نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۱۲، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۴، ص. ۱۱۰-۹۱

Water Management in Agriculture
Vol. 12, No. 2, Autumn and Winter 2026, 91-110

مقاله علمی -پژوهشی

بررسی اثر کود آلی زرگرین بر کاهش اثرات شوری آب آبیاری بر خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی خیار گلخانه‌ای

حمید سودائی زاده[۱*]، اصغر مصلح آرانی[۱]، علی نژادرنجبر[۲]، ادریس گویلی کیلانه[۲]، جمشید شهاب[۳] و ذبیح‌الله شریفی[۴]

چکیده

کودهای آلی با بهبود جذب عناصر غذایی منجر به کاهش اثرات شوری بر رشد گیاه می‌شوند. این تحقیق با هدف بررسی اثر کود آلی بر پارامترهای رشدی و فیزیولوژیکی خیار گلخانه‌ای در شرایط استفاده از آب شور اجرا شد. بدین منظور اثر چهار سطح شوری آب آبیاری (۰/۴) (شاهد)، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) و پنج سطح کاربرد کود شامل بدون کود، کودآبیاری با غلظت‌های (۲، ۴ و ۶ میلی‌لیتر بر لیتر) و محلول‌پاشی (۴ میلی‌لیتر بر لیتر) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار بررسی شد. نتایج نشان داد کمترین رشد گیاه در شوری ۶ و ۹ مشاهده شد. در شوری ۹، مقادیر ۴ و ۶ میلی‌لیتر کودآبیاری طول ساقه را به‌ترتیب ۲۲/۴ و ۱۲/۸، وزن خشک بوته را ۴۶/۵ و ۳۲/۵ و وزن خشک ریشه را ۳۴/۷ و ۳۰ درصد افزایش داد. ۴ و ۶ میلی‌لیتر کودآبیاری منجر به افزایش کلروفیل a به‌ترتیب ۵۴/۹ و ۶۹ درصد، کاراتنوئیدها ۳۶/۴ و ۴۱/۷ درصد، کاهش پرولین به میزان ۲۰/۸ و ۲۰/۴ و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به میزان ۲۱/۵ و ۲۵/۲ درصد در شوری ۹ شد. بر اساس نتایج کود آلی، در کاهش اثرات سوء شوری مؤثر بود و منجر به بهبود رشد گیاه در مقایسه با شاهد شد.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان کل، تنش‌های محیطی، کودآبیاری، محلول‌پاشی

مقدمه

تنش شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که رشد و بهره‌وری محصولات کشاورزی را از طریق تأثیر بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه به‌شدت محدود می‌کند (جوشن و همکاران، ۱۳۹۹). در مناطق خشک و نیمه‌خشک، آبیاری با آب-های زیرزمینی حاوی نمک، سیستم‌های نامناسب آبیاری و زهکشی، استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی، بارندگی کم و عدم آبشویی، شوری خاک را افزایش داده و به‌عنوان تهدیدی برای کشت محصولات کشاورزی در این مناطق به‌حساب می‌آید (Shahid et al., 2018).

گیاهان برای رشد و تولید محصول علاوه بر آب، به عناصر غذایی نیز وابسته هستند. نیتروژن و فسفر عناصر کلیدی در تغذیه گیاهان به‌حساب می‌آیند و به‌عنوان یک جزء اصلی در ساختمان تعدادی مولکول‌های زنده از قبیل پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، اسیدهای آمینه، آنزیم‌ها، ویتامین‌ها و رنگیزه‌ها نقش اساسی در گیاهان ایفا می‌کنند (امیر یوسفی و همکاران، ۱۴۰۰). در سال ۲۰۲۲ میزان مصرف کودهای شیمیایی در جهان بالغبر ۱۸۷/۹۲ میلیون تن برآورد شده که ۵۸ درصد آن را کودهای ازته به خود اختصاص داده است (Statista Research Department, 2024). در ایران نیز مصرف کودهای شیمیایی از اواخر دهه ۵۰ شمسی در حال گسترش بوده به‌گونه‌ای که در حال حاضر در هر سال بیش از ۴/۴ میلیون تن کود شیمیایی در کشور مصرف می‌شود (Koocheki et al., 2017). مصرف بیش‌ازحد

[۱] استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد، یزد، ایران (* نویسنده مسئول: (Email: hsodaie@yazd.ac.ir
[۲] استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد، یزد، ایران
[۳] گروه صنعتی پژوهشی فرهیختگان زرنام (مرکز نوآوری)، کرج، ایران
[۴] گروه صنعتی پژوهشی فرهیختگان زرنام (مرکز نوآوری)، کرج، ایران
[۵] دانشجوی دکتری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد، یزد، ایران
[۶] کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد، یزد، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۸

کودهای شیمیایی منجر به افزایش شوری خاک و افـزایش آلـودگی آب‌های زیرزمینی می‌شود. معمولاً هیچ روش واحدی برای کنترل شوری در اراضی آبی وجود ندارد. برای غلبه یا کاهش مشکل شوری ترکیب مناسبی از رویکردها و شیوه‌های مختلف بسته به شرایط اقتصادی، اقلیمی، اجتماعی، محیطی و هیدروژئولوژیکی مورد نیاز است. استفاده از گیاهان مقاوم به شوری به دلیل تفاوت در پاسخ گیاه به تنش شوری و یکسان نبودن میزان تنش به‌طور کامل موفقیت‌آمیز نبوده و انتخاب گونه گیاهی برای تأمین عملکرد اقتصادی، به‌میزان شوری خاک یا آب آبیاری و عوامل محیطی بستگی دارد. از طرف دیگر تکنیک انتقال تحمل به نمک به گونه هدف نیز به‌طور کامل موفق نبوده است (Sairam and Tyagi, 2004). بدین منظور جهت غلبه بر تنش شوری به فن‌آوری‌های جایگزین نیاز بوده که دارای کارایی بیشتر و هزینه کمتر هستند. محققان درحال‌توسعه تکنیک‌های مختلف برای تولید پایدار محصولات کشاورزی هستند تا ابزارهای لازم برای تسهیل تولید کشاورزی در مناطق خشک را برآورده سازند (Rahmani et al., 2024).

یکی از روش‌های مقابله با شوری استفاده از کودهای آلی بوده که با بهینه‌سازی جذب عناصر غذایی منجر به کاهش اثرات شوری بر رشد گیاه شده و متعاقب آن باعث کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف بیش‌ازحد کودهای شیمیایی می‌شود (امیر یوسفی و همکاران، ۱۴۰۰). این نوع از کودها به دلیل دارا بودن مواد آلی زیاد توانایی اصلاح خاک‌های متأثر از نمک را داشته و قادر به افزایش حاصلخیزی این نوع خاک‌ها هستند. مطالعات متعددی توانایی کودهای آلی در بهبود خصوصیات خاک و افزایش فعالیت بیولوژیکی آن را نشان داده‌اند (Wang et al., 2014; Tejada et al., 2006). کوزه‌گر کالجی و اردکانی (۱۳۹۸) گزارش دادند که استفاده از کودهای آلی تأثیر معنی‌دار بر تعداد برگ و وزن خشک ریشه داشته و کلیه صفات موردبررسی در گیاه آب‌تره را در مقایسه با شاهد افزایش دادند. به‌طورکلی بر اساس نتایج این تحقیق کود آلی بر عملکرد و اجزای عملکرد آب‌تره دارای اثر مثبت بوده و از طریق در دسترس قرار دادن عناصر غذایی باعث افزایش خصوصیات کمی و کیفی گیاه شد. ابراهیم‌زاده و همکاران (۱۴۰۰) در بررسی اثر ۳ نوع کود زیستی، آلی و شیمیایی بر روی برخی از ویژگی‌های کیفی پس از برداشت خیار گزارش نمودند که کودهای بکار رفته بر تمامی شاخص‌های رشدی از قبیل وزن تر و خشک هر سه بخش میوه، برگ و ریشه اثر معنی‌داری داشتند. تیمارهای کودی همچنین تمامی پارامترهای پس از برداشت ازجمله میزان ویتامین ث میوه خیار و همین‌طور میزان کلروفیل a، b برگ را در مقایسه با شاهد بهبود بخشید. میزان عناصر پتاسیم و آهن نیز تحت تأثیر مثبت کودهای بکار رفته بود.

خیار (*Cucumis sativus* L.) از مهم‌ترین محصولات کشاورزی در کشور است به‌طوری‌که با تولید حدود ۱/۹ میلیون تن و سهم ۸/۲ درصدی از کل میزان تولید محصولات باغی، پس از سیب، پرتقال و انگور مقام چهارم را به خود اختصاص داده است. سطح زیر کشت خیار در کشور ۷۴۱۴ هکتار است که استان‌های تهران با سهم ۳۹/۷ درصدی، جنوب استان کرمان با سهم ۱۹/۷ درصدی و یزد با سهم ۱۵/۴ درصدی در رتبه‌های اول تا سوم تولیدکنندگان این محصول قرار دارند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۸). خیار، با داشتن فواید متعدد و کاربردهای متنوع، جایگاه ویژه‌ای در سبد غذایی مردم دارد و توسعه کشت آن می‌تواند به توسعه اقتصادی کشاورزان و تأمین نیازهای بازار کمک شایانی کند. با توجه به بررسی‌های به‌عمل آمده تاکنون تحقیقی در رابطه با تأثیر کود آلی زرگرین بر روی رشد و خصوصیات فیزیولوزیکی خیار انجام نشده است. لذا این تحقیق به‌منظور بررسی اثر این کود آلی بر خصوصیات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی خیار تحت تنش شوری در شرایط گلخانه‌ای انجام شد.

مواد و روش‌ها

کشت و اعمال تیمارها

این مطالعه در گلخانه تحقیقاتی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد با دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۴۵ درصد در اسفندماه سال ۱۴۰۱ اجرا شد. بذر خیار گلخانه‌ای رقم E23B. 16300 F1 (تولیدی شرکت انزا زادن هلند) از فروشگاه کشاورزی معتبر تهیه گردید. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در داخل گلدان‌های پلاستیکی با وزن ۷

کیلوگرم اجرا شد. عامل‌های آزمایشی شامل تنش شوری با استفاده از نمک NaCl با چهار سطح شامل (۰/۴ (شاهد)، ۳، ۶ و ۹ دسی زیمنس بر متر) و کود آلی با پنج سطح شامل شاهد (بدون کود آلی)، کود زرگرین به‌صورت کودآبیاری با غلظت‌های (۲، ۴ و ۶ میلی‌لیتر بر لیتر) و کود زرگرین به‌صورت محلول‌پاشی در نظر گرفته شدند. میزان مصرف کود زرگرین به‌صورت محلول‌پاشی به میزان ۴ میلی‌لیتر بر لیتر در نظر گرفته شد. کود آلی مایع زرگرین بر پایه مشتقات گیاهی و کاملاً سازگار با محیط‌زیست بوده و حاوی تمامی عناصر مورد نیاز گیاه است. این کود دارای گواهی ارگانیک از Bio Inspecta سوئیس است. زرگرین یک کود آلی نسبتاً جدیدی است که از هیدرولیز پروتئین‌های با منشاء گیاهی (غلات) به دست می‌آید. با توجه به مشخصات محصول، غلظت کل اسیدآمینه موجود در کود ۲۵ درصد، اسیدآمینه آزاد ۶ درصد، نیتروژن کل ۳ درصد، فسفر قابل‌استفاده (P_2O_5) ۲/۵ درصد، پتاسیم محلول در آب (K_2O) ۲ درصد، کربن آلی ۱۱ درصد، ماده آلی ۳۰ درصد، پلی ساکاریدها ۳ درصد، اسیدهای آلی ۱۳ درصد و pH آن ۳/۵ است. این کود با افزایش سرعت انتقال عناصر غذایی در گیاه، اصلاح pH در خاک‌های قلیایی و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک منجر به افزایش رشد و عملکرد گیاه شده و مناسب تولید محصولات کشاورزی ارگانیک است. این کود با افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود شرایط خاک قادر است مقاومت محصولات را به تنش‌های محیطی از قبیل شوری، خشکی و شرایط نامناسب دمایی افزایش دهد. جهت کاشت خیار ابتدا بذرها داخل سینی نشا کاشت و پس از سبز شدن به داخل گلدان‌های پلاستیکی در تاریخ ۱۴۰۱/۱۲/۶ کاشت شدند. قبل از کشت، میزان موردنیاز کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک (جدول ۱) محاسبه و به خاک گلدان‌ها اضافه شد. بر این اساس کود ازته به میزان ۳۵۰، کود فسفر به میزان ۲۷۰ و کود پتاس به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شده و بر اساس وزن گلدان‌ها به خاک آن‌ها اضافه شد. قبل از کاشت گیاهان، خاک مورد استفاده آبشویی و هدایت الکتریکی آن به زیر ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر تقلیل یافت. پس از کاشت نشاءها آبیاری با آب شور به‌صورت پلکانی انجام شد. بدین‌صورت که برای جلوگیری از شوک اسمزی به گیاه، ابتدا تیمار با غلظت رقیق‌تر نمک شروع و سپس غلظت کامل از نمک به‌تدریج به گیاه اعمال شد. اولین مرحله کوددهی با کود زرگرین در مرحله ۳ برگی کامل انجام و هر دو هفته یک‌بار ادامه یافت. جهت اعمال تیمارهای کودآبیاری، غلظت مورد نظر کود به آب حاوی نمک اضافه و به خاک گلدان‌ها داده شد. در تیمار محلول‌پاشی ابتدا غلظت مورد نظر کود در یک لیتر آب حل و بر روی برگ گیاهان به‌طور یکنواخت پاشیده شد. آبیاری به فاصله هر ۳ روز یک‌بار صورت گرفت. جهت اعمال صحیح تیمارها و جلوگیری از تجمع نمک طی اعمال تنش به گیاه، به‌طور مرتب هدایت الکتریکی آب خارج شده از گلدان با دستگاه هدایت سنج الکتریکی مدل (JENWAY-4320) اندازه‌گیری و در صورت افزایش میزان شوری از حد مجاز، آبشویی با آب شاهد اعمال شد (نظرپور و همکاران، ۱۳۹۹)

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده قبل از آبشویی

بافت خاک	pH	آهک	کربن آلی	ازت کل	سدیم	کلسیم	منیزیم	فسفر	پتاسیم	مس	روی	آهن	منگنز
	–	درصد			میلی اکی والانت در لیتر			پی پی‌ام					
لومی‌شنی	۷/۶	۲۵/۱	۱/۳	۰/۱۱	۱۱/۴	۱۴/۸	۷/۶	۴/۷۶	۱۸۵	۱/۶۹	۲/۴۶	۱۰/۳	۸/۲۹

پس از رشد کامل بوته‌های خیار، برداشت گیاهان در تاریخ ۱۴۰۲/۳/۳۰ صورت پذیرفت. در انتهای آزمایش، صفات مورفولوژیکی از قبیل طول ساقه، طول ریشه، وزن خشک بخش هوایی، حجم و وزن خشک ریشه در هر گلدان محاسبه شد. همچنین صفات فیزیولوژیکی شامل میزان کلروفیل و کاراتنوئیدها، میزان پرولین، میزان قندهای محلول و آنتی اکسیدان کل اندازه-گیری گردید. طول ساقه و ریشه با استفاده از خط‌کش بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک نیز، اندام‌های هوایی و ریشه گیاه به‌طور جداگانه در درون پاکت قرار داده شدند و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه آون قرار گرفتند، سپس توزین اندام‌های خشک شده بوسیله ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۱ گرم صورت گرفت. جهت اندازه‌گیری حجم ریشه پس از جدا کردن اندام هوایی و ریشه از یکدیگر و شستشوی ریشه، ریشه‌ها در داخل استوانه مدرج با میزان آب مشخص گذاشته شدند،

از روی تغییر حجم آب درون استوانه، حجم ریشه بر حسب میلی لیتر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری کلروفیل a، b و همچنین میزان کاراتنوئیدها، ۰/۲ گرم بافت تازه برگی با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد داخل هاون چینی به‌خوبی ساییده و جذب نوری در طول موج‌های ۶۶۳/۲، ۶۶۴/۸ و ۴۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر (Analytik Jena 210, Germany) قرائت گردید (سالاری و همکاران، ۱۳۹۹). برای محاسبه میزان پرولین جذب نمونه‌ها با اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر قرائت و منحنی استاندارد آن‌ها رسم شد. برای بدست آوردن مقدار پرولین (mg/g FW) میزان جذب قرائت شده نمونه‌ها در فرمول حاصل از منحنی استاندارد قرار گرفته و مقدار پرولین موجود در آن‌ها محاسبه شد (بشری و همکاران، ۱۴۰۰). سنجش کربوهیدرات‌های محلول طبق روش فنل- اسیدسولفوریک با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر صورت گرفت و در طول‌موج ۴۸۵ قرائت انجام شد (سودایی زاده و منصوری، ۱۳۹۳). همچنین میزان فعالیت آنتی-اکسیدانی کل از طریق اندازه‌گیری توانایی مجموعه ترکیبات آنتی‌اکسیدانی درون عصاره‌ی متانولی در پاک‌سازی رادیکال آزاد (DPPH) به روش (Brand-Williams et al., 1995) ارزیابی شد. بدین منظور جذب نوری نمونه‌ها در طول‌موج ۵۱۵ نانومتر با کمک اسپکتروفتومتر قرائت شد. جهت تجزیه داده‌ها پس از اطمینان از نرمال بودن توزیع آن‌ها توسط آزمون کلموگرو اسیمیرئوف، از روش تجزیه واریانس استفاده شد. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS ورژن ۲۵ صورت گرفت.

نتایج و بحث

جدول شماره ۲، نشان‌دهنده نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف تنش شوری و کود آلی بر خصوصیات مورفولوژیکی خیار است. بر اساس نتایج، اثر تنش شوری به‌جز طول ریشه بر سایر صفات مورفولوژیکی خیار در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. اثر کود بر حجم ریشه در سطح ۵ درصد و بر سایر صفات در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل کود و شوری بر کلیه صفات مورد بررسی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف تنش شوری و کود آلی بر خصوصیات مورفولوژیکی خیار گلخانه‌ای

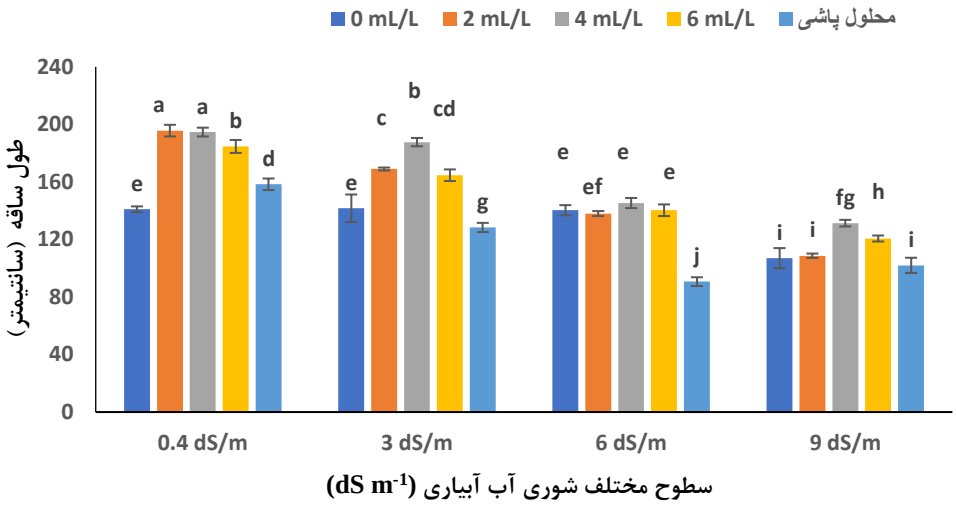
		میانگین مربعات				
منابع تغییر	درجه آزادی	طول ساقه	طول ریشه	حجم ریشه	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک‌ریشه
شوری	۳	۱۱۱۵۰**	۲/۱^{ns}	۱۴/۵**	۳۱۰/۵**	۱۶/۱**
کود	۴	۳۸۹۱/۸**	۷/۳۷**	۱/۳۸*	۱۴۸/۹**	۲۲/۹**
کود*شوری	۱۲	۴۹۱/۴۲**	۲/۹۹**	۱/۵۲**	۱۴/۹**	۴/۱**
خطا	۴۰	۱۳/۷۵	۰/۹۸	۰/۳۸	۰/۶	۰/۵۹

^{ns}، * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و یک درصد است.

طول ساقه خیار

شکل ۱ نشان‌دهنده تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری (۰، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) و غلظت‌های مختلف کود آلی (۰، ۲، ۴ و ۶ میلی‌لیتر بر لیتر و محلولپاشی آن) بر طول ساقه خیار گلخانه‌ای است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش شوری آب آبیاری، طول ساقه به‌طور معنی‌داری کاهش‌یافته است. این کاهش به‌ویژه در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر بارزتر است و بیانگر تأثیر منفی شوری بر رشد گیاه است. استفاده از کود آلی در تمامی سطوح شوری باعث بهبود طول ساقه شده است. این تأثیر مثبت در غلظت‌های بالاتر کود آلی (۴ و ۶ میلی‌لیتر بر لیتر) مشهودتر بوده

و نشان‌دهنده کارایی این کود در کاهش اثرات منفی تنش شوری است. در سطوح شوری ۳ و ۶ دسی‌زیمنس، تأثیر مثبت کود آلی بیشتر از شوری ۹ دسی‌زیمنس مشاهده می‌شود. این موضوع نشان می‌دهد که اگرچه کاربرد کود آلی قادر به کاهش اثرات مخرب شوری است، اما در شوری‌های بالا (۹ دسی‌زیمنس)، کارایی آن به دلیل شدت تنش محدود می‌شود. نتایج همچنین بیانگر آن است که محلول‌پاشی کود زرگرین در افزایش طول ساقه خیار در شرایط تنش شوری مؤثر نبوده است.



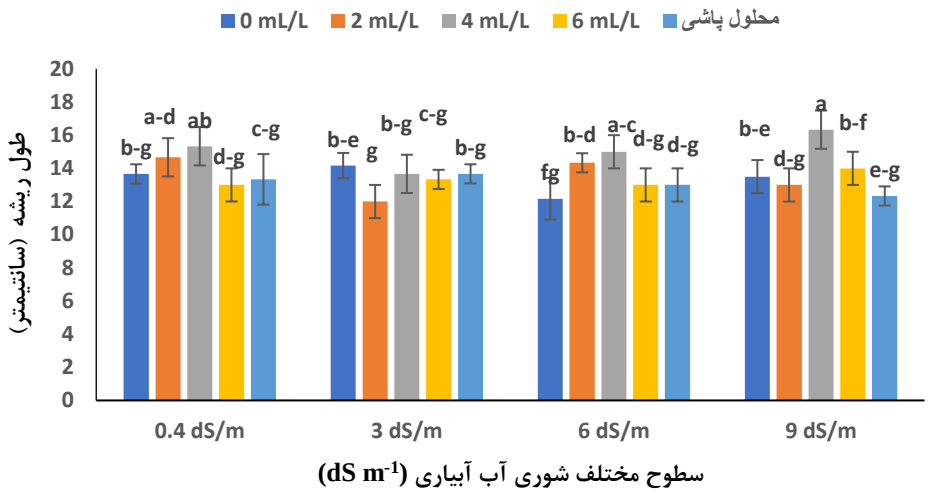
شکل ۱- مقایسه میانگین برهمکنش اثرات سطوح مختلف کود آلی و تنش شوری بر طول ساقه خیار گلخانه‌ای. میله خطا روی ستون‌ها نشان‌دهنده میزان انحراف استاندارد می‌باشند. (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند).

طول ریشه خیار

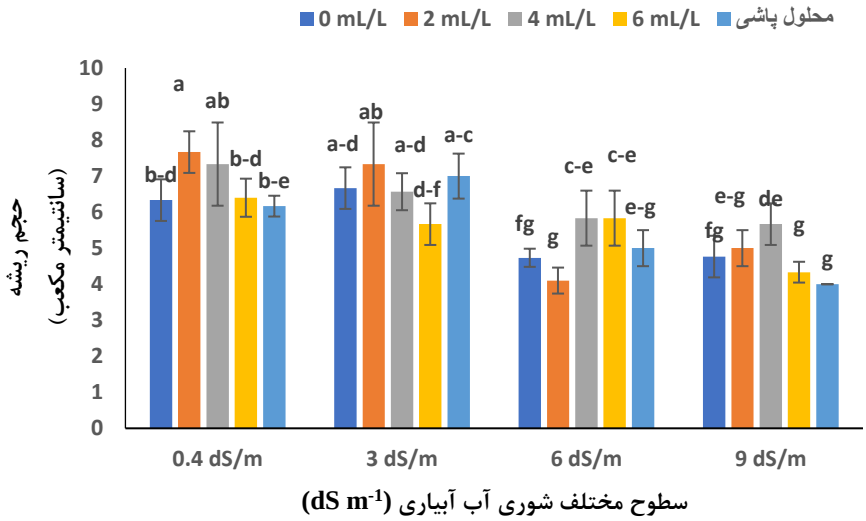
شکل ۲ نشان‌دهنده تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری (۰، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) و غلظت‌های مختلف کود آلی (۰، ۲، ۴ و ۶ میلی‌لیتر بر لیتر و محلول‌پاشی آن) بر طول ساقه خیار گلخانه‌ای است. نتایج نشان می‌دهد که طول ریشه خیار تحت تأثیر افزایش تنش شوری قرار نگرفت و اختلاف معنی‌داری بین سطوح شوری با شاهد از این نظر مشاهده نشد. در شوری‌های ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر، تیمار کودآبیاری ۴ میلی‌لیتر بر لیتر موجب کاهش اثرات منفی تنش شوری شد، به‌طوری‌که طول ریشه خیار را در مقایسه با عدم مصرف کود به ترتیب معادل ۲۳ و ۲۰/۷ درصد افزایش داد.

حجم ریشه خیار

شکل ۳ نشان‌دهنده تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری (۰، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) و غلظت‌های مختلف کود آلی (۰، ۲، ۴ و ۶ میلی‌لیتر بر لیتر و محلول‌پاشی آن) بر حجم ریشه خیار گلخانه‌ای است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش شوری آب آبیاری، حجم ریشه به‌طور معنی‌داری کاهش‌یافته است. این کاهش به‌ویژه در شوری ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر بارزتر است و بیانگر تأثیر منفی شوری بر رشد گیاه است. استفاده از کود آلی در سطوح شدید شوری باعث بهبود حجم ریشه شده است. در شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر، مصرف مقادیر ۴ و ۶ و در شوری ۹ دسی-زیمنس بر متر مقدار ۴ میلی‌لیتر بر لیتر کود آبیاری، حجم ریشه خیار را در مقایسه با عدم استفاده از کود به‌ترتیب به میزان ۲۳/۴، ۲۳/۳ و ۱۸/۶ درصد افزایش داد و بین سایر سطوح کودی و عدم استفاده از کود اختلاف معنی‌داری ملاحظه نشد.



شکل ۲- مقایسه میانگین برهمکنش اثرات سطوح مختلف کود آلی و تنش شوری بر طول ریشه خیار گلخانه‌ای. میله خطا روی ستون‌ها نشان‌دهنده میزان انحراف استاندارد می‌باشند. (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند).



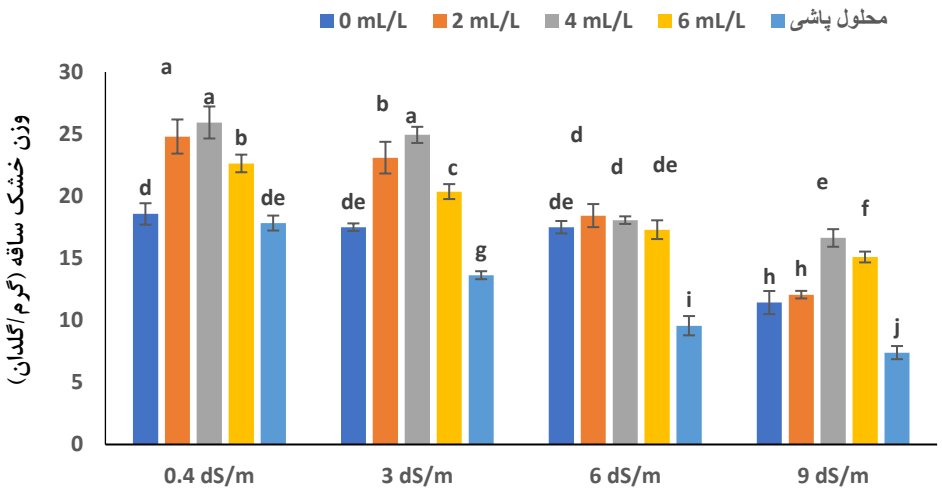
شکل ۳- مقایسه میانگین برهمکنش اثرات سطوح مختلف کود آلی و تنش شوری بر حجم ریشه خیار گلخانه‌ای. میله خطا روی ستون‌ها نشان‌دهنده میزان انحراف استاندارد می‌باشند. (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند).

وزن خشک اندام هوایی خیار

شکل ۴ نشان‌دهنده تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری (۰، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) و غلظت‌های مختلف کود آلی (۰، ۲، ۴ و ۶ میلی‌لیتر بر لیتر و محلول‌پاشی آن) بر وزن خشک اندام هوایی خیار گلخانه‌ای است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش شوری آب آبیاری، وزن خشک اندام هوایی به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است. این کاهش به‌ویژه در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر بارزتر است و بیانگر تأثیر منفی شوری بر رشد گیاه است.

استفاده از کود آلی در تمامی سطوح شوری باعث بهبود وزن خشک اندام هوایی شده است. این تأثیر مثبت در غلظت‌های بالاتر

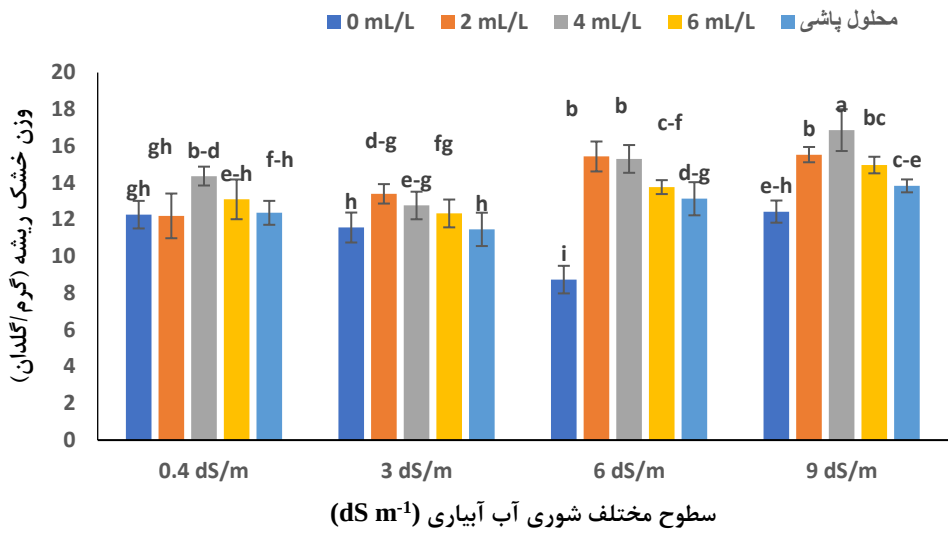
کود آلی (۴ و ۶ میلی‌لیتر بر لیتر) مشهودتر بوده و نشان‌دهنده کارایی این کود در کاهش اثرات منفی تنش شوری است. در سطوح شوری ۳ و ۶ دسی‌زیمنس، تأثیر مثبت کود آلی بیشتر از شوری ۹ دسی‌زیمنس مشاهده می‌شود. این موضوع نشان می‌دهد که اگرچه کاربرد کود آلی قادر به کاهش اثرات مخرب شوری بر وزن خشک هوایی خیار است، اما در شوری‌های ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر، کارایی آن به دلیل شدت تنش محدود می‌شود.



شکل ٤- مقایسه میانگین برهمکنش اثرات سطوح مختلف کود آلی و تنش شوری بر وزن خشک اندام هوایی خیار گلخانه‌ای. میله خطا روی ستون‌ها نشان‌دهنده میزان انحراف استاندارد می‌باشند. (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند).

وزن خشک ریشه خیار

شکل ۵ نشان‌دهنده تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری (۰، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) و غلظت‌های مختلف کود آلی (۰، ۲، ۴ و ۶ میلی‌لیتر بر لیتر و محلول‌پاشی آن) بر وزن خشک ریشه خیار گلخانه‌ای است. نتایج بیانگر آن است که افزایش شوری آب آبیاری منجر به افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه شده است. استفاده از کود آلی منجر به افزایش وزن خشک ریشه در همه سطوح تنش شوری شد. این تأثیر مثبت در شوری‌های ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر بارزتر بود که بیانگر کارایی این کود در شرایط تنش شوری شدید است. این موضوع نشان می‌دهد که کاربرد کود آلی در شوری‌های بالا وزن خشک ریشه را افزایش داده که می‌تواند نقش مهمی در افزایش مقاومت گیاه به تنش ایفا نماید.



شکل ۵- مقایسه میانگین برهمکنش اثرات سطوح مختلف کود آلی و تنش شوری بر وزن خشک ریشه خیار گلخانه‌ای. میله خطا روی ستون‌ها نشان‌دهنده میزان انحراف استاندارد می‌باشند. (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند).

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده با افزایش میزان شوری صفات مورفولوژیکی خیار از قبیل ارتفاع بوته، طول و حجم ریشه و وزن بوته به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. هنگامی‌که یک گیاه در شرایط شور رشد می‌کند، فعالیت فتوسنتزی آن گیاه کاهش و درنتیجه میزان رشد (Azarmi et al., 2016)، سطح برگ (Sadak et al., 2010) و محتوای کلروفیل کاهش می‌یابد (Rahmani et al., 2024) و درنهایت سبب کاهش پارامترهای مورفولوژیکی و شاخص‌های رشد آن گیاه می‌گردد. این کاهش می‌تواند به دلیل کاهش پتانسیل اسمزی خاک و درنتیجه عدم جذب آب توسط گیاه باشد که درنتیجه باعث کاهش آب در دسترس گیاهان شده که بر افزایش طول سلول‌ها و درنتیجه ارتفاع گیاهان نیز تأثیر می‌گذارد (Sousa et al., 2020). مطالعات مختلف نشان داده است که افزایش تنش شوری باعث کاهش مقدار زیست‌توده خشک کل گیاه می‌شود (Azarmi-Atajan and Sayyari-Zohan, 2020; Gholamnia et al., 2022). در این زمینه حقیقت و معصومی (۱۳۹۹) گزارش دادند که خیار نسبت به تنش شوری نیمه حساس بوده و با افزایش شوری رشد و عملکرد آن کاهش می‌یابد.

نتایج ما نشان داد که تنش شوری طول ریشه خیار را تحت تأثیر قرار نداد و از طرف دیگر وزن ریشه با افزایش شوری زیاد شد. افزایش نسبت اندام زیرزمینی به اندام هوایی در خیار نشان‌دهنده آن است که خیار در مواجهه با تنش شوری نسبت به افزایش زیست‌توده ریشه برای دسترسی به آب بیشتر و کاهش میزان اندام هوایی برای به حداقل رساندن میزان تعرق اقدام می‌نماید.

بر اساس نتایج این تحقیق در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر، کاربرد کود آلی به‌صورت کودآبیاری با غلظت ۴ میلی‌لیتر بر لیتر منجر به افزایش طول ساقه، وزن خشک اندام هوایی، طول، حجم و وزن خشک ریشه؛ غلظت ۶ میلی‌لیتر بر لیتر کود آبیاری منجر به افزایش طول ساقه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه و غلظت ۲ میلی‌لیتر بر لیتر و محلول‌پاشی تنها منجر به افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه شد. بر این اساس مصرف کود زرگرین به‌صورت کودآبیاری کارایی مناسبی در کاهش اثرات شوری بر رشد رویشی خیار از خود نشان داد. یکی از اثرات شوری بر محصولات، عدم تعادل تغذیه‌ای ناشی از نمک‌های اضافی در محلول خاک است که می‌تواند جذب مواد مغذی مهم برای محصولات مانند نیتروژن

و پتاسیم را مختل و بهره‌وری از آن‌ها را کاهش دهد (Sousa et al., 2020). استفاده از کودهای آلی به دلیل دارا بودن ماده آلی زیاد قادر است که جذب مواد غذایی در شرایط شور را بهبود بخشیده و منجر به افزایش رشد گیاه گردد. به نظر می‌رسد که بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی بستر کشت به‌وسیله کود آلی علت افزایش رشد گیاه نسبت به تیمار شاهد باشد (علیار و همکاران، ۱۴۰۰). (Bachman and Metzger, 2008) گزارش کردند که اضافه کردن کود آلی به خاک باعث شد که سطح برگ و وزن ریشه و ساقه در گل همیشه‌بهار فرانسوی افزایش پیدا کند. این محققین بهبود رشد گیاه را به بیشتر بودن فراهمی عناصر غذایی از قبیل نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و همچنین عناصر کم‌مصرف در تیمارهای حاوی کود آلی نسبت دادند. ازآنجاکه کود آلی مایع زرگرین دارای عناصر غذایی متعدد ازجمله نیتروژن است، شرکت این عنصر در ساختار ماکرو مولکول‌هایی مانند پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه و اسیدهای نوکلئیک را می‌توان ازجمله عوامل مؤثر بر افزایش وزن تر و خشک بوته درنتیجه مصرف کود زرگرین محسوب کرد. در این رابطه علیار و همکاران (۱۴۰۰)، فراهمی بیشتر عناصر غذایی به ویژه نیتروژن، افزایش مواد آلی خاک و ظرفیت تبادل کاتیونی را از دلایل افزایش وزن بخش هوایی در تیمارهای حاوی کودهای آلی دانستند. در پژوهشی با بررسی اثر کود آلی بر رشد و عملکرد ذرت بیان شد که کاربرد کود آلی منجر به افزایش عملکرد دانه ذرت گردید (ساریخانی و همکاران، ۱۳۹۹). مکوندی و همکاران (۱۴۰۳) بیان نمودند که کاربرد تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی منجر به افزایش عملکرد گندم تحت تنش گرمایی شد.

نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که مصرف کود آلی به‌صورت کودآبیاری از کارایی بیشتری در مقایسه با محلول‌پاشی برخوردار بود. روش کودآبیاری یکی از روش‌های متداول مصرف کود در مناطق نیمه‌خشک و خشک است. در این نوع کوددهی راندمان استفاده از عناصر غذایی و آب مصرفی افزایش یافته و رشد گیاه و جذب مواد مغذی را بهبود می‌بخشد (پسندی پور و نقی‌زاده، ۱۳۸۸). همچنین کود آبیاری باعث افرایش فعالیت ریشه، بهبود تحرک عناصر غذایی و جذب آن‌ها می‌شود. در این روش مواد غذایی می‌تواند در هر زمان از فصل رشد و بر اساس نیاز به محصول داده شود و میزان آسیب محصول در حین کوددهی حداقل است.

کمتر بودن کارایی محلول‌پاشی نسبت به کودآبیاری را می‌توان به این اصل مرتبط دانست که ریشه عضو اصلی است که وظیفه جذب عناصر غذایی را به عهده دارد و درحالی‌که جذب عناصر از طریق محلول‌پاشی از طریق برگ صورت می‌گیرد. خیلی از برگ‌ها یک کوتیکول مومی شکل دارند که درواقع ورود آب، مواد مغذی و سایر مواد به گیاه را محدود کرده درنتیجه همه مواد مغذی پاشیده شده بر روی برگ‌ها قابل‌جذب و استفاده توسط گیاه نیست. لذا عناصر غذایی اصلی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) که در روش محلول‌پاشی جذب گیاه می‌شوند نسبت به نیاز گیاه کم‌تر است. این بدان معناست که محلول‌پاشی این سه عنصر غذایی تنها می‌تواند بخش بسیار کمی از کل مورد نیاز گیاه را تأمین کند، بنابراین محلول‌پاشی را باید تنها مکملی برای کاربرد منظم این عناصر در خاک در نظر گرفت.

اثر تنش شوری بر صفات فیزیولوژیکی خیار

جدول شماره ۳، نشان‌دهنده نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف تنش شوری و کود آلی بر خصوصیات فیزیولوژیکی خیار است. بر اساس نتایج اثر تنش شوری و کود بر همه صفات فیزیولوژیکی خیار در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل کود و شوری بر میزان کلروفیل a و قند در سطح ۵ درصد و بر سایر صفات در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

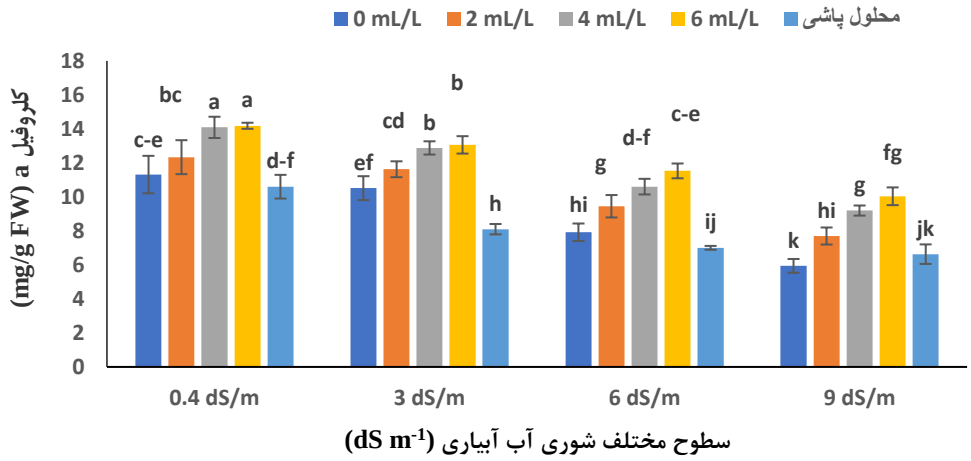
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف تنش شوری و کود آلی بر خصوصیات فیزیولوژیکی خیار گلخانه‌ای

منابع تغییر	میانگین مربعات							
	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاراتنوئید	پرولین	قند	آنتی‌اکسیدان
شوری	۳	۶۲/۳**	۱۱**	۱۲۳/۹**	۲۵/۹**	۳۱/۴**	۲۱۳/۳**	۳۲۸/۷**
کود	۴	۳۷**	۹/۹**	۸۴**	۲/۶**	۸/۱**	۲۰/۵**	۵۳/۳**
کود*شوری	۱۲	۰/۷۹*	۰/۱۴**	۱/۳۱**	۰/۳۱**	۰/۵۶۲**	۵/۴۱*	۱۳/۲**
خطا	۴۰	/۳۲۸	۰/۰۳۴	۰/۴۱۸	۰/۰۶۱	۰/۱۶۷	۲/۴۱	۱/۹

* و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و یک درصد است.

کلروفیل a

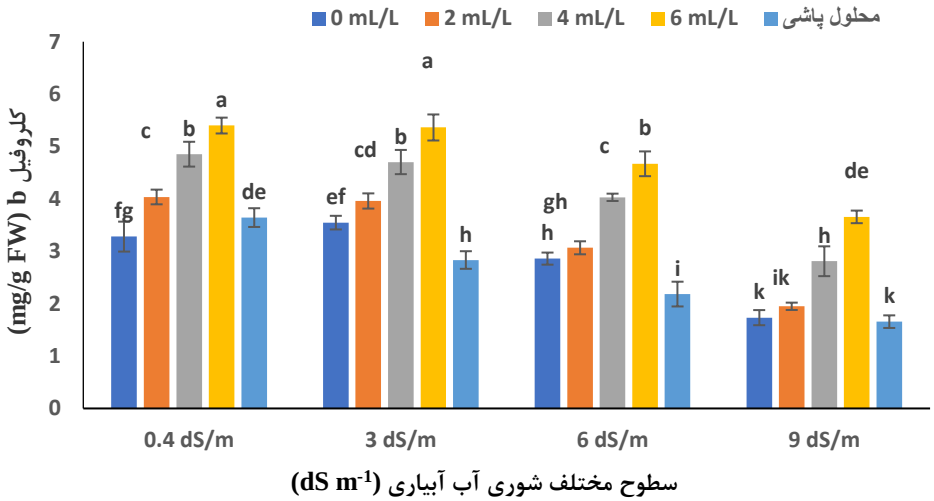
شکل ۶ نشان‌دهنده تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری (۰، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) و غلظت‌های مختلف کود آلی (۰، ۲، ۴ و ۶ میلی‌لیتر بر لیتر و محلول‌پاشی آن) بر میزان کلروفیل a خیار گلخانه‌ای است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش شوری آب آبیاری، کلروفیل a به‌طور معنی‌داری کاهش‌یافته است. این کاهش به‌ویژه در شوری ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر بارزتر است و بیانگر تأثیر منفی شوری بر غلظت رنگریزه‌های گیاه است. استفاده از کود آلی در سطوح شدید شوری باعث افزایش میزان کلروفیل a شده است. بیشترین تأثیر مثبت بر مقدار کلروفیل a در مصرف ۶ میلی-لیتر بر لیتر کودآبیاری مشاهده گردید و محلول‌پاشی کود تأثیر مثبتی بر پارامتر موردبررسی نداشت. در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر میزان کلروفیل a در مقادیر ۲، ۴ و ۶ میلی‌لیتر بر لیتر کودآبیاری زرگرین در مقایسه با عدم مصرف کود به‌ترتیب به‌میزان ۲۹/۶، ۵۴/۹ و ۶۹ درصد افزایش یافت (شکل ۶).



شکل ٦- مقایسه میانگین برهمکنش اثرات سطوح مختلف کود آلی و تنش شوری بر میزان کلروفیل a خیار گلخانه‌ای. میله خطا روی ستون‌ها نشان‌دهنده میزان انحراف استاندارد می‌باشند. (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند).

کلروفیل b

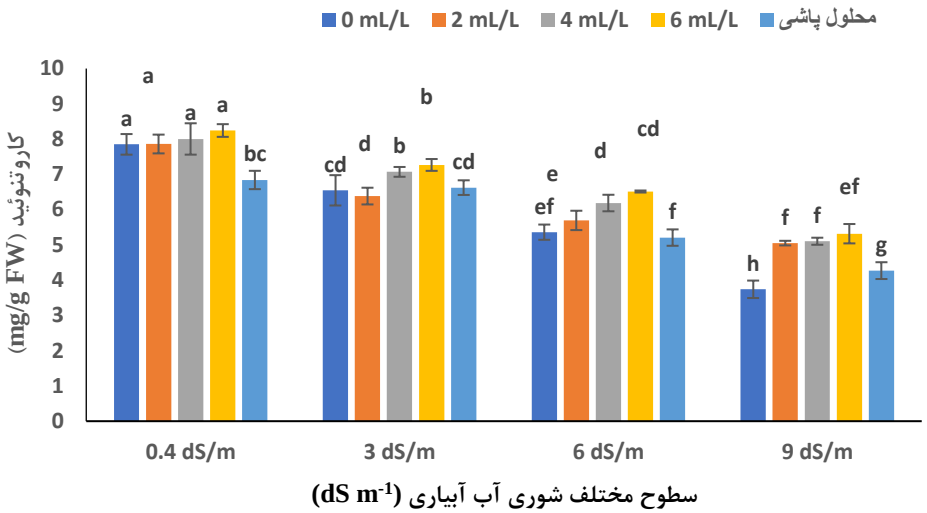
شکل ۷ نشان‌دهنده تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری (۰، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) و غلظت‌های مختلف کود آلی (۰، ۲، ۴ و ۶ میلی‌لیتر بر لیتر و محلول‌پاشی آن) بر میزان کلروفیل b خیار گلخانه‌ای است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش شوری آب آبیاری، کلروفیل b به‌طور معنی‌داری کاهش‌یافته است. این کاهش به‌ویژه در شوری ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر بارزتر است و بیانگر تأثیر منفی شوری بر غلظت رنگریزه‌های گیاه است. استفاده از کود آلی در سطوح شدید شوری باعث افزایش میزان کلروفیل b شده است. به‌طوری‌که مصرف ۴ و ۶ میلی‌لیتر بر لیتر کودآبیاری در شوری ۶ به‌ترتیب منجر به افزایش ۴۰/۱ و ۶۳/۳ درصد و در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر باعث افزایش ۶۲/۴ و ۱۱۱/۶ درصدی میزان کلروفیل b خیار در مقایسه با عدم مصرف کود شد (شکل ۷).



شکل ۷- مقایسه میانگین برهمکنش اثرات سطوح مختلف کود آلی و تنش شوری بر میزان کلروفیل b خیار گلخانه‌ای. میله خطا روی ستون‌ها نشان‌دهنده میزان انحراف استاندارد می‌باشند. (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند)

کاروتنوئیدها

شکل ۸ نشان‌دهنده تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری (۰، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) و غلظت‌های مختلف کود آلی (۰، ۲، ۴ و ۶ میلی‌لیتر بر لیتر و محلول‌پاشی آن) بر میزان کلروفیل کاروتنوئیدها خیار گلخانه‌ای است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش شوری آب آبیاری، کاروتنوئیدها به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است. این کاهش به‌ویژه در شوری ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر بارزتر است و بیانگر تأثیر منفی شوری بر غلظت کاروتنوئیدها گیاه است. استفاده از کود آلی در سطوح شدید شوری باعث افزایش میزان کاروتنوئیدها شده است. این تأثیر مثبت در غلظت‌های بالاتر کود آلی (۴ و ۶ میلی‌لیتر بر لیتر) مشهودتر بوده و نشان‌دهنده کارایی این کود در کاهش اثرات منفی تنش شوری است. در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر، غلظت‌های ۴ و ۶ میلی‌لیتر بر لیتر کودآبیاری و همچنین محلول‌پاشی زرگرین به‌ترتیب منجر به افزایش ۳۶/۴، ۴۱/۷ و ۱۴/۲ درصدی میزان کارتنوئیدها خیار در مقایسه با عدم مصرف کود شدند (شکل ۸).



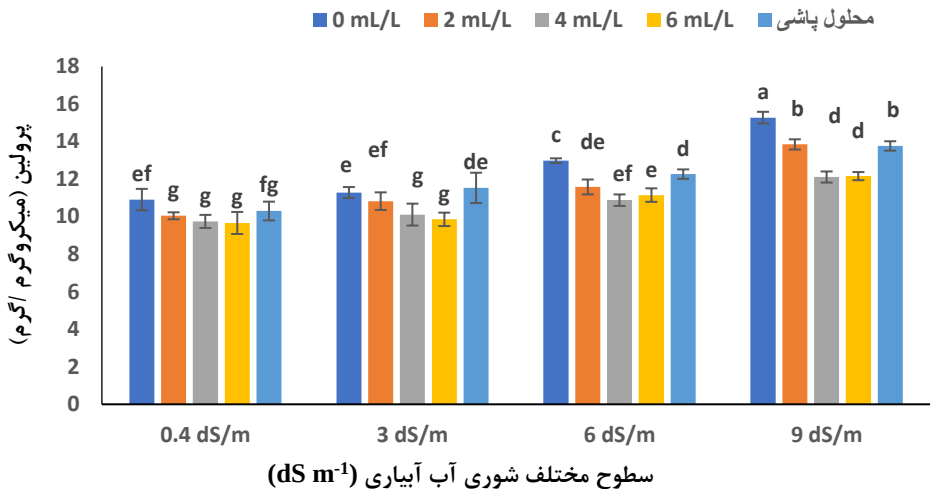
شکل ۸- مقایسه میانگین برهمکنش اثرات سطوح مختلف کود آلی و تنش شوری بر میزان کارتنوئید خیار گلخانه‌ای. میله خطا روی ستون‌ها نشان‌دهنده میزان انحراف استاندارد می‌باشند. (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند)

پرولین

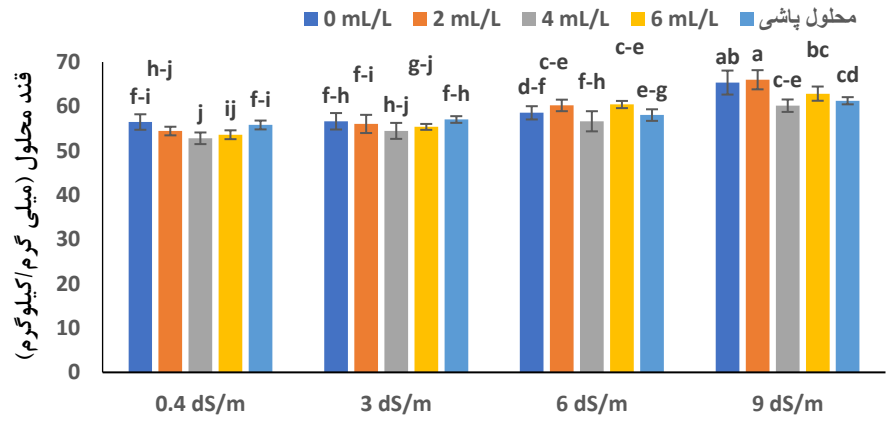
شکل ۹ نشان‌دهنده تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری (۰، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) و غلظت‌های مختلف کود آلی (۰، ۲، ۴ و ۶ میلی‌لیتر بر لیتر و محلول‌پاشی آن) بر میزان پرولین خیار گلخانه‌ای است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش شوری آب آبیاری، غلظت پرولین به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. این افزایش به‌ویژه در شوری ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر بارزتر است و بیانگر تأثیر شوری بر غلظت پرولین گیاه است. استفاده از کود آلی در سطوح شدید شوری باعث کاهش میزان پرولین شده است که نشان‌دهنده اثر مثبت کود در کاهش میزان تنش وارد شده بر گیاه است. میزان کاهش میزان پرولین توسط کود در شوری ۹ دسی-زیمنس بر متر بارزتر بود به‌طوری‌که در این سطح از شوری مصرف کودآبیاری زرگرین در غلظت‌های ۲، ۴ و ۶ میلی‌لیتر بر لیتر و همچنین محلول‌پاشی کود به‌ترتیب منجر به کاهش ۹/۴، ۲۰/۸، ۲۰/۴ و ۹/۷ درصدی میزان پرولین در مقایسه با عدم مصرف کود گردید (شکل ۹).

قندهای محلول

شکل ۱۰ نشان‌دهنده تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری (۰، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) و غلظت‌های مختلف کود آلی (۰، ۲، ۴ و ۶ میلی‌لیتر بر لیتر و محلول‌پاشی آن) بر میزان قندهای محلول خیار گلخانه‌ای است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش شوری آب آبیاری، غلظت قندهای محلول به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. این افزایش به‌ویژه در شوری ۶ و ۹ دسی زیمنس بر متر بارزتر است و بیانگر تأثیر شوری بر غلظت این ماده است. مصرف کود آلی تنها در غلظت ۴ میلی‌لیتر کودآبیاری و در شوری‌های ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر منجر به کاهش معنی‌دار میزان قند شد و بین سایر سطوح کودی و عدم مصرف کود تفاوتی مشاهده نشد (شکل ۱۰).



شکل ۹- مقایسه میانگین برهمکنش اثرات سطوح مختلف کود آلی و تنش شوری بر میزان پرولین خیار گلخانه‌ای. میله خطا روی ستون-ها نشان‌دهنده میزان انحراف استاندارد می‌باشند. (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی-داری ندارند).

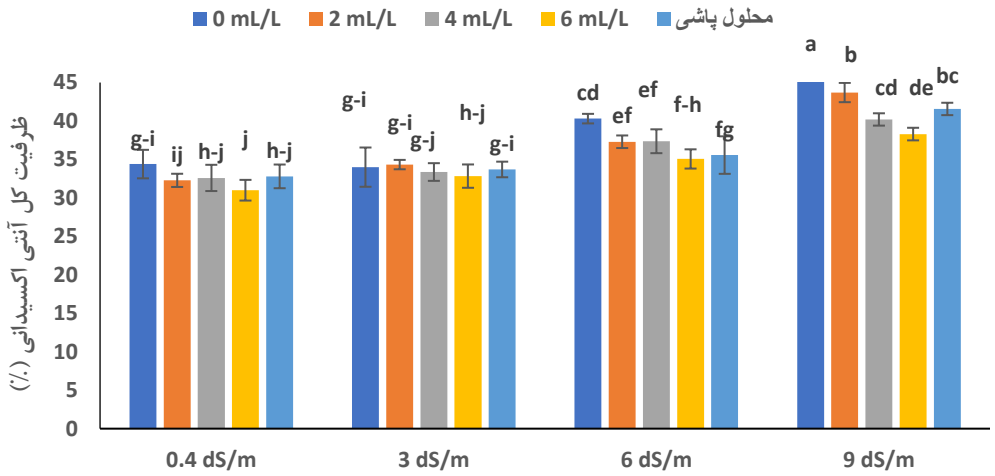


شکل ۱۰- مقایسه میانگین برهمکنش اثرات سطوح مختلف کود آلی و تنش شوری بر غلظت قندهای محلول خیار گلخانه‌ای. میله خطا روی ستون‌ها نشان‌دهنده میزان انحراف استاندارد می‌باشند. (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند).

ظرفیت کل آنتی‌اکسیدانی

شکل ۱۱ نشان‌دهنده تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری (۰، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) و غلظت‌های مختلف کود آلی (۰، ۲، ۴ و ۶ میلی‌لیتر بر لیتر و محلول‌پاشی آن) بر میزان ظرفیت کل آنتی‌اکسیدانی خیار گلخانه‌ای است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش شوری آب آبیاری، ظرفیت کل آنتی‌اکسیدانی به‌طور معنی داری افزایش یافته است. این افزایش به‌ویژه در شوری ۶ و ۹ دسی زیمنس بر متر بارزتر است و بیانگر تأثیر شوری بر غلظت این ماده است. تمامی تیمارهای کودی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی خیار را در مقایسه با عدم مصرف کود در شوری‌های ۶ و ۹ به‌طور معنی‌داری

کاهش داد. در شوری ۹، مصرف کودآبیاری در غلظت‌های ۲، ۴ و ۶ میلی‌لیتر بر لیتر و همچنین محلول‌پاشی کود به‌ترتیب منجر به کاهش ۱۴/۶، ۲۱/۵، ۲۵/۲ و ۱۸/۸ درصدی ظرفیت کل آنتی-اکسیدانی در مقایسه با عدم مصرف کود گردید (شکل ۱۱).



شکل ۱۱ – مقایسه میانگین برهمکنش اثرات سطوح مختلف کود آلی و تنش شوری بر ظرفیت کل آنتی‌اکسیدانی گلخانه‌ای. میله خطا روی ستون‌ها نشان‌دهنده میزان انحراف استاندارد می‌باشند. (میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند).

بر اساس نتایج این تحقیق با افزایش شوری، مقدار کلروفیل a، b و کاروتنوئید خیار کاهش یافت. کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی تحت شرایط تنش شوری می‌تواند به‌واسطه تخریب ساختار کلروپلاست و سیستم فتوسنتزی (Polash et al., 2019)، فتواکسیداسیون کلروفیل (Sukweenadhi et al., 2018)، تخریب پیش ماده‌های سنتز کلروفیل (Santos, 2004)، جایگزین شدن یون سدیم به‌جای یون منیزیم و همچنین کاهش جذب عناصری مانند پتاسیم (Polash et al., 2019)، آهن (Guo et al., 2020) و فسفر (Frydenvang et al., 2015) باشد. کاهش رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی گیاه در مطالعات دیگر از قبیل بناکار و همکاران (Banakar et al., 2022) و گرززچوک و همکاران (Grzeszczuk et al., 2018) گزارش شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که در اکثر سطوح شوری بخصوص در شدیدترین مقدار تنش (۹ دسی‌زیمنس بر متر)، مصرف کودآبیاری زرگرین به‌ویژه در غلظت‌های ۴ و ۶ میلی‌لیتر بر لیتر منجر به افزایش معنی‌دار رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی خیار گردید. افزایش میزان کلروفیل را می‌توان به وجود مواد مغذی از جمله پتاسیم و نیتروژن در کود آلی نسبت داد. (Hosseinzadeh et al., 2016) این اثر را بوجود ریز عناصری مانند آهن در کود آلی مربوط دانستند. ازآنجایی‌که آهن به‌عنوان یک کوفاکتور در هموپروتئین‌هایی مانند کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز (Atik, 2013) عمل می‌کند، لذا استرس اکسیداتیو در تیمارهای حاوی کود آلی کاهش یافته و منجر به افزایش فتوسنتز می‌گردد. علاوه بر این، مقدار کلروفیل متناسب با کاروتنوئیدهایی است که از تخریب نوری کلروفیل در مواقعی که شدت نور زیاد است محافظت می‌کنند (Ebrahimi et al., 2014)؛ بنابراین، افزایش محتوای کاروتنوئید در تیمار مصرف کود آلی می‌تواند با افزایش سنتز کلروفیل مرتبط باشد (Beyk-Khormizi et al., 2023). در این رابطه مکوندی و همکاران (۱۴۰۳) گزارش دادند که دسترسی بهتر به مواد غذایی و همچنین وجود ماده آلی در کود آلی موجب فراهم شدن شرایط مناسب‌تری برای انجام فتوسنتز و رشد گیاه می‌گردد. نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که با افزایش شوری مقدار پرولین گیاه

خیار افزایش یافت. پرولین، نقش اساسی در تنظیم اسمزی و کاهش سمیت یون سدیم در گیاهان دارد (Rahmani et al., 2024). تجمع اسیدآمینه پرولین رابطه‌ای مثبت با افزایش مقاومت گیاه به کم‌آبی در تنش‌های شوری و خشکی دارد و در صورت نیاز تجزیه و به‌عنوان منبع نیتروژن و انرژی مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد (کدخدایی و همکاران، ۱۳۹۳). در شرایط تنش شوری پرولین نقش آنتی‌اکسیدانی داشته و در محافظت از ساختارهای سلولی، ساختمان ماکرومولکول‌ها و از بین بردن رادیکال‌های آزاد کاربرد دارند. افزایش پرولین در شرایط شور در مطالعات دیگر از قبیل (Dejampour et al, 2012) و (Rahman et al., 2013) به اثبات رسیده است.

یافته‌های این تحقیق نشان داد که کاربرد کود آلی منجر به کاهش میزان پرولین در مقایسه با عدم کاربرد کود شدند. کود آلی با افزایش جذب پتاسیم از طریق اسیدی کردن محیط ریزوسفر و افزایش جذب آب از طریق افزایش حجم ریشه، در کاهش تنش مشارکت می‌کند که این خود کاهش تولید پرولین را توجیه می‌کند. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش شوری، میزان قندهای محلول خیار افزایش یافت. قندهای محلول یکی از اسمولیت‌های سازگار در سلول‌های گیاهی می‌باشند که به‌عنوان تنظیم‌کننده فعالیت اسمزی فعالیت داشته و هنگام بروز تنش محیطی مانند شوری بر محتوای این ترکیبات در داخل سلول افزوده می‌شود (De Oliveira et al., 2013; Singh and Jha, 2016; Sodaeizadeh et al., 2025).

دلیل این افزایش در شرایط تنش را می‌توان کاهش در میزان فتوسنتز، شکستن قندهای بزرگ (نشاسته) به قندهای کوچک (گلوکز) و یا مصرف کمتر کربوهیدرات توسط گیاه دانست (Bohnert and Jensen, 1996). افزایش محتوای قندهای محلول درنتیجه تخریب و هیدرولیز مولکول‌های بزرگ‌تر مانند نشاسته و تبدیل آن‌ها به ترکیبات قندی مانند ساکارز و سپس به مولکول‌های کوچک‌تر مانند گلوکز و فروکتوز است که باعث کاهش پتانسیل آب سلول‌ها، تنظیم اسمزی و افزایش مقاومت به تنش شوری در گیاهان می‌گردد (Beyk-Khormizi et al., 2023). در پژوهش حاضر، استفاده از کود آلی باعث کاهش قندهای محلول در خیار شد اگرچه این کاهش تنها در غلظت ۴ میلی‌لیتر بر لیتر کودآبیاری معنی‌دار بود. می‌توان نتیجه گرفت که افزایش غلظت کلروفیل در کود آلی نسبت به شاهد، می‌تواند حاکی از کاربرد و تأثیر مثبت کود در افزایش فرآیند فتوسنتز به‌واسطه افزایش میزان کلروفیل و در نتیجه ممانعت از شکستن قندهای بزرگ ذخیره در گونه‌های گیاهی و حفظ عملکرد این گیاه در شرایط تنش قلمداد گردد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل خیار با افزایش سطوح شوری افزایش یافت. سنتز و تجمع آنتی‌اکسیدان‌ها از مکانیسم‌های تحمل گیاهان در برابر تنش شوری است (Wakeela et al., 2010). افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تحت تنش شوری در سایر گیاهان نیز گزارش شده است. سرخه و همکاران (Sorkheh et al., 2012) بیان کردند که تنش شوری پایداری پتانسیل آب و توزیع یون را هم در سطح سلولی و هم در سطح کل گیاه مختل می‌کند و باعث تنش اسمزی می‌شود. این کمبود آب باعث تشکیل گونه-های فعال اکسیژن (ROS) می‌شود که متابولیسم گیاه را از طریق آسیب اکسیداتیو به لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک مختل می‌کند و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را در شرایط استرس افزایش می‌دهد. درنتیجه در شرایط شور، مکانیسم‌های دفاعی گیاه ازجمله تولید آنتی‌اکسیدان‌ها برای محافظت از ساختار غشای سلول‌ها در برابر اکسیداسیون فعال می‌شوند.

در تحقیق حاضر، استفاده از کود آلی باعث کاهش معنی‌دار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل گیاه در سطوح تنش شدید شوری شد. کاهش ترکیبات آنتی‌اکسیدانی درنتیجه استفاده از کود نشان می-دهد که کود آلی توانسته است اثرات منفی شوری را بر گیاه کاهش داده و درنتیجه گیاهان با تیمار کودی، کمتر تحت تأثیر تنش قرار گرفته و آنتی‌اکسیدان کمتری تولید می‌کنند. کاهش ظرفیت آنتی-اکسیدانی در حضور کودهای آلی در مطالعات دیگر هم بیان شده است. کومار و همکاران (Kumar and Verma, 2017) در گیاه گندم نشان دادند که گیاهان تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد گیاه باعث افزایش پتاسیم و کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی شدند.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که کود آلی، ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در خیار تحت تنش را نسبت به تیمار بدون کود آلی بهبود بخشید. این یافته‌ها بیانگر اهمیت استفاده از کود آلی در بهبود رشد خیار گلخانه‌ای تحت شرایط تنش شوری است. این کود می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مؤثر برای کاهش اثرات مخرب شوری و بهبود بهره‌وری گیاهان در شرایط نامساعد محیطی مورداستفاده قرار گیرد. با این حال، در شوری‌های بسیار بالا، کارایی کود آلی محدود می‌شود و توجه به مدیریت شوری آب آبیاری همچنان ضروری است. کودآبیاری نتایج مطلوب‌تری را در مقایسه با محلول‌پاشی در اکثر صفات مورد مطالعه از خود نشان داد که این امر بیانگر آن است که جذب این کود از طریق ریشه می‌تواند کارایی بیشتری در مقایسه با جذب برگی داشته باشد. در ضمن ضروری است که در زمینه تولید کود با فرمولاسیون مناسب جهت جذب توسط برگ و استفاده به‌صورت محلول‌پاشی تحقیقاتی تکمیلی صورت پذیرد. از بین مقادیر مورداستفاده در کودآبیاری، غلظت‌های ۴ و ۶ میلی‌لیتر بر لیتر در مقایسه با غلظت ۲ میلی‌لیتر از کارایی بیشتری برخوردار بود که این مطلب بیانگر آن است که در شرایط این تحقیق غلظت کمتر از ۴ نتوانسته است احتیاجات غذایی گیاه را تأمین کند. بااین‌حال، اجرای پژوهش‌های تکمیلی به‌صورت مزرعه‌ای ضروری است تا عملکرد و کارایی کود برای مقابله با شرایط تنش شوری در طیف وسیع‌تری اثبات شود.

منابع

ابراهیم‌زاده، ا.، داوودی، ش.، حسن‌پور اقدام، م. ب و رسولی، ف. ۱۴۰۰. مطالعه اثرات ۳ نوع کود مختلف (زیستی، آلی و کود کامل معدنی) روی برخی ویژگی‌های کیفی پس از برداشت خیار گلخانه‌ای رقم ناگین. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۳۱ (۴): ۲۸۷-۲۷۲.

احمدی، ک.، عبادزاده، ح. ر.، حاتمی، ف.، حسین‌پور، ر و عبدشاه، ه. ۱۳۹۸. آمار نامه کشاورزی. جلد سوم محصولات باغبانی. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی.

امیر یوسفی، م.، تدین، م. ر. و ابراهیمی، ر. ۱۴۰۰. اثر کودهای شیمیایی و زیستی بر برخی صفات فیزیولوژی و عملکردی گیاه کدخدایی، ه.، سودایی‌زاده، ح. و مصلح‌آرانی، ا. ۱۳۹۳. اثر محلول پاشی گلایسین بتائین بر روی رشد و برخی خصوصیات کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) تحت تنش خشکی در خاک شور. نشریه بوم شناسی. ۱۳ (۲): ۲۵۱-۲۷۰.

بشری، ن.، سودایی‌زاده، ح.، مصلح آرانی، ا. و غفاریان، م. ر. ۱۴۰۰. بررسی شاخص‌های فیزیولوژیکی و رویشی در کشت مخلوط ارزن (*Panucum miliaceum*) و گوار (*Cyamopsis tetragonoliba*) در شرایط تنش خشکی. خشک بوم. ۱۱ (۱): ۲۵-۳۴.

پسندی‌پور، ا. و نقی‌زاده، م. ۱۳۸۸. بررسی اثر کودآبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب و کود در گیاهان. دهمین سمینار آبیاری و کاهش تبخیر. کرمان، ایران.

جوشن، ز.، سودایی‌زاده، ح.، حکیم‌زاده 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.

حقیقت، م. و معصومی، ز. ۱۳۹۹. تأثیر کافئیک اسید بر رشد و کاهش اثرات مخرب تنش شوری در خیار گلخانه‌ای. دو فصلنامه علمی-پژوهشی علوم سبزی‌ها، ۴ (۸): ۳۵-۵۱.

ساریخانی، م. ر و. امینی، ر. ۱۳۹۹. کودهای زیستی در کشاورزی پایدار: نگاهی به تحقیقات کودهای زیستی در ایران. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار (دانش کشاورزی). ۳۰ (۱): ۳۲۹-۳۶۵.

سالاری، م.، سودایی‌زاده، ح.، حکیم‌زاده، م. ع. و یزدانی بیوکی، ر. ۱۳۹۹. ارزیابی محلول‌پاشی کائولین در افزایش مقاومت به کم آبیاری ریحان بنفش (*Ocimum basilicum* var. purpurascens). فصلنامه تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱ (۱۳): ۱۷۱-۱۸۳.

سودایی‌زاده، ح. و منصوری، ف. ۱۳۹۳. اثر تنش خشکی بر تجمع ماده خشک، غلظت عناصر غذایی و قندهای محلول در گیاه دارویی مریم‌گلی لوله‌ای (*Salvia macrosiphon* Boiss). خشک بوم. ۴ (۱): ۱-۹.

علیار، س.، اصغرزاده، ن. ع.، دباغ محمدی نسب، ع. و اوستان، ش. ۱۴۰۰. تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست بر رشد و روابط آبی گیاه کینوا در شرایط تنش شوری. نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۳۱ (۳)، ۱۳۱-۱۴۷.

فیزیولوژیکی گیاه کلزا تحت تنش خشکی در مزرعه. مجله علمی پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان. ۳ (۴): ۷۹-۹۰.

کوزه‌گر کالجی، م. و اردکانی، م. ر. ۱۳۹۸. کودهای آلی و زیستی بر عملکرد کمی و کیفی آب‌تره (*Nasturtium officinalis*). تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی. ۶ (۱)، ۶۲-۴۹.

مکوندی، م.، بخشنده، ع.، مشتطی، ع.، مرادی تلاوت، م. ر. و خدایی جوقان، آ. ۱۴۰۳. اثر مصرف تلفیقی کود نیتروژنی وکمپوست بقایای نیشکر بر صفات کیفی و عملکرد دانه گندم تحت شرایط تنش گرمای آخر فصل اهواز. به زراعی کشاورزی. ۲۶ (۱)، ۵۲-۷۴.

نظرپور، س.، سلیمی، ا. و زیدی، س. ه. ۱۳۹۹. بررسی اثر تنش شوری مربوط به نمک‌های مختلف موجود در خاک‌های ایران بر برخی پاسخ‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی اسپند (*Peganum harmala* L.) فرایند و کارکرد گیاهی. ۹ (۳۹) ۳۱۱-۳۲۹.

Atik, A. 2013. Effects of planting density and treatment with vermicompost on the morphological characteristics of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky). Compos. Sci. Util. 21, 87–98.

Azarmi, F., Mozafari, V., Abbaszadeh Dahaji, P. and Hamidpour, M. 2016. Biochemical, physiological and antioxidant enzymatic activity responses of pistachio seedlings treated with plant growth promoting rhizobacteria and Zn to salinity stress. Acta Physiologiae Plantarum. 38(1): 21.

Azarmi-Atajan, F. and Sayyari-Zohan, M. H. 2020. Alleviation of salt stress in lettuce (*Lactuca sativa* L.) by plant growth-promoting rhizobacteria Journal of Horticulture and Postharvest Research,. 3: 67–78.

Bachman, C.R. and Metzger, J.D. 2008. Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended withvermicompost. Bioresource Technology, 99: 3155-3161.

Banakar, M.H., Amiri, H., Ardakani, M.R.S. and Ranjbar, G.H. 2022. Susceptibility and tolerance of fenugreek (*Trigonella foenum-graceum* L.) to salt stress: Physiological and biochemical inspections. Environ. Exp. Bot. 194: 104748.

Beyk-Khormizi, A., Sarafraz-Ardakani, M.R., Hosseini Sarghein, S., Moshtaghioun, S.M., Mousavi-Kouhi, S.M. and Taghavizadeh Yazdi, M.E. 2023. Effect of organic fertilizer on the growth and physiological parameters of a traditional medicinal plant under salinity stress conditions. Horticulture. 9(6): 701.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT- Food Science and Technology. 28(1): 25-30.

Bohnert, H.J. and R.G. Jensen. 1996. Metabolic engineering for increased salt tolerance the next step. Australian journal of plant physiology. 23: 661-667.

Dejampour, J., Aliasgarzad, N., Zeinalabedini, M., Niya, M.R. and Hervan, E.M. 2012. Evaluation of salt tolerance in almond [*Prunus dulcis* (L.) Batsch] rootstocks. African Journal of Biotechnology, 11, 11907-11912.

De Oliveira, V., Camelo Marques, E., De Lacerda, F., Tarquinio Prisco, J. and Gomes-Filho, E. 2013. Physiological and biochemical characteristics of *Sorghum bicolor* and *Sorghum sudanense* subjected to salt stress in two stages of development. African Journal of Agricultural Research. 8 (4): 660-670.

Ebrahimi, M., Khajehpour, M., Naderi, A. and Nassiri, B.M. 2014. Physiological responses of sunflower to water stress under different levels of zinc fertilizer. Int. J. Plant Prod. 8(4): 483–504.

Frydenvang, J., Van Maarschalkerweerd, M., Carstensen, A., Mundus, S., Birkelund Schmidt, S., Pedas, P. R., Holst Laursen, K., Schjoerring, J.K. and Husted, S. 2015. Sensitive detection of phosphorus deficiency in plants using chlorophyll a fluorescence. Plant Physiology.169 (1): 353–361.

Gholamnia, A., Mosleh Arani, A., Sodaeizadeh, H., Tarkesh Esfahani, S. and Ghasemi, S. 2022. Expression profiling of rosmarinic acid biosynthetic genes and some physiological responses from *Mentha piperita* L. under salinity and heat stress, Physiol Mol Biol Plants. 28(3):545–557.

Grzeszczuk, M., Salachna, P. and Meller, E. 2018. Changes in photosynthetic pigments, total phenolic content, and antioxidant activity of Salvia coccinea Buc'hoz Ex Etl. induced by exogenous salicylic acid and soil salinity. Molecules. 23 (6):1296.

Guo, A., Hu, Y., Shi, M., Wang, H., Wu, Y. and Wang, Y. 2020. Effects of iron deficiency and exogenous sucrose on the intermediates of chlorophyll biosynthesis in *Malus halliana*. Plos One, 15(5): e0232694.

Hosseinzadeh, S., Amiri, H. and Ismaili, A. 2016. Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Photosynthetica, 54: 87–92.

Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Bakhshaei, S. and Davari, A. 2017. A meta-analysis on nitrogen

Sodaeizadeh, H., Hokmollahi, F., Ghasemi, S., Sadeghian, M. and Tarrah, S. 2025. Cyanobacteria inoculation mitigates salinity stress by regulating plant growth, photosynthetic performance, elemental concentration and yield performance in wheat. South African Journal of Botany.180: 857-869

Sorkheh, K., Shiran, B., Rouhi, V., Khodambashi, M. and Sofo, A. 2012. Salt stress induction of some key antioxidant enzymes and metabolites in eight Iranian wild almond species. Acta Physiol. Plant. 34: 203–213

Sousa, G.G., Mendonça, A.M., Silva Sales, J.R., Silva Junior, F.B., Moraes, J.G.L. and Sousa, J.T.M. 2020. Morphophysiological characteristics of okra plants submitted to saline stress in soil with organic fertilizer. Comunicata Scientiae, Bom Jesus. 11:1-8.

Statista Research Department. 2024. Global fertilizer consumption 1965-2022, by nutrient. https://www.statista.com/statistics/438967/fertilizer-consumption-globally-by-nutrient/

Sukweenadhi, J., Balusamy, S.R., Kim, Y.J., Lee, C.H., Kim, Y.J., Koh, S.C. and Yang, D.C. 2018. A growth-promoting bacteria, *Paenibacillus yonginensis* DCY84T enhanced salt stress tolerance by activating defense-related systems in Panax ginseng. Frontiers in Plant Science, 23(9): 813.

Tejada, M., Garcia, C., Gonzalez, J.L. and Hernandez, MT. 2006. Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: influence on the ph ysical, chemical and biological properties of soil. Soil Biol Biochem. 38(6): 1413–1421.

Wakeela, A., Asif, A.R., Pitann, B. and Schubert, S. 2010. Proteome analysis of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) elucidates constitutive adaptation during the first phase of salt stress. Plant Physiology. 168(6): 519-526.

Wang, L., Sun, X., Li, S., Zhang, T., Zhang, W. and Zhai, P. 2014. Application of organic amendments to a coastal saline soil in North China: Effects on soil physical and chemical properties and tree growth. PLoS One, 9(2): e89185.

fertilizer experiments on cereal crops in Iran. Agroecology. 9(2): 296-313.

Kumar, A. and Verma, J.P. 2017. Does plant-microbe interaction confer stress tolerance in plants: a review? Microbiology Researc. 207: 41–52

Polash, M.A., Sakil, M.A. and Hossain, M. A. 2019. Plants responses and their physiological and biochemical defense mechanisms against salinity: A review. Trop. Plant Research. 6(2), 250-274.

Rahman, R.A., Gomaa, S.E., Abdelsalam, N.R., El-Wakil, H., Khaled, A. and Hassan, H. 2013. Effect of sodium chloride on tropane alkaloids accumulation and proline content in *Datura metel* and *D. stramonium* callus cultures. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research. 1(2): 197–210.

Rahmani, F., Sodaeizadeh, 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.

Sadak, M.Sh., Rady, M.M. and Gaballah, M.S. 2010. Increasing sunflower salt tolerance using nicotianamid and α-tocopherol. International Journal of Academic Research. 2(1): 263-270.

Sairam, R.K. and Tyagi, A. 2004. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. Current Science. 86(3): 407–421.

Santos V. C. 2004. Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. Scientia Horticulturae, 103(1): 93-99.

Shahid, S.A., Zaman, M. and Heng, L. 2018. Introduction to soil salinity, sodicity and diagnostics techniques. In: Zaman, M., Shahid, S.A., Heng, L. (Eds.), Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96190-3_1.

Singh, R.P. and Jha, P.N. 2016. A halotolerant bacterium *Bacillus licheniformis* HSW-16 augments induced systemic tolerance to salt stress in wheat plant (*Triticum aestivum*). Frontiers in Plant Science. 7: 1890.

Water Management in Agriculture
Vol. 12, No. 2, Autumn and Winter 2026, 91-110

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۱۲، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۴، ص. ۱۱۰-۹۱

Evaluation of the Effect of Zargreen Organic Fertilizer on Reducing the Impacts of salinity in Irrigation water on the Morphological and Biochemical Traits of Greenhouse Cucumber

H. Sodaeizadeh[1*], A. Mosleh Arani[2], A. Nezhad Ranjbar[3], E. Gavili[4], J. Shahab[5] and Z. Sharifi[6]

Abstract

Organic fertilizers improve nutrient uptake and consequently mitigate adverse effects of salinity on plant growth. This study was conducted to evaluate the effects of an organic fertilizer on the growth and physiological parameters of greenhouse cucumber under saline irrigation conditions A factorial experiment based on a completely randomized design with three replications was employed, consisting of four levels of irrigation water salinity (0.4 dS m^{-1} as control, 3, 6, and 9 dS/ m) and five fertilizer treatments, including no fertilizer, fertigation at concentrations of 2, 4, and 6 ml/L, and foliar application at 4 ml/L. The results showed that the lowest plant growth occurred at salinity levels of 6 and 9 dS/m. At a salinity level of 9 dS/m, fertigation with 4 and 6 ml/L increased stem length by 22.4% and 12.8%, shoot dry weight by 46.5% and 32.5%. and root dry weight by 34.7% and 30%, respectively. Application of 4 and 6 ml/L through fertigation also increased chlorophyll a by 54.9% and 69%, carotenoid by 36.4% and 41.7%, while reducing proline content by 20.8% and 20.4%, and total antioxidant capacity by 21.5% and 25.2% respectively, under 9 dS/m salinity. Overall, the results indicate that the organic fertilizer was effective in alleviating the negative effects of salinity stress and significantly improved plant growth compared with the control treatment.

Keywords: Environmental stresses, Fertigation, Foliar application, Total antioxidant

.

[1] Professor, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran (*Corresponding Author Email: hsodaie@yazd.ac.ir)
[2] Professor, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran
[3] Farhikhtegan Zarnam Industrial Research Group (Innovation Center), Karaj, Iran
[4] Farhikhtegan Zarnam Industrial Research Group (Innovation Center), Karaj, Iran
[5] Ph.D Student, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran
[6] MSc, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran
Received: 12 Dec 2024
Accepted: 8 Mar 2024