

## مقاله علمی - پژوهشی

# اثر بیوپرایمینگ بذر بر صفات کمی و کیفی گیاه زنیان رومی تحت تنش شوری و تغذیه کودی

سیده فاطمه انصاری<sup>۱</sup>، حمید سودایی زاده<sup>۲\*</sup>، رستم یزدانی بیوکی<sup>۳</sup> و محمدعلی حکیم زاده<sup>۴</sup>

### چکیده

این تحقیق با هدف بررسی اثر پرایمینگ بذر با کودهای زیستی سوپرنیتروپلاس و نیتروکسین بر رشد، عملکرد و خصوصیات بیوشیمیایی، زنیان تحت تأثیر تنش شوری در سال ۱۴۰۱ در گلخانه دانشگاه یزد اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل ۴ سطح تنش شوری (شاهد، ۳، ۶، ۹ دسی زیمنس بر متر) و سه سطح تلقیح کود بیولوژیک با بذر (بدون تلقیح (شاهد)، تلقیح بذر با کود نیتروکسین و تلقیح بذر با کود سوپرنیتروپلاس) در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که اثر تیمارهای شوری و تلقیح بذر بر کلیه صفات مورفولوژی و فیزیولوژی گیاه دارویی زنیان معنی‌دار بود. با افزایش شوری از شاهد به ۹ دسی‌زیمنس بر متر ارتفاع بوته (۲۸/۴ درصد)، تعداد چتر در بوته (۴۲/۸ درصد)، درصد اسانس (۲۱/۵ درصد) و عملکرد دانه زنیان (۲۵/۷ درصد) کاهش و میزان پرولین (۵۸/۲ درصد) و قندهای محلول (۵۰۰ درصد) افزایش یافت. نتایج همچنین نشان داد تلقیح بذور با کودهای نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس منجر به افزایش خصوصیات زنیان از جمله ارتفاع بوته (به ترتیب ۱۲ و ۹ درصد)، عملکرد دانه (به ترتیب ۲۱/۶ و ۲۹/۶ درصد) و عملکرد اسانس (به ترتیب ۱۶/۱ و ۳۳/۶ درصد) نسبت به عدم تلقیح شد.

واژه‌های کلیدی: پرایمینگ بذر، سوپرنیتروپلاس، شوری، کود زیستی، نیتروکسین

### مقدمه

شوری، رشد رویشی و زایشی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد که باعث کاهش وزن خشک و محصول دانه می‌شود (Monsur et al., 2022; Sohrabizadeh et al., 2023; Mohanavelu et al., 2021).

در حال حاضر راه کارهای بسیار زیادی برای افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری گزارش شده است. یکی از این روش‌ها که با موفقیت ویژگی‌های گیاه را تحت تنش شوری افزایش می‌دهد، پرایمینگ بذر است (Mollazadeh et al., 2008). پرایمینگ دارای انواع مختلف از قبیل هیدروپرایمینگ، اسموپرایمینگ، هالوپرایمینگ، پرایمینگ هورمونی و پرایمینگ زیستی است (Devika et al., 2021). بیوپرایمینگ بذر یک فناوری سازگار با محیط‌زیست و مقرون‌به‌صرفه است که باعث رشد محصول، افزایش تحمل استرس و افزایش عملکرد می‌شود. این تکنیک شامل استفاده از میکروارگانیسم‌های مفید بر روی بذر، باهدف تحریک تولید گیاه و

شوری یکی از اساسی‌ترین تنش‌های غیرزنده در مناطق خشک و نیمه‌خشک بوده، به طوری که از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد رویشی و زایشی اکثر گیاهان است (جوشن و همکاران، ۱۳۹۹). تخمین زده می‌شود که ۵۰ درصد از زمین‌های قابل کشت در سطح جهان تا سال ۲۰۵۰ تحت تأثیر شوری قرار بگیرند (Hussain et al., 2019; Rahmani et al., 2024).

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران  
<sup>۲</sup> استاد گروه مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران (\* نویسنده مسئول: حمید سودایی زاده hsodaie@yazd.ac.ir)  
<sup>۳</sup> استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران  
<sup>۴</sup> دانشیار گروه مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران  
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۴  
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۵

خطی کاهش نسبتاً شدید نشان دادند. برخی از مطالعات تأثیر انواع مختلف کودهای زیستی را بر رشد و عملکرد تعدادی از محصولات نشان داده‌اند. در این رابطه رضایی چپانه و همکاران (۱۳۹۴) باهدف بررسی کودهای زیستی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه زنیان (*Carum copticum* L.) نشان دادند که در بین کودهای زیستی تیمار تلفیقی قارچ مایکوریزا + ازتوباکتر + فسفر بارور-۲ نسبت به تیمارهای مصرف جداگانه بیشترین تأثیر را در افزایش صفات مطالعه شده زنیان داشتند. در مطالعه دیگر نشان داده شد که کاربرد نیتروکسین در ذرت منجر به افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی گیاه شد (Lamochi and Sakinejad, 2018). همچنین کاربرد کودهای زیستی در گیاه بابونه منجر به کاهش اثرات منفی تنش شوری بر خصوصیات کمی و کیفی این گیاه گردید (Rahmani et al., 2024). با توجه به وسعت اراضی شور در ایران بررسی فناوری سازگار با محیط زیست جهت کاهش اثرات تنش شوری بر گیاهان دارویی امری ضروری است. بر اساس بررسی‌های به عمل آمده تاکنون مطالعه‌ای در رابطه با تأثیر تلقیح بذر زنیان با کودهای زیستی مورد استفاده در این تحقیق انجام نشده است. لذا این تحقیق باهدف ارزیابی پرایمینگ بذر زنیان با کود بیولوژیک نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس بر درصد سبز شدن و ویژگی‌های رشدی گیاه تحت سطوح مختلف شوری اجرا گردید.

## مواد و روش‌ها

### مشخصات آزمایش

این آزمایش در سال ۱۴۰۱ در محیط گلخانه تحقیقاتی دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اول شامل چهار سطح تنش شوری آب شامل شاهد، ۳، ۶، ۹ دسی‌زیمنس بر متر و عامل دوم سه سطح تلقیح کود بیولوژیک با بذر شامل بدون تلقیح (شاهد)، تلقیح بذر با کود نیتروکسین و تلقیح بذر با کود سوپر نیترو پلاس بود.

### تهیه بذر

بذر زنیان از شرکت پاکان بذر اصفهان در تابستان سال ۱۴۰۱ تهیه شد. پس از آماده کردن و خالص کردن بذر از هر گونه مواد

حفظ تعادل محیطی است (Rahmani et al., 2024). نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس دو نوع کود زیستی هستند که می‌توانند برای پرایمینگ زیستی بذر استفاده شوند. نیتروکسین از باکتری‌های آزوسپیریلوم و آزوتوباکتر ساخته شده که در تثبیت نیتروژن، حل شدن فسفات و آزادسازی آهن دخالت دارد و تولید سیدروفور و هورمون‌های گیاهی را افزایش می‌دهد (Olanrewaju et al., 2017; Kamali and Mehraban, 2020). سوپر نیتروپلاس مجموعه‌ای از گونه‌های مختلف باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد شامل *Bacillus Azospirillum spp* و *Pseudomonas fluorescens subtilis* است که در تثبیت ازت و افزایش رشد گیاه مؤثر است (رهی، ۱۳۹۵). گیاه دارویی زنیان *Trachyspermum ammi* L. خانواده چتریان گیاهی علفی و یک‌ساله است که به صورت خودرو در ایران، هند و پاکستان می‌روید. اسانس و ترکیبات موجود در اسانس آن از اهمیت زیادی برخوردار است. این گیاه دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی، ضد قارچ و باکتری بوده و همچنین کاربرد زیادی در صنایع غذایی دارد (کریمی افشار و همکاران، ۱۴۰۰). شرایط کشت بر روی کمی و کیفیت مواد مؤثره گیاهان دارویی تأثیر می‌گذارد (Rafieiohossaini et al., 2012). مطالعات متعددی در خصوص تأثیر شوری بر روی گیاهان دارویی از جمله زنیان انجام شده است، پیری و همکاران (۱۳۹۶) اثر تنش شوری بر عملکرد توده‌های مختلف زنیان را بررسی و نشان دادند که بالاترین ارتفاع بوته، وزن تر و خشک گیاه در شرایط بدون تنش شوری به دست آمد، به طوری که وزن خشک گیاه در تیمار شاهد ۱/۵۳ گرم در بوته بود در حالی که در تیمار ۸ دسی‌زیمنس بر متر به طور معنی‌داری به ۱/۱۳ گرم در بوته کاهش یافت. همچنین نشان داده شد که سطوح شوری آب بالاتر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش ویژگی‌های کمی گیاه شده و گیاه با کمک مکانیسم تنظیم اسمزی شرایط تنش را تا حدی تحمل می‌کند و به عنوان یک گیاه متحمل به تنش شوری معرفی شد. یزدانی بیوکی (۱۴۰۳) با اعمال تنش شوری آب آبیاری بر گیاه زنیان نشان داد که تمامی صفات مورد بررسی تحت تأثیر شوری قرار گرفتند، به طوری که صفاتی از قبیل ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک شاخساره، وزن خشک ریشه، تعداد ساقه فرعی، محتوای نسبی آب و درصد پتاسیم شاخساره با افزایش شوری تا سطح ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، به طور معنی‌دار و

۲۵۰ میلی لیتر از کودهای بیولوژیک بود قرار داده شد و جهت جلوگیری از تبادل رطوبتی با محیط اطراف درب بشر توسط پارافیلیم بسته شد.

### مشخصات خاک آزمایش

خاک مورد استفاده در این آزمایش از روستای چرخاب، واقع در شهرستان اشکذر از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری و بر اساس دستورالعمل نمونه برداری تهیه شد. نمونه های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده منابع طبیعی و بیابان زدائی دانشگاه یزد، مورد آزمایش قرار گرفتند. نتایج حاصل از تجزیه فیزیکی و شیمیائی خاک در جدول ۱ نشان داده شده است. برای پر کردن گلدان ها، خاک از الک ۲ میلی متر عبور داده شد.

خارجی، بذور در محلول هیپوکلریت سدیم پنج درصد به مدت ۱۰۰ ثانیه قرار گرفتند، سپس با آب مقطر شست و شو و بلافاصله در سایه خشک شدند. درصد جوانه زنی اولیه بذور ۹۵ درصد بود.

### تلقیح کودهای بیولوژیک

بذور ضد عفونی شده زینان به سه قسمت تقسیم شدند. یک قسمت آن برای اعمال تلقیح بذر با کود نیتروکسین، یک قسمت برای تلقیح بذر با کود سوپرنیتروپلاس و یک قسمت برای تیمار بدون تلقیح بذر (شاهد) در نظر گرفته شد. کودهای بیولوژیک مورد استفاده در این تحقیق از شرکت فن آوری زیستی مهر آسیا تهیه گردید. بذور زینان به مدت ۱۲ ساعت (در طول روز و در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد) درون کودهای بیولوژیک مورد نظر قرار داده شدند. بدین منظور بذرها در داخل بشر ۱۰۰ میلی لیتری که حاوی

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک مورد استفاده برای کاشت زینان

هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدپته	آهک کل	کربن آلی (درصد)	مواد آلی (درصد)	ظرفیت زراعی (درصد)	بافت خاک لومی	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)
۱/۴۹	۷/۷۸	۱۷	۰/۱۸	۰/۳۱	۱۶/۵		۱۰	۴۳	۴۷

بر تعداد بوته در گلدان (عدد پنج) تقسیم شد. برای اندازه گیری وزن خشک نیز، اندام های مختلف هوایی گیاه (برگ و ساقه به صورت جداگانه) درون پاکت قرار داده شدند و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه آن قرار گرفتند، سپس توزین بوته های خشک شده به وسیله ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۱ گرم صورت گرفت. وزن خشک گل (گل های بنفش رنگ) نیز پس از خشک کردن گل ها در سایه (دمای تقریباً ۱۵ درجه به مدت ۱۱ روز) با ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه گیری شد. پس از برداشت بوته ها، خاک گلدان درون ظروف حاوی آب قرار داده شدند. پس از شست و شوی ریشه ها طول ریشه اصلی با استفاده از خط کش برحسب سانتی متر اندازه گیری شد. برای اندازه گیری وزن خشک ریشه نیز، ریشه ها درون پاکت قرار داده شدند و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه آن قرار گرفتند، سپس توزین ریشه خشک شده به وسیله ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۱ گرم صورت گرفت. بعد از برداشت گل ها و خشک کردن آن ها در سایه، گل ها در پاکت های کاغذی تا زمان اندازه گیری اسانس نگهداری شدند.

### آزمایش مرحله رویشی و عملکردی

برای انجام آزمایش، ۳۶ گلدان ۵ لیتری با ۴/۲ کیلوگرم از خاک پر شدند. سپس ۲۰ عدد بذر در عمق ۱ سانتی متری از سطح خاک در هر گلدان کاشته شد، بعد از اطمینان از سبز شدن و هم چنین استقرار کامل گیاهچه ها، تنک بوته ها انجام و به تعداد ۵ بوته در گلدان رسانده شد. بعد از تنک کردن بوته ها (۲۰ روز پس از کاشت) اعمال تیمارهای شوری به صورت تدریجی انجام گرفت. آبیاری گلدان ها یک روز در میان و با در نظر گرفتن ۲۵ درصد تخلیه از گلدان ها برای جلوگیری از تجمع نمک در خاک گلدان بود.

### اندازه گیری صفات مورد مطالعه

صفات مورفولوژیکی در انتهای دوره رشدی (۱۸۲ روز پس از کاشت) به صورت میانگین پنج بوته در هر گلدان اندازه گیری شد. ارتفاع بوته با استفاده از خط کش برحسب سانتی متر انجام گرفت. در هر گلدان تعداد گل، تعداد و شاخه جانبی شمارش شد و در نهایت

## تجزیه و تحلیل داده‌ها

بررسی توزیع نرمال داده‌ها توسط آزمون کلموگرو سیمیرنوف انجام شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS<sup>۱</sup> مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD<sup>۲</sup> در سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام شد. نمودارها و اشکال با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

## نتایج و بحث

### ارتفاع بوته

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که ارتفاع نهایی بوته زنیان تحت تأثیر تنش شوری و پرایمینگ بذر با کودهای مختلف بیولوژیک قرار گرفت ( $P < 0.01$ ). اثر متقابل دوگانه بین سطوح شوری و پرایمینگ بذر نیز روی این شاخص تأثیری معنی‌داری نداشت ( $p > 0.05$ ) (جدول ۲).

در این تحقیق استخراج و اندازه‌گیری اسانس با روش تقطیر با آب با استفاده از دستگاه کلونجر انجام گرفت (امید بیگی، ۱۳۷۸). همچنین عملکرد اسانس نیز از حاصل ضرب درصد اسانس در عملکرد گل به دست آمد. برای اندازه‌گیری شاخص برداشت که نسبت بین جزء قابل فروش (بخش اقتصادی) و کل وزن خشک (عملکرد بیولوژیکی) می‌باشد، از رابطه ۱ استفاده گردید. در این رابطه عملکرد اقتصادی، می‌تواند عملکرد گل خشک یا عملکرد اسانس باشد؛ که در این صورت شاخص برداشت حاصله، شاخص برداشت گل و یا اسانس خواهد بود. در این تحقیق شاخص گل مورد محاسبه گردید.

= شاخص برداشت

$$(1) \quad 100 \times (\text{عملکرد بیولوژیکی} / \text{عملکرد اقتصادی})$$

همچنین صفات فیزیولوژیکی گیاه از قبیل میزان پرولین (Bates et al, 1973)، مقدار قند محلول (Kochert, 1978) و غلظت کلروفیل برگ (Lichtenthaler, 1987) نیز اندازه‌گیری شد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی گیاه زنیان تحت تأثیر شوری و پرایمینگ بذر با کودهای زیستی

منابع تغییر درجه آزادی		میانگین مربعات					ارتفاع بوته		تکرار
محتوای قندهای محلول برگ	درصد اسانس	محتوای قندهای محلول برگ	محتوای پرولین برگ	شاخص برداشت گل	عملکرد بذر	وزن خشک شاخساره	تعداد چتر در بوته	آزادی	
۰/۰۲۵۴	۰/۲۹۵**	۰/۰۲۵۴	۱/۶۵۷	۰/۱۲۴	۰/۰۲۶۰	۰/۵۳۶	۰/۵۲۷	۶/۸۸۵*	۲
۱۴/۴۲۵**	۰/۴۶۲**	۱۴/۴۲۵**	۴/۱۲۶**	۲/۰۲۲*	۰/۷۵۱**	۶۳/۴۱۱**	۸۴/۹۱۶**	۶۰/۱۰۴**	۳
۰/۱۰۴۷	۰/۰۸۱*	۰/۱۰۴۷	۱/۱۸۶	۱/۸۳۰*	۴۱/۱۲۸**	۱۲۷/۴۹۵**	۵۱/۳۶۱**	۱۳/۰۵۰**	۲
۰/۰۵۵۴	۰/۰۱۶۲	۰/۰۵۵۴	۰/۰۹۶	۰/۳۸۵	۰/۰۱۲۷	۲/۶۱۲**	۱/۵۸۳	۱/۲۱۶	۶
۰/۰۹۶	۰/۰۲۰	۰/۰۹۶	۰/۵۴۸	۰/۴۸۳	۰/۰۱۶۲	۰/۶۹۲	۰/۸۳۰	۰/۵۶۱	۲۲
۲۲/۵۱	۶/۵۵	۲۲/۵۱	۲۱/۶۱	۶/۹۷	۵/۴۱	۳/۸۹	۶/۶۸	۴/۲۱	-

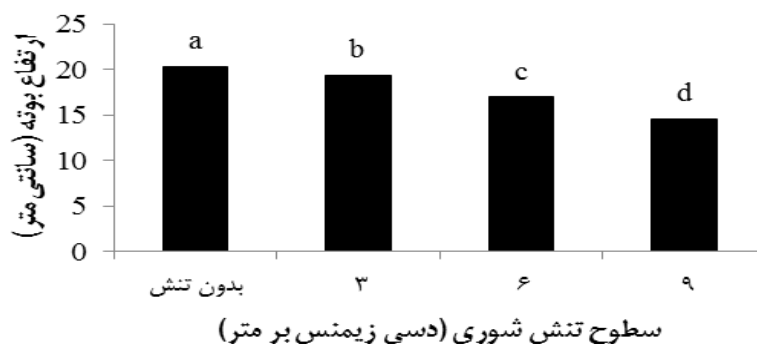
\* و \*\* به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

<sup>2</sup> LSD = Least Significant Difference

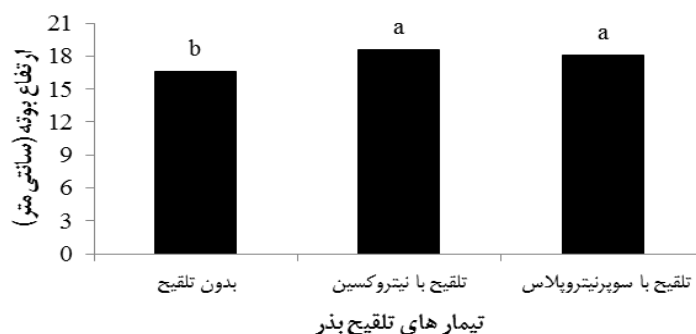
<sup>1</sup> Statistic Analyse System

۱). نتایج همچنین نشان داد که پرایم بذور زینان با کود بیولوژیک نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس منجر به افزایش ارتفاع بوته زینان به ترتیب به میزان ۱۲ و ۸/۹ درصد نسبت به تیمار شاهد شد. در این تحقیق بیشترین ارتفاع بوته زینان در تیمار پرایم با کود نیتروکسین به میزان ۱۸ سانتی متر به دست آمد (شکل ۲).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین و کمترین میزان ارتفاع بوته زینان به ترتیب در تیمار شاهد و ۹ دسی زیمنس بر متر به میزان ۲۰/۳ و ۱۴/۵ سانتی متر به دست آمد. با افزایش شوری از صفر (بدون تنش) به ۳، ۶ و ۹ دسی زیمنس بر متر ارتفاع بوته به طور معنی دار و به ترتیب ۵، ۱۷ و ۲۸ درصد کاهش داشت (شکل



شکل ۱- نتایج مقایسه میانگین ارتفاع بوته زینان تحت تأثیر سطوح مختلف تنش شوری میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی داری ندارند



شکل ۲- نتایج مقایسه میانگین ارتفاع بوته زینان تحت تأثیر تیمارهای مختلف تلقیح بذر میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی داری ندارند

(یزدانی بیوکی، ۱۴۰۳؛ یزدانی بیوکی و بناکار، ۱۳۹۸؛ حمیدیان و همکاران، ۱۴۰۲). صادق زاده‌اهری و همکاران (۱۳۹۵) نیز گزارش دادند که با افزایش میزان تنش شوری ارتفاع بوته گیاه دارویی سنبله کاهش معنی داری یافت. در این تحقیق کاربرد کودهای بیولوژیک برای پرایم بذور منجر به افزایش ارتفاع شد. وجود باکتری‌های محرک رشد گیاه در کودهای زیستی، دسترسی به مواد مغذی را افزایش داده که با افزایش تعداد میانگرمه منجر به

نتایج این تحقیق نشان داد که ارتفاع بوته با افزایش تنش شوری کاهش معنی دار یافت. کاهش ارتفاع می‌تواند به دلیل نقش تنش شوری در کاهش فاصله بین میان‌گره‌های ساقه زینان باشد. تنش شوری منجر به تنش آبی در گیاه شده و از آنجایی که آب نقش اساسی در بیشتر واکنش‌های گیاهی جذب عناصر غذایی توسط گیاه دارد لذا انتظار می‌رود که با کاهش جذب آب علاوه بر کاهش ارتفاع گیاه، دیگر فرآیندهای گیاه نیز دچار نقصان شوند

افزایش ارتفاع گیاه می‌شود. این باکتری‌ها همچنین ترکیباتی مانند اکسین‌ها، سیتوکینین‌ها، ریپوفلاوین‌ها و ویتامین را آزاد می‌کنند که باعث تحریک رشد و ازدیاد طول سلول‌های اندام هوایی شده که در نهایت منجر به افزایش ارتفاع گیاه می‌شود. در این راستا شیرزادی و همکاران (۱۳۹۳) نیز گزارش دادند که کاربرد کودهای زیستی *Intraradices Azotobacter chroococcum* و *Glomus* منجر به بهبود خصوصیات رشدی شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ بوته ریحان شده است که نتیجه آن افزایش تولید و وزن خشک و تر اندام هوایی بود.

### تعداد چتر در بوته

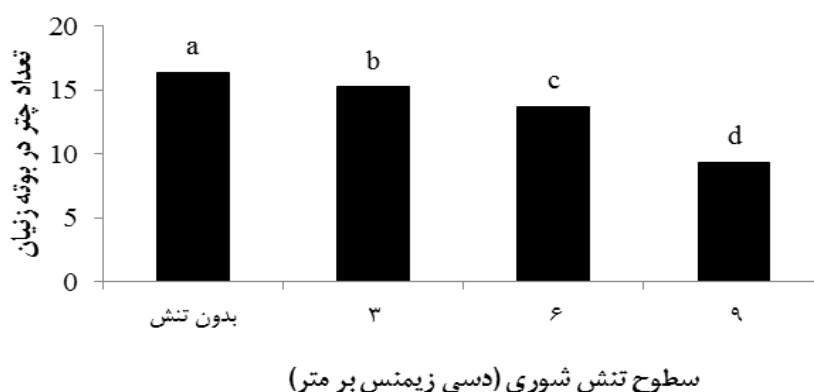
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تعداد چتر در بوته زنیان تحت تأثیر تنش شوری آب و پرایمینگ بذر با کودهای بیولوژیک قرار گرفت ( $P < 0.01$ ). اثر متقابل دوگانه بین تیمارهای آزمایش نیز معنی‌دار نبود ( $P > 0.05$ ) (جدول ۲). نتایج مقایسه نشان داد که با افزایش شوری از شاهد (بدون تنش) به ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر، تعداد چتر در بوته زنیان به ترتیب ۶/۸، ۱۶/۳ و ۴۲/۸ درصد کاهش یافت. این کاهش در بین تمام سطوح شوری معنی‌دار بود. بیشترین و کمترین میزان تعداد چتر در بوته در تیمار شاهد و شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب به میزان ۱۶/۴ و ۹/۴ عدد در بوته مشاهده شد (شکل ۳). (Cuellar-Ortiz et al., 2008) بیان نمودند که در صورتیکه گیاه در مراحل اولیه رشد زایشی تحت تنش قرار گیرد، بسته به شدت تنش این امکان وجود دارد که تولید اندام‌های زایشی گیاه کاهش یابد. تلقیح بذر با کودهای بیولوژیک نیز اثر معنی‌داری بر روی افزایش تعداد چتر در بوته زنیان داشت. نتایج نشان داد که تعداد چتر در تیمار پرایم نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس نسبت به تیمار بدون پرایم به ترتیب حدود ۳۲ و ۳۲/۱ درصد افزایش داشته است (شکل ۴). دلیل این امر می‌تواند افزایش وزن ریشه، جذب بهتر عناصر غذایی نظیر پتاسیم و کلسیم و همچنین بهبود روابط آبی گیاه باشد (Kumari et al., 2014).

### وزن خشک شاخساره

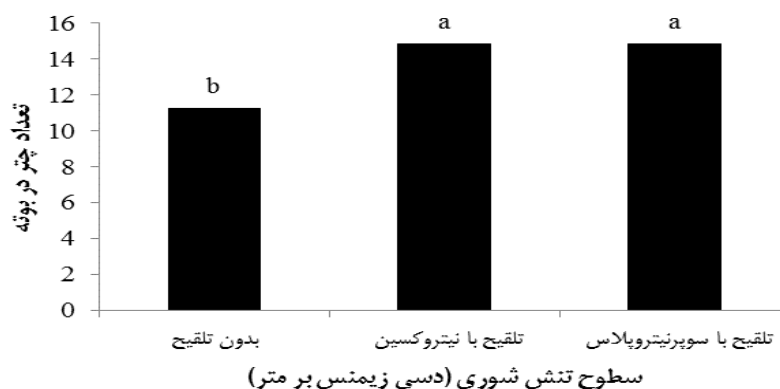
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که وزن خشک شاخساره زنیان تحت تأثیر سطوح مختلف تنش شوری آب آبیاری و پرایمینگ بذر با کودهای مختلف زیستی و اثر متقابل دوگانه بین

تیمارهای آزمایشی قرار گرفت ( $P < 0.01$ ) (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه بین شوری و تیمارهای پرایمینگ بذر زنیان نشان داد که بیشترین میزان وزن خشک شاخساره بوته زنیان در ترکیب تیماری پرایم بذر با کود بیولوژیک نیتروکسین و سوپر نیتروپلاس در سطح شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۲۵/۴۹ و ۲۵/۲۷ گرم در بوته و در شوری شاهد با مقادیر ۲۵/۰۳ و ۲۴/۱۳ گرم در بوته به دست آمد که با دیگر ترکیبات تیماری تفاوت معنی‌دار داشت. کمترین وزن خشک شاخساره زنیان نیز در ترکیب تیماری عدم تلقیح بذر با کودهای بیولوژیک و سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۱۲/۶ گرم در بوته به دست آمد. نتایج نشان داد که با افزایش شوری از شاهد (بدون تنش) به ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر در تیمار شاهد بدون پرایم تعداد شاخه جانبی زنیان به ترتیب با ۱/۷ درصد افزایش و سپس با ۹/۸ و ۳۶/۱ درصد کاهش، در تیمار پرایمینگ با نیتروکسین به ترتیب با ۱/۸ درصد افزایش و سپس با ۸/۵ و ۲۲/۳ درصد کاهش و در تیمار پرایمینگ با سوپرنیتروپلاس به ترتیب با ۴/۷ درصد افزایش و سپس ۴/۶ و ۱۲/۶ درصد کاهش یافت. به نظر می‌رسد پرایمینگ بذر با کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس افزایش بیشتر وزن برگ و ساقه را نسبت به نیتروکسین به همراه داشت اگرچه این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل ۵).

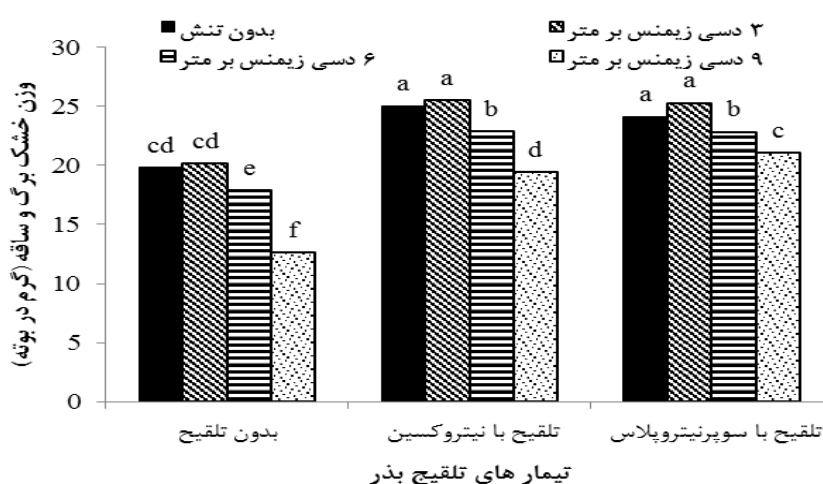
به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان‌دهنده تأثیر منفی شوری بر وزن خشک گیاه زنیان بود. این کاهش را می‌توان به کم شدن فعالیت فتوسنتزی گیاه در مواجهه با شرایط شور نسبت داد (Azarmi-Atajan and Sayyari-Zohan, 2020). کم شدن رشد گیاه همچنین می‌تواند به دلیل کاهش پتانسیل اسمزی خاک باشد که منجر به کاهش جذب آب توسط گیاه می‌شود. (Karimzadeh et al., 2021) در تحقیق خود کاهش وزن خشک گیاه گندم را با افزایش تنش شوری نشان دادند. تلقیح بذر زنیان با کودهای زیستی منجر به افزایش وزن خشک شاخساره شد. این افزایش را می‌توان به بهبود قابل توجه در سرعت فتوسنتز، افزایش رشد ریشه و افزایش جذب آب توسط زنیان نسبت داد. این عوامل منجر به افزایش رشد گیاه شده که اثر مثبتی بر زیاد شدن شاخص زیست‌توده خشک گیاه داشته است. یافته‌های این تحقیق با مطالعات قبلی (Rana et al., 2012) و (Benidire et al., 2020) همخوانی دارد.



شکل ۳- نتایج مقایسه میانگین تعداد چتر در بوته زنیان تحت تأثیر سطوح مختلف تنش شوری میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند



شکل ۴- نتایج مقایسه میانگین تعداد چتر در بوته زنیان تحت تأثیر تیمارهای مختلف تلقیح بذر میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند

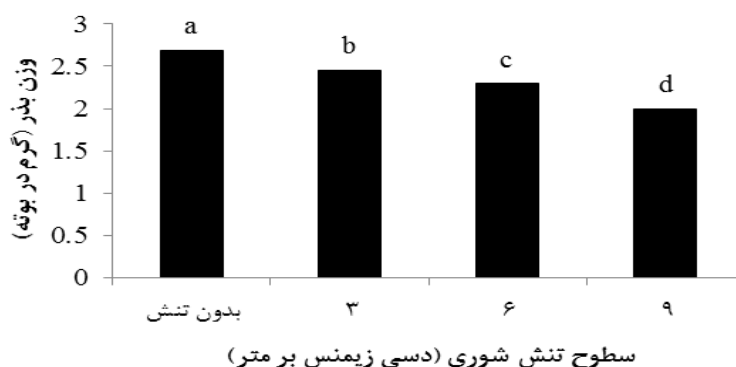


شکل ۵- نتایج مقایسه میانگین وزن خشک شاخساره زنیان تحت تأثیر اثر متقابل سطوح مختلف شوری و تیمارهای مختلف تلقیح بذر میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند

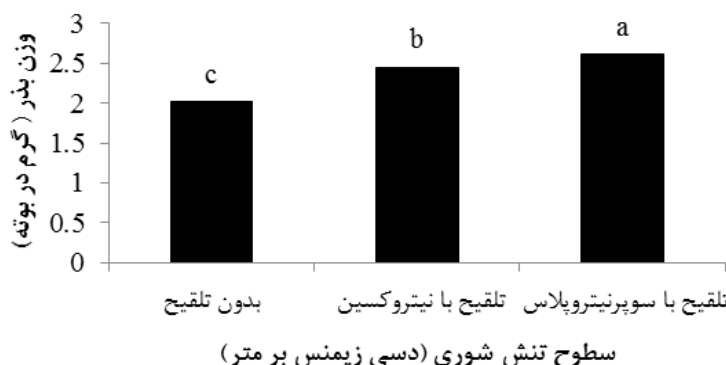
### عملکرد دانه زنیان

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد دانه زنیان تحت تأثیر تنش شوری و پرایمینگ بذر با کودهای مختلف بیولوژیک قرار گرفت ( $P < 0.01$ ). اثر متقابل دوگانه بین تیمارهای آزمایشی معنی دار نبود ( $P < 0.05$ ) (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش سطوح شوری از شاهد (بدون تنش) به ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد دانه زنیان به ترتیب ۸/۷، ۱۴/۵ و ۲۵/۶ درصد کاهش داشته است (شکل ۶). اعمال تنش شوری در مرحله زایشی گیاه زنیان توانست تعداد چتر در بوته را کاهش داده که می‌تواند دلیلی بر کاهش عملکرد دانه این گیاه باشد. به‌طور کلی تنش شوری جذب عناصر غذایی توسط گیاه را کاهش و موجب عدم تعادل مواد غذایی شده که کاهش رنگریزه‌های فتوسنتزی را به دنبال دارد. با کاهش میزان فتوسنتز و کم شدن ذخیره ساکاروز،

تجزیه نشاسته که نوعی از واکنش گیاه به تنش شوری است در برگ‌های گیاه رخ می‌دهد (Thalman et al., 2016). این عمل در نهایت منجر به کاهش ذخیره نشاسته در بذر شده که کاهش عملکرد دانه را در پی دارد. نتایج هم‌چنین نشان داد که با پرایم بذر با کودهای بیولوژیک سوپرنیتروپلاس و نیتروکسین به ترتیب ۲۹/۶ و ۲۱/۶ درصد افزایش در عملکرد دانه نسبت به شاهد مشاهده شد که این افزایش در کود بیولوژیک سوپرنیتروپلاس به‌طور معنی‌داری از کود نیتروکسین بیشتر بود (شکل ۷). میکروارگانیسیم‌های موجود در کودهای زیستی از طریق مکانیسم‌های مختلفی نظیر تسهیل جذب عناصر غذایی، ثبت نیتروژن مولکولی، حل نمودن فسفات معدنی، کمک به جذب ریزمغذی‌هایی مانند آهن از طریق تولید سیدروفو و افزایش غلظت هورمون‌هایی نظیر اکسین و کاهش سطح هورمون اتیلن باعث بهبود تولید بذر در گیاه می‌شوند (Etesami and Glick, 2020).



شکل ۶- نتایج مقایسه میانگین وزن بذر زنیان تحت تأثیر سطوح مختلف تنش شوری میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند

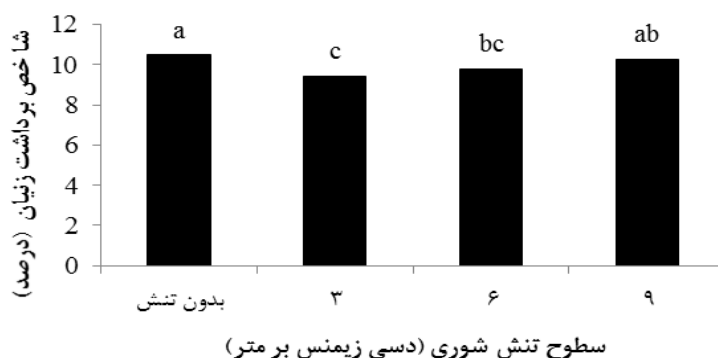


شکل ۷- نتایج مقایسه میانگین وزن بذر زنیان تحت تأثیر تیمارهای مختلف تلقیح بذر میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند

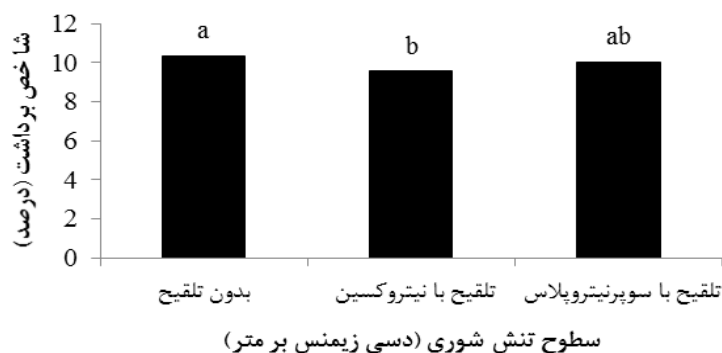
### شاخص برداشت گل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که شاخص برداشت گل زنیان تحت تأثیر تنش شوری و پرایمینگ بذر با کودهای بیولوژیک قرار گرفت ( $P < 0.05$ ). اثر متقابل دوگانه بین تیمارهای آزمایشی بر روی این صفت معنی دار نبود ( $p > 0.05$ ) (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر تنش شوری نشان داد که با افزایش میزان شوری از صفر به ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر میزان شاخص برداشت گل به ترتیب ۱۰، ۶/۷ و ۲/۲ درصد کاهش یافت. در این تحقیق بیشترین میزان شاخص برداشت گل در تیمار شاهد و شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۱۰/۴۷، ۱۰/۲۴ درصد مشاهده شد.

کمترین میزان این شاخص نیز در شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (شکل ۸). نتایج نشان داد که شاخص برداشت گل زنیان به طور معنی‌داری تحت تأثیر تلقیح بذر با کودهای بیولوژیک قرار گرفت بدین صورت که تلقیح بذر با کودهای نیتروکسین و سوپر نیتروپلاس نسبت به تیمار بدون تلقیح کاهش ۷/۴ و ۲/۷ درصدی در این صفت مشاهده شد. بین دو نوع کود بیولوژیک از این نظر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۹). بیوپرایمینگ از طریق بهبود جذب عناصر غذایی در گیاه منجر به افزایش وزن گل گیاه شده که بیشتر شدن شاخص برداشت گل را در پی دارد.



شکل ۸- نتایج مقایسه میانگین شاخص برداشت زنیان تحت تأثیر سطوح مختلف تنش شوری میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند



شکل ۹- نتایج مقایسه میانگین شاخص برداشت گل زنیان تحت تأثیر تیمارهای مختلف تلقیح بذر میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند

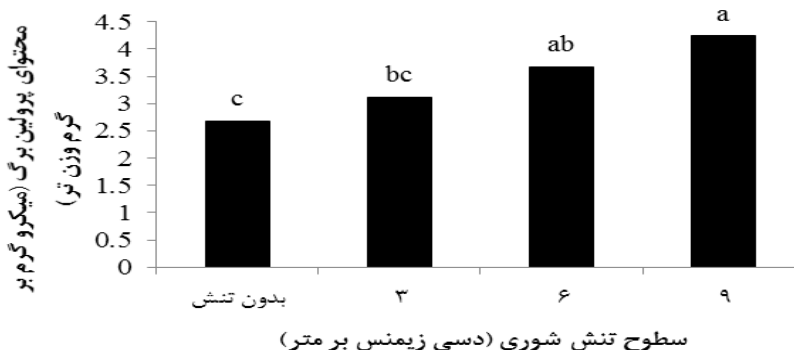
### پرولین

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که پرولین زنیان تحت تأثیر سطوح مختلف تنش شوری آب آبیاری قرار گرفت ( $P < 0.01$ ). اثر

پرایمینگ بذر با کودهای مختلف زیستی و اثر متقابل دوگانه بین تیمارهای آزمایشی بر روی پرولین معنی‌دار نبود ( $p > 0.05$ ) (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش سطوح شوری از

شوری شاهد و شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر و همچنین بین سطوح شوری ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری نداشتند (شکل ۱۰).

صفر (آب شهر-بدون تنش) به ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر محتوای پرولین برگ زنیان به ترتیب ۱۶/۲، ۳۶/۷ و ۵۸/۲ درصد افزایش داشته است. محتوای پرولین برگ بوته زنیان در سطح

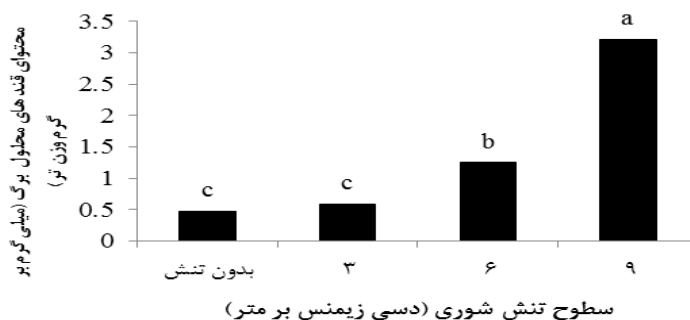


شکل ۱۰- نتایج مقایسه میانگین پرولین برگ زنیان تحت تأثیر سطوح مختلف تنش شوری میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند

با افزایش سطوح شوری از صفر (آب شهر-بدون تنش) به ۳، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر میزان این صفت به ترتیب ۲۵/۴، ۱۰۶ و ۵۸۰ درصد افزایش داشته است. بین محتوای قندهای محلول برگ بوته زنیان در سطح شوری شاهد و شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱۱).

#### قندهای محلول

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که قندهای محلول زنیان تحت تأثیر سطوح مختلف تنش شوری آب آبیاری قرار گرفت ( $P < 0.01$ ). اثر پرایمینگ بذر با کودهای مختلف زیستی و اثر متقابل دوگانه بین تیمارهای آزمایش معنی‌دار نبود ( $p > 0.05$ ) (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین محتوای قندهای محلول برگ زنیان نشان داد که



شکل ۱۱- نتایج مقایسه میانگین قندهای محلول زنیان تحت تأثیر سطوح مختلف تنش شوری میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند

مشاهده شده است (Zaki et al., 2010; Tavakkoli et al., 2010). (2019) پنگ و همکاران بیان نمودند که تجمع پرولین یک شاخص فیزیولوژیکی حیاتی است که نشان‌دهنده واکنش گیاهان به نمک و سایر تنش‌ها غیرزنده است (Peng et al., 2008). تجمع پرولین

محتوای پرولین و ترکیبات قندی برگ گیاهان در شرایط تنش باهدف کاهش اثرات نامطلوب تنش بر تعادل اسمزی گیاهان افزایش می‌یابد (Ashraf and Foolad, 2007). همبستگی بین تجمع پرولین و تحمل به تنش خشکی و شوری در گیاهان مختلف

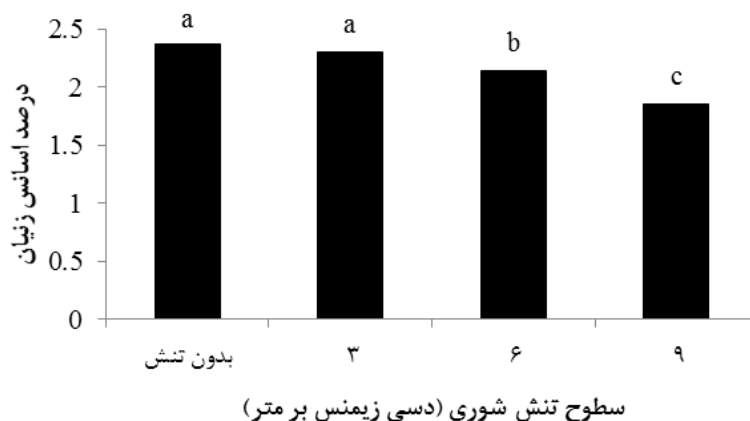
### عملکرد اسانس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد اسانس زنیان تحت تأثیر تنش شوری و پرایمینگ بذر با کودهای مختلف زیستی قرار گرفت ( $P < 0.01$ ). اثر متقابل دوگانه بین تیمارهای آزمایش بر این صفت معنی‌دار نبود ( $p > 0.05$ ) (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین عملکرد اسانس زنیان نشان داد که با افزایش سطوح شوری این شاخص کاهش معنی‌داری یافت. بدین‌صورت که با افزایش شوری از صفر (آب شهر-بدون تنش) به ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب ۱۱/۱۵، ۲۲/۹ و ۴۱/۳ درصد کاهش در صفت مذکور مشاهده شد (شکل ۱۴). تحقیقات مختلفی کاهش میزان اسانس تولیدی در گیاهان دارویی به دلیل تنش شوری را گزارش نموده‌اند. در این راستا خرسندی و همکاران (۱۳۸۹) کاهش عملکرد گیاه آگاستاکه (*Agastache foeniculum*) در اثر افزایش شوری را گزارش نمودند. در مطالعه دیگر (Udagawa, 1995) کاهش غلظت کل اسانس گیاه شوید را با افزایش شوری گزارش دادند. دلیل افزایش میزان اسانس با افزایش شوری را می‌توان به محدود شدن عرضه سیتوکینین از ریشه‌ها به شاخه‌ها و در نتیجه تغییر در نسبت سیتوکینین به اسید آبسزیک برگ نسبت داد (Dow et al., 1981). همچنین کاهش عملکرد اسانس را می‌توان به اثر زیان‌آور شوری بر رشد و عملکرد شاخساره گیاه زنیان نسبت داد. نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی تلقیح کودهای بیولوژیک نشان داد که با تغییر در نوع کود بیولوژیک استفاده شده برای پرایم بذور از تیمار بدون پرایم به تیمار پرایم بذور با کودهای بیولوژیک سوپرنیتروپلاس و کود بیولوژیک نیتروکسین به‌ترتیب ۳۳/۶ و ۱۶/۱ درصد افزایش در عملکرد اسانس زنیان مشاهده شد. این افزایش به‌طور معنی‌داری در کود سوپرنیتروپلاس از کود نیتروکسین بیشتر بود (شکل ۱۵). استفاده از باکتری‌های تثبیت‌کننده نیترات و حل‌کننده فسفات می‌تواند جذب نیتروژن و فسفر را افزایش داده که این خود منجر به افزایش تولید زیست‌توده و به دنبال آن بالا رفتن عملکرد اسانس می‌گردد (Roshanpour et al., 2014). یافته‌های این تحقیق با مطالعات انجام‌شده توسط (Al-Amri, 2021) بر روی گیاه نعنای فلفلی و (et al., 2011) در گیاه مرزنجوش بستانی مطابقت دارد.

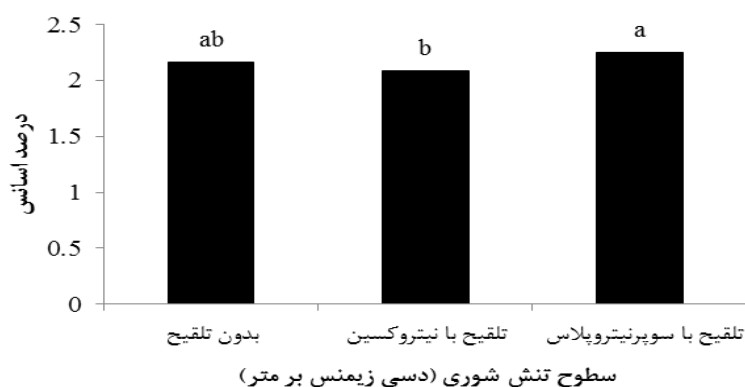
می‌تواند به حفظ پتانسیل بالاتر آب برگ در طول تنش و محافظت در برابر استرس اکسیداتیو کمک کند (Izeid et al., 2014). لوسینا گزارش داد که افزایش محتوای پرولین تحت تنش شوری می‌تواند ناشی از کاهش در تبدیل پرولین به گلوتامات باشد که در نهایت باعث کاهش استفاده از آن در سنتز پروتئین می‌شود. یافته‌های تحقیق همچنین بیانگر آن است که با افزایش شوری میزان قندهای محلول گیاه افزایش یافت (Lucena, 2006). افزایش غلظت قندهای محلول در گیاه منجر به کاهش فشار اسمزی قسمت هوایی گیاه شده و جذب آب را در شرایط وجود استرس شوری بهبود می‌بخشد. در بسیاری از گیاهان تجمع مواد آلی محلول یکی از پاسخ‌های سازشی گیاه در مقابل تنش شوری و خشکی برای حفظ تعادل اسمزی است (کدخدایی و همکاران، ۱۳۹۳). همچنین افزایش در میزان قند در شرایط تنش را می‌توان به دلیل کاهش در میزان فتوسنتز، شکستن قندهای بزرگ (نشاسته) به قندهای کوچک (گلوکز) و یا مصرف کمتر کربوهیدرات توسط گیاه نسبت داد (دوست حسینی و همکاران، ۱۳۹۹).

### درصد اسانس

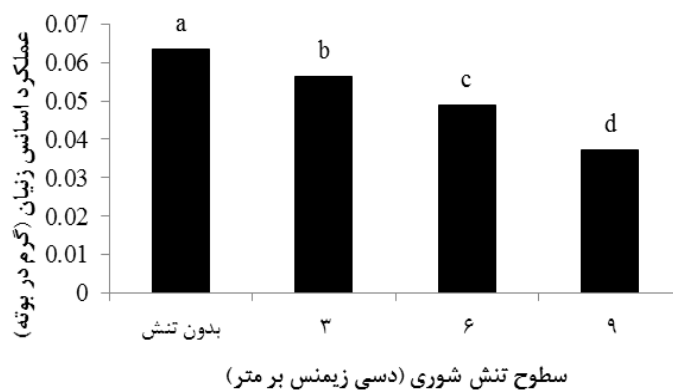
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که درصد اسانس زنیان تحت تأثیر سطوح مختلف تنش شوری آب آبیاری و پرایمینگ بذر با کودهای مختلف زیستی قرار گرفت ( $P < 0.01$ ). اثر متقابل دوگانه بین تیمارهای آزمایش بر این صفت معنی‌دار نبود ( $p > 0.05$ ) (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین درصد اسانس زنیان نشان داد که افزایش سطوح شوری به ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر این شاخص کاهش معنی‌داری داشت. بدین‌صورت که با افزایش شوری از صفر (آب شهر-بدون تنش) به ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب ۲/۸، ۹/۵ و ۲۱/۵ درصد کاهش در صفت مذکور مشاهده شد. این کاهش بین شوری‌های شاهد و ۳ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار نبود (شکل ۱۲). نتایج همچنین نشان داد که از تیمار بدون پرایم به تیمار پرایم بذور با کودهای بیولوژیک سوپرنیتروپلاس و نیتروکسین به‌ترتیب ۴/۱۷ درصد افزایش و ۳/۴۱ درصد کاهش در درصد اسانس زنیان مشاهده شد که از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل ۱۳).



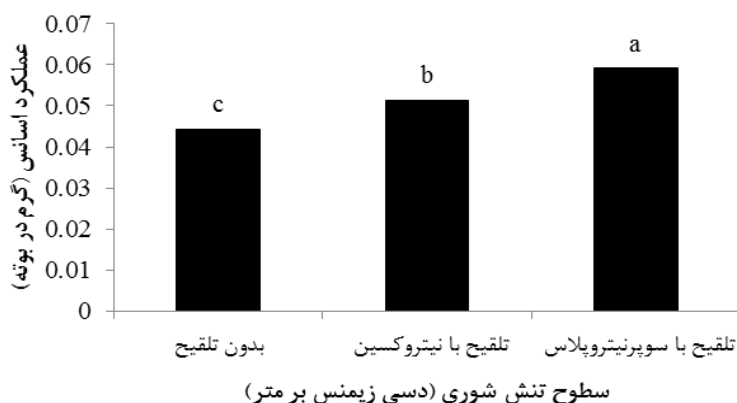
شکل ۱۲- نتایج مقایسه میانگین درصد اسانس زنیان تحت تأثیر سطوح مختلف تنش شوری میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند



شکل ۱۳- نتایج مقایسه میانگین درصد اسانس زنیان تحت تأثیر تیمارهای مختلف تلقیح بذر میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند



شکل ۱۴- نتایج مقایسه میانگین عملکرد اسانس بوته زنیان تحت تأثیر سطوح مختلف تنش شوری میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند



شکل ۱۵- نتایج مقایسه میانگین عملکرد اسانس زنیان تحت تأثیر تیمارهای مختلف تلقیح بذر میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند

## نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این تحقیق بیانگر اثر منفی تنش شوری بر رشد و عملکرد گیاه زنیان و نقش مثبت بیوپرایمینگ بذر با کودهای زیستی نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس بر کاهش اثرات تنش شوری بر روی گیاه مورد مطالعه بود. از آنجایی که شرایط محیطی در مزرعه با شرایط گلخانه متفاوت است، لازم است تحقیقات بیشتری برای تعیین اثربخشی پرایمینگ زیستی بر کاهش تأثیر منفی شوری بر گیاه زنیان در شرایط مختلف مزرعه انجام شود.

## منابع

امید بیگی، ر. ۱۳۸۷. تولید و فرآوری گیاهان دارویی، تهران، جلد سوم، انتشارات استان قدس.  
 پیری، ع، کشته گر، م، توسلی، ا. و باباییان، م. ۱۳۹۶. اثر تنش شوری بر تنظیم‌کننده‌های اسمزی، عملکرد و اسانس توده‌های محلی زنیان (*Trachyspermum ammi* L.). اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی (علوم کشاورزی). ۱۱ (۳): ۵۱۹-۵۳۰.  
 جوشن، ز، سودایی زاده، ح، حکیم زاده اردکانی، م.ع، یزدانی بیوکی، ر. و خواجه حسینی، س. ۱۳۹۹. بررسی تأثیر محلول‌پاشی گلایسین بتائین بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی نعناع (*Mentha spicata* var. *crantz*) تحت تنش شوری. تولیدات گیاهی. ۴۳ (۲): ۲۶۷-۲۸۰.

حمیدیان، ه، سودایی زاده، ح، یزدانی بیوکی، ر، حکیم زاده، م.ع. و سلطانی گردفرامرزی، م. ۱۴۰۲. امکان‌سنجی توسعه کاشت نشایی و بذری زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) با منابع آب شور. مجله آبیاری و زهکشی ایران. ۱۷ (۶): ۱۱۴۵-۱۱۶۱.

خرسندی، ا.ع، حسنی، ع، سفید کن، ف، شیرزاد، ح. و خرسندی، ع. ۱۳۸۹. اثر تنش شوری ناشی از کلور سدیوم بر رشد، عملکرد، میزان و ترکیب‌های اسانس *Agastache foeniculum kuntz*. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۶ (۳): ۴۳۸-۴۵۱.

دوست حسینی، م، سودایی زاده، ح، یزدانی بیوکی، ر، سرافراز، م.ر. و حکیم زاده، م.ع. ۱۳۹۹. بررسی واکنش‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه دارویی سیاه شور به مقدار شوری آب. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۳۴ (۱): ۱۲۱-۱۳۶.

رضایی چپانه، ا، جلیلیان، ج، ابراهیمیان، ا. و سیدی، س. م. ۱۳۹۴. اثر کودهای زیستی بر عملکرد کمی و کیفی زنیان در سطوح مختلف آبیاری. به زراعی کشاورزی (مجله کشاورزی پردیس ابوریحان). ۱۷ (۳): ۷۷۵-۷۸۸.

رهی، ع. ۱۳۹۵. تأثیر کودهای بیولوژیک سوپرنیتروپلاس و بیوسوپرفسفات بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ریحان (*Ocimum basilicum* L.). نشریه روابط خاک و گیاه. ۷ (۲): ۱۲۵-۱۳۶.

- Azarmi-Atajan, F. and Sayyari-Zohan, M.H. 2020. Alleviation of salt stress in lettuce (*Lactuca sativa* L.) by plant growth-promoting rhizobacteria. J. Hortic. Postharvest Res. 3: 67-78.
- Bates, L., Waldren, R. P. and Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil. 13: 39-250.
- Benidire, L., El Khalloufi, F., Oufdou, K., Barakat, M., Tulumello, J., Ortet, P., Heulin, T. and Achouak, W. 2020. Phytobeneficial bacteria improve saline stress tolerance in *Vicia faba* and modulate microbial interaction network. Sci. Total Environ. 729: 139020.
- Cuellar-Ortiz, S.M., De La Paz Arrieta-Montiel, M., Acosta-Gallegos, J. and Covarrubias, A.A. 2008. Relationship between carbohydrate partitioning and drought resistance in common bean. Plant Cell Environ. 31: 1399-1409.
- Devika, O.S., Singh, S., Sarkar, D., Barnwal, P., Suman, J. and Rakshit, A. 2021. Seed priming: A potential supplement in integrated resource management under fragile intensive ecosystems. Front. Sustain. Food Syst. 5: 654001.
- Dow, A.I., Cline, T.A. and Horning, E.V. 1981. Salt tolerance studies on irrigated mint. Bulletin of Agricultural Research Center, Washington State University, Pullman, 906p.
- Etesami, H. and Glick, B.R., 2020. Halotolerant plant growth-promoting bacteria: prospects for alleviating salinity stress in plants. Environ. Exp. Bot. 178: 104124.
- Hussain, S., Shaukat, M., Ashraf, M., Zhu, C., Jin, Q. and Zhang, J. 2019. Salinity Stress in Arid and Semi-Arid Climates: Effects and Management in Field Crops. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen. 87982.
- Izeid, IM., Ghazi, S.M., Semary, N.A. and Abd El-Sattar, A.M. 2014. Counteracting inhibitory effect of salinity stress on cowpea germination using cyanobacterial extracts. Egyptian J. of Phycol, 15: 59-76.
- Karimzadeh, J., Alikhani, H.A., Etesami, H. and Pourbabaee, A.A. 2021. Improved phosphorus uptake by wheat plant (*Triticum aestivum* L.) with rhizosphere fluorescent pseudomonads strains under water-deficit stress. J. Plant Growth Regul. 40: 162-178.
- Kochert, G. 1978. Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid method. In Helebus, J.A., Craigie J. S (eds). Hand book of phycological Methods. Cambridge University Press, Cambridge. England. 95-97.
- شیرزادی، ف.، اردکانی م.ر. و اسدی رحمانی، ه. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر ورمی کمپوست و کودهای بیولوژیک بر برخی خصوصیات کمی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.). بوم‌شناسی کشاورزی. ۶ (۳): ۵۴۲-۵۵۱.
- صادق‌زاده اهری، د.، حسندخت، م.، ر.، کاشی، ع. و عمری، ا. ۱۳۹۵. اثر تنش خشکی بر برخی صفات زراعی و فیزیولوژیکی توده‌های شنبلیله بومی ایران. دو فصلنامه علمی و پژوهشی خشک بوم. ۶ (۱): ۹۵-۱۰۱.
- کدخدایی، ه.، سودایی‌زاده، ح. و مصلح‌آرانی، ا. ۱۳۹۳. اثر محلول‌پاشی گلایسین بتائین بر روی رشد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه کلزا تحت تنش خشکی در مزرعه. مجله علمی پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان. ۳ (۴): ۷۹-۹۰.
- کریمی افشار، آ.، باقی‌زاده، ا. و محمدی نژاد، ق. ۱۳۹۵. ارزیابی روابط صفات مورفولوژیک با عملکرد زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) در شرایط رطوبتی تحت تنش و بدون تنش. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی. ۸ (۱۸): ۱۶۰-۱۶۵.
- یزدانی بیوکی، و بناکار، م.ح. ۱۳۹۸. بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری بر گیاه دارویی زنیان (*Trachyspermum ammi* L). دومین همایش بین‌المللی شور و رزی، یزد، <https://civilica.com/doc/1135199>
- یزدانی بیوکی، ر. ۱۴۰۳. ارزیابی برخی ویژگی‌های رشدی گیاه دارویی زنیان (*Carum capticum* L.) در پاسخ به تنش شوری. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. در دست انتشار.
- Al-Amri, S.M. 2021. Response of growth, essential oil composition, endogenous hormones and microbial activity of *Mentha piperita* to some organic and bio-fertilizers agents. Saudi J. Biol. Sci. 28: 5435-5441.
- Al-Fraihat, A.H., Dalain, S.Y., Abu-Darwish, M.S., Al-Tabbal, J.A. and Al-Rawashden, Z.B. 2011. Effect of organic and bio-fertilizers on growth, herb and volatile oil of majoranum plant growth in Ajloun region Jordan. J. Med. Plant Res. 5(13): 2822-28335.
- Ashraf, M. and Foolad, M. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany. 59: 206-216.

- Lichtenthaler, H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. In *Methods in Enzymology*, Academic Press 148: 350-382.
- Kumari, A., Goyal, R.K., Choudhary, M. and Sindhu, S.S. 2014. Effect of different nitrogen levels and bio-fertilizers on growth, yield and nutrient content of *Chrysanthemum*. *Ann. Agric. Sci.* 35(2): 156-163.
- Lamochi, S. and Sakinejad, T. 2018. Assessment effect of super absorbent polymer and Nitroxin on growth curves and corn (*Zea mays* L.) production. *J. Plant Nutr.* 4: 2423-7353.
- Lucena, C., Waters, B.M., Romera, F.J., Garcia, M.J., Morales, M., Alcantara, E. and Perez-Vicente, R. 2006. Ethylene could influence ferric reductase, iron transporter, and H<sup>+</sup>-ATPase gene expression by affecting FER (or FER-like) gene activity. *Journal of Experimental Botany*, 57(15): 4145-4154.
- Mohanavelu, A., Naganna, S. R. and Al-Ansari. 2021. Irrigation Induced Salinity and Sodicity Hazards on soil and groundwater: an overview of its causes, impacts and mitigation strategies. *Agric* 11:983. doi: 10.3390/agriculture11100983.
- Mollazadeh, M., Miralli, R. and Tavakoli, A. 2008. Exogenous vitamin B1, B2, B6, B9 increases resistance to salt stress canola seed during germination, Fairst conference on seed science and technology abstract book.
- Monsur, M. B., Datta, J., Rohman, M. D. M., Hasanuzzaman, M., Hossain, A. and Islam, M. S. 2022. Salt-Induced Toxicity and Antioxidant Response in *Oryza sativa*: An Updated Review. In: *Managing Plant Production Under Changing Environment*, eds M. Hasanuzzaman, G. J. Ahammed, and K. Nahar (Singapore: Springer), doi: 10.1007/978-981-16-5059-84.
- Olanrewaju, O.S., Glick, B.R. and Babalola, O.O. 2017. Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 33:1-16.
- Peng, YL., Gao, Z.W, Gao, Y., Liu, GF., Sheng, LX. and Wang, D.L. 2008. Eco-physiological characteristics of alfalfa seedlings in response to various mixed salt-alkaline stresses. *Journal of Integrative Plant Biology* 50: 29-39.
- Rafieiolhossaini, M., Adams, A., Sodaieizadeh, H. and Van Damme, P. 2012. Fast quality assessment of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) by headspace solid-phase microextraction: influence of flower development stage. *Nat Prod Com-mun* 7 (1): 97-100
- Rahmani, F., Sodaieizadeh, H., Yazdani-Biouki, R. and Kamali Aliabadi, K. 2024. Effect of bio-priming on morphological, physiological and essential oil of Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) under salinity stress. *S Afr J Bot.* 167: 630-942.
- Rana, A., Joshi, M., Prasanna, R., Shivay, Y.S. and Nain, L. 2012. Biofortification of wheat through inoculation of plant growth promoting rhizobacteria and cyanobacteria. *Eur. J. Soil Biol.* 50: 118-126.
- Roshanpour, N., Darzi, M.T. and Haj Seyed Hadi, M.R. 2014. Quantity and quality of essential oil of basil (*Ocimum basilicum* L.) under bio-fertilizers application conditions. *Int.j.adv.biol.biomed.res.* 2 (6): 2134-2142.
- Sohrabizadeh, Z., Sodaieizadeh, H. and Mosleh Arani, A. 2023. Role of mucilage in improving seedling emergence of *Ocimum basilicum* L. exposed to salinity stress. *Rhizosphere.* 26: 100684.
- Tavakkoli, E., Rengasamy, P. and McDonald G. 2010. High concentrations of Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> ions in soil solution have simultaneous detrimental effects on growth of faba bean under salinity stress. *Journal of Experimental Botany*, 61: 4449-4459.
- Thalmann, M., Pazmino, D., Seung, D., Horrer, D., Nigro, A., Meier, T., Kölling, K., Pfeifhofer, H.W., Zeeman, S.C. and Santelia, D. 2016. Regulation of leaf starch degradation by abscisic acid is important for osmotic stress tolerance in plants. *Plant Cell* 28: 1860-1878.
- Udagawa, Y. 1995. Some responses of dill (*Anethum graveolens*) and thyme (*thymus vulgaris*) grown in hydroponic, to the concentration of nutrient solution. *Acta horticulturae*, 396, 203-210.
- Zaki, S.S., Eman, E.E.B. and Mostafa, M.R. 2019. Cyanobacteria and glutathione applications improve productivity, nutrient contents, and antioxidant systems of salt-stressed soybean plant. *Int. Lett. Nat. Sci.* 76: 72- 85 .

## Effect of Seed Biopriming on Quantitative and Qualitative Traits of Ajowan Plants under Salinity Stress and Fertilizer Nutrition

S. F Ansari<sup>1</sup>, H. Sodaiezadeh<sup>2\*</sup>, R. Yazdani Biyuki<sup>3</sup> and M.A. Hakimzadeh<sup>4</sup>

### Abstract

This research was conducted to investigate the effect of seed priming with the biofertilizers Supernitroplus and Nitroxin on the growth, yield, and biochemical characteristics of Ajwain under salinity stress. The experiment was conducted in the greenhouse of Yazd university in 2022 using a factorial design based on a randomized complete block design with three replications. The experimental factors included four levels of water salinity stress (control, 3, 6, 9 dS/m) and three levels of biological fertilizer seed inoculation [no inoculation (control), seed inoculation with nitroxin fertilizer, and seed inoculation with supernitroplus fertilizer]. The results showed that the effects of salinity and seed inoculation treatments were significant on all morphological and physiological traits of Ajwain. Increasing salinity from the control to 9 dS/m reduced plant height (by 28.4%), the number of umbels per plant (by 42.8%), essential oil percentage (by 21.5%), and seed yield (by 25.7%). Meanwhile, proline content increased by 58.2%, and soluble sugars by 500%. Additionally, seed inoculation with Nitroxine and Supernitroplus fertilizers improved Ajowan traits, increased plant height (by 12% and 9% respectively), seed yield (by 21.6% and 29.6%, respectively) and essential oil yield (by 16.1% and 33.6%, respectively) compared to the control (non-inoculation treatment).

**Keywords:** Biofertilizer, Nitroxin, Salinity, Seed Priming, Supernitroplus

<sup>1</sup> MS Student, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran

<sup>2</sup> Professor, Department of Arid and Desert Regions, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran  
(\* Corresponding Author Email: hsodaie@yazd.ac.ir)

<sup>3</sup> Assistant Professor, National Salt Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Yazd, Iran

<sup>4</sup> Associate Professor, Department of Arid and Desert Regions, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran

Received: 14 Aug 2024

Accepted: 26 Sep 2024