

تأثیر کاربرد کودهای ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد بذر گیاه سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) در تنش شوری

سعید دوازده‌امامی^{۱*}، مصلح‌الدین رضایی^۲، لیلی صفایی^۳ و مهدی شیران^۴

۱. استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، اصفهان، ایران

۲ و ۳. مربی پژوهش بخش تحقیقات خاک و مری پژوهش آب و بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

۴. کارشناس مرکز ملی تحقیقات شوری کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۶/۲ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۱)

چکیده

سیاه‌دانه به دلیل اثرگذاری‌های مختلف درمانی، از دیرباز به‌عنوان گیاه دارویی مورد توجه بوده است. به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد کودهای ریزمغذی آهن و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد بذر گیاه سیاه‌دانه در تنش شوری آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در اصفهان انجام گرفت. تیمار شوری آب آبیاری در سه سطح شاهد، ۳/۵ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر و محلول‌پاشی دو عنصر روی و آهن در سه سطح ۰ (شاهد)، ۰/۱ درصد و ۰/۲ درصد در نظر گرفته شد. در این پژوهش چهارده صفت مربوط به رشد گیاه اندازه‌گیری و محاسبه شدند. نتایج تجزیه داده‌ها نشان داد که شوری آب آبیاری بر بیشتر صفات اثر معنی‌دار داشت. بر پایه جدول مقایسه میانگین‌ها شوری آب آبیاری باعث کاهش صفات اصلی مربوط به عملکرد دانه در سیاه‌دانه شد. با افزایش شوری از شاهد به ۵ دسی‌زیمنس بر متر، عملکرد بذر و عملکرد زیست‌توده (بیوماس) به ترتیب ۷۰ و ۶۷ درصد کاهش یافتند و میزان بذرها پوک یا بارور غیر عادی تا بیش از ۱/۵ برابر افزایش یافت. بر پایه جدول مقایسه میانگین‌ها، تأثیر محلول‌پاشی دو عنصر روی و آهن بر صفات مورد اندازه‌گیری روند نامشخصی را نشان داد. آزمایش‌های تکمیلی خاک نشان داد به‌رغم مشاهده نشانه‌های کمبود در تحقیقات پیشین در کشتزار، موجودی این دو عنصر در خاک بیش‌ازحد نیاز بوده و تأکید بر وجود پیشینه کمبود در این گیاه در تعیین نیاز به این دو عنصر کارآمد نیست.

واژه‌های کلیدی: بذرها غیرعادی، تنش شوری، گیاه دارویی، عنصر کم‌مصرف، محلول‌پاشی.

Effect of microelements on seed yield and yield components of black seed (*Nigella sativa* L.) under salinity stress

Saeid Davazdahemami^{1*}, Moslehoddin Rezaei², Leili Safaei³ and Mohsen Shiran⁴

1. Assistance Professor, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Esfahan, Iran

2, 3. Instructor, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Esfahan, Iran

4. B.Sc. of Salinity Research Station of Iran, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran (Received: Aug. 24, 2015 - Accepted: Dec. 22, 2015)

ABSTRACT

Black seed is one of important ancient medicinal plants with various properties in traditional medicine. In order to evaluate microelements (Fe and Zn) effects on seed yield and yield components of black seed in salinity stress, a complete block design with three replications was conducted in Esfahan Agricultural and Natural Resources Center during 2013-2014. Three water salinity treatments were control (0, 3.5 and 5 dS/m and three levels of mineral spraying, control, 0.1% and 0.2% Fe+Zn (as 3*3 factors). Fourteen characters of plants were measured and calculated. According to results, the effect of salinity treatments on majority of traits was significant. By increasing salinity stress, seed yield and biological yield decreased (70% and 67%, respectively) and the abnormal seed percentage increased significantly (150%). In this experiment, the effects of Fe+Zn spraying were not clear, because of abundance of these two elements in the soil. Also, emphasis on deficit signs in field is not suitable criterium for microelements spraying in black cumin.

Keywords: abnormal seeds, medicinal plant, microelements, salinity stress, spraying.

مقدمه

سیاه‌دانه با نام علمی (*Nigella sativa* L.) گیاهی از تیره آلاله است که به‌طور طبیعی و خودرو در نقاط مختلف ایران رشد می‌کند. این گیاه بومی غرب آسیا است و در مصر، هند، ایران، عربستان، ترکیه و پاکستان کشت می‌شود (Hyam & Pankhurst, 1995). سیاه‌دانه به علت ترکیب‌های ارزشمند موجود در بذر، یک گیاه منحصربه‌فرد به شمار می‌آید. تنوع ترکیب‌های موجود در گیاه، باعث بروز اثرگذاری‌های مختلف ضد باکتریایی، ضد قارچی و پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدانی) برای این گیاه شده است. همچنین گستردگی کاربردهای اسانس این گیاه کم‌مانند است (Fawzy Ramadan, 2015). در دانه‌های سیاه‌دانه ۴۰ درصد روغن، ۱/۴ درصد اسانس وجود دارد. دانه‌های سیاه‌دانه خواصی مانند شیرآور، ضد نفخ، مسهل، ضدانگل، ضد غده (تومور)، ضد باکتری، ضد سرفه، مسکن، شل‌کننده عضلات صاف و ... دارد. در روغن سیاه‌دانه ایران هشت نوع اسید چرب مهم (شامل ۹۹/۵ درصد کل اجزای روغن) شناسایی شده است. اسیدهای چرب عمده روغن، اسیدهای لینولئیک، اولئیک و پالمیتیک است. افزون بر آن وفور عناصر کانی در گیاه شایان توجه است (Davazdahemami & Majnoonhosseini, 2014).

از بین انواع تنش‌های محیطی، آسیب وارده به گیاهان در نتیجه تنش‌های خشکی، شوری و دما در سطح جهان گسترده‌تر بوده و به همین جهت بیشتر بررسی شده‌اند. با افزایش جمعیت و نیاز به تولید غذای بیشتر، گرایش به استفاده از منابع آب‌و خاک شور بیشتر شده و تجارب بسیاری هم‌اکنون در سرتاسر دنیا در مورد استفاده از این منابع نامطلوب وجود دارد (Hashemi-Nia *et al.*, 1997). شوری خاک یا آب از جمله عامل‌های تنش‌زای محیطی است که افزون بر اختلال و کاهش قابلیت جذب آب توسط ریشه‌ها، گیاهان را نیز از نظر تغذیه‌ای و فرآیندهای متابولیکی دچار مشکل می‌کند و در موجودیت، رفتار، پراکنش، رشد و عملکرد گیاهان تأثیر بسزایی دارد (Levitt, 1980). تنش شوری افزون بر اثر منفی روی عملکرد گیاه، باعث بروز یا تشدید کمبود عناصر غذایی

نیز می‌شود، همچنین موجب اختلال در روند جذب و تجمع عناصر غذایی می‌شود (Salardini & Mojtahedi, 2003). در تنش شوری، کلریدها، سولفات‌ها و کربنات‌ها و تأثیر متقابلشان نقش معنی‌داری در کاهش رشد بازی می‌کنند (Khan, 2002).

به‌جز نوار باریکی از سواحل دریای خزر، بیشتر نقاط کشور ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک واقع شده است. وسعت زیادی از خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران به دلیل آهکی بودن کمبود عناصر ریزمغذی، به‌ویژه روی و آهن دارند تأمین این عناصر در خاک می‌تواند موجب توازن عناصر غذایی در گیاه و در نهایت افزایش تولید و کیفیت محصول شود (Shariatmadari *et al.*, 2011).

در محلول‌پاشی جذب از اندام هوایی گیاه صورت می‌گیرد، بنابراین اثر این روش، نسبت به مصرف خاکی سریع‌تر است و کارایی آن ۸ تا ۲۰ برابر مصرف خاکی برآورد شده است. روش‌های مختلفی برای تعیین نیاز به محلول‌پاشی وجود دارد که یکی از آن‌ها نشانه‌های کمبود یا پیشینه کمبود است (Tabatabaei, 2009). در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند اصفهان نشانه‌های کمبود مواد غذایی در گیاهان مختلف از جمله سیاه‌دانه و بادرنجبویه (Davazdahemami & Majnoonhosseini, 2014) و بروز شدیدتر این نشانه‌ها، در تنش شوری در سیاه‌دانه گزارش شده است (Faravani *et al.*, 2013).

در پژوهشی مشخص شد که سه بار محلول‌پاشی ۰/۰۵ درصد آهن پس از انتقال نشاء میزان سبزینه (کلروفیل) برگ و عملکرد را افزایش داد. همچنین محلول‌پاشی سبب افزایش ۱۲ درصدی جذب نور شد. نکته اصلی اینکه محلول‌پاشی سولفات آهن توانست جبران همه آسیب و زیان‌های ناشی از شوری را در رابطه با صفت درصد جذب نور کند. در کل محلول‌پاشی آهن مقداری از آسیب‌های تنش شوری را در این آزمایش کاهش داد (Shariatmadari *et al.*, 2011). در تحقیقی شوری القاشده توسط کلرید سدیم منجر به کاهش ماده خشک ساقه گندم به‌ویژه در تیمار بدون سولفات روی شد، کاربرد کود حاوی روی تأثیر مثبتی روی مقاومت به شوری گیاهان داشت و

عملکرد بذر گیاه سیاه‌دانه در تنش شوری بر پایه مشاهده نشانه‌های کمبود در کشتزارهای منطقه اصفهان انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر آب آبیاری شور و محلول پاشی عناصر کم‌مصرف آهن و روی بر ویژگی‌های کمی گیاه دارویی سیاه‌دانه در استان اصفهان، در سال ۱۳۹۲-۱۳۹۳ آزمایشی صحرایی در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان انجام گرفت. زمین مورد استفاده در این آزمایش در مردادماه شخم و دیسک زده و سپس تسطیح شده و برای کشت سیاه‌دانه در پاییز آماده شد. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ آمده است.

منجر به افزایش ماده خشک ساقه گندم شد (Khoshgofarmanesh & Khademi, 2001). در بررسی تأثیر برگ‌پاشی عناصر کم‌مصرف در دو سطح (۰/۱۰ درصد و ۰/۱۵ درصد) بر گیاه باقلا سبز این نتیجه که شوری ۲۰۰۰ و ۵۰۰۰ قسمت در میلیون کلرید سدیم از رشد و جذب مواد غذایی جلوگیری می‌کند، به دست آمد. همچنین برگ‌پاشی عناصر کم‌مصرف می‌تواند تأثیر منفی شوری بر وزن خشک و جذب عناصر غذایی را هم پیش و پس از اعمال شوری را کاهش دهد (El-Fouly *et al.*, 2011).

با توجه به روند شور شدن آب‌های زیرزمینی در مناطق مرکزی کشور و پیشینه کشت سیاه‌دانه در این مناطق این تحقیق با هدف بررسی تأثیر کاربرد کودهای ریزمغذی آهن و روی بر عملکرد و اجزای

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر)

Table 1. Physicochemical characters of soil (dep. 0 - 30 cm)

Anions	Cations	Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (meq/l)	HCO ³⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺
102	110	85	10.8	36	55.2	25

ادامه جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر)

Continued table 1. Physicochemical characters of soil (dep. 0 - 30 cm)

Gravel (%)	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	O.C (%)	N (%)	ECe (dS/m)	pH
20-25	20	22	58	1.44	0.14	1.75	7.64

Extraction via DTPA method.

عصاره‌گیری به روش DTPA انجام شده است.

نظر گرفته شد. دلیل به‌کارگیری روی و آهن، پیشینه کمبود این عناصر در گیاهان کشت‌شده (به‌ویژه سیاه‌دانه) در اراضی منطقه بود. یکی از راه‌های تشخیص نیاز به محلول‌پاشی، وجود پیشینه مشاهده نشانه‌ها در کشتزار است (Tabatabaei, 2009). بنا به توصیه کارشناسان مرکز، محلول‌پاشی روی و آهن جداگانه و بافاصله یک روز انجام شد. پس از تقسیم مزرعه به سه بلوک و ایجاد فاصله ۱ متری بین بلوک‌ها بر پایه نقشه طرح نسبت به کرت‌بندی آن اقدام شد. کرت‌ها در این طرح به مساحت ۶ مترمربع (۳×۲) و فاصله هر کرت ۰/۵ متر در نظر گرفته شد. بذر مورد استفاده در این طرح کاشت به روش مرسوم کشاورزان منطقه (سطحی) انجام شد. نخستین آبیاری بی‌درنگ

آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب یک طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. بذرهای توده سیاه‌دانه اصفهان از مرکز تحقیقات منابع طبیعی و کشاورزی استان اصفهان تهیه و در تاریخ ۱۷ مهرماه کشت شد. تیمارهای شوری در سه سطح (شاهد، ۳/۵ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر) که برای تهیه آب‌شور از نمک خوراکی استفاده شد و تیمارهای محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف در سه غلظت (۰، ۰/۱ درصد و ۰/۲ درصد) با در نظر گرفتن میزان توصیه‌شده کارخانه سازنده (یک در هزار) از منبع بسته‌بندی تجاری سلطان (ایرانی) برای عنصر آهن و بسته‌بندی تجاری زینک فست (اروپایی) برای عنصر روی در نظر گرفته شدند و دو مرتبه محلول‌پاشی به فاصله پانزده روز در

محصول با حذف ۲۰ سانتی‌متر از حاشیه کرت، بوته‌های هر کرت از سطح زمین توسط کارگر چیده و در کیسه‌های جداگانه‌ای گردآوری و پس از کاهش رطوبت بوته‌ها، کیسه‌ها از بوته‌ها جدا، خرمن و به کمک الک و باد، بذرهای جداسازی شدند. سپس میزان بذرهای به‌دست‌آمده از هر کرت وزن شد و به‌عنوان عملکرد نهایی برحسب کیلوگرم در هکتار مدنظر قرار گرفته شد. در این آزمایش صفات عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت (شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد زیست‌توده به دست آمد، سپس عدد به‌دست‌آمده در عدد ۱۰۰ ضرب شد) نیز اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل همه داده‌ها توسط نرم‌افزار MSTATC انجام شد و با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه میانگین شدند.

نتایج و بحث

جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، تأثیر تیمار شوری آب آبیاری بر صفت فاصله اولین ساقه فرعی از سطح خاک معنی‌دار نبود و بر صفات شمار کیسه بذری در کیسه و وزن صدانه در سطح ۰/۰۵ و بر دیگر صفات اندازه‌گیری و محاسبه‌شده در این آزمایش در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار بود (جدول ۲). تأثیر تیمار محلول‌پاشی عناصر روی و آهن بر صفات ارتفاع بوته، شمار بذر در کیسه، شمار بذر پوک در کیسه و شمار بذر در کیسه بذری در سطح احتمال ۰/۰۱ و بر صفات شمار بذر در بوته، وزن بذر از گل اول، وزن بذر در بوته و عملکرد دانه در بوته در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی‌دار شد. این تیمار بر دیگر صفات اثر معنی‌دار نداشت. با افزایش شوری از ۰ به ۵ دسی‌زیمنس بر متر، ارتفاع گیاه ۲۴ درصد، شمار ساقه فرعی ۵۰ درصد، شمار کیسه در بوته ۷۰ درصد و شمار بذر در بوته ۷۶ درصد کاهش و دانه‌های پوک ۶۴/۵ درصد افزایش یافت. به‌عبارت‌دیگر شوری بر صفات رویشی و زایشی گیاه سیاه‌دانه تأثیر شدید و معنی‌داری داشت. این نتایج با نتایج اعلام‌شده توسط دیگر محققان (Munns, 2002; Hussain et al., 2009; Khalid,) (Rahimi et al., 2010) همخوانی داشت.

پس از کاشت بذر در صورت گرفت و پس‌از آن آبیاری به فاصله یک هفته انجام گرفت و با گرم شدن هوا آبیاری پنج روز یک‌بار انجام شد. روش کاشت به روش ردیفی به فاصله ۳۰ سانتی‌متر انجام شد. پس از استقرار بوته‌ها، فاصله بوته‌ها روی هر کرت، با تنک کردن حدود ۱۰ سانتی‌متر تنظیم شد و اعمال تیمارهای شوری با استفاده از آب‌شور تهیه‌شده در بشکه‌های شیردار آغاز شد. در این طرح از علف‌کش و آفت‌کش استفاده نشد و وجین به‌صورت دستی و در چند مرحله انجام گرفت. نخستین وجین در مرحله چهار برگی، دومین و سومین وجین هرکدام به فاصله یک ماه و وجین نواحی حاشیه طرح تا یک ماه پیش از برداشت ادامه داشت. از نظر آسیب آفات و بیماری، هیچ‌گونه نشانه‌ای در گیاهان سبز شده مشاهده نشد. هنگام برداشت گیاه سیاه‌دانه در نیمه تیرماه و بر پایه ظهور ۸۰ درصد نشانه‌های رسیدگی در گیاهان آزمایشی انجام گرفت. نشانه‌های رسیدگی سیاه‌دانه شامل زرد شدن و خشک شدن بوته‌ها و ریزش برگ‌ها، کرمی رنگ شدن کیسه و سیاه و سفت شدن بذر در کیسه بود. محلول‌پاشی در دو مرحله (پیش از گلدهی و پس از آن) انجام شد. اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های فیزیکی‌وشیمیایی خاک در آغاز آزمایش و اندازه‌گیری تکمیلی پس از آزمایش انجام شد. برای بررسی اجزاء عملکرد در زمان رسیدگی بوته‌ها (پس از حذف ۲۰ سانتی‌متر از حاشیه کرت)، از هر کرت به‌طور تصادفی ده بوته از سطح خاک برداشت و صفات مورد نظر شامل ارتفاع گیاه از سطح زمین، ارتفاع نخستین ساقه فرعی تا سطح زمین، شمار کیسه در بوته، شمار بذر در بوته، شمار بذر در کیسه، شمار کیسه بذری (follicle) در کیسه، شمار بذر در کیسه بذری، شمار گل در یک ساقه، شمار ساقه فرعی اولیه، طول ساقه فرعی اولیه، شمار بذر پوک در کیسه از گل اول، وزن کیسه از گل اول، درصد وزنی غلاف کیسه به کل، شمار گل در بوته، وزن بذر یک بوته اندازه‌گیری، شمارش و ثبت شد. برای محاسبه عملکرد دانه برحسب کیلوگرم در هکتار، کل سطح هر کرت پس از حذف حاشیه، برداشت شد. برای برداشت

جدول ۲. تجزیه واریانس تأثیر کاربرد کودهای ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاه‌دانه در تنش شوری
Table 2. Analysis of variance of microelements effect on seed yield and yield components of black seed under salinity stress

S. O. V.	df	M. S.						
		Folicle / capsule	Unfertile seed / capsule	Seed / capsule	Seed / plant	Capsule / plant	Height of first branch	Height of plant
Block	2	0.17 ^{ns}	0.58 ^{**}	497.37 ^{ns}	374200 ^{ns}	42.20	2.36 ^{ns}	34.5 ^{ns}
Salinity (A)	2	1.56 [*]	7.50 ^{**}	3482.20 ^{**}	2768833 ^{**}	1595.2	58.30 ^{ns}	639.7 ^{**}
Element (B)	2	0.31 ^{ns}	24.80 ^{**}	662.20 ^{**}	403349 [*]	114.4	88.40 ^{ns}	140.1 ^{**}
A* B	4	0.16 ^{ns}	3.90 ^{**}	236.60 [*]	292798 [*]	53.36	38.04 ^{ns}	61.03 ^{**}
Error	16	0.30	0.50	88.98	135247	51.20	31.56	14.60
C.V.		7.9	17.6	8.9	28.3	30.6	20.3	6.4

ns, *, **: عدم وجود اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح آماری ۵ و ۱ درصد.

ns, *, **: Non significant and significant at 5% and 1% level, respectively.

ادامه جدول ۲. تجزیه واریانس تأثیر کاربرد کودهای ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاه‌دانه در تنش شوری
Continued table 2. Analysis of variance of microelements effect on seed yield and yield components of black seed under salinity stress

S.O.V.	df	M.S.						
		Biological yield	Seed yield/ha	Seed yield/ plant	Flower/ plant	100-seed weight	Pod weight	Folicle / 1st capsule
Block	2	0.44 ^{ns}	5.5 ^{ns}	588.80 ^{ns}	26400 ^{ns}	8.7 ^{ns}	5.30 ^{ns}	13.90 ^{ns}
Salinity (A)	2	584021 ^{**}	499209 ^{**}	33387603 ^{**}	2042.90 ^{**}	3865.1 [*]	69.57 ^{**}	37.56 ^{**}
Element (B)	2	27488.50 ^{ns}	18162.80 [*]	1521202 [*]	172.28 [*]	198.50 ^{ns}	3.98 ^{ns}	17.80 ^{**}
A* B	4	20966 ^{ns}	17688 [*]	1349639 [*]	68.80 ^{ns}	120.30 ^{ns}	6.35 ^{ns}	2.91 ^{ns}
Error	16	13395	6752.30	569242	50.80	1243.40	3.91	1.89
C.V.		25.9	21.4	30.2	26.9	15.6	6.7	9.1

از تشکیل دانه‌ها و کاهش سطوح نورساخت (فتوسنتز)کننده در نتیجه تنش شوری، شماری از این بذرها با کمبود مواد نورساختی روبه‌رو شده و پرنشده‌اند بنابراین با افزایش شوری شمار بذرهای رشد نکرده به‌طور شایان توجهی افزایش یافت.

اثر متقابل شوری و محلول‌پاشی در صفات ارتفاع گیاه و شمار بذر پوک در سطح ۰/۰۱ و در صفات شمار بذر در بوته، شمار بذر در کپسول، وزن بذر یک بوته و عملکرد دانه در هکتار در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار شد و بر دیگر صفات اثر معنی‌دار نداشت. در تیمار a1b1 یعنی تیمار شاهد شوری (سطح صفر) و شاهد محلول‌پاشی (سطح صفر)، بیشترین مقادیر برای ارتفاع بوته (۷۴/۷ سانتی‌متر)، شمار بذر در بوته (۲۹۳۶ عدد)، وزن بذر در بوته (۶۰۲۷/۵ میلی‌گرم) به دست آمد (جدول ۳) و کمترین میزان این صفات در تیمارهای a3b2 و a3b3 به دست آمد. به نظر می‌رسد کمترین مقادیر باید برای تیمار a3b3 ثبت شود. زیرا بنا بر شواهد در این تیمار، شماری از بوته‌ها خشک‌شده و نمونه‌برداری از بوته‌های موجود انجام شده بود. همان‌طور که در ادامه توضیح داده شده،

در این تحقیق تأثیر شوری بر صفات زایشی شدیدتر از تأثیر آن بر صفات رویشی بود که احتمال دارد به علت افزایش دما در مراحل پر شدن دانه‌ها باشد درحالی‌که در نیمه اول فصل رشد (تا اوایل خردادماه) که رشد رویشی انجام شده دما بالا نبوده است. با توجه به سرمادوست بودن گیاه سیاه‌دانه (Davazdahemami, 2014 & Majnoonhosseini) این روند قابل توجیه است. محققان دیگر در بررسی تأثیر شوری آب آبیاری (تیمارهای شاهد تا ۹ دسی‌زیمنس بر متر) بر سیاه‌دانه اعلام کردند همه مراحل رشد گیاه سیاه‌دانه شامل جوانه‌زنی بذر، سبز شدن، استقرار و تولید محصول در نتیجه اعمال شوری روند کاهش نشان دادند و این کاهش بسیار معنی‌دار بود (Faravani et al., 2013). همچنین شوری تأثیر اساسی بر تغییر صفات ریخت‌شناختی (مرفولوژیک) سیاه‌دانه نشان داد (Safarnejad et al., 2006). افزون بر تأثیر تنش شوری بر صفات زراعی، تأثیر آن بر میزان کمی و کیفی به مواد مؤثره گیاهان دارویی هم توجه شده است (Sharafzadeh & Zare, 2011). افزایش شمار دانه‌های بارور رشد نکرده یا غیرعادی نشان‌دهنده آن بود که پس

در مقادیر پیشنهادی برای آهن میزان بیش از ۴/۷ و برای روی مقادیر بالاتر از ۳-۲ میلی‌گرم در کیلوگرم مقادیر بالاتر از حد نیاز گیاه دانسته شده است (Tabatabaei, 2009). بنابراین، هر دو عنصر روی و آهن در حد وفور در خاک وجود داشته‌اند و واکنش نداشتن گیاه به محلول‌پاشی این عناصر ناشی از غلظت بیشتر از حد بحرانی این دو عنصر در خاک بوده است. بنابراین نشانه‌های کمبود در کشتزار به‌عنوان یک شاخص برای تعیین نیاز به محلول‌پاشی در گیاه سیاهدانه ناکارآمد است. بروز نشانه‌های کمبود در این‌گونه خاک‌ها به‌احتمال ناشی از نارسایی‌های فیزیولوژیک جذب و انتقال است که باید بررسی شود.

به‌نظر می‌رسد، احتمال دارد به علت وفور موجودی عناصر آهن و روی در خاک کشتزار، محلول‌پاشی هم به‌دلیل اثر بر گرده گل‌ها و هم به‌دلیل تأثیر مسمومیت احتمالی در نتیجه غلظت بالای این دو عنصر، تأثیر منفی بر رشد گیاه داشته باشد. البته اظهار نظر قطعی منوط به تجزیه اندام‌های گیاه می‌شود.

در جستجوی علت نداشتن تأثیر مشخص محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف بر صفات مختلف موجودی عناصر کم‌مصرف خاک اندازه‌گیری شد و نتایج آن در جدول ۴ منعکس شد. بر پایه نتایج این جدول موجودی آهن خاک ۶/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم و موجودی روی خاک ۴/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم بود.

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی

Table 3. Comparing the averages of the traits

		Folicle / capsule	Unfertile seed/ capsule	Seed/ capsule	Seed/ plant	Capsule / plant	Height of first branch (cm)	Height of Plant (cm)
Salinity (dS/m)	0	7.20 ^a	3.11 ^b	119.70 ^a	2278 ^a	37.80 ^a	24.90 ^a	67.40 ^a
	3.5	7.40 ^a	4.55 ^a	115.40 ^b	1059 ^b	20.80 ^b	29.90 ^a	63.80 ^a
	5	6.60 ^b	4.79 ^a	83.70 ^b	554.50 ^c	11.50 ^c	28.40 ^a	51.1 ^b
Fe and Zn	0%	7.20 ^a	3.86 ^b	107.40 ^a	1541 ^a	26.90 ^a	27.80 ^{ab}	63.80 ^a
	0.1%	6.80 ^a	2.65 ^c	114.20 ^a	1164 ^b	19.80 ^a	30.80 ^a	61.90 ^a
	0.2%	7 ^a	5.94 ^a	97.15 ^b	1186 ^b	23.40 ^{ba}	24.50 ^a	56.50 ^b
Salinity		Fe and Zn						
0	0%	7.40 ^{ab}	3 ^{bc}	113.45 ^a	2936 ^a	46.70 ^a	27 ^{ab}	74.70 ^a
3.5	0.1%	7 ^{ab}	2.80 ^c	127 ^a	1968 ^b	30.70 ^{bc}	30 ^a	68.70 ^{ab}
5	0.2%	7.20 ^{ab}	3.50 ^{bc}	118.65 ^a	1930 ^b	36 ^{ab}	17.50 ^b	58.80 ^{de}
0	0%	7.80 ^a	4.30 ^b	122.10 ^a	1113 ^c	22.70 ^{cd}	27 ^{ab}	64.70 ^{bcd}
3.5	0.1%	7.30 ^{ab}	2.40 ^c	128.30 ^a	1020 ^c	18.20 ^{cd}	33 ^a	66.80 ^{bc}
5	0.2%	7.10 ^{ab}	6.90 ^a	95.70 ^b	1045 ^c	21.40 ^{cd}	29.30 ^a	59.80 ^{cd}
0	0%	6.60 ^b	4.20 ^b	86.70 ^{bc}	574.70 ^d	11.30 ^d	29.40 ^a	51.90 ^{ef}
3.5	0.1%	6.30 ^b	2.70 ^c	87.30 ^{bc}	504.90 ^d	10.50 ^d	29.10 ^a	50.30 ^f
5	0.2%	6.80 ^{ab}	7.40 ^a	77.10 ^c	584 ^d	12.90 ^d	26.80 ^{ab}	51.1 ^{ef}

Means with similar word are not different, significantly (0.05%). میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارد.

ادامه جدول ۳. مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی

Continued table 3. Comparing the averages of the traits

		Biological yield (g/m ²)	Seed yield/ha (kg/ha)	Seed yield/ plant (mg)	Flower/ plant (mg)	100-seed weight (mg)	Pod weight (mg)	Folicle/ 1st capsule
salinity (dS/m)	0	732.80 ^a	645.90 ^a	4675.20 ^a	237.50 ^a	283.60 ^a	26.80 ^c	16.70 ^a
	3.5	366.50 ^b	316.20 ^b	1776.50 ^b	202.20 ^b	233.40 ^b	32.40 ^{ab}	15.70 ^a
	5	242.90 ^c	189.80 ^c	1028.80 ^b	238.70 ^a	197.40 ^c	29.70 ^b	12.70 ^b
Fe and Zn	0%	510.96 ^a	423.30 ^a	2967.80 ^a	220.70 ^a	235.30 ^{ab}	30.12 ^a	14.75 ^b
	0.1%	410.70 ^b	393.60 ^{ab}	2238.70 ^b	228.80 ^a	259.90 ^a	28.90 ^a	16.60 ^a
	0.2%	420.60 ^{ab}	335 ^b	2274 ^b	228.90 ^a	219.30 ^b	29.90 ^a	13.80 ^b
salinity	Fe and Zn							
0	0%	905.60 ^a	711.50 ^a	6027.50 ^a	228.50 ^a	258.80 ^{abc}	28.40 ^{bc}	15.40 ^{bcd}
3.5	0.1%	629.90 ^b	717.80 ^a	4024.60 ^b	245.90 ^a	310 ^a	25.96 ^c	18.10 ^a
5	0.2%	669.70 ^b	508.50 ^b	3973.60 ^b	238 ^a	282 ^{ab}	26.10 ^c	16.45 ^{ab}
0	0%	385.80 ^c	309.80 ^c	1710 ^c	197.70 ^a	241.70 ^{bcd}	31.98 ^{ab}	15.70 ^{abc}
3.5	0.1%	368.20 ^c	332.80 ^c	1855 ^c	206.90 ^a	265.90 ^{abc}	30.76 ^b	17.80 ^{ab}
5	0.2%	346.60 ^c	306.50 ^c	1764.60 ^c	202 ^a	192.60 ^d	34.40 ^a	13.50 ^{de}
0	0%	241.50 ^c	248.70 ^{cd}	1166 ^c	235.90 ^a	205.30 ^{cd}	29.90 ^b	13.10 ^{de}
3.5	0.1%	235 ^c	130.70 ^d	836.40 ^d	233.50 ^a	203.90 ^{cd}	29.90 ^b	13.80 ^{de}
5	0.2%	252.30 ^c	190 ^{cd}	1084 ^{cd}	246.65 ^a	183.10 ^d	29.20 ^{bc}	11.40 ^e

Means with similar word are not different, significantly (0.05%). میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، بر پایه نتایج این تحقیق، تأثیر تیمارهای شوری بر صفات مختلف سیاه‌دانه به‌شدت معنی‌دار بود و کاهش شدید عملکرد و اجزای آن به‌ویژه در شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر شایان توجه بود. کاهش شدید عملکرد و اجزای آن با توجه به بیشترین شوری اعمال شده در این تحقیق (۵ دسی‌زیمنس بر متر) نشان می‌دهد سیاه‌دانه در مقایسه با گیاهان دارویی دیگر مانند زنیان و رازیانه (Davazdahemami *et al.*,)

(2008) و گیاهان زراعی مانند گندم تحمل کمتری نسبت به شوری دارد.

همچنین بر پایه نتایج این تحقیق، به‌رغم پیشینه بروز نشانه‌های کمبود آهن و روی در تحقیقات انجام‌شده در اراضی محدوده ایستگاه در گیاهان مختلف، در گیاه سیاه‌دانه، تصمیم‌گیری بر پایه مشاهده نشانه‌ها در کشتزار، معیار کارآمدی نیست و بهتر است برای تشخیص نیاز گیاه از روش‌های دیگری مانند تجزیه گیاه (Tabatabaei, 2009) استفاده کرد.

REFERENCES

1. Davazdahemami, S., Sefidkon, F., Jahansouz, M.R. & Mazaheri, D. (2008). Effects of salinity stress on quality and quantity yield of ajowan (*Carum copticum*). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 25(4), 504-512. (in Farsi)
2. Davazdahemami, S. & Majnoonhosseini, N. (2014). *Cultivation of certain medicinal plants and spices*. Tehran University Press. 310 pages. (in Farsi)
3. El-Fouly, M. M., Mobarak, Z. M. & Salama, Z. A. (2011). Micronutrients (Fe, Mn, Zn) foliar spray for increasing salinity tolerance in wheat *Triticum aestivum* L. *African Journal of Plant Science*, 5(5), 314-322.
4. Faravani, M. Davazdahemami, S. & Gholami, B.A. (2013). The effect of salinity on germination, emergence, seed yield and biomass of black cumin. *Journal of Agricultural Sciences*, 58(1), 49-41.
5. Fawzy Ramadan, M. (2015). Nutritional value and applications of *Nigella sativa* essential oil. *Journal of Essential Oil Research*, 27(4), 271-275.
6. Hashemi-Nia, S.M., Koocheki, A. & Ghahreman, N. (1997). *The use of saline waters in sustainable agriculture*. Publication of Iranian Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Mashhad, Iran. Pp. 236. (Translated in Persian)
7. Hyam, R. & Pankhurst, R. (1995). *Plants and their names*. Oxford. Pp. 545.
8. Hussain, K., Majeed, A., Nawaz, K., Khizar Hayat, B. & Nisar, M.F. (2009). Effect of different levels of salinity on growth and ion contents of black seeds (*Nigella sativa* L.). *Current Research Journal of Biological Sciences*, 1, 135-138.
9. Khalid, Kh. A. (2001). *Physiological studies on the growth, development and chemical composition of Nigella sativa L. plant*. PhD Thesis, Faculty of Agriculture, Ain-Shams University, Cairo, Egypt.
10. Khan, M. A. (2002). Halophyte seed germination, Success and Pitfalls. In: *International symposium on optimum resource utilization in salt affected ecosystems in arid and semi arid regions* (Eds.), A.M. Hegazi, H.M. El-Shaer, S.
11. Khoshgofarmanesh, A. H. & Khademi, M. R. (2001). Effects of Zn spraying on yield and seed components of wheat. *7th Iranian Soil Science Congress, Shahr-e kord, Iran*, Sept. 14-21.
12. Levitt, Y. (1980). *Responses of Plants to environmental stresses*. Vol. II. Water, radiation, salt and other stresses. Academic press, New York, Pp. 807.
13. Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environment*, 25, 239-250.
14. Rahimi, A., Shamsoddin Saeid, M. & Etemadi, F. (2010). Effects of salinity stress on germination, vegetative growth and ions contents of Black seed. *Iranian Journal of Drought Biom*, 1(2), 45-53. (in Farsi)
15. Salardini, A & Mojtahedi, M. (2003). *Principles of plant nutrition*. Volume One. Tehran University Press. Pp. 433. (in Farsi)
16. Safarnejad, A., Sadr, V. & Hamidi, H. (2006). Effects of salinity on morphological characters of black seed. *Iranian Journal of Genetic and Rangeland and Forest Plants Improvements*, 15, 75-84.
17. Sharafzadeh, S. & Zare, M. (2011). Effect of drought stress on qualitative and quantitative characteristics of some medicinal plants from Lamiaceae family. *Advances in Environmental Biology*, 5 (8), 2058-2062.
18. Shariatmadari, M.H., ZamaniGh. R. & Sayyari, M.H. (2011). Effects of salinity and Iron spraying on leaf area index, light absorption percentage and it's relation with seed yield of sunflower. *Iranian Journal of Agronomic Research*, 9(2), 285-293.
19. Tabatabaei, J. (2009). *Principles of Plant Mineral Nutrition*. Moallef Press. Pp. 389. (in Farsi)