تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد ششم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۳، ص ۲۵۶-۲۴۱

مقاله پژوهشی

تأثیر تنش شوری و عناصر منگنز و آهن بر صفات مورفولوژیکی و عملکرد گیاه دارویی زیره سیاه (*Carum carvi*) در شرایط زاهدان

محمدرضا نقوی[1*]، زهرا عباس نژاد[2]، ابوالفضل توسلی[1]، مهدی دادمهر[3]

۱- بخش کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران
۳- بخش علوم پایه، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
* مسئول مکاتبه: mr_naghavi@pnu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۵ **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.362439.1275**

چکیده

در راستای بررسی تأثیر تنش شوری و عناصر کم مصرف منگنز و آهن بر خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد، اجزای عملکرد و میزان اسانس زیره سیاه آزمایش حاضر به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در منطقه زاهدان انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل تنش شوری به عنوان عامل اصلی در سه سطح (آبیاری با آب معمولی یا شاهد (۱/۲ دسی زیمنس بر متر)، آبیاری با آب نسبتاً شور (۳ دسی زیمنس بر متر) و آبیاری با آب شور (۵ دسی زیمنس بر متر)) و عناصر کم مصرف به عنوان عامل فرعی در چهار سطح (عدم مصرف کود، مصرف منگنز، آهن، منگنز+آهن) بودند. نتایج نشان داد که شوری تأثیر معنی‌داری بر اکثر صفات بجز شاخص برداشت و درصد اسانس داشت. همچنین آبیاری با آب نسبتاً شور و شور منجر به کاهش عملکرد دانه در مقایسه با آبیاری با آب معمولی گردید. با این وجود، کاربرد کودهای ریزمغذی منگنز و آهن در شرایط تنش شوری منجر به تخفیف اثرات تنش شوری گردید به‌طوری‌که افزایش عملکرد دانه ناشی از مصرف کود آهن در تیمار آبیاری با آب شور، در مقایسه با عدم مصرف کود حدود ۲۵/۵ درصد بود. کودهای ریزمغذی منگنز و آهن در این بررسی تأثیر معنی‌داری روی ارتفاع بوته، تعداد چتر در بوته، عملکرد دانه، بیوماس و عملکرد اسانس زیره سیاه داشتند. علی‌رغم عدم تأثیر معنی‌دار کودهای ریزمغذی بر اجزای عملکرد دانه، کاربرد این کودها باعث افزایش آنها گردید. با توجه به افزایش عملکرد دانه و عملکرد اسانس زیره سیاه در شرایط کاربرد منگنز و آهن، استفاده از این کودها در زراعت زیره سیاه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، اجزای عملکرد، اسانس، بیوماس، ریزمغذی

مقدمه

زیره سیاه (*Carum carvi*) گیاهی از خانواده چتریان و یکی از مهمترین و اقتصادی‌ترین گیاهان دارویی است که می‌تواند در مناطق خشک و نیمه خشک ایران در شرایط کمبود آب و با حاصلخیزی کم خاک، حایز اهمیت فراوانی باشد (Ziaeian and Malakouti, 2001). کشت زیره سیاه در مناطق خشک و نیمه خشک در مقایسه با سایر محصولات زراعی از توجیه اقتصادی بالایی برخوردار است و به‌ویژه در مناطقی که آب عامل محدود کننده کشاورزی است، اگر محاسبه براساس درآمد حاصل از یک متر مربع آب انجام شود، زیره به نسبت آب مصرفی درآمد خوبی عاید می‌کند. به‌علاوه از آن جایی که زیره سیاه گیاهی صادراتی است، قیمت آن کمتر دچار نوسان شده و موجب اطمینان خاطر کشاورزان از فروش محصول خود به قیمت مناسب می‌شود (Raesee *et al.*, 2015).

اهمیت استفاده از گیاهان دارویی، وجود ماده موثره در آن‌هاست که اثرات متفاوتی در کنترل انواع بیماری‌ها دارند. بنابراین کیفیت در گیاهان دارویی نسبت به گیاهان زراعی از اهمیت بیشتری برخوردار است. از جمله عواملی که بر میزان جذب عناصر غذایی و مقدار اسانس تأثیر می‌گذارد، تنش شوری است (Li and Jiang, 2004). کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک واقع شده و شوری یکی از تنش‌های محیطی بوده که به صورت موقت یا دائم خسارت‌های زیادی را به بار می‌آورد. تنش شوری می‌تواند با تغییر اختلاف پتانسیل و تأثیر بر قدرت جذب آب و املاح توسط ریشه‌ها، باعث تغییر میزان جذب عناصر توسط گیاه گردد (Ziaeian and Malakouti, 2001)، بنابراین کنترل میزان آب موجود در سطح ریشه‌ها می‌تواند به افزایش کیفیت در گیاهان دارویی کمک کند. کمبود آب

تغییرات زیادی در رشد گیاه به وجود می‌آورد که می‌تواند سبب کاهش آن گردد. این در حالی است که میزان این کاهش رشد همواره با تغییرات مهمی در خواص کیفی گیاهان زراعی و باغی و از جمله گیاهان دارویی همراه است (Golestani, 2021). یکی از اثرات تنش شوری برهم زدن تعادل تغذیه‌ای در گیاه است (Jamshidi *et al.*, 2012).

عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاهان زراعی به دو دسته‌ی عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف تقسیم می‌شوند. با تکمیل مصرف عناصر غذایی کم مصرف می‌توان وضعیت رشد گیاه را در شرایط تنش بهبود بخشید. عنصر منگنز نیز یکی از عناصر مهم و ضروری در فرایند رشدونمو در گیاهان و جانوران می‌باشد. منگنز از عناصر غذایی کم مصرف محسوب می‌شود. این عنصر نقش ضروری در عمل تنفس داشته و فعال کننده آنزیم‌هایی مانند نیتریت ردوکتاز بوده که در متابولیسم نیتروژن دخالت دارد. منگنز در خاک به شکل کاتیون دو ظرفیتی Mn^{+2} جذب می‌شود. در خاک‌هایی که میزان آهک بالاست مقدار منگنز قابل دسترس کم است (Jamshidi *et al.*, 2012).

منشاء منگنز موجود در خاک تجزیه سنگ‌های معدنی می‌باشد و از لحاظ فراوانی در پوسته زمین، پس از آهن قرار دارد. مقدار کل این عنصر در خاک ۲۰۰ الی ۶۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد. یون منگنز در خاک به سه حالت مختلف دیده می‌شود. مقدار کل منگنز و منگنز تبادلی در خاک با مقدار کل منگنز در مواد مادری تشکیل دهنده همبستگی ندارد. دی اکسید منگنز پایدارترین اکسید منگنز در خاک است و با اسیدی شدن محیط، بر میزان حلالیت آن افزوده می‌شود. سایر صورت‌های منگنز مثل کربنات، هیدروکسید و سیلیکات منگنز همگی بیشتر از اکسید آن محلول‌اند و درجه حلالیت آنها با pH خاک رابطه معکوس دارد (Hafeez *et al.*,2013). کمبود منگنز مشابه سایر عناصر ریزمغذی، بیشتر در خاک‌های آهکی با مواد آلی کم اتفاق می‌افتد. حساسیت گیاهان مختلف به منگنز، بسیار متفاوت است و با توجه به اینکه پویایی این عنصر در درختان میوه مشابه کلسیم بسیار محدود است، بنابراین علایم کمبود این عنصر ابتدا در برگ‌های جوان مشاهده می‌شود. برای رفع این کمبود می‌توان از سولفات منگنز با ۲۸ تا۳۲ درصد منگنز استفاده نمود این کود هم در خاک‌های اسیدی و هم در خاک‌های قلیایی قابل مصرف می‌باشد (Dashti *et al.*, 2015).

محلول‌پاشی سولفات منگنز به میزان پنج در هزار برای محصولات زراعی و باغی قابل توصیه می‌باشد و زمان مصرف هم یک ماه پس از سبز شدن می‌باشد. منگنز به صورت یون دوبار مثبت و به صورت ترکیبات مولکولی با بعضی عامل‌های کمپلکس‌کننده آلی EDTA به وسیله گیاه جذب می‌شود. همچنین گیاه می‌تواند منگنز را به هر یک از این دو صورت به طور مستقیم از طریق برگ جذب کند. محلول‌پاشی روی برگ برای رفع کمبود، کاری سریع و متداول است. مانند آهن، منگنز عنصری غیر پویا بوده و علایم کمبود معمولاً ابتدا در برگ‌های جوان ظاهر می‌شود. منگنز نیز مانند سایر عناصر گروه فلزی سنگین، در فعال‌سازی آنزیم‌های متعددی که با متابولیسم کربوهیدرات‌ها، واکنش‌های فسفریل شدن و چرخه اسید سیتریک سر و کار دارند، نقش دارد (Hafeez *et al.*, 2013).

آهن نیز یکی از عناصر ضروری اما کم مصرف و کم تحرک در گیاهان است. به طور کلی گیاهان در بین همه‌ی ریزمغذی‌ها بیشترین نیاز را به آهن دارند، البته نوع گیاه نیز در این مسئله موثر است به‌طوری‌که بعضی گیاهان بیشترین نیاز را به روی دارند. آهن بخشی از گروه کاتالیزوری بسیاری از آنزیم‌های اکسیداسیون و احیا بوده و عنصری ضروری برای سنتز کلروفیل می‌باشد (Dashti *et al.*, 2015). علایم کمبود آهن ابتدا در جوان‌ترین برگ‌ها به صورت زردی بین رگبرگی بروز می‌کند و سرانجام پهنک برگ به رنگ زرد یا حتی سفید در می‌آید (Jamshidi *et al.*, 2012). ترکیب‌های کلاته آهن بهترین راه حل برای برطرف کردن کلروز آهن در همه خاک‌ها و به خصوص خاک‌های قلیایی بوده و می‌توانند شدیدترین مشکلات تغذیه‌ای گیاهان را علاج نمایند. ایجاد کلات‌های طبیعی، ترشح مواد اسیدی زا در اثر تجزیه شیمیایی، ممانعت از تماس فیزیکی ذرات آهک با آهن کودی، ایجاد شرایط مناسب برای تهویه و در نتیجه رشد بهتر ریشه و نیز ایجاد شرایط احیایی در میکرو سایت‌های سطح ریشه از مکانسیم‌های مؤثر مواد آلی در رفع کلروز آهن می‌باشد (Ramezani *et al.*, 2013).

براساس مطالعات صورت گرفته در مورد گیاهان زراعی از جمله گندم، جو، ذرت و پنبه مشخص شده که استفاده از

کودهای ریزمغذی در شـرایط بروز کمبود آب می‌تواند منجر به افزایش رشـد و عملکرد این دسـته از گیاهان شـود اما در مورد گیاهان دارویی از جمله زیره سـیاه هنوز این امر به خوبی مشـخص نشـده اسـت، کنترل میزان عناصـر خاک با افزودن کودهای شـیمیایی یا آلی در صـورت لزوم، نیز یکی از راه‌های بهبود کیفیت گیاهان دارویی اسـت. با توجه به اینکه ماده موثره در گیاهان دارویی ممکن است تحت تأثیر مستقیم برخی عناصر ریزمغذی باشـد، بررسـی این عناصـر امری ضـروری می‌نماید (Moosavi *et al.*, 2014). با توجه به تأثیر شـدید عوامل محیطی بویژه شوری و فقر عناصر کم مصرف در کیفیت و میزان اسـانس گیاه دارویی زیره سـیاه، این آزمایش جهت تأثیر تنش شـوری و عناصـر کم مصـرف منگنز و آهن بر خصـوصـیات مورفولوژیک، عملکرد، اجزای عملکرد و میزان اسانس زیره سیاه انجام گرفت.

در این راستا، هدف از این پژوهش بررسی تأثیر مصرف انواع کودهای ریزمغذی منگنز و آهن و همچنین بررسی تأثیر سطوح مختلف تنش شوری بر کمیت و کیفیت اسانس این گیاه دارویی و بررسـی برهمکنش مصـرف انواع کودهای ریزمغذی منگنز و آهن در سـطوح مختلف شـوری بر عملکرد و اسـانس زیره سـیاه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سـال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه‌ای واقع در باغ گیاهی شهرداری زاهدان در طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۵۱ دقیقه شـرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۰ دقیقه شـمالی ارتفاع ۱۳۸۵ متری از سـطح دریا اجرا شـد. به‌منظور تعیین خصـوصـیات خاک قبل از اجرای آزمایش نمونه‌گیری از خاک صورت گرفت و خصوصیات آن مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج تجزیه نمونه خاک محل آزمایش در جدول ۱ نشـان داده شـده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری

Table 1- Physical and chemical properties of farm soil at a depth of 0-30 cm

بافت Texture	شن Sand (%)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	پتاسیم Potassium (ppm)	فسفر Phosphores (ppm)	نیتروژن Nitrogen (%)	pH	EC (dS/m)
شنی لومی Loamy sand	41	33	26	210	11	0.07	7.4	1.9

این آزمایش به‌صـورت کرت‌های خرد شـده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصـادفی با سـه تکرار انجام گردید. فاکتورهای آزمایش شامل:تنش شوری در سه سطح (آب معمولی (I_0)، آب نسبتاً شور (I_1)، آب شور (I_2)) به‌عنوان فاکتور اصلی به‌ترتیب با هدایت الکتریکی (۱/۲و ۳و ۵ دسـی زیمنس بر متر) با حل کردن نمک محلول NaCl در مخزن آبیاری تیمارها و چهار سـطح عـدم مصـرف کود (N_0)، منگنز (N_1)، آهن (N_2) و منگنز+آهن (N_3) به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شـد. آهن و منگنز از منبع سولفات آهن (۵۰ کیلوگرم در هکتار) و سولفات منگنز (۵۰ کیلوگرم در هکتـار) بـه‌صـورت کـاربرد خـاکی در مرحله‌ی تهیه بستر بذر استفاده شد.

در قطعه زمینی که برای کشت در نظر گرفته شده بود، ابتدا با گاو آهن برگردان‌دار به عمق ۲۵ الی ۳۰ سانتی‌متر شخم زده شـد و پس از تسـطیح زمین با لولر و فارو زدن، در هر کرت پشته‌هایی به عرض ۵۰ سانتی‌متر ایجاد گردید. فاصله ردیف‌های کاشـت ۲۰ سـانتی‌متر در نظر گرفته شـد. کاشـت با دسـت و در عمق سـه سانتی‌متری انجام شد و به منظور اطمینان از اسـتقرار کامل گیاهچه مقدار بذر مورد اسـتفاده دو برابر مورد نیاز در نظر گرفته شد و بذور قبل از کاشت با قارچ‌کش بنومیل (دو در هزار) ضدعفونی شدند. پس از قرار دادن بذرها در شیارهای ایجاد شده بوسیله مخلوطی از خاک مزرعه و ماسه بادی پوشش داده شد. پس از عملیات کاشت اولین آبیاری صورت گرفت.

مراقبت‌های پس از کاشت شامل وجین، آبیاری و سله‌شکنی به طور منظم انجام شـد. بذرها ۱۵ روز پس از کاشـت شـروع به سبز شدن کردند. وجین علف‌های هرز به‌صورت دسـتی و در دو مرحله (گیاهچه‌ای و شروع رشد زایشی) انجام گرفت و برداشت با دقت زیاد و توسـط کارگر انجام گرفت. هنگام برداشـت، حاشـیه‌ها شـامل یک متر اول و آخر و ردیف‌های کناری حذف

گردیدند. در این تحقیق صفات ارتفاع بوته، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در هر چتر، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، درصد اسانس و عملکرد اسانس اندازه‌گیری شدند. قبل از برداشت محصول، از هر کرت تعداد پنج بوته به صورت تصادفی برداشت و صفات مورد نظر شامل ارتفاع، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و وزن هزار دانه شمارش و سپس میانگین‌گیری انجام و میانگین آن‌ها در هر تیمار ثبت گردید. وزن هزار دانه با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم و از یک نمونه ۱۰۰۰ تایی از هر کرت اندازه‌گیری شد. برای محاسبه عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، با رعایت اثر حاشیه، سطح دو متر مربع از هر کرت برداشت شد و در شرایط مزرعه به مدت ۷۲ ساعت در سایه خشک گردید. برای محاسبه شاخص برداشت، عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک تقسیم و در صد ضرب گردید.

به‌منظور اندازه‌گیری میزان اسانس از دستگاه کلونجر استفاده شد. با ضرب درصد اسانس هر تیمار در عملکرد دانه آن، عملکرد اسانس بدست آمد.در پایان پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه و تحلیل آنها بااستفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که تنش شوری تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر ارتفاع بوته زیره سیاه داشت؛ اثر کودهای ریزمغذی منگنز و آهن نیز بر ارتفاع بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود اما اثر متقابل تنش شوری و کودهای ریزمغذی بر این صفت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در شرایط اثر متقابل تنش شوری در کودهای ریزمغذی حاکی از آن بود که در تمامی تیمارهای آبیاری، مصرف کودهای ریزمغذی منگنز و آهن منجر به افزایش ارتفاع بوته گردید و در این میان تیمارهای مصرف آهن و مصرف توأم منگنز و آهن در تیمار شاهد و همچنین تیمار مصرف آهن در تیمار آبیاری با آب شور، از ارتفاع بوته بیشتری در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند (شکل ۱). منگنز و آهن در تیمار شاهد و همچنین تیمار مصرف آهن در تیمار آبیاری با آب شور، از ارتفاع بوته بیشتری در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند (شکل ۱). بعبارت دیگر، در شرایط آب معمولی و آب نسبتاً شور بیشترین ارتفاع بوته با مصرف مصرف توأم منگنز و آهن بدست آمد درحالی‌که کمترین مقدار این صفت در شرایط بدون مصرف کود ریزمغذی بدست آمد. همچنین در شرایط آب شور بیشترین و کمترین ارتفاع بوته بترتیب مربوط به مصرف آهن با ۱۸/۶سانتی‌مترو عدم مصرف کود ریزمغذی با ۱۶/۳سانتی‌متر بدست آمد. علت کاهش ارتفاع در اثر تنش شوری می‌تواند به دلیل کاهش فاصله میانگره و همچنین کاهش غلظت هورمون‌های تنظیم کننده رشد نظیر جیبرلین و سایتوکینین که در افزایش تقسیم سلولی نقش دارند، می‌باشد (Bettaieb *et al.*, 2009). برتری ارتفاع بوته در شرایط کاربرد آهن به دلیل تأمین مقادیر کافی آهن قابل دسترس گیاه و نقش این عنصر در سنتز کلروفیل جهت افزایش فتوسنتز در زمان رشد رویشی گیاه می‌باشد. برخی محققین نیز با بررسی اثرات تغذیه آهن و منگنز بر رشد گیاه گزارش نمودند که ارتفاع بوته با کاربرد آهن افزایش نشان داد (Akhtar *et al.*,2009; Hafeez *et al.*, 2013).

تعداد شاخه در بوته

نتایج آزمایش نشان داد که صفت تعداد شاخه در بوته تحت تأثیر تیمار تنش شوری در سطح پنج درصد قرار گرفت و تأثیر کودهای ریزمغذی و اثر متقابل تنش شوری در ریزمغذی بر آن معنی‌دار نگردید (جدول ۲). بر اساس مقایسه میانگین‌های آزمایش، تیمارهای شاهد با میانگین ۸/۲ و آبیاری با آب شور با ۷/۷ شاخه در بوته از تعداد شاخه بیشتری در بوته برخوردار بوده و تیمار آب نسبتاً شور با میانگین ۷/۲، تعداد شاخه کمتری در هر بوته به خود اختصاص داد (شکل ۲). نداشتن فرصت کافی در شرایط تنش شوری به دلیل کوتاه شدن فاز رویشی، مانع از رشد رویشی مناسب و تولید شاخه فرعی می‌شود. همچنین از دسترس خارج شدن مواد غذایی خاک به موازات کاهش رطوبت خاک، مانع از جذب آن‌ها و در نتیجه تکمیل فرآیند شاخه‌دهی می‌گردد. نتایج تحقیق دیگری نیز حاکی از آن بود که آبیاری با آب نسبتاً شور منجر به کاهش ۲۵ درصدی در تعداد شاخه فرعی این گیاه در مقایسه با شاهد گردیده است که میزان این کاهش در آزمایش حاضر معادل ۱۲ درصد در تیمار آب نسبتاً شور در مقایسه با شاهد بود (Lotfi

et al., 2014). کمبود آب باعث کاهش فتوسنتز، کاهش گسترش سطح برگ‌ها و عدم تشکیل شاخه‌های جدید گردیده است. کاهش جذب آب و مواد غذایی از جمله عوامل موثر بر کاهش تعداد شاخه های فرعی است (Farajzadeh Memari Tabrizi *et al.*, 2009). نتایج سایر تحقیقات نیز حاکی از کاهش تعداد شاخه‌های گیاه در اثر تنش شوری است (Rohamare *et al.*, 2013; Moosavi *et al.*, 2014).

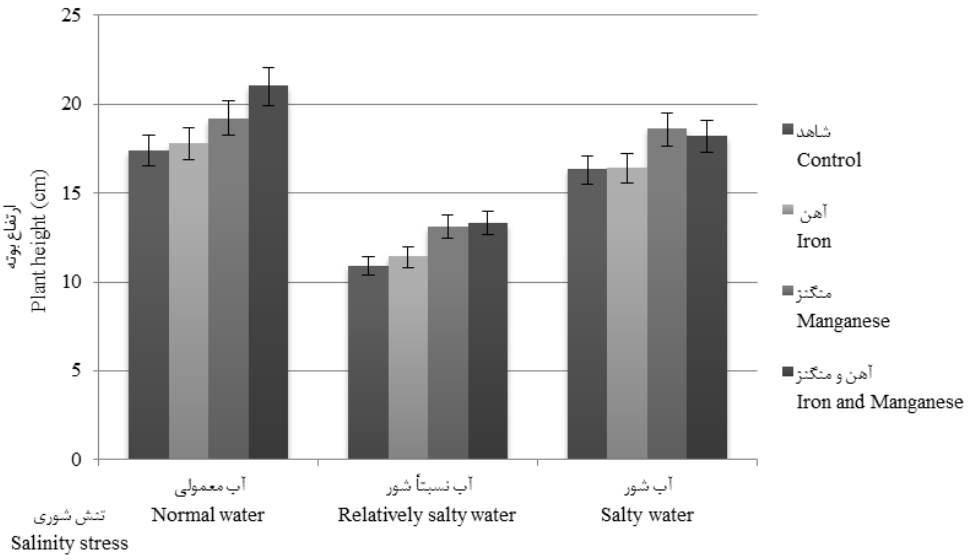
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی و اجزای عملکرد زیره سیاه

Table 2- Results of analysis of variance of morphological traits and performance components of caraway

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of freedon	میانگین مربعات Mean of Squares					
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه در بوته Number of branches per plant	تعداد چتر در بوته Number of umbrellas per plant	تعداد دانه در چتر Number of seeds in the umbrella	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	وزن هزار دانه Weight of 1000 seeds
بلوک Block	2	1.236	0.002	8.80	5.65	1274.48	0.044
تنش شوری Salinity stress	2	147.17**	2.860*	124.80**	65.39**	21121.58*	0.308*
خطای اول Error1	4	1.072	0.313	10.36	1.69	2843.21	0.040
ریزمغذی micronutrient	3	15.389**	0.739^{ns}	48.97**	6.28^{ns}	338.93^{ns}	0.275^{ns}
تنش شوری×ریزمغذی Salinity stress× micronutrient	6	5.714*	0.393^{ns}	13.58*	11.19*	3160.72**	0.005^{ns}
خطای باقیمانده Residual error	18	1.923	0.401	4.83	3.92	250.37	0.142
ضریب تغییرات Coefficient of variation (CV)	-	8.59	8.22	15.00	17.01	27.09	14.44

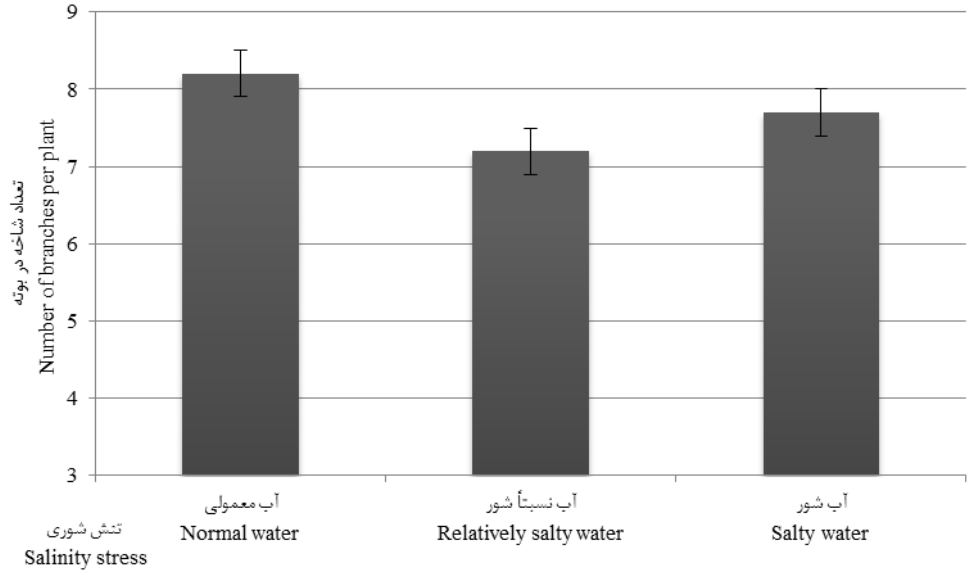
**، *و ns، به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی‌دار بودن می‌باشد

**, * and ns indicate significance at 1%, 5% probability level and non-significance, respectively.



شکل ۱- برهمکنش تنش شوری و کودهای ریزمغذی منگنز و آهن بر ارتفاع بوته زیره سیاه

Figure 1- Interaction of salinity stress and manganese and iron micronutrient fertilizers on plant height of caraway



شکل ۲- تأثیر تنش شوری بر تعداد شاخه در هر بوته زیره سیاه

Figure 2- The effect of salinity stress on the number of branches per plantof caraway

تعداد چتر در بوته

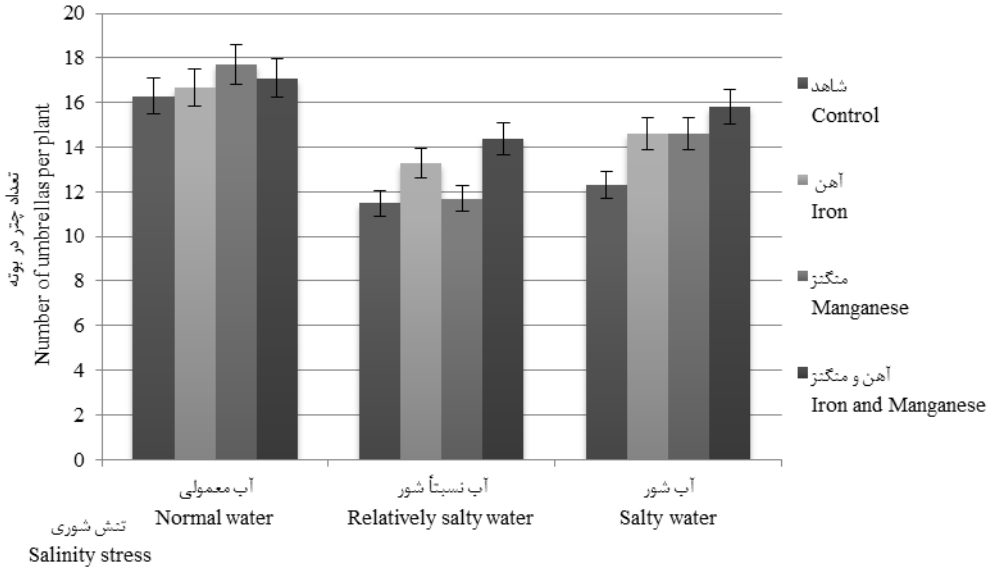
از لحاظ آماری، تعداد چتر در بوته تحت تأثیر تیمارهای تنش شوری، مصرف کودهای ریزمغذی منگنز و آهن و اثرات متقابل آنها قرار گرفت (جدول ۲). شکل ۳ نیز برهمکنش تنش شوری بر کودهای ریزمغذی مطالعه شده در تحقیق حاضر را نشان می‌دهد. در این راستا، در تحقیق دیگری با بررسی تغذیه برگی منگنز و آهن بر عملکرد کلزا اعلام شده است که با افزایش غلظت منگنز و آهن، تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته افزایش می‌یابد (Ramezani *et al.*, 2013). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در شرایط اثر متقابل تنش شوری در کودهای ریزمغذی حاکی از آن بود که در تمامی تیمارهای آبیاری، مصرف کودهای ریزمغذی منگنز و آهن منجر به کاهش تعداد چتر در بوته گردید و در این میان تیمارهای مصرف آهن در شرایط تیمار شاهد یا آبیاری معمولی و همچنین تیمار مصرف توأم آهن و منگنز در شرایط تیمار آبیاری با آب شور و آب نسبتاً شور، از تعداد چتر در بوته بیشتری در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند (شکل ۳). همچنین در تمام تیمارهای آبیاری کمترین تعداد چتر در بوته در شرایط شاهد بدست آمد (شکل ۳). نتایج حاصل با یافته‌های سایر تحقیقات در خصوص اثر تنش شوری و تأثیر آن بر کاهش تعداد چتر در بوته مطابقت دارد (Rohamare *et al.*, 2013; Moosavi *et al.*, 2014). تعداد چتر در بوته به میزان رشد رویشی گیاه بستگی دارد و کاهش رشد رویشی در اثر تنش ایجاد شده در این مراحل منجر به کاهش تعداد چتر در بوته زیره سیاه شده است (Osman, 2009). در تحقیق دیگری گزارش شده است که با آبیاری با آب شور، کاهش شدید تعداد سنبله در بوته را نسبت به آبیاری با آب معمولی مشاهده کردند (Pouryousef *et al.*, 2014).

تعداد دانه در چتر و تعداد دانه در بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش، تنش شوری تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر تعداد دانه در چتر داشت اما اثر مصرف کودهای ریزمغذی منگنز و آهن بر این صفت معنی‌دار نبود. همچنین اثر متقابل تنش شوری در ریزمغذی بر این صفت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). تعداد دانه در بوته نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفت و برهمکنش تنش شوری در ریزمغذی معنی‌دار شد اما اثر کودهای ریزمغذی در این صفت غیر معنی‌دار بود (جدول ۲). در شرایط آب معمولی و آب نسبتاً شور بیشترین تعداد دانه در چتر با مصرف آهن بدست آمد در حالی که کمترین مقدار این صفت در شرایط آبیاری معمولی با مصرف منگنز و در شرایط آب نسبتاً شور بدون مصرف کودهای ریزمغذی و مصرف توأم آهن و منگنز بدست آمد. همچنین در شرایط آب شور بیشترین و کمترین تعداد دانه در چتر بترتیب مربوط به مصرف توأم منگنز و آهن با ۱۲/۵ دانه در چترو عدم

مصرف کود ریزمغذی با ۱۰ دانه در چتر بدست آمد. درحالی‌که مقایسه میانگین در شرایط برهمکنش تنش شوری و کودهای ریزمغذی نشان داد که بیشترین مقدار تعداد دانه در بوته در شرایط آبیاری معمولی برای مصرف آهن و در شرایط آبیاری با آب نسبتاً شور و شور برای مصرف توأم کودهای آهن و منگنز بدست آمد. همچنین کمترین مقدار این صفت در شرایط آبیاری معمولی با مصرف منگنز و در شرایط آب نسبتاً شور و شور بدون مصرف کودهای ریزمغذی بدست آمد.

محدودیت آبی در طول تنش شوری از طریق اختلال در عمل گرده‌افشانی و کاهش طول دوره آن موجب کاهش تعداد دانه در بوته می‌شود (Raesee *et al.*, 2015). کاهش تعداد دانه در اثر تنش شوری می‌تواند به علت تأثیر شوری در مرحله پر شدن دانه باشد. بدین معنی که گل‌های موجود در هر چتر به علت کمبود عناصر غذایی ناشی از شوری تکامل نیافته و چترها حاوی بذر یا پر نمی‌شوند و یا شامل بذوری می‌شوند که به مقدار جزئی توسعه یافته‌اند و در نهایت تعداد دانه در چتر و تعداد دانه در بوته کاهش می‌یابد (Moosavi *et al.*, 2014). کاهش تعداد دانه در بوته تحت تأثیر تنش با نتایج محققین مختلف مطابقت دارد (Moosavi *et al.*, 2014; Raesee *et al.*, 2015).



شکل ۳- برهمکنش تنش شوری و کودهای ریزمغذی منگنز و آهن بر تعداد چتر در بوته زیره سیاه

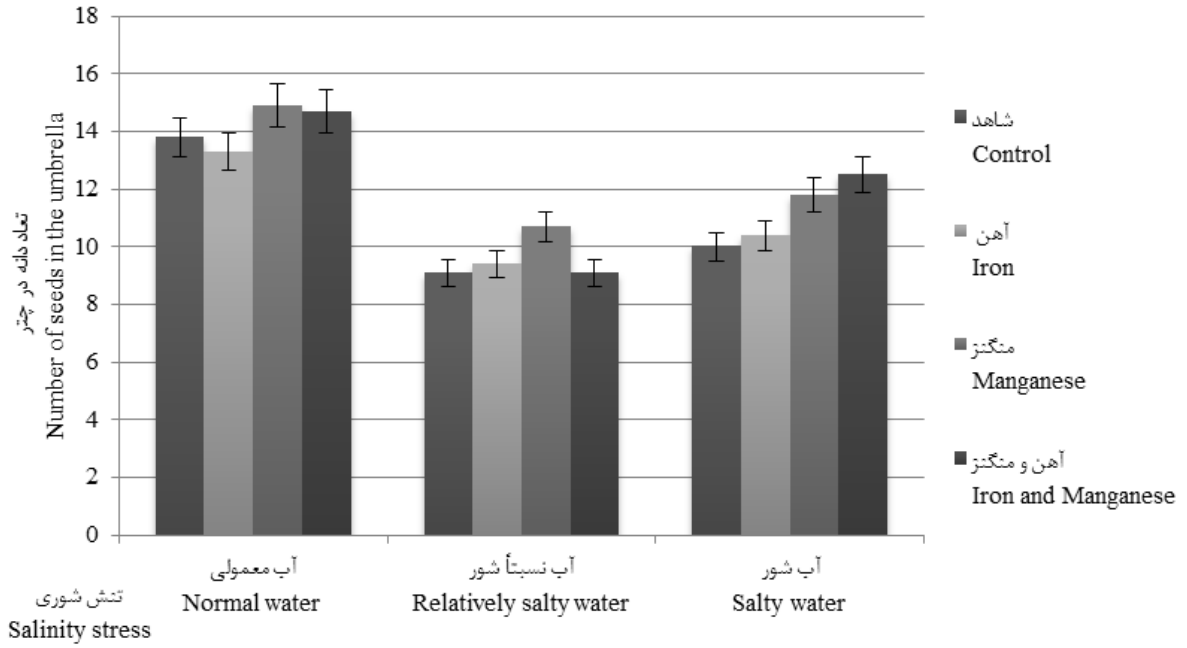
Figure 3- The interaction of salinity stress and manganese iron micronutrient fertilizers on the number of umbrellas per plant of caraway

آهن از طریق افزایش فعالیت فتوسنتزی و تولید مواد پروتئینی و کربوهیدرات‌ها در گیاه می‌تولند باعث افزایش تعداد دانه شود (IzadiKhorameh and Balochi, 2012). افزایش تعداد دانه تحت تأثیر منگنز و آهن با نتایج برخی تحقیقات مطابقت دارد (Raesee *et al.*, 2015). در شکل ۴ و ۵ به‌ترتیب برهمکنش تنش شوری بر کودهای ریزمغذی در صفات تعداد دانه در چتر و تعداد دانه در بوته نشان داده شده است.

وزن هزار دانه

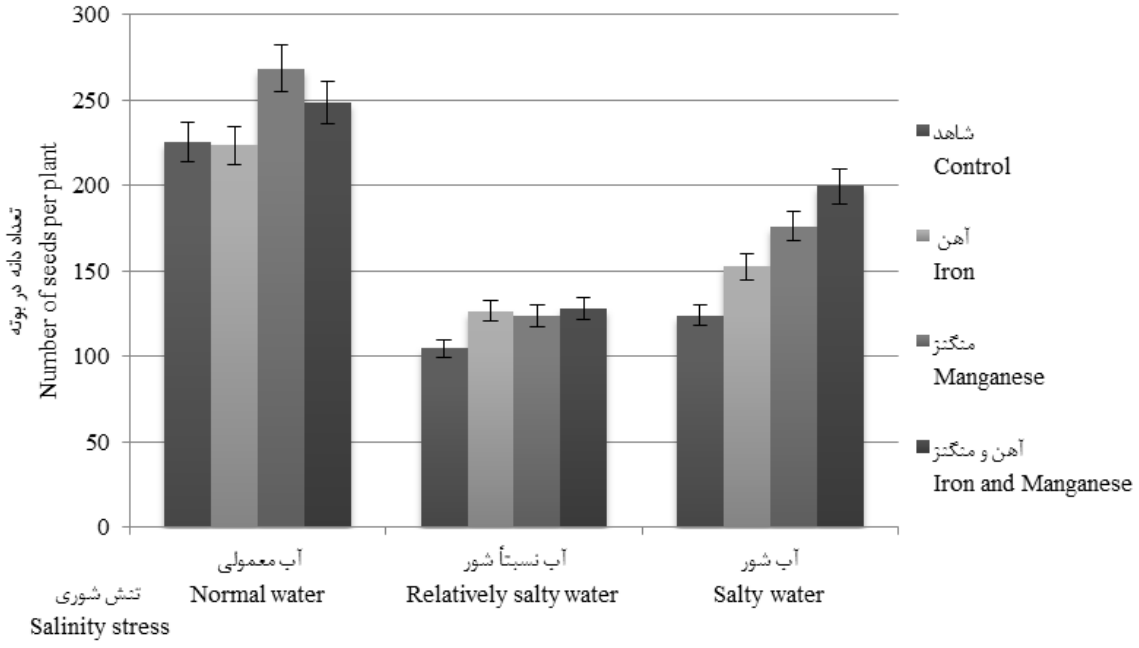
تنش شوری تأثیر معنی‌داری در سطح پنج درصد بر وزن هزار دانه زیره سیاه داشت اما اثر ریزمغذی و اثر متقابل ریزمغذی و تنش شوری بر این صفت معنی‌دار نبودند (جدول ۲). وزن هزار دانه زیره سیاه درشرایط آبیاری با آب شور در مقایسه با شاهد بیشتر بود به‌طوری‌که هر دو تیمار آبیاری با آب شور و نسبتاً شور با یکدیگر در گروه آماری برتر قرار گرفته و وزن هزار دانه بیشتری در مقایسه با شاهد داشتند (شکل ۶). بیشتر بودن وزن هزار دانه زیره سیاه در تیمارهای تنش شوری احتمالاً به دلیل وجود تعداد دانه کمتر در این تیمارها باشد به‌طوری‌که تعداد دانه در تیمار شاهد در مقایسه با تیمار آبیاری با آب نسبتاً شور بیشتر بود (شکل ۶). در شرایط آبیاری با آب معمولی، رشد سبزینه‌ای گیاه افزایش و در مقابل دانه‌های کوچکتری تولید شده‌اند. به طورکلی گیاهان در مواجه با تنش شوری دو راهکار برای جبران عملکرد دارند، یکی تعداد دانه

بیشتر در اندازه کوچکتر و دیگری تعداد دانه کمتر ولی در اندازه بزرگتر که در این آزمایش، زیره سیاه با کاهش تعداد دلنه در چتر سبب هدایت اسیمیلات بیشتر به دانه‌ها و افزایش سهم هر دانه از تولیدات فتوسنتزی و در نتیجه بزرگ شدن اندازه دانه‌ها و افزایش وزن هزار دانه شده است. برخی محققین کاهش وزن هزار دانه در دفعات آبیاری بیشتر را گزارش نموده‌اند (Kobraee *et al.*, 2012; Raesee *et al.*, 2015).



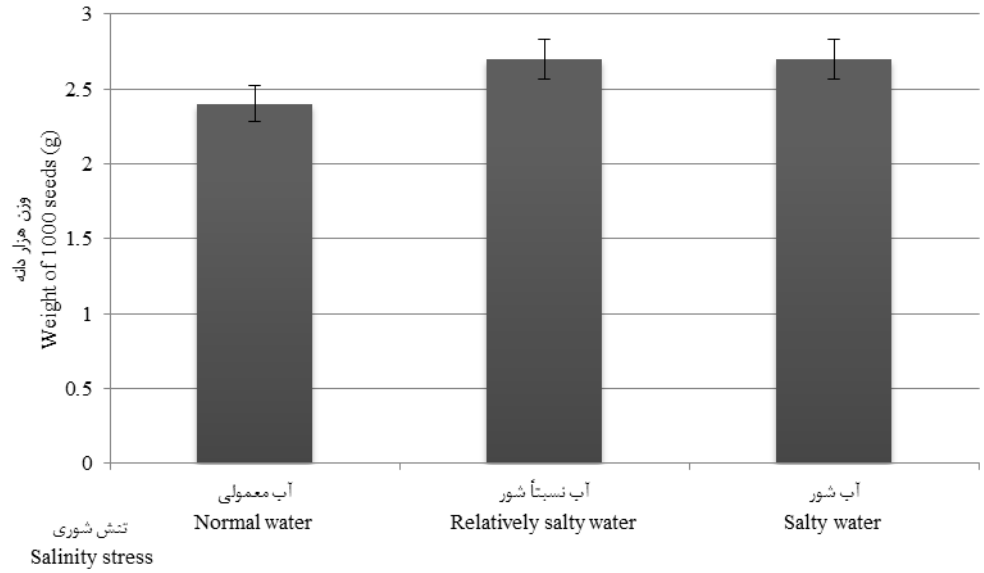
شکل ۴- برهمکنش تنش شوری و کودهای ریزمغذی منگنز و آهن بر تعداد دانه در چتر زیره سیاه

Figure 4- The interaction of salinity stress and manganese-iron micronutrient fertilizers on the number of seeds in the umbrella of caraway



شکل ۵- برهمکنش تنش شوری و کودهای ریزمغذی منگنز و آهن بر تعداد دانه در بوته

Figure 5- Interaction of salinity stress and manganese-iron micronutrient fertilizers on the number of seeds per plant of caraway



شکل ۶- تأثیر تنش شوری بر وزن هزار دانه زیره سیاه

Figure 6- The effect of salinity stress on the weight of a 1000 seeds of caraway

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات عملکردی و اسانس زیره سیاه

Table 3- Results of variance analysis of functional traits and caraway essential oil

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of Squares				
		عملکرد دانه Seed yield	بیوماس Biomass	شاخص برداشت Harvest index	درصد اسانس Essential oil percentage	عملکرد اسانس Essential oil yield
بلوک Block	2	3326.42	3713.19	159.435	0.007	1.970
تنش شوری Salinity stress	2	40240.43**	159755.91**	70.009^{ns}	0.044^{ns}	12.058*
خطای اول Error1	4	1451.18	6992.11	26.086	0.049	1.565
ریزمغذی micronutrient	3	9955.33**	56092.52**	6.082^{ns}	0.064^{ns}	5.001*
تنش شوری×ریزمغذی Salinity stress× micronutrient	6	5167.41*	19359.31*	8.585^{ns}	0.014^{ns}	4.939*
خطای باقیمانده Residual error	18	1548.90	6759.19	58.596	0.101	1.493
ضریب تغییرات Coefficient of variation (CV)	-	12.25	11.52	16.84	15.87	18.96

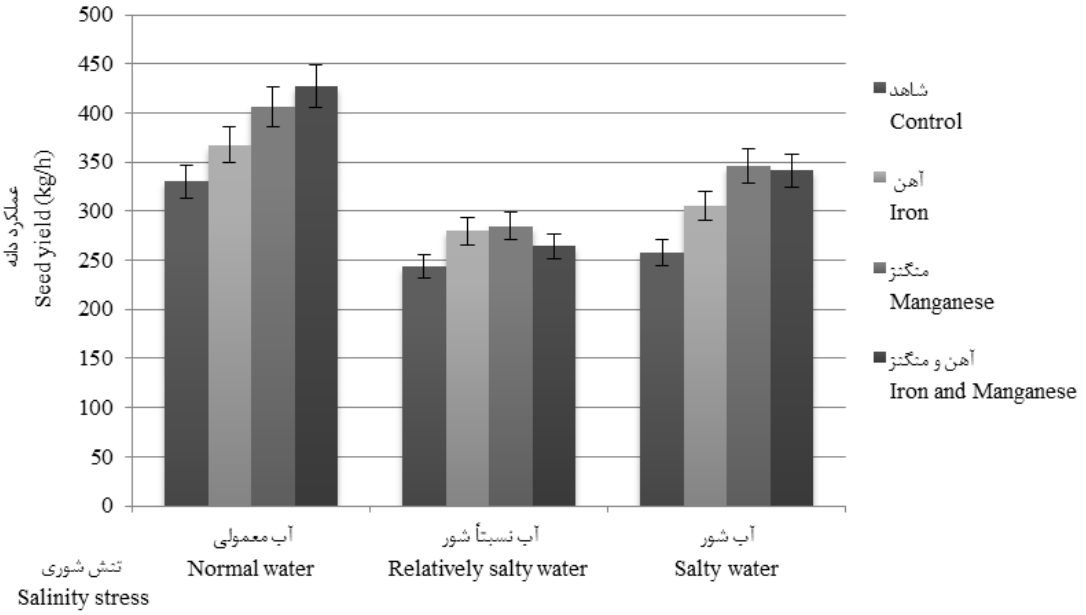
**، *و^{ns}، به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی‌دار بودن می‌باشد

**, * and ns indicate significance at 1%, 5% probability level and non-significance, respectively.

عملکرد دانه

نتایج این آزمایش حاکی از تأثیر معنی‌دار تنش شـــوری و کودهای ریزمغذی منگنز و آهن در سطح یک درصد بر عملکرد دانه زیره سیاه بود و اثر متقابل تنش شوری و کودهای ریزمغذی

معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشـــترین عملکرد دانه در شـــرایط آبیاری نسبتاً شور و شور با مصرف آهن بدست آمد. در حالی که بیشـــترین مقدار این صـــفت در شـــرایط آبیاری معمولی بدون مصرف کودهای ریزمغذی مشاهده شد. کمترین مقدار این صفت در سطوح تنش در تیمار بدون مصرف کودهای ریزمغذی بدست آمد. کاربرد کودهای ریزمغذی منگنزو آهن در شـــرایط تنش شـــوری تا حدودی منجر به تخفیف اثرات تنش شـــوری گردید به‌طوری‌که افزایش عملکرد ناشـی از مصـرف کود آهن در تیمار آبیاری با آب شور، در مقایسه با عدم مصرف کود باعث افزایش عملکرد دانه به میزان ۲۵/۵ درصـد گردید (شـکل ۷). طبیعتاً کمبود آب و به دنبال آن کاهش فشار آماس درون سلولی و نیز کاهش جذب عناصـر غذایی، منجر به کاهش اندازه سـلول‌ها و رشد برگ‌ها می‌شود. بنابراین با کاهش سطح برگ، میزان جذب نور خورشید و به دنبال آن فتوسنتز گیاه کاهش یافته و این امر منجر به کاهش عملکرد گیاه می‌شود (Dashti *et al.*, 2015). عنصـر آهن در سـاخت کلروفیل و انتقال الکترون در فتوسـنتز نقش حیاتی دارد و فرودوکسـین، پروتئین حامل آهن اسـت که در انتقال الکترون درگیر است (Raesee *et al.*, 2015). بنابراین طبیعی اســـت که با افزایش آهن در برگ، میزان کلروفیل برگ افزایش یافته، فعالیت فتوسنتزی بیشتر شده و در نهایت افزایش عملکرد را در پی داشته باشد. بر طبق نتایج آزمایشی اظهار شده اســت که با مصـرف توأم کودهای آهن و منگنز، میزان عملکرد دانه گندم به طور متوســـط ۸۶۷ کیلوگرم افزایش یافته اســـت (Kobraee *et al.*, 2012).



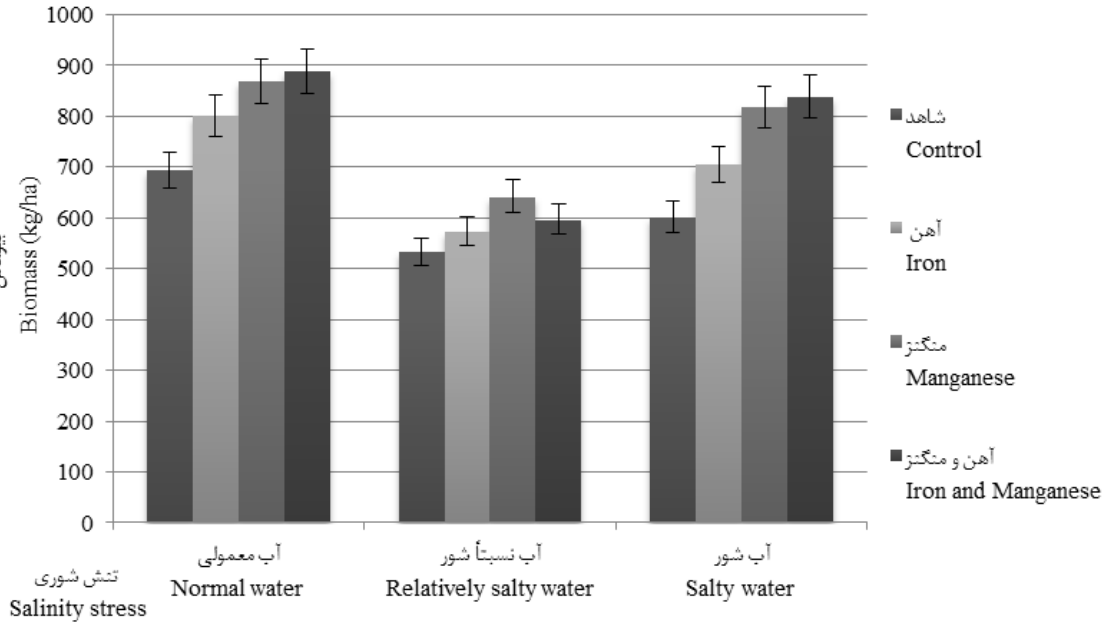
شکل ۷- برهمکنش تنش شوری و کودهای ریزمغذی منگنز وآهن بر عملکرد دانه زیره سیاه

Figure 7- Interaction of salinity stress and manganese and iron micronutrient fertilizers on grain yield of caraway

وزن خشک اندام هوایی (بیوماس)

تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که بیوماس زیره سیاه به طور معنی‌داری و در سطح یک درصد تحت تأثیر تنش شـوری و مصـرف ریزمغذی قرار گرفتند و اثر متقابل این دو بر بیوماس نیز معنی‌دار گردید (جدول ۳). همانطور که در شکل ۸ که مربوط به برهمکنش تنش شوری بر کودهای ریزمغذی است، مشـاهده می‌شـود در تیمار مصـرف توأم منگنز و آهن بجز در شـرایط تنش نسـبتاً شـور بیشـترین وزن خشـک اندام هوایی یا بیوماس بدســت آمد و در شــرایط نســبتاً شــور در تیمار آهن مشـاهده شـد. کمترین مقدار بیوماس در سـطوح تنش در تیمار عدم مصــرف کودهای ریزمغذی بدســت آمد. محدودیت آبی در مراحل مختلف نموی موجب کاهش ســـطح برگ، جذب نور، فتوسـنتز جاری و تولید مواد پرورده می‌شـود که این موارد همه منجر به کاهش میزان تجمع ماده خشـک می‌گردد (Kobraee *et al.*, 2012). از آنجایی که بیوماس به‌عنوان مجموعه‌ای از اندام زایشـی و رویشـی اسـت، افزایش تعداد دفعات آبیاری باعث

جذب بیشتر آب در گیاه و افزایش کلی وزن توده زنده می‌شود (Kobraee *et al.*, 2012). ارتفاع معنی‌دار بیشتر گیاه در تیمار آبیاری با آب معمولی به دلیل استقرار بهتر سیستم ریشه‌ای در مراحل حساس رشدی گیاه، اثر خود را در مراحل انتهایی از طریق افزایش عملکرد بیوماس نشان داده است. کاهش وزن خشک گیاه در شرایط تنش عمدتاً ناشی از کاهش تشعشع جذب شده توسط سایه‌انداز گیاه و یا کاهش بازده استفاده از تابش و یا ترکیبی از این دو می‌باشد. افزایش یا کاهش این دو عامل تأثیر مستقیمی در میزان رشد و عملکرد نهایی دارند. کاهش بازده استفاده از تابش عمدتاً با کاهش ظرفیت فتوسنتزی برگ همراه است و کاهش فتوسنتز برگ و همچنین کاهش انتقال مواد پرورده به بخش‌های مختلف اجزای گیاه سبب کاهش ماده خشک هر بوته می‌گردد (Kumar *et al.*, 2008).



شکل ۸- برهمکنش تنش شوری و کودهای ریزمغذی منگنز و آهن بر بیوماس زیره سیاه

Figure 8- Interaction of salinity stress and manganese and iron micronutrient fertilizers on biomass of caraway

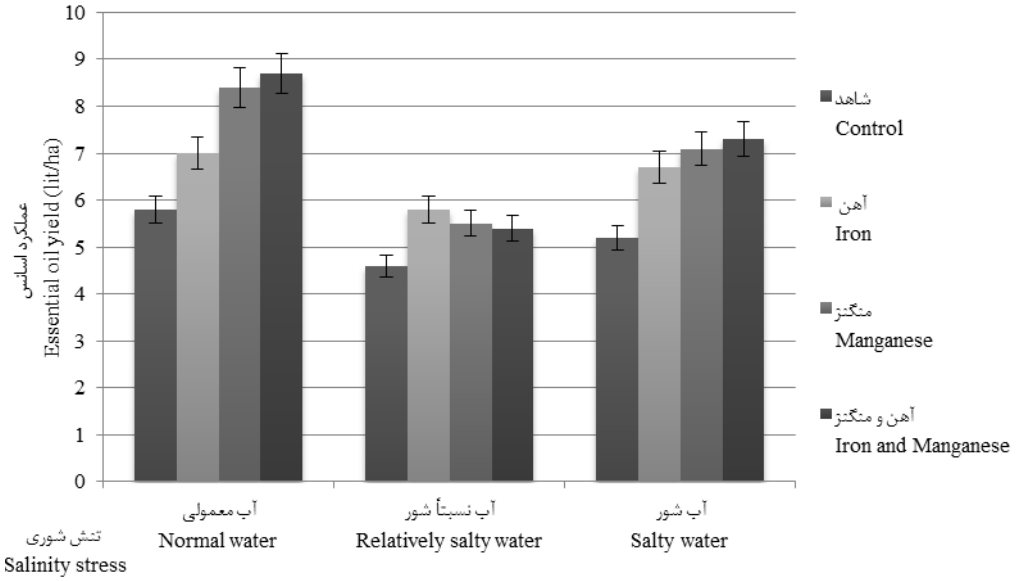
شاخص برداشت

بر اساس نتایج، شاخص برداشت دانه زیره سیاه تحت تأثیر هیچ یک از تیمارهای تنش شوری، کودهای ریزمغذی و اثر متقابل آنها قرار نگرفت (جدول ۳). با توجه به ماهیت صفت شاخص برداشت دانه و عدم تأثیرپذیری آن با اعمال تنش شوری می‌توان اظهار نمود عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به یک نسبت تحت تأثیر تیمار آبیاری قرار گرفته‌اند به عبارت دیگر تأثیر تیمارهای شوری بر اندام‌های رویشی و زایشی گیاه یکسان بوده است که نشان‌دهنده وابستگی شدید رشد زایشی گیاه به رشد رویشی آن است.

درصد اسانس و عملکرد اسانس

تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن بود که تنش شوری بر درصد اسانس زیره سیاه تأثیر معنی‌داری نداشت اما اثر آن بر عملکرد اسانس در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید؛ اثر کودهای ریزمغذی نیز بر درصد اسانس معنی‌دار نبود اما اثر آنها در سطح پنج درصد بر عملکرد اسانس معنی‌دار بود (جدول ۳). همچنین اثرمتقابل تنش در کودهای ریزمغذی فقط برای عملکرد اسانس معنی‌دار شد. در شرایط آب معمولی و آب شور (بغیر از شرایط تنش نسبتاً شور) بیشترین عملکرد اسانس در تیمار مصرف توأم منگنز و آهن بدست آمد (شکل ۹). در شرایط آبیاری نسبتاً شور بیشترین عملکرد اسانس در تیمار منگنز مشاهده شد. در تمام سطوح تنش کمترین مقدار این صفت در تیمار عدم مصرف کودهای ریزمغذی بدست آمد. عملکرد اسانس حاصلضرب درصد اسانس در عملکرد دانه می‌باشد و با توجه به عدم معنی‌دار شدن درصد اسانس و کاهش عملکرد دانه در

شرایط تنش، انتظار می‌رود که عملکرد اسانس در شرایط تنش شوری در مقایسه با شاهد کاهش پیدا کند. کاهش عملکرد اسانس در نتیجه‌ی کاهش آب مصرفی، به دلیل اثرات مضر تنش شوری بر پیکره رویشی گیاه به عنوان تابعی از درصد عملکرد دانه و درصد اسانس است (Soltani Gerdfaramarzi *et al.*, 2011; Dashti *et al.*, 2015; Raesee *et al.*, 2015).



شکل ۹- برهمکنش تنش شوری وکودهای ریزمغذی منگنز و آهن بر عملکرد اسانس زیره سیاه

Figure 9- The interaction of salinity stress and micronutrient fertilizers of manganese and iron on the essential oil yield of caraway

نتیجه‌گیری کلی

در این آزمایش تنش شوری بجز شاخص برداشت و درصد اسانس، تأثیر معنی‌داری بر تمامی صفات مورفولوژیک، اجزای عملکرد، عملکرد دانه و عملکرد اسانس زیره سیاه داشت و منجر به کاهش آنها گردید. تأثیر منفی تنش شوری بر وزن هزار دانه، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و تعداد دانه در بوته را می‌توان مهمترین عامل کاهش عملکرد دانه در این شرایط دانست. همچنین در شرایط آبیاری معمولی، بر اساس نتایج موجود در مورد تغییرات مورفولوژیکی و عملکردی گیاه زیره سیاه می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که منگنز و آهن و استفاده توأم آنها موجب افزایش در خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد و عملکرد اسانس در این گیاه دارویی می‌شود. با توجه به افزایش عملکرد دانه و عملکرد اسانس زیره سیاه در شرایط کاربرد منگنز و آهن، استفاده از این کودها در زراعت زیره سیاه توصیه می‌شود. بطور کلی نتایج بدست آمده از این آزمایش نشان می‌دهد که تنش شوری روی اکثر صفات مطالعه شده اثر منفی دارد و با توجه به معنی‌دار شدن اثرمتقابل تنش در کودهای ریزمغذی مشاهده شد که اثر کاهشی تنش شوری در شرایط تنش شوری کامل تخفیف پیدا کرده و اثر کاهشی صفات مورد مطالعه در شرایط تنش شوری کمتر از تنش نسبتاً شور مشاهده شد و این اثر تخفیفی در تیمار مصرف توأم آهن و منگنز در شرایط تنش شوری بدست آمد.

References

Akhtar, N., Abdul MatinSarker, M., Akhter, H. and Katrun Nada, M., 2009. Effect of planting time and micronutrient as manganese chloride on the growth, yield and oil content of Menthapiperita. *Soil Science Journal*, *44*(1), pp.125-130. **doi: 10.3329/bjsir.v44i1.2721**

Bettaieb, I., Zakhama, N., AidiWannes, W., Kchouk, M.E. and Marzouk, B., 2009. Water deficit effects on Salvia officinalis fatty acids and essential oils composition. *Scientia Horticulturae, 120*, pp.271-275. **doi:**

10.1016/j.scienta.2008.10.016

Dashti, M., Mirza, M., Kafi, M. and Tavakkoli, H., 2015. Effects of water deficit stress on *Salvia leriifolia* Benth. yield and essential oil composition. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 3*(2), pp.262-274. [In Persian]. **doi: 10.22092/ijmapr.2015.101468**

Farajzadeh Memari Tabrizi, E., Yarnia, M., Khorshidi, M.B. and Ahmadzadeh, V., 2009. Effect of micronutrients and their application method on yield, crop growth rate and net assimilation rate of corn cv. Jeta. *Journal of Food, Agriculture and Environment, 7*(2), pp.611-615. **doi: 10.1234/4.2009.1759**

Golestani M., 2021. Evaluation of Drought Tolerance Indices in Moldavian Balm Ecotypes. *Journal of Crop Breeding, 13*(37), pp.213-221. [In Persian]. **doi: 10.52547/jcb.13.37.213**

Hafeez, Y., Khanif, M. and Saleem, M., 2013. Role of manganese in plant nutrition. *American Journal of Experimental Agriculture,* 9, pp.304-391.

IzadiKhorameh, H. and Balochi, H.R., 2012. The effect of soil application of iron and zinc on yield and grain yield components of wheat in different planting dates.12th Congress of Agricultural Sciences and Plant Breeding of Iran, 5-7 September 2013, Karaj, Iran. [In Persian].

Jamshidi, E., Ghalavand, A., Sefidkon, F. and Goltaph, E., 2012. Effects of different nutrition systems (organic and chemical) on quantitative and qualitative characteristics of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under water deficit stress. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 28*(2), pp.309-323. [In Persian]. **doi: 10.22092/ijmapr.2012.3048**

Kobraee, S., Noormohammadi, G., Heidari Sharifabad, H., Darvishkajori, F. and Delkhosh, B., 2012. Apply of zinc, iron and manganese fertilizer on leaf and grain elements concentration and relationship it's with economic and biological yield of soybean. *Plant and Ecosystem, 8*(2), pp.39-51. [In Persian].

Kumar, A., Singh, R. and Chhillar, R.K., 2008. Influence of omitting irrigation and nitrogen levels on growth, yield and water use efficiency of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Acta Agronomica Hungarica, 56*(1), pp.69-74. **doi: 10.1556/aagr.56.2008.1.7**

Li, R. and Jiang, Z., 2004. Chemical composition of the essential oil of cumin (*Cuminum cyminum* L.) from China. *Flavour and Fragrance Journal, 19*(4), pp.311–313. **doi: 10.1002/ffj.1302**

Lotfi, M., Abbaszadeh, B. and Mirza, M., 2014.The effect of drought stress on morphology, prolinecintent and soluble carbohydrates of tarragon (*Artemisia dracunculus* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 30*(1), pp.19-29. [In Persian]. **doi: 10.22092/ijmapr.2014.5266**

Moosavi, S.M., Moosavi, S.G.R. and Seghatoleslami, M.J., 2014. Effect of drought stress and nitrogen levels on growth, fruit and essential oil yield of fennel (*Foenicolum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 30*(3), pp.453-462. [In Persian]. **doi: 10.22092/ijmapr.2014.7681**

Osman, Y.A.H., 2009. Comparative study of some agricultural treatments effects on plant growth, yield and chemical constituents of some fennel varieties under Sinai conditions. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 5*(4), pp.541-554.

Pouryousef, M., Mazaheri, D., Yousefi, A., Rahimi, A. and Tavakoli, A., 2014. Evaluation of grain qualitative

traits of Isabgol (*Plantago ovata* Forsk.) under limited irrigation regimes and different fertilizing treatments. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 30*(3), pp.414-424. [In Persian]. **doi: 10.22092/ijmapr.2014.7675**

Raesee, N., Vakili, S., Sarhady, G. and Torkynegad, F., 2015. Effects of manure, iron and zinc fertilizers on yield and yield components of Cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 31*(1), pp.138-149. [In Persian]. **doi: 10.22092/ijmapr.2015.12621**

Ramezani, M., Seghatoleslami, M., Mousavi, G. and Sayyari-Zohan, M.H., 2013. Effect of salinity and foliar application of iron and zinc on yield and water use efficiency of ajowan (*Carum copticum*). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 7*, pp.421-426.

Rohamare, Y., Nikam, T.D. and Dhumal, K.N., 2013. Effect of foliar application of plant growth regulators on growth, yield and essential oil components of ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). *Agricultural and Food Science, 3*(2), pp.34-41.

Soltani Gerdfaramarzi, M.K. Omidi, H., Habibi, H., Lebaschy, M.H. and Zarezadeh. A., 2011. The effects of glycine betaine and drought stress on yield, yield components and essential oil in German chamomile genotypes in Yazd region. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 27*(2), pp.279-289. [In Persian]. **doi: 10.22092/ijmapr.2011.6410**

Ziaeian, A.H. and Malakouti, M.J., 2001. Effects of Fe, Mn, Zn and Cu fertilization of wheat in the calcareous soils of Iran. In: Horst,W.J. (ed.) Plant Nutrition-Food Security and Sustainability of Agro-Ecosytems, pp.840-841. **doi: 10.1007/0-306-47624-X_409**

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 6, Issue 4, Winter 2024, P. 241-256

The effect of salinity stress and manganese and iron elements on morphological traits and yield of caraway medicinal plant (*Carum carvi*) in Zahedan conditions

Mohammad Reza Naghavi[1*], Zahra Abbasnejad[2], Abolfazl Tavassoli[1], Mehdi Dadmehr[3]

[1] Department of Agriculture, Payam Noor University, Tehran, Iran
[2] MSc Graduated of Agriculture, Payame Noor University, Iran
[3] Department of Basic Sciences, Payam Noor University, Tehran, Iran
[*]Corresponding Author: mr_naghavi@pnu.ac.ir

Received: 17 September 2022 Accepted: 15 March 2024 **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.362439.1275**

Abstract

Introduction: Caraway is a plant from the umbelliferae, whose cultivation in arid and semi-arid regions has a high economic justification compared to other crops. The importance of using medicinal plants is the presence of effective substances in them, and the quality of medicinal plants is more important than agricultural plants. Iran is located in an arid and semi-arid region, and salinity is one of the environmental stresses that cause temporary or permanent damage. Salinity stress can change the amount of element absorption by the plant by changing the potential difference and affecting the absorption power of water and solutes by the roots. Nutrients necessary for the growth of agricultural plants are divided into two categories: high-consumption and low-consumption nutrients. By supplementing the consumption of low consumption nutrients, it is possible to improve the condition of plant growth in stressful conditions. Based on the studies conducted on agricultural plants, it has been determined that the use of micronutrient fertilizers in stressful situations can lead to an increase in the growth and yield of these plants, but this has not been well established in the case of medicinal plants, including caraway. . In this regard, this experiment was conducted to investigate the effect of salinity stress and the low consumption elements of manganese and iron on the morphological characteristics, yield, yield components and the amount of caraway essential oil.

Materials and Methods: This experiment was carried out in the split plots basis of randomized complete blocks in Zahedan region of Iran. The experimental factors include salinity stress as the main factor in three levels (Irrigation with normal or control water (1.2 deciSiemens/m), irrigation with relatively salty water (3 deciSiemens/m) and irrigation with salty water (5 deciSiemens/m)) and low consumption elements as secondary factors in four levels (no fertilizer consumption, consumption of manganese, iron, manganese + iron) were. Plant height, number of sub-branches, number of umbrella per plant, number of seeds per umbrella, number of seeds per plant, weight of 1000 seeds, seed yield, biomass, harvest index, essential oil percentage and essential oil yield were measured and weighed. At the end, after ensuring the normality of the data, their analysis was done using SAS statistical software, comparison of averages was done by Duncan's multi-range test and at the probability level of 5%. Graphs and figures were also drawn by Excel software.

Results and Discussion: The results showed that salinity had a significant effect at the probability level of one percent on plant height, number of umbrella per plant, number of seeds per umbrella, seed yield and biomass, and had a significant effect at the probability level of five percent on the number of branches per plant, number seeds per plant, weight of 1000 seeds and essential oil yield, but it had no effect on harvest index and essential oil percentage. According to the results, irrigation with relatively salty and salty water led to a decrease of 29.9 and 18.4 percent of grain yield, respectively, compared to irrigation with normal water. Nevertheless, the application of manganese and iron micronutrient fertilizers in the conditions of salinity stress to some extent led to the mitigation of the effects of salinity stress, so that the increase in grain yield due to the use of iron fertilizer in irrigation treatment with saline water was about 25.5% compared to the absence of fertilizer use. The highest yield of essential oil was achieved with 7.49 liters per hectare under favorable conditions. In

this study, manganese and iron micronutrient fertilizers had a significant effect at the one percent probability level on plant height, number of umerellaper plant, seed yield and biomass, and a significant effect at the five percent probability level on the essential oil yield of caraway. Iron consumption with an average of 345.70 kg per hectare had more grain yield. Despite the lack of significant effect of micronutrient fertilizers on grain yield components, the application of these fertilizers increased them. Considering the increase in seed yield and the yield of caraway essential oil under conditions of application of manganese and iron, the use of these fertilizers in caraway cultivation is recommended.

Conclusion: In this experiment, salinity stress had a significant effect on all the morphological traits, yield components, seed yield and essential oil yield of caraway, except for the traits of harvest index and percentage of essential oil, and led to their reduction. The negative effect of salinity stress on the weight of 1000 seeds, number of umbrella per plant, number of seeds per umbrella and number of seeds per plant can be considered the most important factor in reducing seed yield under these conditions. Based on the results, it can be concluded that manganese and iron and their combined use causes an increase in the morphological traits, seed yield and yield components and the yield of the essential oil in this medicinal plant. In general, considering the increase in seed yield and the yield of caraway essential oil under the conditions of application of manganese and iron, the use of these fertilizers in the cultivation of caraway can be justified.

Keywords: Biomass, Essential oil, Irrigation, Micronutrients, Yield components