۱) آمده است. مقدار خاک مورد نیاز برای پر کردن گلدان ها بر اساس ابعاد آنها (مخروط ناقص به ارتفاع ۳۶ و عرض دهانه ۳۱ سانتی متر) و وزن مخصوص ظاهری خاک، محاسبه شد و این میزان از عمق ۳۰-۰ سانتی متری سطح مزرعه تهیه گردید. پس از خشک کردن خاک در مجاورت هوای آزاد و عبور آن از الک دو میلی متری، درصد رطوبت خاک به روش وزنی اندازه گیری گردید. پر کردن گلدان ها به این صورت بود که ابتدا به منظور جلوگیری از تجمع نمک یا آب در گلدان ها، پنج سوراخ به قطر یک سانتی متر در کف آنها به عنوان زهکش تعبیه گردید و در ته گلدان ها به ارتفاع سه سانتی متر ماسه ریخته شد. سپس با توجه به درصد رطوبت و وزن مخصوص ظاهری خاک، وزن خاک مورد نیاز برای پر کردن گلدان به ارتفاع ۲۸ سانتی متر 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 لایه های پنج سانتی متری همراه با کوبش انجام شد. همچنین پنج سانتی متر فوقانی گلدان ها نیز جهت انجام آبیاری خالی گذاشته شد. لازم به ذکر است که ورمی کمپوست همراه با ۱۰ سانتی متر فوقانی خاک به گلدان اضافه گردید. منشاء این ورمی کمپوست کود حیوانی (گاوی) بود. پس از پر کردن گلدان، با یک آبیاری نسبتاً سنگین (خروج آب از کف گلدان) ضمن تحکیم خاک و آماده سازی بستر کشت بذر، رطوبت مورد نیاز برای جوانه زنی تامین گردید. کشت بذر دو روز بعد از این آبیاری انجام شد. بر اساس تعریف، رطوبت خاک در این زمان در حد ظرفیت زراعی (FC) است که به روش وزنی اندازه گیری 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 باقی ماند. کودهای شیمیایی مورد نیاز مطابق با توصیه کودی (۲۰۰، ۲۲۵ و ۵۰ کیلوگرم بر هکتار به ترتیب از کود اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم) در زمان کشت و در طول فصل به گلدان ها داده شد. آبیاری گلدان ها تا مرحله شش برگی با آب معمولی و پس از آن تا پایان فصل رشد با

سطوح شوری مورد نظر انجام گردید. حجم آبیاری ( $V$ ) برای همه تیمارها یکسان بود و با توجه به اختلاف رطوبت خاک در زمان آبیاری ( $\theta_i$ )، که به روش وزنی اندازه‌گیری می‌گردید، نسبت به رطوبت ظرفیت زراعی ( $\theta_{FC}$ )، سطح گلدان ( $A$ ) و عمق خاک ( $d$  معادل ۲۸ سانتی‌متر) بر اساس رابطه (۱) تعیین شد. همچنین زمان آبیاری (با فاصله یک هفته بین آبیاری‌ها) برای همه تیمارها یکسان بود.

$$V = (\theta_{FC} - \theta_i) * d * A \quad \text{رابطه (۱)}$$

آب مورد نیاز آبیاری در هر نوبت آبیاری به صورت تدریجی به گلدان اضافه گردید به طوری که امکان آبیاری و خروج آب از کف گلدان ایجاد نگردد. لازم به ذکر است که در این پژوهش مجموعاً در طول فصل رشد تعداد ۱۴ آبیاری به حجم ۱۰/۷۵ لیتر برای هر گلدان (معادل حدود ۱۴۲۸ مترمکعب بر هکتار) انجام شد.

در پایان فصل رشد پس از کف بر کردن کلیه بوته‌ها، صفات ارتفاع بوته، ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین، طول غلاف، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت (نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی)، درصد روغن، عملکرد روغن (حاصلضرب درصد روغن در عملکرد دانه) و بهره‌وری آب دانه و روغن اندازه‌گیری و محاسبه گردید. بهره‌وری آب به صورت نسبت عملکرد (بر حسب کیلوگرم بر هکتار) به حجم آب آبیاری (بر حسب مترمکعب بر هکتار) تعریف شده است. در تعریف شاخص بهره‌وری آب، صورت کسر می‌تواند عملکرد دانه، عملکرد خشک، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد روغن و غیره باشد (Heydari, 2013).

لذا در این پژوهش، بهره‌وری آب دانه از نسبت عملکرد دانه کلزا به حجم آب مصرفی و بهره‌وری آب روغن از نسبت عملکرد روغن کلزا به حجم آب مصرفی 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.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی و اجزاء عملکرد در جدول (۲) و عملکرد، روغن و بهره‌وری آب در جدول (۳) ارائه شده است. بر اساس نتایج، شوری بر صفات طول غلاف و عملکرد بیولوژیکی در سطح احتمال پنج درصد ( $P < 0/05$ ) و بر صفات ارتفاع اولین غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و درصد روغن در سطح احتمال یک درصد ( $P < 0/01$ ) معنی‌دار بود. با افزایش شوری غلظت یون‌های سمی کلر و سدیم در گیاه کلزا افزایش یافته و از غلظت پتاسیم کاسته می‌شود (Hoseini et al., 2009). با توجه به این که گیاه بخش عمده‌ای از دوره رشد خود را در معرض تنش شوری گذرانده است و میزان این یون‌های سمی به‌طور طبیعی در برگ‌ها با افزایش شوری افزایش

می‌یابد، بنابراین احتمالاً می‌توان کاهش این صفات را به تجمع زیاد یون‌های سمی کلر و سدیم در داخل گیاه نسبت داد (Hoseini *et al.*, 2009).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و ورمی‌کمپوست.

ویژگی	واحد	روش اندازه‌گیری	منبع روش	خاک	ورمی کمپوست
شن	درصد			۲۸	-
سیلت	درصد			۴۲	-
رس	درصد	هیدرومتری	Gee and Bauder (1986)	۳۰	-
یافت خاک	-			Clay Loam	-
درصد اشباع خاک	درصد	-	Gardner (1986)	۳۴/۵	۳۷
تخلخل	درصد	-	Danielson and Sutherland (1986)	۴۴/۵	۶۰/۱
جرم مخصوص ظاهری	g.cm <sup>-3</sup>	سیلندر	Blake and Hartge (1986a)	۱/۴۲	۰/۶۱
جرم مخصوص حقیقی	g.cm <sup>-3</sup>	پیکنومتر	Blake and Hartge (1986b)	۲/۵۶	۱/۵۳
اسیدیته	-	دستگاهی	-	۷/۸	۷/۷
هدایت الکتریکی	dS.m <sup>-1</sup>	دستگاهی	-	۱/۸	۳/۲
کل مواد آلی	درصد	-	Walkley and Black (1934)	-	۴۱/۱
کل کربن آلی	درصد	-		۰/۶۷	۱۰/۸
نیترژن کل	درصد	کجدال	Ehyaie and Asgharzad (1996)	۰/۰۷	۱/۹۰
فسفر	ppm/درصد*	اولسن	Gupta (2000)	۵/۰	۰/۵۹
پتاسیم قابل جذب	ppm/درصد*	شعله‌سنجی	Boltz and Howel (1978)	۱۲۰	۰/۲۸

\* واحدها به ترتیب برای خاک و ورمی‌کمپوست می‌باشد.

مسمومیت متابولیکی سدیم نتیجه توانایی این یون در رقابت با پتاسیم برای متصل شدن به جایگاه‌های اصلی برای انجام وظایف سلول است زیرا بیش از ۵۰ آنزیم با پتاسیم فعال می‌شوند که سدیم نمی‌تواند جایگزینی برای آن باشد (Hoseini *et al.*, 2009). همچنین با کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه می‌توان نتیجه‌گیری کرد که این صفت نسبت به سایر اجزاء عملکرد (تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف) گیاه کلزا حساسیت بیشتری به شوری دارد. اثر ورمی‌کمپوست فقط بر صفات ارتفاع بوته، طول غلاف، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، درصد روغن، عملکرد روغن و بهره‌وری آب روغن معنی‌دار شد ( $P < 0/01$ ). همچنین اثر متقابل شوری و ورمی‌کمپوست بر هیچ یک از صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود. این موضوع نشان‌دهنده روند مشابه تاثیر شوری بر صفات

## کامی کابوسی و همکاران

مورد بررسی در سطوح مختلف ورمی کمپوست بود. نتایج مقایسه میانگین صفات مورد بررسی نیز در جدول‌های (۴) و (۵) ارائه شده است.

**جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی و اجزاء عملکرد گیاه کلزا.**

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	ارتفاع اولین غلاف	طول غلاف	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزار دانه
شوری	۳	۲۰/۷۲ <sup>ns</sup>	۴۷/۷۸ <sup>**</sup>	۰/۴۵۸ <sup>*</sup>	۳/۶۷ <sup>ns</sup>	۷/۱۶ <sup>ns</sup>	۱/۲۱۷ <sup>**</sup>
ورمی کمپوست	۳	۶۲/۵۶ <sup>**</sup>	۱۳/۴۵ <sup>ns</sup>	۰/۹۰۱ <sup>**</sup>	۱۳۷/۲۹ <sup>**</sup>	۴/۳۸ <sup>ns</sup>	۰/۴۷۱ <sup>ns</sup>
اثر متقابل	۹	۲۰/۹۵ <sup>ns</sup>	۲۱/۸۶ <sup>ns</sup>	۰/۱۳۵ <sup>ns</sup>	۴۹/۳۱ <sup>ns</sup>	۴/۲۴ <sup>ns</sup>	۰/۳۲۱ <sup>ns</sup>
خطا	۳۲	۸/۰۱	۷/۶	۰/۱۰۵	۲۳/۱	۱۰/۱۶	۰/۱۸۹
ضریب تغییرات	-	۵/۳۶	۸/۸۷	۶/۱۱	۱۷/۷۸	۲۰/۲۷	۱۵/۸۷

<sup>ns</sup>، \* و \*\* به ترتیب نشان دهنده عدم تأثیر معنی دار و وجود اثر معنی دار در سطح پنج و یک درصد می باشد.

**جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد، روغن و بهره‌وری آب گیاه کلزا.**

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	شاخص برداشت	درصد روغن	عملکرد روغن	بهره‌وری آب
شوری	۳	۸۹۸۶۹/۳ <sup>**</sup>	۴۹۶۱۵۳/۴ <sup>*</sup>	۰/۰۰۴ <sup>ns</sup>	۶/۴۲۵ <sup>**</sup>	۴۹۰/۱۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۳۹ <sup>ns</sup>
ورمی کمپوست	۳	۹۵۸۶۲/۱ <sup>**</sup>	۹۴۹۵۳۷/۵ <sup>**</sup>	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۴/۵۹۳ <sup>**</sup>	۲۶۳۱۳/۷ <sup>**</sup>	۰/۰۲۷ <sup>ns</sup>
اثر متقابل	۹	۲۷۱۹۶/۴ <sup>ns</sup>	۲۱۶۷۲۲/۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۷ <sup>ns</sup>	۲/۰۶۵ <sup>ns</sup>	۹۱۰/۷۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۴ <sup>ns</sup>
خطا	۳۲	۱۳۰۷۶/۵	۱۷۱۶۳۲/۴	۰/۰۰۴	۱/۰۰۱	۳۳۸۶/۵	۰/۰۱۵
ضریب تغییرات	-	۱۷/۵۳	۲۵/۷۸	۱۵/۱۹	۲/۰۴	۲۰/۳۱	۲۰/۸۵

<sup>ns</sup>، \* و \*\* به ترتیب نشان دهنده عدم تأثیر معنی دار و وجود اثر معنی دار در سطح پنج و یک درصد می باشد.

**جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین اثر شوری و ورمی کمپوست بر صفات مورفولوژیکی و اجزای عملکرد.**

عامل	سطح	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته	طول غلاف (میلی متر)	ارتفاع اولین غلاف (سانتی متر)	ارتفاع بوته (سانتی متر)
شوری (dS.m <sup>-1</sup> )	۱/۲	۵۲/۶۱ <sup>a</sup>	۳۱/۸۹ <sup>ab</sup>	۵/۳۰ <sup>ab</sup>	۲۷/۱۳ <sup>a</sup>	۱۵/۴۶ <sup>a</sup>	۲/۰۷۴ <sup>a</sup>
	۴	۵۲/۰۸ <sup>a</sup>	۳۱/۶۷ <sup>ab</sup>	۵/۶۷۵ <sup>a</sup>	۲۵/۷۶ <sup>a</sup>	۱۶/۷۳ <sup>a</sup>	۲/۶۵۸ <sup>ab</sup>
	۷	۵۲/۵۸ <sup>a</sup>	۳۳/۳۸ <sup>a</sup>	۵/۱۰۸ <sup>b</sup>	۲۶/۴۴ <sup>a</sup>	۱۴/۸۸ <sup>a</sup>	۲/۸۶۳ <sup>ab</sup>
	۱۰	۴۹/۸۴ <sup>a</sup>	۲۸/۶۳ <sup>b</sup>	۵/۳۵۸ <sup>ab</sup>	۲۷/۶۶ <sup>a</sup>	۱۵/۸۲ <sup>a</sup>	۲/۳۲۱ <sup>b</sup>
ورمی کمپوست (Ton.ha <sup>-1</sup> )	۰	۴۹/۴۲ <sup>b</sup>	۳۰/۷۷ <sup>a</sup>	۵/۴۸۳ <sup>ab</sup>	۲۶/۲۱ <sup>ab</sup>	۱۶/۰۲ <sup>a</sup>	۲/۸۲۵ <sup>ab</sup>
	۳	۵۳/۱۴ <sup>ab</sup>	۳۲/۶۸ <sup>a</sup>	۵/۴۹۲ <sup>ab</sup>	۲۷/۱۵ <sup>ab</sup>	۱۵/۲۱ <sup>a</sup>	۲/۳۵۸ <sup>b</sup>
	۶	۵۰/۳۲ <sup>ab</sup>	۳۱/۷۹ <sup>a</sup>	۵/۵۱۷ <sup>a</sup>	۲۲/۶۷ <sup>b</sup>	۱۶/۴۳ <sup>a</sup>	۲/۶۳۸ <sup>ab</sup>
	۹	۵۴/۲۴ <sup>a</sup>	۳۰/۳۲ <sup>a</sup>	۴/۹۵۱ <sup>b</sup>	۳۰/۹۵ <sup>a</sup>	۱۵/۲۳ <sup>a</sup>	۳/۱۰۳ <sup>a</sup>

وجود حداقل یک حرف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می باشد.

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین اثر شوری و ورمی کمپوست بر عملکرد، روغن و بهره‌وری آب.

عامل	سطح	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیکی (کیلو گرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	درصد روغن	عملکرد روغن (کیلو گرم در هکتار)	بهره‌وری آب دانه	بهره‌وری روغن
شوری (dS.m <sup>-1</sup> )	۱/۲	۷۴۶/۷ <sup>a</sup>	۱۶۸۹/۳ <sup>ab</sup>	۴۲/۳ <sup>a</sup>	۴۰/۹۷ <sup>c</sup>	۳۰۴/۶۹ <sup>a</sup>	۰/۵۶۹ <sup>a</sup>	۲۰۸/۹ <sup>a</sup>
	۴	۶۲۱/۶ <sup>ab</sup>	۱۴۷۶/۱ <sup>ab</sup>	۴۲/۶ <sup>a</sup>	۴۶/۷۱ <sup>a</sup>	۲۹۰/۲۹ <sup>a</sup>	۰/۴۳۶ <sup>ab</sup>	۲۰۴/۵ <sup>a</sup>
	۷	۷۱۵/۸ <sup>ab</sup>	۱۹۸۷/۷ <sup>a</sup>	۳۸/۹ <sup>a</sup>	۴۰/۵۶ <sup>c</sup>	۲۹۰/۳۳ <sup>a</sup>	۰/۵۰۷ <sup>ab</sup>	۲۰۴/۷ <sup>a</sup>
	۱۰	۵۵۲/۷ <sup>b</sup>	۱۲۸۳/۰ <sup>b</sup>	۳۹/۸ <sup>a</sup>	۴۲/۷۸ <sup>b</sup>	۲۳۷/۷۳ <sup>a</sup>	۰/۳۰۰ <sup>b</sup>	۱۶۷/۰ <sup>a</sup>
ورمی کمپوست (Ton.ha <sup>-1</sup> )	۰	۶۴۶/۴ <sup>ab</sup>	۱۴۹۱/۱ <sup>ab</sup>	۴۳/۰ <sup>a</sup>	۴۱/۸۹ <sup>b</sup>	۲۷۰/۷۸ <sup>ab</sup>	۰/۴۵۱ <sup>ab</sup>	۱۸۸/۰ <sup>ab</sup>
	۳	۵۷۶/۷ <sup>b</sup>	۱۳۶۳/۴ <sup>b</sup>	۴۰/۸ <sup>a</sup>	۴۲/۰۴ <sup>b</sup>	۲۴۲/۴۴ <sup>b</sup>	۰/۳۹۱ <sup>b</sup>	۱۶۵/۹ <sup>b</sup>
	۶	۶۰۶/۹ <sup>ab</sup>	۱۵۲۹/۹ <sup>ab</sup>	۳۹/۶ <sup>a</sup>	۴۲/۷۸ <sup>ab</sup>	۲۵۹/۶۳ <sup>ab</sup>	۰/۴۲۶ <sup>ab</sup>	۱۸۳/۲ <sup>ab</sup>
	۹	۸۰۶/۷ <sup>a</sup>	۲۰۲۲/۸ <sup>a</sup>	۴۰/۲ <sup>a</sup>	۴۴/۳۱ <sup>a</sup>	۳۵۷/۴۵ <sup>a</sup>	۰/۵۶۴ <sup>a</sup>	۲۴۷/۹ <sup>a</sup>

وجود حداقل یک حرف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد براساس آزمون LSD می‌باشد.

ارتفاع بوته و ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین: شوری تاثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته کلزا نداشت ولی موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین شد به طوری که کمترین ارتفاع اولین غلاف در سطح شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. این در حالی است که کاهش ارتفاع بوته کلزا در اثر شوری توسط حسینی و همکاران (Hoseini *et al.*, 2009)، بایوردی (Bybord, 2010)، زمانی و همکاران (Zamani *et al.*, 2010)، شهبازی و همکاران (Shahbazi *et al.*, 2011)، ارزانش و همکاران (Arzansh *et al.*, 2012)، رامیه و همکاران (Rameeh *et al.*, 2012) و راهنما (Rahnama, 2013) گزارش شد. اگرچه تقریباً در عمده پژوهش‌های پیشین ارتفاع کلزا در اثر تنش شوری کاهش یافت ولی پژوهش استفان و رانی (Steppuhn and Raney, 2005) نشان داد که در دو رقم کلزا افزایش شوری از ۱/۴ به ۳ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر موجب کاهش ارتفاع بوته نشد. همچنین در پژوهشی کاهش معنی‌داری در ارتفاع بوته کلزا در اثر افزایش شوری آب آبیاری از ۰/۶ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر گزارش نگردید (Shabani *et al.*, 2013) که با نتایج این پژوهش همخوانی نزدیکی دارد.

ورمی کمپوست ارتفاع بوته را به صورت معنی‌داری تحت تاثیر قرار داد به طوری که این صفت در سطح کاربرد ۱۰ تن بر هکتار ورمی کمپوست نسبت به تیمار شاهد به میزان ۴/۸۲ سانتی‌متر معادل ۱۰ درصد افزایش یافت ولی بین سایر تیمارها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. افزایش ارتفاع بوته کلزا، آفتابگردان و نخود در شرایط کاربرد ورمی کمپوست گزارش شده است (Rashtbari and Alikhani, 2012؛ Rafiq and Nusrat, 2009؛ Pezeshkpour *et al.*, 2015). ارتفاع بیشتر بوته کلزا می‌تواند دلیلی بر وجود تعداد برگ و طول ساقه بیشتر و در نتیجه سطح فتوسنتز کننده بیشتر باشد



که این عوامل منجر به افزایش تولید مواد فتوسنتزی و رشد گیاه می‌شود (Rashtbari and Alikhani, 2012). افزایش ارتفاع بوته در اثر استفاده از ورمی‌کمپوست به فراوانی عناصر غذایی به ویژه نیتروژن و فسفر نسبت داده شده است (Ostos *et al.*, 2008). همچنین می‌توان تولید مواد هومیک و سایر مواد محرک رشد نظیر هورمون‌های رشد گیاهی در طول فرآیند تولید ورمی‌کمپوست توسط ریزموجودات که به حاصلخیزی خاک کمک می‌کند را علت این امر دانست (Uma and Malathi, 2009).

**طول غلاف:** شوری به طور معنی‌داری طول غلاف کلزا را تحت تاثیر قرار داد به طوری که کمترین مقدار آن در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده گردید ولی اختلاف آن با تیمار ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار نبود. این نتیجه با یافته‌های شمس‌الدین سعید و فرح‌بخش (Shamseddin and Farahbakhsh, 2008) و تارینژاد و همکاران (Tarinejad *et al.*, 2013) مطابقت دارد. شوری از طریق افزایش فشار اسمزی محلول خاک منجر به کاهش جذب آب و در نتیجه کاهش تقسیم و طول شدن و تمایز سلولی می‌گردد. لذا افزایش شوری منجر به کاهش طول غلاف در شوری ۷ و ۱۰ نسبت به شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر گردید اگر چه این کاهش فقط در سطح شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار بود..

ورمی‌کمپوست تاثیر معنی‌داری بر طول غلاف داشت. با افزایش میزان کاربرد ورمی‌کمپوست تا سطح ۶ تن بر هکتار مقدار این صفت افزایش یافت، اگرچه این امر معنی‌دار نبود، ولی در سطح کاربرد ۹ تن بر هکتار این صفت به طور معنی‌داری کاهش یافت. بر اساس جدول (۲) به نظر می‌رسد که در سطوح بالای کاربرد ورمی‌کمپوست انرژی گیاه بیشتر صرف افزایش ارتفاع گیاه گردیده است و لذا طول غلاف کاهش یافت.

**تعداد غلاف در بوته:** تاثیر شوری بر صفت تعداد غلاف در بوته معنی‌دار نبود ولی ورمی‌کمپوست این صفت را تحت تاثیر قرار داد. در خصوص اثر شوری بر تعداد غلاف در بوته کلزا نتایج متفاوتی گزارش شده است. برای مثال در حالی که شمس‌الدین سعید و فرح‌بخش (Shamseddin and Farahbakhsh, 2008)، شهبازی و همکاران (Shahbazi *et al.*, 2011)، تجلی و همکاران (Tajali *et al.*, 2011) و راهنما (Rahnema, 2013) کاهش این صفت با افزایش شوری را گزارش کردند، نتایج پژوهش بایوردی (Bybordi, 2010)، رمیه (Rameeh, 2012)، رامیه و همکاران (Rameeh *et al.*, 2012) و تارینژاد و همکاران (Tarinejad *et al.*, 2013) حاکی از افزایش تعداد غلاف در بوته با افزایش سطوح شوری در برخی ارقام کلزا داشت. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته کلزا در تیمار ۹ تن بر هکتار ورمی‌کمپوست بدست می‌آید که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۶ تن بر هکتار دارد. افزایش تعداد کپسول در بوته گیاه کنجد تحت تاثیر کاربرد ورمی‌کمپوست به فراهمی بهتر مواد غذایی نسبت داده شده است (Sajadi Nik *et al.*, 2011; Jat and Ahlawat, 2006).

**وزن هزار دانه:** شوری بر وزن هزار دانه تاثیر معنی‌دار داشت و موجب کاهش آن گردید به طوری که افزایش شوری از ۱/۲ به ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر این صفت را حدود ۲۵ درصد کاهش داد که با نتایج پژوهش‌های قبلی (Shamseddin and Farahbakhsh, 2008; Hoseini et al., 2009; Zamani et al., 2010; Shahbazi et al., 2011; Tajali et al., 2011; Rahnama, 2013) مطابقت دارد. کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه با افزایش شوری می‌تواند به دلایل کاهش مواد فتوسنتزی در مرحله پر شدن دانه، کاهش شدت رشد در اثر پتانسیل اسمزی و یا کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها باشد (Tajali et al., 2011). وزن هزار دانه به مقدار زیادی وابسته به دوره پر شدن دانه است. بنابراین تنش‌های محیطی که تمایل به کوتاه کردن دوره رشد دانه دارند به طور معنی‌داری وزن هزار دانه را کاهش می‌دهند (Azimi Gandomani et al., 2012). همچنین تغییر مسیر مواد فتوسنتزی و شیره پروده جهت مقابله با تنش شوری می‌تواند موجب کاهش وزن هزار دانه گردد (Tajali et al., 2011). اختلال در انتقال کربوهیدرات‌ها به دانه که نتیجه تجمع املاح مضر در گیاه می‌باشد و بر هم خوردن تعادل یونی ممکن است مهمترین دلیل کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش شوری باشد (Azimi Gandomani et al., 2012). شمس‌الدین سعید و فرح‌بخش (Shamseddin and Farahbakhsh, 2008) معتقدند که کاهش وزن هزار دانه در اثر شوری ممکن است به دلیل کاهش میزان مواد فتوسنتزی وارد شده به نیام به دلیل اختصاص بخشی از مواد فتوسنتزی تولید شده برای تعدیل فشار اسمزی مورد نیاز گیاه، کاهش شدت رشد در اثر افزایش پتانسیل اسمزی و کاهش طول دوره پر شدن دانه باشد.

کاربرد ۹ تن بر هکتار ورمی‌کمپوست موجب افزایش معنی‌داری وزن هزار دانه نسبت به سطح ۳ تن بر هکتار گردید که این امر بر خلاف صفت طول خورجین بود. به نظر می‌رسد که در تیمار ۹ تن بر هکتار ورمی‌کمپوست، گیاه کاهش طول غلاف را با تولید دانه‌های درشت‌تر جبران نموده است چرا که تغییر معنی‌داری در تعداد دانه در غلاف نیز بوجود نیامده است. افزایش وزن هزار دانه کنگد و آفتابگردان تحت تاثیر کاربرد ورمی‌کمپوست توسط برخی پژوهشگران گزارش شده است (Sajadi Nik et al., 2011; Rafiq and Nusrat, 2009). گزارش شده است که با کاربرد ورمی‌کمپوست، میزان مواد آلی خاک افزایش یافته و ضمن بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک، فراهمی عناصر میکرو و ماکرو برای گیاه افزایش می‌یابد (Mirzaei Talarposhti et al., 2009; Rashtbari and Alikhani, 2011). همچنین ورمی‌کمپوست با کاهش تلفات عناصر غذایی از خاک، با رهاسازی تدریجی و مداوم آنها موجب جذب بیشتر مواد غذایی می‌گردد (Mirzaei Talarposhti et al., 2009). وجود مقادیر زیاد نیتروژن که برای تولید پروتئین‌های ساختاری ضروری هستند و مواد هیومیکی که اثر مستقیمی بر متابولیسم گیاهی دارند و همچنین موجب بهبود زیست فراهمی عناصر غذایی به ویژه آهن و روی می‌گردند، در ورمی‌کمپوست گزارش شده است که موجب بهبود رشد گیاه می‌گردد (Rashtbari and Alikhani, 2011).

**عملکرد دانه و بهره‌وری آب دانه:** بر اساس جدول (۴)، شوری و ورمی کمپوست اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه و بهره‌وری آب دانه داشتند. افزایش شوری از ۱/۲ (آب معمولی) تا ۷ دسی‌زیمنس بر متر اگر چه به کاهش عملکرد دانه و بهره‌وری آب دانه منجر گردید ولی این کاهش معنی‌دار نبود. با این حال با افزایش شوری به ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر این صفات به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند. در همین راستا پژوهش شهبازی و همکاران (Shahbazi *et al.*, 2011) در همین منطقه (استان گلستان) نشان دادند که افزایش شوری از صفر به ۶ دسی‌زیمنس بر متر به کاهش معنی‌دار عملکرد دانه کلزا منجر نگردید که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه و بهره‌وری آب دانه در تیمار آب معمولی (شوری ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر) و کمترین مقدار این صفات در تیمار آبیاری با شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر بدست آمد به طوری که بین این دو سطح شوری با یکدیگر حدود ۲۶ درصد اختلاف وجود داشت. کاهش معنی‌دار عملکرد دانه کلزا در اثر شوری توسط فرانکوئیس (Francois, 1994)، شمس‌الدین سعید و فرح‌بخش (Shamseddin and Farahbakhsh, 2008)، حسینی و همکاران (Hoseini *et al.*, 2009)، زمانی و همکاران (Zamani *et al.*, 2010)، بایوردی (Bybordi, 2010)، بایوردی و همکاران (Bybordi *et al.*, 2010)، تجلی و همکاران (Tajali *et al.*, 2011)، راهنما (Rahnama, 2013) و یزدانی و همکاران (Yazdani *et al.*, 2015) نیز گزارش گردیده بود. هنگامی که تنش‌های محیطی شدید هستند، رقابت برای مواد فتوسنتزی افزایش می‌یابد که به واسطه سقط جنین منجر به تلفات دانه در غلاف می‌گردد (Francois, 1994). تنش شوری موجب کاهش درصد جوانه‌زنی، کاهش طول دوره رشد، افزایش رقابت درون گیاهی، عقیم شدن گل‌ها، ریزش خورجین و دانه و در نهایت کاهش کمی و کیفی عملکرد دانه کلزا می‌گردد (Gutierrez *et al.*, 1994; Kumar, 1995). همچنین تنش شوری در گیاهان مختلف از جمله کلزا باعث سمیت یونی و عدم توازن مواد غذایی می‌گردد (Ghorbanli *et al.*, 2003). وقتی گیاه در معرض تنش شوری قرار می‌گیرد، در اثر کاهش پتانسیل اسمزی دچار نوعی خشکی فیزیولوژیکی می‌شود و ریشه‌ها تحت این شرایط مقدار اسید آبسیدیک را افزایش داده که این هورمون از طریق جریان تعرق به اندام‌های هوایی منتقل می‌شود. افزایش هورمون اسید آبسیدیک در اندام‌های هوایی باعث کاهش هدایت روزنه‌ها و به تبع آن کاهش تعرق می‌شود. در نهایت به دلیل کاهش انتشار گاز دی‌اکسید کربن، میزان فتوسنتز و رشد گیاه و در نتیجه عملکرد دچار اختلال می‌شود (Ashraf, 2001). همچنین بهره‌وری آب دانه کلزا بر اساس پژوهش حسینی و همکاران (Hoseini *et al.*, 2009) و شهبازی و همکاران (Shahbazi *et al.*, 2011) در شوری آب آبیاری بیشتر از ۶ دسی‌زیمنس بر متر و مطابق پژوهش بیک‌خورمیزی و همکاران (Beyk Khurmizi *et al.*, 2012) و یزدانی و همکاران (Yazdani *et al.*, 2015) در تمام سطوح شوری نسبت به تیمار آب غیر شور کاهش یافت که با نتایج این تحقیق

همخوانی دارد.

بین تیمارهای مختلف ورمی کمپوست از نظر عملکرد دانه و بهره‌وری آب دانه اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. بیشترین و کمترین عملکرد دانه و بهره‌وری آب دانه کلزا به ترتیب در تیمار کاربرد ۹ و ۳ تن بر هکتار ورمی کمپوست بدست آمد به طوری که بین این دو تیمار حدود ۴۰ درصد و بین تیمار ۹ تن بر هکتار و عدم کاربرد ۲۵ درصد اختلاف وجود داشت. افزایش معنی‌دار عملکرد دانه کلزا (Sajadi Nik *et al.*, 2011؛ Rashtbari and Alikhani, 2012)، کنجد (Sajadi Nik *et al.*, 2011؛ Sajadi Nik and Yadavi, 2013)، نخود (Jat and Ahlawat, 2006؛ Pezeshkpour *et al.*, 2015) و گوجه‌فرنگی (Mirzaei Talarposhti *et al.*, 2009) در شرایط استفاده از ورمی کمپوست گزارش شده است. این موضوع به افزایش میزان و فراهمی مواد غذایی (Sajadi Nik *et al.*, 2011)، بهبود عملکرد آنزیم‌ها و هورمون‌های محرک رشد (Sajadi Nik *et al.*, 2011؛ Sajadi Nik and Yadavi, 2013)، افزایش فعالیت میکروبی زیست توده خاک (Rashtbari and Alikhani, 2011)، تولید تنظیم کننده‌های رشد نظیر اسید آبسیسیک (Rashtbari and Alikhani, 2011) و افزایش قدرت جذب و نگهداری رطوبت در خاک (Pezeshkpour *et al.*, 2015) نسبت داده شده است.

**عملکرد بیولوژیکی:** اثر شوری و ورمی کمپوست به ترتیب در سطح پنج و یک درصد بر عملکرد بیولوژیکی معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که افزایش شوری از ۱/۲ (آب معمولی) به ۷ دسی‌زیمنس بر متر موجب افزایش غیرمعنی‌دار عملکرد بیولوژیکی گردید ولی با افزایش شوری به ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد بیولوژیکی به طور معنی‌داری کاهش یافت. حسینی و همکاران (Hoseini *et al.*, 2009) نیز کاهش عملکرد بیولوژیکی در اثر شوری را گزارش کرده بودند اگر چه این کاهش تا ۶ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار نبود. نتایج پژوهش پرچلی و همکاران (Porcelli *et al.*, 1995) نشان داد که افزایش شوری خاک از ۲/۳ به ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر به کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیکی کلزا منجر نگردید. همچنین گل و احمد (Gul and Ahmad, 2007) نیز افزایش عملکرد بیولوژیکی دو رقم کلزا در برخی تاریخ‌های کشت در تیمارهای خیلی شور نسبت به تیمار غیر شور را گزارش کردند. به نظر می‌رسد که جذب کمتر آب در اثر تنش شوری موجب کاهش جذب یون‌های سمی توسط گیاه گردید که این امر در کاهش اثرات زیان‌بار شوری موثر بود (Hoseini *et al.*, 2009). کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیکی کلزا در اثر شوری توسط پژوهشگران مختلف گزارش شده است (Enferad *et al.*, 2004؛ Arzansh *et al.*, 2012؛ Azimi Gandomani *et al.*, 2012؛ Bybord *et al.*, 2010) نیز گزارش شده است که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد.

عملکرد بیولوژیکی کلزا تحت تاثیر کاربرد ورمی کمپوست به طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین مقدار این صفت با حدود ۲۶ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد) در تیمار کاربرد ۹ تن بر

هکتار ورمی کمپوست مشاهده شد. افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیکی کلزا ( Rashtbari and Alikhani, 2011؛ Rashtbari and Alikhani, 2012)، ارقام مختلف همیشه بهار (Azizi et al., 2015)، کنجد (Sajadi Nik et al., 2011)، گوجه‌فرنگی (Mirzaei Talarposhti et al., 2009) و جو (Kumawat et al., 2006). افزایش عملکرد بیولوژیکی در اثر کاربرد ورمی کمپوست به افزایش میزان مواد غذایی به ویژه نیتروژن (Sajadi Nik et al., 2011) و مواد هیومیکی ( Rashtbari and Alikhani, 2012) ارتباط داده شده است.

**درصد روغن:** اثر شوری و ورمی کمپوست سطح یک درصد بر درصد روغن معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین درصد روغن در تیمار شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین مقدار آن در تیمار شوری ۱/۲ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده گردید. اثر شوری بر درصد روغن کلزا متفاوت گزارش شده است. نتایج پژوهش تاری‌نژاد و همکاران (Tarinejad et al., 2013) در بررسی شوری صفر تا ۱۲ و پژوهش شهبازی و همکاران (Shahbazi et al., 2011) 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. پژوهش‌های فرانکوئیس (Francois, 1994)، قسیم و همکاران (Qasim et al., 2003) نیز حاکی از عدم تاثیر معنی‌دار شوری بر درصد روغن کلزا داشت. این در حالی بود که پژوهش بایبوردی و همکاران (Bybordi et al., 2010) و عظیمی گندمانی و همکاران (Azimi Gandomani et al., 2012) کاهش معنی‌دار این صفت در اثر شوری را نشان داد. همچنین ورمی کمپوست موجب افزایش معنی‌دار درصد روغن کلزا شد به طوری که بیشترین مقدار این صفت با حدود شش درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد) در تیمار کاربرد ۹ تن بر هکتار ورمی کمپوست بدست آمد.

**عملکرد روغن و بهره‌وری آب روغن:** بر اساس نتایج جدول ۳ و ۵، اثر شوری بر عملکرد روغن و بهره‌وری آب روغن معنی‌دار نبود ولی ورمی کمپوست این صفات را به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار داد. با توجه به رابطه عملکرد روغن با عملکرد دانه و درصد روغن، به نظر می‌رسد که در تیمارهای شور افزایش درصد روغن توانسته است کاهش عملکرد دانه را جبران کرده و به این ترتیب از کاهش معنی‌دار عملکرد روغن جلوگیری نماید.

استفاده از ورمی کمپوست به افزایش معنی‌دار عملکرد و بهره‌وری آب روغن کلزا منجر شد به طوری که بیشترین مقدار این صفت با حدود ۳۲ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد) در تیمار کاربرد ۹ تن بر هکتار ورمی کمپوست بدست آمد. با توجه به رابطه این صفات با عملکرد دانه و درصد روغن از یک سو و افزایش این صفات در اثر کاربرد ورمی کمپوست از سوی دیگر، افزایش عملکرد روغن و بهره‌وری آب روغن تحت این شرایط مورد انتظار می‌باشد. افزایش عملکرد روغن کنجد در اثر کاربرد

ورمی کمپوست گزارش شده است (Sajadi Nik *et al.*, 2011).

### نتیجه گیری

نتایج نشان داد که افزایش شوری آب تا ۷ دسی‌زیمنس بر متر اثر معنی‌داری بر صفات وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و بهره‌وری آب دانه نداشت ولی در شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر این صفات به طور معنی‌دار کاهش داشتند. همچنین افزایش شوری بر سایر صفات مورد بررسی تاثیر معنی‌داری نداشت. کاربرد ورمی کمپوست موجب افزایش صفات ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد و بهره‌وری آب دانه، عملکرد بیولوژیکی، درصد روغن و عملکرد و بهره‌وری آب روغن گردید که به نظر می‌رسد به علت فراوانی عناصر غذایی به ویژه نیتروژن و فسفر و وجود مواد هومیک و سایر مواد محرک رشد نظیر هورمون‌های رشد گیاهی، تولید تنظیم کننده‌های رشد نظیر اسید آبسسیک، بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک، افزایش فراهمی عناصر میکرو و ماکرو برای گیاه، کاهش تلفات عناصر غذایی از خاک و رهاسازی تدریجی و مداوم آنها و افزایش قدرت جذب و نگهداری رطوبت در خاک می‌باشد.

### سپاس‌گزاری

نویسندگان مقاله از حمایت‌های دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان در طول مراحل انجام این پژوهش قدردانی می‌نمایند.

### منابع

- 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 and Soil Sci.)* 15(58): 125-137. (In Persian)
- Akhtari, A., Homaee, 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)
- Anonymous. 2015. Yearly statistical book: 2014. Ministry of Jahad Keshavarzi Press. Tehran. (In Persian)
- 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)
- Ashraf, M. 2001. Relationships between growth and gas exchange characteristics in some salt tolerant amphidiploids Brassica species in relation to their diploid parents. *Environ. Exp. Bot.* 45:155-163.
- Ashraf, M., and Harris, P.J.C. 2004. Review: Potential biochemical indicators of salinity

- tolerance in plants. *Plant Sci.* 166: 3-16.
- 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)
- Azizi E., Beheshti, F., and Sepehri Moghadam, H. 2015. The investigation of vermicompost organic fertilizer on some of physiological and qualitative traits of different varieties of *Calendula officinalis* L. under different levels of drought stress. *Electron. J. Crop Prod.* 8(2): 171-194. (In Persian)
- 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)
- 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)
- 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)
- 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.
- 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.
- Boltz, D.F., and Howel, J.A. 1978. *Colorimetric Determination of non-metals*. John Wiley and Sons; New York: 197-202.
- Bybordi, A. 2010. Effects of salinity on yield and component characters in canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *Not. Sci. Biol.* 2(1): 81-83.
- 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)
- 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.
- Ehyaie, M., and Asgharzag, A. 1996. *Explain of chemical soil analysis methods*. Technical issue 983, Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran, 128 pp. (In Persian)
- 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)
- Francois, L.E. 1994. Growth, seed yield and oil content of canola grown under saline conditions. *Agron. J.* 86(2): 233-237.
- 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, 21: 493-544.

- 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.
- Ghorbanli, M.L., Sateei, A., and Moghisseh, E. 2003. Effects of different saline media on catalase, peroxidase and nitrate reductase activities in root and leaves of colza (*Brassica napus* L.). Pajouhesh & Sazandegi (in Agron. and Hort.) 16(58): 39-43. (In Persian)
- 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.
- Gupta, P.K. 2000. Soil, plant, water and fertilizer analysis. Agrobios Press, Bikaner, India, 438p.
- Gutierrez Boem, E.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.
- Heydari, N. 2013. Challenges and approaches for enhancing of water use efficiency in field crops in Iran. Res. Achiev. Field Hort. Crops 2(1): 25-51. (In Persian)
- 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)
- Jalali, N., Homaei, M., and Mirnia, S.Kh. 2008. Modeling canola response to salinity in productive growth stages. J. Sci. Tech. Agric. Nat. Res. 12(44): 111-121. (In Persian)
- Jat, R.S., and Ahlawat, I.P.S. 2006. Direct and residual effect of vermicompost, biofertilizers and phosphorus on soil nutrient dynamics and productivity of chickpea-fodder maize sequence. J. Sustain. Agric. 28(1): 41-54.
- Kumar, D. 1995. Salt tolerance in oilseed Brassica present status and further prospects. Plant Breed. Abstr. 65(10): 1939-1447.
- Kumawat, P.D., Jat, N.L., and Yadavi, S.S. 2006. Effect of organic manure and nitrogen fertilization on growth, yield and economics of barley (*Hordeum vulgare*). Indian J. Agric. Sci. 76(4): 226-229.
- 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.
- Mirzaei Talarposhti, 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)
- 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)
- 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)
- 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.



- Ostos, J.C, Lopez-Garrido, R., Murillo, J.M., and Lopez, R, 2008. Substitution of peat formunicipal solidwaste and sewage sludge-based composts in nursery growing media: Effects on growth and nutrition of the native shrub *Pistacia lentiscus* L. Bioresource Tech. 99:1793-1800.
- Pazira, E., and Homae, M. 2003. Salt affected resources in Iranian extension and reclamation. Shaozhong Kang, Bill Davies, Lun Shan, Huanjie Cai (Eds.). 2003. Water-Saving Agriculture and Sustainable Use of Water and land Resources. October, 26-29, 2003. Yangling-Shaanxi, P.R. China.
- Pezeshkpour, P., Ardakani, M.R., Paknejad, F., and Vazan, S. 2015. Effects of vermicompost, microorganisms mycorrhiza and phosphate biofertilizer on some morphophysiological characteristics and seed protein percent of chickpea in autumn plantation. Plant Ecophysiol. 7(22): 190-204. (In Persian)
- 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.
- 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.
- 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.
- Rahnama, A. 2013. Comparison the yield and yield component of canola varieties and relative resistance in south salinity soil of Khuzestan province. Agron. J. (Pajouhesh & Sazandegi) 99: 70-80. (In Persian)
- Rameeh, V. 2012. Ions uptake, yield and yield attributes of rapeseed exposed to salinity stress. J. Soil Sci. Plant Nutr. 12: 851-861.
- 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.
- 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. Sustain. Prod. 22(2): 113-127. (In Persian)
- Rashtbari, M., and Alikhani, H.A. 2011. Evaluation the appropriate levels of vermicompost and municipal solid waste compost on nutrient uptake and yield of canola under drought stress conditions. J. Agric. Eng. 34(2): 85-96. (In Persian)
- Sajadi Nik, R., and Yadavi, A.R. 2013. Effect of nitrogen fertilizer, vermicompost and nitroxin on growth indexes, phenological stages and grain yield of Sesame. Electron. J. Crop Prod., 6(2): 73-99. (In Persian)
- Sajadi Nik, R., Yadavi, A.R., Balouchi, H.R., and Farajee, H. 2011. Effect of chemical (Urea), organic (vermicompost) and biological (Nitroxin) fertilizers on quantity and quality yield of Sesame (*Sesamum indicum* L.). J. Agric. Sci. Sustain. Prod. 21(2): 87-101. (In Persian)
- Sakr, M.T., El-Sarkassy, N.M., and Fulle, M.P. 2012. Osmoregulators proline and glycine betaine counteract salinity stress in canola. Agron. Sustain. Dev. 32: 747-754.
- Salehi, M., Kafi, M., and Kiani, A. 2012. Water-salinity production function of Kochia in the north of Golestan. J. Water Soil 25(6): 1395-1403. (In Persian)

- Salehi, M., and Mosavat, S.A. 2009. Selection criteria of wheat genotypes under salt stress in Golestan province. *Electron. J. Crop Prod.* 1(4): 19-33. (In Persian)
- 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.
- Shabani, A., Sepaskhah, A.R., and Kamgar-Haghighi A.A. 2013. Responses of agronomic components of rapeseed (*Brassica napus* L.) as influenced by deficit irrigation, water salinity and planting method. *Int. J. Plant Prod.* 7: 313-340.
- 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)
- 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)
- 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)
- Shannon, M.C. 1998. Adaptation of plants to salinity. *Adv. Agron.* 60: 75-120.
- 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.
- 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)
- Tarinejad, A., Gayomi, H., Rashidi, V., Farahvash, F., and Alizade, B. 2013. Evaluation of tolerance rate of canola cultivar to salinity stress. *J. Agric. Sci. Sustain. Prod.* 22(4.1): 29-43. (In Persian)
- Uma, B., and Malathi, M. 2009. Vermicompost as a soil supplement to improve growth and yield of Amaranthus species. *Res. J. Agri. and Bio. Sci.* 5(6): 1054-1060.
- 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.
- 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)
- 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)
- Zhu, J.K. 2001. Plant salt tolerance (review). *Trends Plant Sci.*, 6(2): 66-71.