

مقاله علمی-پژوهشی

تأثیر محلول پاشی عصاره جلبک دریایی بر عملکرد، بهره‌وری مصرف آب و کیفیت فلفل دلمه- ای در شرایط شوری آب آبیاری

صادق عسکری دهنو^۱، فرزاد حسن پور^۲، حلیمه پیری^{۳*}، عیسی خمیری^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۰۴

چکیده

تنش شوری یکی از مهمترین عوامل محدودکننده عملکرد گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. کود جلبک دریایی به‌عنوان یکی از کودهای زیستی از طریق تسریع جوانه‌زنی، گسترش بیشتر ریشه و جذب عناصر غذایی سبب افزایش توان و مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های غیرزیستی می‌شود. این تحقیق به منظور بررسی تأثیر عصاره جلبک دریایی بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب فلفل دلمه‌ای در شرایط شوری آب آبیاری انجام شد. تحقیق حاضر در بهمن ماه ۱۴۰۲ در مزرعه تحقیقاتی واقع در شهرستان زهک در قالب طرح کرت‌های خرد شده به صورت بلوک کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل ۳ سطح شوری آب آبیاری (S1، S2، S3) به ترتیب معادل ۱، ۳ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر) و محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف عصاره جلبک دریایی (SE1، SE2، SE3 و SE4) به ترتیب معادل ۰، ۰/۵، ۱/۵ و ۳ گرم در لیتر) بود. محلول‌پاشی برگ تیمار صفر (تیمار شاهد بدون جلبک دریایی) با آب مقطر انجام شد. اولین برداشت میوه اواسط اردیبهشت ۱۴۰۳ انجام و در مجموع ۸ بار برداشت انجام گردید. در هر برداشت، پارامترهای ارتفاع گیاه، وزن، تعداد و قطر میوه، عملکرد، شاخص سطح برگ گیاه، مقادیر کلروفیل a و b برگ و ویتامین ث میوه اندازه‌گیری و بهره‌وری مصرف آب محاسبه شد. نتایج نشان داد تأثیر جلبک دریایی و شوری آب آبیاری بر پارامترهای اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود. بیشترین مقدار ارتفاع (۹۸/۵ سانتی‌متر)، شاخص سطح برگ (۵۷/۸ سانتی‌متر مربع)، عملکرد (۳۲/۶ تن در هکتار)، بهره‌وری مصرف آب (۴/۰۷ کیلوگرم در هکتار) و کلروفیل a (۱۵/۶ میلی‌گرم در گرم) و کلروفیل b (۹/۶ میلی‌گرم در گرم) از تیمار SISE4 (شوری آب ۱ دسی‌زیمنس بر متر و محلول‌پاشی ۳ گرم در لیتر عصاره جلبک دریایی) به‌دست آمد. به طور کلی نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که تنش شوری دارای آثار منفی بر رشد و عملکرد گیاه فلفل می‌باشد که این آثار منفی می‌تواند به وسیله محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی کاهش یابد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، کلروفیل a، کلروفیل b، ویتامین ث

مقدمه

بهره برداری از آبهای شور در جهت استفاده بهینه از منابع خاک و آب و دستیابی به تولید مطلوب و پایدار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (طباطبایی و همکاران، ۱۳۹۷). با توجه به این‌که در مناطق خشک و نیمه‌خشک، استفاده از آب شور برای آبیاری رواج یافته است و هر ساله به علت مدیریت نامناسب آبیاری با آب شور، بین یک یا دو درصد از زمین‌های فاریاب از بین می‌روند. بنابراین استفاده از این آب‌ها مستلزم رعایت مدیریت‌های خاص در مزرعه می‌باشد (قائدی و همکاران، ۱۳۹۶). به منظور استفاده بهینه از اراضی و منابع آب شور، افزایش تحمل به شوری گیاهان همراه با توان تولید بالاتر یک رویکرد مهم اصلاحی است (Rashid, 1986).

کودهای زیستی به مجموعه مواد نگهدارنده با تعداد زیادی از ریزجانداران مفید گفته می‌شود که بیشتر به منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و ایجاد شرایط فیزیکی و شیمیایی مناسب

افزایش روزافزون جمعیت و نیاز به تولید بیشتر مواد غذایی، توسعه صنایع و مصرف آب با کیفیت مناسب در آن‌ها، توسعه سطح زیر کشت و بالاخره کاهش ریزش‌های آسمانی مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور، کاربرد آب‌های شور را در امر کشاورزی اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. لذا برنامه ریزی، مطالعه و مدیریت صحیح

۱- دانشجوی دکترا، گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۲- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۳- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۴- دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

(* نویسنده مسئول: Email: H_piri2880@uoz.ac.ir)

آب آبیاری در شرایط استفاده از عصاره جلبک دریایی مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش به دو مرحله (روشی و زایشی) تقسیم و چهار تیمار شاهد، گیاه تیمار شده با عصاره جلبک دریایی، گیاه آبیاری شده با ۳۰۰ میلی مولار NaCl و گیاهان تیمار شده با عصاره جلبک دریایی و آبیاری با ۳۰۰ میلی مولار (SE + NaCl) در نظر گرفته شد. نتایج پژوهش نشان داد که گیاهان گوجه‌فرنگی تیمار شده با عصاره جلبک دریایی در طول ریشه و ساقه (۱۸ و ۱۳ سانتی متر)، سطح ریشه و ساقه (۳۳ و ۹۸ سانتی متر مربع) و وزن تر اندام هوایی و ریشه (۱ و ۳/۸ گرم) افزایش نشان دادند. از دیگر اثرات مثبت کاربرد عصاره جلبک دریایی گلدهی زودرس و افزایش وزن و کیفیت میوه بود. در مجموع استفاده از عصاره جلبک دریایی در شرایط شوری آب آبیاری در گیاه گوجه‌فرنگی باعث افزایش عملکرد و بهره‌وری مصرف آب گردیده است (Hernandez- Herrera et al., 2022).

لفل دلمه‌ای با نام علمی *Capsicum annuum L.* گیاهی علفی و یکساله متعلق به خانواده Solanaceae و یکی از سبزی‌های مهم میوه‌ای در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جهان است، میوه فلفل به دلیل داشتن ترکیبات آنتی‌اکسیدانی شامل فنول‌ها، ویتامین ث و کارتنوئیدها دارای ارزش بالایی بوده و برای تنظیم فشارخون، افزایش اشتها و هضم غذا استفاده می‌شود، اگرچه عملکرد میوه عامل مهمی در تولید تجاری محصولات گلخانه‌ای و غیر گلخانه‌ای است، اما امروزه شاخص‌های کیفی نظیر طعم و مزه، میزان قند، اسیدیته، ویتامین ث و غیره به صورت روزافزونی مورد توجه مصرف‌کنندگان قرار می‌گیرد (فاتح و همکاران، ۱۳۹۸). این میوه از نظر مقدار ویتامین ث بعد از جعفری بیشترین مقدار را در بین سبزیجات دارا می‌باشد و از نظر افزایش مقاومت بدن به بیماری‌ها و فیزیولوژی تغذیه این گیاه بسیار با ارزش است (Ali Ahmadi et al., 2004).

در منطقه سیستان اراضی زیادی وجود دارد که قابل زرع می‌باشد اما به خاطر کمبود منابع آب به صورت بایر رها شده اند. بنابراین باید دنبال راهکاری بود که با حفظ شرایط پایدار در منابع آب و خاک منطقه از لحاظ اقتصادی موجب توسعه کشاورزی شود. تدوین برنامه آبیاری و اعمال مدیریت صحیح آبیاری در این منطقه می‌تواند از زیان‌های ناشی از کمبود منابع آب در منطقه بکاهد. بعضی از کشاورزان منطقه جهت آبیاری اراضی کشاورزی از چاهک‌های سطحی که در مزارع آن‌ها حفر شده است، استفاده می‌کنند. آب این چاهک‌ها معمولاً از نظر کیفی پایین و شور می‌باشد. استفاده از این آب‌ها باعث کاهش عملکرد گیاهان و درنهایت شوری خاک می‌شود.

بنابراین با توجه به مزایایی که درباره جلبک دریایی گفته شد و با توجه به اهمیت مشکل شوری آب و خاک که در بسیاری از مناطق کشور وجود دارد، هدف از این تحقیق استفاده از عصاره جلبک دریایی در کاهش اثرات تنش شوری آب آبیاری بر فلفل دلمه‌ای در منطقه سیستان می‌باشد. از آن‌جا که وجود شوری در محیط رشد گیاهان

خاک برای رشد و نمو آن استفاده می‌شوند. انواعی از کودهای زیستی با منشأ باکتری، قارچ، جلبک و یا دیگر موجودات خاکزی در جهان قابل تولید است که سازوکار عمل تمامی آن‌ها قابل جذب نمودن عناصر غذایی توسط گیاه است (Bindhu, 2013). یکی از نهادهای مورد استفاده در کشاورزی ارگانیک، استفاده از عصاره جلبک دریایی است که می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی صنعتی باشد (Javanmardi and Azadi, 2014). علف‌های دریایی در واقع جلبک‌های سبز، قهوه‌ای و قرمز رنگ هستند که در بین آن‌ها عصاره جلبک دریایی قهوه‌ای رنگ به طور گسترده در کشاورزی و محصولات باغی جهت تسریع در رشد، افزایش تحمل به تنش‌های محیطی از جمله شوری، خشکی، دمایی و کمبودهای عناصر غذایی استفاده می‌شود (Khan et al., 2009).

جلبک‌های دریایی قهوه‌ای (*Ascophyllum nodosum*) یکی از مهمترین منابع پایدار با پتانسیل صنعتی به حساب می‌آیند. عصاره جلبک دریایی شامل تعدادی از فیتوهورمون‌ها مانند اکسین‌ها، سیتوکینین‌ها، جیبرلین‌ها، آبسزیک اسید و براسینواستروئیدها است. عصاره جلبک دریایی در سال‌های اخیر تا حدودی به عنوان جایگزین کودهای شیمیایی در کشاورزی به کار می‌رود (Zodape et al., 2010). عصاره جلبک‌های دریایی را می‌توان مستقیماً در نزدیکی ریشه گیاه اضافه کرد، همچنین می‌توان به عنوان کود به آب آبیاری اضافه کرد و از طریق سیستم آبیاری قطره‌ای در اختیار گیاه قرار داد. علاوه بر آن می‌توان عصاره جلبک دریایی را به صورت محلول پاشی برگ‌ها هم استفاده کرد.

از جمله مزایای استفاده از کود جلبک دریایی در کشاورزی رشد و گسترش بیشتر ریشه‌ها، جوانه‌زنی بهتر و سریع‌تر بذرها، به تأخیر انداختن پیری میوه‌ها، افزایش عمر پس از برداشت محصولات، افزایش توان و مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده و افزایش کمیّت و کیفیت میوه‌ها می‌باشد (Hernández-Herrera et al., 2014). عصاره جلبک دریایی که در طبیعت به صورت تخریب پذیر است به عنوان یک منبع مهم تغذیه برای کشاورزی پایدار محسوب می‌شود که شامل عناصر مختلفی از جمله آهن، روی، مس، کبالت، منگنز، مولیبدن و نیکل است؛ همچنین دارای ویتامین‌ها، اسیدهای آمینه و هورمون‌های رشد گیاهی از جمله ایندول بوتیریک اسید، ایندول استیک اسید و سیتوکینین است که تأثیرات مثبتی بر رشد گیاهان می‌گذارد (Fayza et al, 2015). تأثیر عصاره جلبک دریایی در کاهش اثرات تنش شوری آب آبیاری بر گندم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تنش شوری باعث کاهش عملکرد و رشد گیاه شد. کاربرد عصاره جلبک دریایی باعث افزایش رشد رویشی در گیاه با تمام غلظت‌های اعمال شده در شرایط تنش شوری نسبت به شاهد گردید (Chernane et al., 2015). طی پژوهشی گلخانه‌ای، تحمل نهال گوجه‌فرنگی به شوری

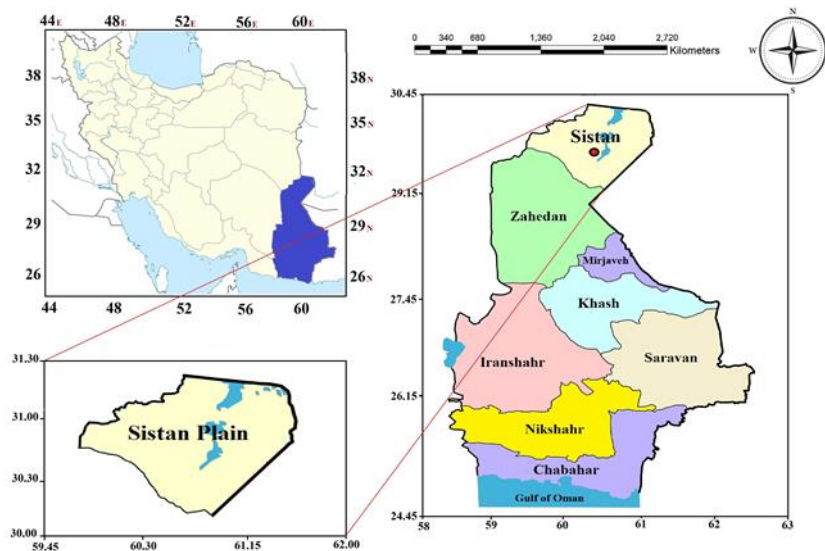
سطح دریا قرار دارد. منطقه مطالعاتی بر اساس شاخص خشکی UNEP، دارای اقلیم فرا خشک بوده و میزان بارندگی آن در سال کمتر از ۶۰ میلی‌متر می‌باشد. شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

باعث بر هم زدن تعادل تغذیه‌ای در گیاهان می‌شود، در این شرایط با اضافه نمودن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می‌توان وضعیت رشد گیاه را بهبود بخشید. عصاره جلبک دریایی با داشتن نقش تغذیه‌ای، می‌تواند سبب افزایش تحمل به تنش‌ها در گیاهان نیز شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

تحقیق حاضر در بهمن ماه ۱۴۰۲ در مزرعه تحقیقاتی واقع در شهرستان زهک در قالب طرح کرت یک‌بار خرد شده به صورت بلوک کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. شهرستان زهک در منطقه سیستان در استان سیستان و بلوچستان در ۶۱ درجه و ۶۷ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۸۹ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۴۸۰ متر از



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

عمق نمونه برداری	درصد سیلت	درصد شن	درصد رس	بافت خاک	pH	EC (dsm ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	کربن آلی (ppm)	فسفر قابل جذب (ppm)
۰-۳۰	۴۲	۴۹	۹	شن لوم	۷/۶	۲/۱	۲۸۰	۰/۷۲	۴/۶
۳۰-۶۰	۴۰	۴۸	۱۲	شن لوم	۷/۸	۲/۵	۲۳۱	۰/۶۸	۵/۷

جدول ۲- مقادیر خصوصیات شیمیایی آب آبیاری

آنیون‌ها (meqlit ⁻¹)			کاتیون‌ها (meqlit ⁻¹)				SAR	EC (dsm ⁻¹)	pH	نمونه آب
So ₄ ²⁻	Cl	HCO ₃ ⁻	K	Na	Mg	Ca				
۵/۷	۵/۶	۴/۱	۰/۴۶	۱۰/۵	۲/۵	۴/۸	۵/۴	۱	۷/۷	S1
۶/۲	۹/۸	۴/۵	۰/۶۵	۱۷/۵	۳/۸	۴/۳	۸/۷	۳	۷/۸	S2
۶/۵	۱۲/۶	۳/۸	۰/۷۴	۲۱/۳	۴/۷	۴/۶	۹/۹	۵	۷/۴	S3

رساندن به حد ظرفیت زراعی خاک در نظر گرفته شد. حجم آب محاسبه شده از رابطه ۱ با استفاده از کنتور به هر کرت داده شد. مقدار آب آبیاری تمامی تیمارها تا زمان سبز شدن (مرحله چهار برگی) یکسان و با آب شیرین (۱ دسی‌زیمنس بر متر) انجام شد. پس از طی شدن مراحل رشد ابتدایی و استقرار کامل گیاه، تیمارهای شوری و جلبک دریایی اعمال شد. جلبک دریایی در چهار مرحله و هر دو هفته یک بار پس از استقرار کامل گیاه، محلول پاشی شد.

نمونه برداری گیاهی و اندازه‌گیری پارامترها

اولین برداشت میوه اواسط اردیبهشت ۱۴۰۳ انجام شد. در مجموع ۸ بار برداشت انجام گردید. در هر برداشت، پارامترهای ارتفاع گیاه، وزن، قطر و تعداد میوه، عملکرد، شاخص سطح برگ گیاه و ویتامین ث میوه اندازه‌گیری و بهره‌وری مصرف آب محاسبه شد. برای اندازه‌گیری عملکرد کل هر یک از بوته‌ها، پس از برداشت میوه‌ها، به کمک یک ترازوی دیجیتالی، وزن میوه‌ها در برداشت‌های متوالی (هفته‌ای یک بار) ثبت و در پایان پس از جمع‌بندی، عملکرد هر بوته محاسبه شد. برای محاسبه تعداد میوه در بوته، تعداد کل میوه‌های برداشت شده از هر بوته ثبت شد. از تقسیم عملکرد هر بوته بر تعداد میوه در هر بوته، میانگین وزن میوه به دست آمد.

مقدار ویتامین ث یا اسید آسکوربیک موجود در میوه با استفاده از دستگاه یدومتريک بر حسب میلی گرم در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد (فاتح و همکاران، ۱۳۹۶).

$$A = 88.1 \times S \times N \times F \times 100/10 \quad (2)$$

در این رابطه A: مقدار ویتامین ث، S: محلول ید مصرف شده، N: نرمالیت ید (۰/۰۱ نرمال)، F: فاکتور محلول، ۸۸/۱ ضریب ثابت ویتامین ث می باشد.

بهره‌وری مصرف آب (WP^۱)

عبارت است از: نسبت محصول تولید شده به آب آبیاری. از رابطه (۳) به دست آمد (Payero et al., 2009).

$$WP = \frac{Y}{IR} \quad (3)$$

در این رابطه، WP: بهره‌وری مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)، Y: مقدار محصول برداشت شده (کیلوگرم در هکتار) و IR: مقدار آب آبیاری (مترمکعب در هکتار) است.

در پایان داده‌های اندازه‌گیری شده با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل و میانگین‌ها با آزمون دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند.

تیمارها شامل ۳ سطح میزان شوری آب آبیاری (S1، S2، S3) به ترتیب معادل ۱، ۳ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر) و محلول پاشی غلظت-های مختلف عصاره جلبک دریایی (SE1، SE2، SE3، SE4) به ترتیب معادل ۰، ۰/۵، ۱/۵ و ۳ گرم در لیتر) بود. محلول پاشی برگی تیمار صفر (تیمار شاهد بدون جلبک دریایی) با آب مقطر انجام شد. آب شور از آب چاهک‌های شور موجود در منطقه تهیه شد.

ابتدا زمین مورد نظر شخم، دیسک زده و کرت‌بندی شد. طول هر کرت ۴ متر و عرض آن ۳ متر بود. همچنین فاصله بین کرت‌های فرعی یک متر و فاصله بین کرت‌های اصلی ۲ متر در نظر گرفته شد. در هر کرت پنج ردیف کشت بود که دو ردیف کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و داده‌های مورد نیاز از ردیف‌های میانی برداشت شد. فواصل ردیف‌های کشت از هم ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر بود.

بر اساس نتایج آزمون اولیه خاک، نیاز کودی خاک شامل کمبود عناصر غذایی مهم نظیر پتاسیم، فسفر و ازت به ترتیب با مصرف کودهای سولفات پتاسیم و سوپر فسفات تریپل به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در ابتدای فصل کشت و کود اوره به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت سرک در دو مرحله ابتدای کشت و چهار هفته پس از کشت تأمین شد. جلبک دریایی در چهار مرحله به صورت محلول بر گیاه پاشیده شد. در هر مرحله مقدار صفر، ۰/۵، ۱/۵ و ۳ گرم در لیتر از کود اندازه‌گیری شده و در آب مقطر حل شده و به صورت محلول پاشی به برگ‌ها اعمال شد. تیمار شاهد (صفر) توسط آب مقطر آب پاشیده شد.

تعیین مقدار آب آبیاری

اندازه‌گیری رطوبت خاک در محدوده مورد نظر برای تعیین نیاز آبی گیاه، با استفاده از دستگاه TDR انجام گرفت. سپس مقدار عمق آب آبیاری با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (Liue et al., ۲۰۰۶).

$$d = \sum_{i=1}^n (\theta_{fci} - \theta_i) \Delta Z_i \quad (1)$$

در معادله فوق d عمق آبیاری (متر)، θ_{fci} و θ_i به ترتیب رطوبت حجمی خاک ($m^3.m^{-3}$) در حالت ظرفیت زراعی و قبل از آبیاری در لایه نام است. همچنین ΔZ ضخامت لایه بر حسب متر و n شماره لایه خاک می‌باشد.

سیستم آبیاری مورد استفاده آبیاری قطره‌ای شامل لوله‌های آبیاری قطره‌ای تیپ با فواصل قطره‌چکان ۲۰ سانتی‌متر روی لوله و دبی خروجی ۲ لیتر بر ساعت با فشار ۱۰۰ کیلوپاسکال بود. برای هر ردیف گیاهی یک نوار تیپ در نظر گرفته شد. دور آبیاری برای همه تیمارها ثابت و به صورت دو روز در میان و با هدف تأمین کمبود رطوبت خاک تا عمق ۶۰ سانتی متری در تیمار آبیاری کامل و

نتایج و بحث

شده در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود. اثر تکرار بر صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود که نشان‌دهنده شرایط یکنواخت آزمایش برای همه تکرارها بوده است (جدول ۳).

نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۳ آورده شده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر شوری آب آبیاری، جلبک دریایی و اثرات متقابل آن‌ها بر پارامترهای اندازه‌گیری

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات و درجه آزادی) صفات اندازه‌گیری شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص سطح برگ	ارتفاع بوته	تعداد میوه در بوته	قطر میوه	وزن میوه	ویتامین ث	کلروفیل a	کلروفیل b	عملکرد	بهره‌وری آب آبیاری
R	۲	۸۵/۹ ^{ns}	۱۱۲/۸ ^{ns}	۸/۷ ^{ns}	۱۵/۶ ^{ns}	۱۶۵/۷ ^{ns}	۷۵/۶ ^{ns}	۲۶/۴ ^{ns}	۱۴/۵ ^{ns}	۹۱/۳ ^{ns}	۶۶/۵ ^{ns}
S (شوری آب آبیاری)	۲	۱۴۵۶/۵*	۱۰۲۵/۴*	۲۲/۵**	۱۹/۵*	۲۸۵/۵*	۲۱۸/۲*	۸۷/۵*	۶۳/۷*	۲۳۶/۴**	۲۸۷/۴*
S خطای (جلبک دریایی)	۴	۳۹۵/۷	۲۷۸/۶	۸/۹	۸/۴	۱۹۲/۴	۱۴۷/۷	۳۹/۴	۵۱/۲	۱۱۵/۴	۱۶۸/۳
SE (دریایی)	۳	۶۳۱/۷*	۷۴۵/۳*	۲۳/۴*	۳۱/۹*	۳۵۷/۸*	۲۷۶/۶*	۶۳/۸*	۷۸/۴*	۲۹۸/۷*	۳۰۱/۷*
S*SE	۶	۱۰۰۵/۴**	۹۸۲/۵*	۱۳/۶*	۳۴/۲*	۴۳۵/۴*	۴۵۹/۳*	۵۷/۲*	۴۲/۵*	۳۷۸/۴*	۴۲۱/۵*
SE خطای	۱۲	۵۷۴/۸	۴۵۱/۷	۱۰/۷	۱۸/۶	۱۷۶/۸	۲۳۴/۵	۴۹/۵	۳۷/۸	۱۸۹/۴	۲۱۵/۷
ضرب تغییرات (%)		۱۳/۹	۱۴/۸	۱۱/۴	۱۰/۸	۱۱/۳	۱۴/۱	۸/۱	۹/۴	۱۳/۴	۱۲/۳

* و ** معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد، ns عدم معنی‌داری

(Croser et al., 2001) و کاهش فضای بین سلولی از یک سو و ایجاد مسمومیت یونی ناشی از تجمع یون‌های سدیم و کلر و در نتیجه، صدمه به غشاها و مولکول‌های پروتئینی از سوی دیگر، زمینه لازم برای کاهش سطح برگ را فراهم می‌آورد. کاهش سطح برگ نیز متعاقباً باعث کاهش جذب نور و فتوسنتز و در نهایت کاهش تولید فرآورده‌های فتوسنتزی لازم برای رشد برگ شده و در نتیجه، توسعه برگ‌های جدید را با مشکل مواجه می‌سازد (توراج‌زاده و همکاران، ۱۴۰۲). محلول پاشی جلبک دریایی باعث افزایش شاخص سطح برگ شد (جدول ۴). محلول پاشی جلبک دریایی (تیمارهای SE2، SE3 و SE4) به ترتیب ۲۶/۶۴، ۴۶/۷۱ و ۶۵/۱۳ درصد نسبت به تیمار شاهد (SE1 عدم محلول پاشی جلبک دریایی) شاخص سطح برگ را افزایش داد. اثرات متقابل شوری آب آبیاری و عصاره جلبک دریایی (جدول ۵) نشان داد در هر سه تیمار شوری آب، با افزایش مقدار عصاره جلبک دریایی، شاخص سطح برگ افزایش یافت. بیشترین شاخص سطح برگ (۵۷/۸ سانتی‌متر مربع) از تیمار S1SE4 به دست آمد اما از این نظر با تیمار S2SE4 (۵۲/۵ سانتی‌متر مربع) تفاوت معنی‌داری نداشت. بنابراین می‌توان گفت عصاره جلبک دریایی اثرات منفی تنش شوری آب را کاهش می‌دهد. محققین بیان داشتند محلول پاشی عصاره جلبک دریایی بر گیاه گوجه‌فرنگی باعث افزایش شاخص‌های رشدی، سطح برگ و عملکرد گیاه شد (Di Stasio et al., 2018).

شاخص سطح برگ: مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴) نشان

داد شوری آب آبیاری باعث کاهش شاخص سطح برگ شد. شاخص سطح برگ از ۴۹/۶ سانتی‌متر مربع در تیمار S1 به ۳۰/۳ سانتی‌متر مربع در تیمار S3 کاهش یافت. مکانیسم اثر شوری بر گیاه از طریق تأثیر بر مقدار مواد فتوسنتزی ساخته شده در برگ‌ها و روند انتقال آن‌ها به سایر بخش‌های گیاه می‌باشد. شوری روابط آبی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و باعث افزایش میزان انرژی لازم برای حفظ حالت طبیعی سلول می‌شود، در نتیجه انرژی کمتری برای نیازهای رشدی باقی می‌ماند و باعث کاهش سرعت رشد و در نتیجه آن تولید برگ‌های کوچک‌تر، گیاه کوچک‌تر و در مواردی تعداد برگ کمتر می‌شود (نجفی مرغلکی و همکاران، ۱۳۹۵). سطح برگ، یکی از حساس‌ترین اندام‌های هوایی به شوری بوده (Parida and Das, 2005) و کاهش آن با افزایش سطح شوری آب آبیاری در مطالعات دیگری نیز گزارش شده است (Huang et al., 2012). حاجی‌حسینی و همکاران گزارش کردند که با افزایش سطح شوری، رشد رویشی گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و شوری باعث کاهش تعداد و سطح برگ و به دنبال آن کاهش فتوسنتز و رشد گیاه می‌گردد (Hagi Hassani et al., 2016). توراج‌زاده و همکاران (۱۴۰۲) در تحقیق خود بیان داشتند شوری آب آبیاری از ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر به ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش شاخص سطح برگ کینوا شد. تنش اسمزی ناشی از شوری، با افزایش آستانه فشار آماس لازم برای رشد سلول‌های برگ

(اسپرولیتا و کلرولا) بر گیاه ریحان و گندم در شرایط تنش شوری آب آبیاری، باعث کاهش اثرات منفی تنش و افزایش اندام‌های هوایی، ریشه و عملکرد این دو گیاه شد (سیاری‌زهان و همکاران، ۱۴۰۱). عصاره جلبک دریایی به علت حضور گلاسیسین بتائین در سلول باعث کاهش اثرات سوء تنش‌های محیطی همچون شوری و خشکی می‌شود (اردکانی و همکاران، ۱۳۹۸).

ارتفاع: مطابق جدول (۴) افزایش شوری آب باعث کاهش ارتفاع گیاه شد. بیشترین ارتفاع گیاه (۹۰/۱ سانتی‌متر) از تیمار S1 (۱) دسی‌زیمنس بر متر) به‌دست آمد. کاهش ارتفاع در شرایط شوری ممکن است به علت تجمع زیاد یون سدیم در گیاه و در نتیجه کاهش فرآیندهای آنزیمی و سنتز پروتئین باشد (شفازاده شهرابکی و همکاران، ۱۳۹۹). شوری به‌علت اختلال در جذب عناصر غذایی و کاهش جذب آب، باعث کاهش مقادیر مولفه‌های رشد، از جمله طول ریشه و اندام هوایی گیاه می‌شود (Ibrahim et al., 2016). محلول-پاشی عصاره جلبک دریایی باعث افزایش ارتفاع گیاه شد. کاربرد ۰/۵، ۱/۵ و ۳ گرم در لیتر جلبک دریایی باعث افزایش به‌ترتیب ۱۱/۶۶، ۲۲/۹ و ۳۹/۱۱ درصدی ارتفاع گیاه نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف جلبک دریایی) شد. اثرات متقابل شوری آب آبیاری و عصاره جلبک دریایی (جدول ۵) نشان داد با افزایش مصرف مقدار جلبک دریایی و کاهش شوری آب آبیاری ارتفاع گیاه افزایش یافت. بیشترین مقدار ارتفاع (۹۸/۵ سانتی‌متر) از تیمار S1SE4 و کمترین آن (۴۱/۶ سانتی‌متر) از تیمار S3SE1 به‌دست آمد. ترکیبات هورمونی و مواد تنظیم‌کننده رشد مانند اکسین‌ها، جیبرلین و سیتوکنین‌ها در عصاره جلبک دریایی وجود دارد و در طول شدن سلول‌ها نقش مؤثری دارند. جیبرلین کشتش‌پذیری دیواره سلولی را افزایش داده و با تغلیظ شیره سلولی، از طریق هیدرولیز نشاسته به قند، سبب کاهش پتانسیل آب در سلول گیاهی شده و موجب ورود آب بیشتر به داخل سلول و طول شدن آن می‌شود (سیاری‌زهان و همکاران، ۱۴۰۱). حیدری و همکاران بیان داشتند عصاره جلبک دریایی باعث افزایش ارتفاع گیاه همیشه بهار شد (Heydari et al., 2017). تأثیر مثبت عصاره جلبک بر ارتفاع بوته و رشد رویشی لوبیا، گندم و چای نیز گزارش شده است (Kocira et al., 2015; Sivasangari et al., 2011; Shahbazi et al., 2015).

تعداد، قطر و وزن میوه:

شوری آب آبیاری باعث کاهش تعداد، قطر و وزن میوه فلفل دلمه‌شده (جدول ۴). افزایش شوری از ۱ دسی‌زیمنس بر متر به ۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب باعث کاهش ۴۸/۹۵، ۳۹/۲۸ و ۳۳/۶۳ درصدی تعداد، قطر و وزن میوه شد. کاهش تعداد و وزن میوه در شرایط شوری آب آبیاری در تحقیقات دیگر محققین نیز بیان شده

است (Jamali et al., 2018; Sajjadi et al., 2016). شوری به دلیل تأثیر بر فراهمی عناصر غذایی، تأثیر در جذب رقابتی و انتقال عناصر غذایی در گیاه، باعث کاهش وزن و عملکرد گیاه می‌شود (شفازاده شهرابکی و همکاران، ۱۳۹۹). محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی باعث افزایش تعداد، قطر و وزن میوه شد. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی باعث افزایش تعداد، قطر و وزن میوه شد. محلول‌پاشی برگی جلبک دریایی در طول دوره رشد توت‌فرنگی، باعث افزایش اندازه، طول، قطر، وزن و عملکرد میوه شد و این افزایش به حضور تنظیم‌کننده‌های رشدی همچون اکسین، جیبرلین، کینتین و زاتین در عصاره جلبک دریایی نسبت داده شده است (Eshghi et al., 2017). اثرات متقابل شوری آب آبیاری و جلبک دریایی نشان داد در تمام سطوح شوری آب افزایش مقدار جلبک دریایی تعداد، قطر و وزن میوه را افزایش داد (جدول ۵). تعداد میوه از ۴/۱ تا ۹/۸، قطر میوه از ۷/۳ تا ۳/۸ سانتی-متر و وزن میوه از ۹۰/۴ تا ۴۹/۳ گرم در تیمارهای S1SE4 و S3SE1 متغیر بود. عصاره جلبک دریایی سبب تسریع گل‌دهی، افزایش تشکیل میوه و تولید میوه زودرس در برخی گیاهان می‌شود. نتایج مطالعه آلیکو و همکاران نشان داد که محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی با غلظت ۱/۵ تا ۲ گرم در لیتر در گیاهان هندوانه و بامیه، باعث تسریع گل‌دهی و افزایش تعداد گل‌ها و در نتیجه، تعداد میوه بیشتر شد. این افزایش احتمالاً به‌دلیل حضور هورمون‌های رشد مانند سابتوکنین در آن‌ها است (Aliko et al., 2017). سابتوکنین در مرحله رشد رویشی سبب توزیع بهتر عناصر غذایی و در مرحله زایشی سبب تحرک عناصر غذایی می‌شود (Khan et al., 2009). تحقیقات نشان داده است جلبک‌های دریایی حاوی ۱۹-۱۸ آمینواسید هستند که اثرات ترکیبی آن‌ها سبب بهبود عملکرد و جذب عناصر غذایی می‌شود. این اثرات در پایا سبب افزایش تعداد میوه (Morales-Payan and Stall, 2003) و در کارلا سبب افزایش تعداد میوه و وزن تر و خشک میوه (Amini Fard and Khandan, 2019) شد.

عملکرد: مطابق جدول ۴ افزایش شوری آب آبیاری باعث کاهش عملکرد گیاه شد. بیشترین عملکرد (۳۰/۶ تن در هکتار) از تیمار S1 (۱ دسی‌زیمنس بر متر) و کمترین مقدار عملکرد (۱۱/۹ تن در هکتار) از تیمار S3 (۵ دسی‌زیمنس بر متر) به‌دست آمد. شوری به دلایل تأثیر بر فراهمی عناصر غذایی، تأثیر در جذب رقابتی و تأثیر بر انتقال مواد غذایی در گیاه بر رشد رویشی و زایشی گیاه اثر گذاشته و موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود. با توجه به این که گیاهان بخش عمده‌ای از دوره رشد خود را در معرض شوری گذرانند، احتمالاً میزان یون‌های سمی سدیم و کلر در برگ‌ها با افزایش شوری افزایش یافته و سبب کاهش عملکرد در گیاه شده است (رضوی و همکاران، ۱۳۹۷). توراج‌زاده و همکاران در بررسی اثرات تنش شوری بر کینوا

نشان داد در تمام سطوح شوری محلول پاشی جلبک دریایی باعث افزایش عملکرد گیاه شد. بیشترین مقدار عملکرد (۳۲/۶ تن در هکتار) از تیمار S1SE4 و کمترین آن (۱۰/۷ تن در هکتار) از تیمار S3SE1 به دست آمد. محققین بیان داشتند استفاده از عصاره جلبک دریایی سبب افزایش تحمل به تنش‌های خشکی، شوری و دمایی می‌شود (Craigie, 2011; Afaf et al., 2022). جلبک‌های دریایی مخلوطی از مواد آلی و معدنی هستند. مواد معدنی آن‌ها در درجه اول پتاسیم و مواد آلی شامل اسیدهای آمینه و آلژینیک اسید می‌باشد که مهمترین آن‌ها بتائین یا گلايسين بتائین است. این اسید آمینه دارای خواص اسمولیتی است که باعث تنظیم فشار اسمزی داخل سلول می‌شود. گلايسين بتائین باعث افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی می‌شود (Ghaffari Nejad et al., 2020).

گزارش کردند شوری باعث کاهش عملکرد گیاه شد (Tourajzadeh et al., 2024). مصرف جلبک دریایی باعث افزایش عملکرد گیاه شد. با مصرف جلبک دریایی به مقدار ۰/۵، ۱/۵ و ۳ گرم در لیتر عملکرد به ترتیب ۴۲/۷۳، ۵۲/۴۳ و ۱۷۶/۰۶ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. تحقیقات نشان داده است به دلیل وجود اسیدهای آمینه در عصاره جلبک دریایی، با کاربرد آن به خاطر اثرات تغذیه‌ای مثبت بر رشد و نمو، عملکرد افزایش خواهد یافت (رضوی و همکاران، ۱۳۹۷). مطالعات نشان داده است، عصاره جلبک دریایی زمانی که به خاک اضافه می‌شود و یا زمانی که به صورت افشانه برگ‌ها در بسیاری از گیاهان مانند غلات، حبوبات، گیاهان دارویی و درختان میوه مورد استفاده قرار می‌گیرد، موجب بهبود عملکرد گیاه می‌شود (Anisimov et al., 2013). اثرات متقابل شوری آب و جلبک دریایی (جدول ۵)

جدول ۴- مقایسه میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده

تیمارهای آزمایشی	شاخص سطح برگ (سانتی متر مربع)	ارتفاع (سانتی-متر)	تعداد میوه در بوته (عدد)	قطر میوه (سانتی متر)	وزن میوه (گرم)	عملکرد (تن در هکتار)
شوری آب آبیاری (S1)۱	۴۹/۶a	۹۰/۱a	۹/۶a	۵/۶a	۸۹/۵a	۳۰/۶a
(دسی زیمنس بر متر) (S2)۳	۳۷/۲b	۶۸/۵b	۷/۵b	۴/۲b	۷۴/۶b	۱۹/۱b
(S3)۵	۳۰/۳c	۴۴/۴c	۴/۹c	۳/۴c	۵۹/۴c	۱۱/۹c
(SE1)۰	۳۰/۴d	۷۰/۳c	۵/۸c	۴/۸c	۵۱/۷d	۱۱/۷d
جلبک دریایی (SE2)۰.۵	۳۸/۵c	۷۸/۵bc	۷/۲b	۵/۴b	۶۶/۵c	۱۶/۷c
(SE3)۱/۵	۴۴/۶b	۸۶/۴b	۸/۳ab	۶/۲ab	۸۱/۳b	۲۴/۶b
(SE4)۳	۵۰/۲a	۹۷/۸a	۹/۸a	۶/۸a	۹۲/۲a	۳۲/۳a

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰.۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری آب آبیاری و مقدار جلبک دریایی

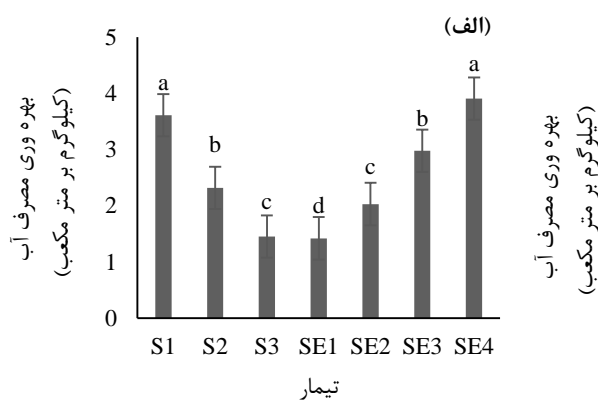
تیمار	شاخص سطح برگ (سانتی متر مربع)	ارتفاع (سانتی متر)	تعداد میوه در بوته (عدد)	قطر میوه (سانتی متر)	وزن میوه (گرم)	عملکرد (تن در هکتار)
S1SE1	۳۴/۵d	۶۲/۶d	۵/۵e	۵/۱c	۶۵/۳d	۱۶/۷c
S1SE2	۴۳/۴c	۷۱/۷c	۶/۲d	۵/۷c	۷۲/۶c	۲۰/۴b
S1SE3	۴۹/۶b	۸۳/۲b	۸/۴b	۶/۵b	۸۱/۵b	۲۷/۵ab
S1SE4	۵۷/۸a	۹۸/۵a	۹/۸a	۷/۳a	۹۰/۴a	۳۲/۶a
S2SE1	۳۰/۳e	۵۸/۲ed	۴/۳f	۴/۶d	۵۳/۴e	۱۳/۳d
S2SE2	۳۶/۷d	۶۶/۷d	۵/۷e	۵/۱c	۶۲/۶d	۱۶/۴c
S2SE3	۴۴/۲bc	۷۴/۳c	۷/۳c	۵/۹c	۷۱/۳c	۱۹/۷bc
S2SE4	۵۲/۵a	۸۶/۵b	۸/۱b	۶/۴b	۸۰/۵b	۲۵/۸b
S3SE1	۲۴/۲f	۴۱/۶f	۴/۱f	۳/۸e	۴۹/۳e	۱۰/۷d
S3SE2	۲۹/۵ef	۵۰/۴e	۴/۸f	۴/۵d	۵۷/۶d	۱۳/۶d
S3SE3	۳۷/۴d	۶۳/۱d	۵/۹de	۵/۱c	۶۴/۴c	۱۵/۴c
S3SE4	۴۶/۸b	۷۲/۳c	۶/۵d	۵/۷c	۷۲/۶c	۱۹/۸bc

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰.۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

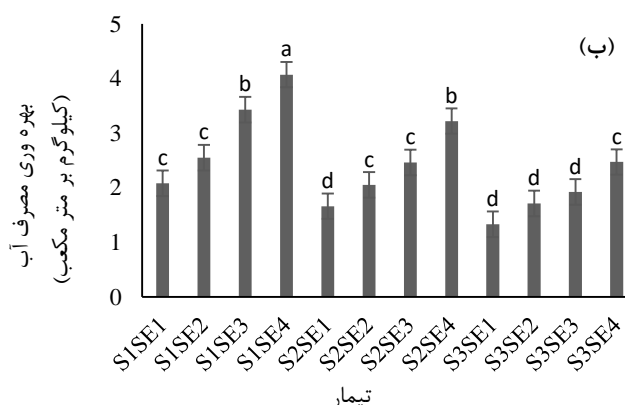
به دلیل تأثیر منفی تنش شوری بر عملکرد و شاخص‌های رشدی گیاه می‌باشد. با افزایش سطح شوری آب در دسترس گیاه کاهش می‌یابد. این شرایط وضعیت آب و تبادل گازها در گیاه را در کوتاه‌مدت و رشد

بهره‌وری مصرف آب آبیاری: شکل ۲ (الف) نشان می‌دهد شوری آب آبیاری باعث کاهش بهره‌وری مصرف آب شد. این کاهش

افزایش یافت. مصرف عصاره جلبک دریایی به علت حضور هورمون-های رشد، ماکرو و میکرو در عصاره جلبکی منجر به افزایش سطح فتوسنتزکننده و در نتیجه افزایش رشد زایشی، عملکرد و در نهایت افزایش عملکرد می‌شود (De Carvalho et al., 2014). همچنین به دلیل حضور مولکول‌های آلی نظیر اسیدهای آلی، متیونین و حتی پلی‌آمین‌ها در عصاره جلبک دریایی، جذب مواد معدنی بوسیله اتصال به این مولکول‌ها و با تشکیل کلات آسانتر شده و در نهایت موجب فراهمی رشد زایشی و بهبود عملکرد می‌شود (Jannin et al., 2013). بهبود عملکرد نیز افزایش بهره‌وری مصرف آب را در پی دارد.



و عملکرد را در درازمدت کاهش داده و همان‌طور که ذکر شد تعداد، وزن و قطر میوه کاهش یافت که به تبع آن عملکرد کاهش می‌یابد. با کاهش عملکرد بهره‌وری مصرف آب کاهش یافت (شکل ۲ الف)). محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی به دلیل افزایش شاخص‌های رشدی و زایشی گیاه باعث افزایش بهره‌وری مصرف آب شد. بیشترین بهره‌وری مصرف آب (۳/۹۱ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد ۳ گرم در لیتر جلبک دریایی به دست آمد. اثرات متقابل شوری آب آبیاری و بهره‌وری مصرف آب (شکل ۲ ب)) نیز نشان داد در تمام سطوح شوری با افزایش مقدار عصاره جلبک دریایی، بهره‌وری مصرف آب

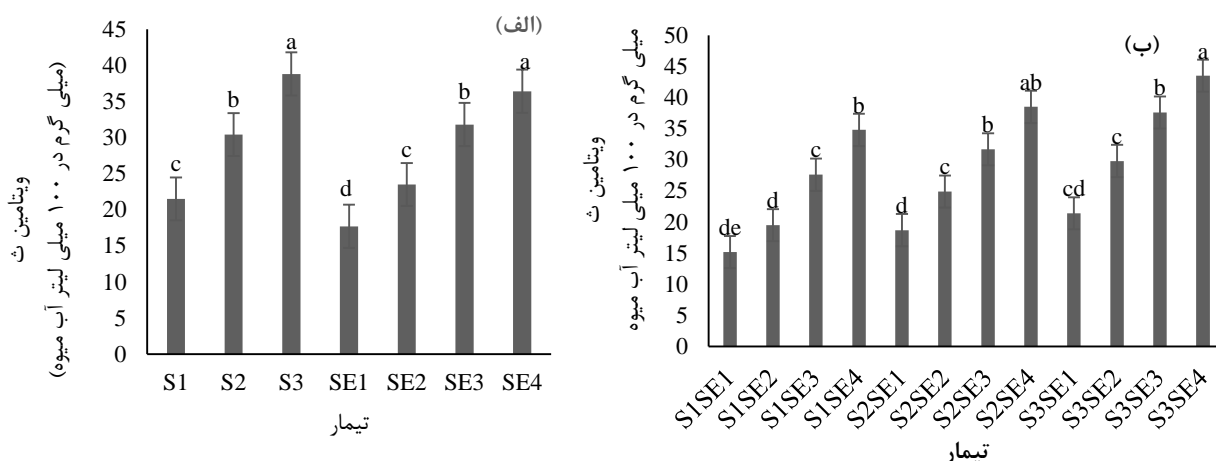


شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات ساده و متقابل شوری آب آبیاری و عصاره جلبک دریایی بر بهره‌وری مصرف آب

گوجه‌فرنگی گزارش شده است (Zodape et al., 2011). اثرات متقابل شوری آب آبیاری و عصاره جلبک دریایی (شکل ۳ ب)) نشان داد در تمام سطوح شوری آب آبیاری استفاده از جلبک دریایی باعث افزایش مقدار ویتامین ث میوه شد. بیشترین مقدار ویتامین ث از تیمار S3SE4 به دست آمد. محققین بیان داشتند کاربرد کودهای آلی از جمله عصاره جلبک و دسترسی بهتر گیاه به عناصر ضروری مورد نیاز رشد و نمو، می‌تواند عامل افزایش ویتامین ث باشد (مفاخری، ۱۳۹۶).

کلروفیل a و b: از شکل ۴ مشاهده می‌شود، مقدار کلروفیل a و b با افزایش شوری کاهش پیدا کرد. بیشترین مقدار کلروفیل a در تیمار S1 (۱ دسی‌زیمنس بر متر) و به مقدار ۱۴/۸ میلی‌گرم در گرم و کمترین آن در تیمار S3 (شوری ۵ دسی‌زیمنس) به مقدار ۵/۴ میلی‌گرم در گرم مشاهده شد. بیشترین مقدار کلروفیل b مربوط به تیمار S1 (۱ دسی‌زیمنس بر متر) و به مقدار ۸/۵ میلی‌گرم در گرم و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار S3 (۵ دسی‌زیمنس) و به مقدار ۴/۱ میلی‌گرم در گرم بود. با توجه به این که محتوای کلروفیل و فتوسنتز برگ به عنوان یکی از پارامترهای فیزیولوژیک تحمل به نمک در گیاهان محسوب می‌شود.

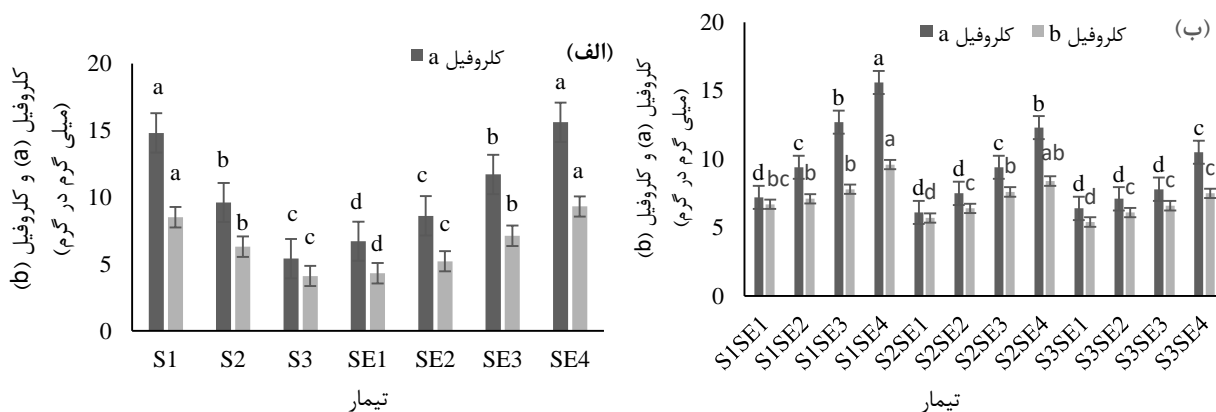
ویتامین ث: مقدار ویتامین ث به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفت. شوری باعث افزایش ویتامین ث میوه شد. بیشترین مقدار ویتامین ث (۳۸/۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ لیتر آب میوه) از تیمار S3 (شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر) به دست آمد. از جمله پاسخ گیاهان برای مقابله با تنش‌های محیطی همچون شوری و خشکی، افزایش سطوح آنتی‌اکسیدان‌های مختلف است. ویتامین ث از جمله ترکیبات آنتی‌اکسیدان است که از تخریب بافت‌ها توسط رادیکال‌های آزاد جلوگیری می‌کند. بنابراین مقدار آن در شرایط تنش در جهت کاهش آثار مخرب تنش افزایش می‌یابد. مالاش و همکاران بیان داشتند شوری باعث افزایش ویتامین ث در میوه می‌شود (Malash et al., 2002). ایشان دلیل این امر را تجمع مونساکاریدها در میوه عنوان کردند. محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی باعث افزایش معنی‌دار ویتامین ث میوه فلفل دلمه شد (شکل ۳ الف)). مطالعات نشان داده است، عصاره جلبک دریایی سبب افزایش میزان کلروفیل و در نتیجه افزایش میزان آنتوسیانین می‌شود و با توجه به رابطه مثبت بین میزان آنتوسیانین و ویتامین ث می‌توان اظهار داشت میزان ویتامین ث نیز تحت تأثیر آنتوسیانین، افزایش می‌یابد (Spinelli et al., 2010). تأثیر مثبت عصاره جلبک دریایی بر افزایش ویتامین ث



شکل ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده و متقابل شوری آب آبیاری و عصاره جلبک دریایی بر ویتامین ث میوه

ساختمان کلروفیل کاهش یابد (Oraei et al., 2009). کاهش کلروفیل در اثر شوری توسط سلبو و همکاران در گیاه باقالا گزارش شده است (Slabu et al., 2009). تنش باعث تخریب کلروپلاست و کاهش میزان کلروفیل در گندم شد که به نظر می‌رسد این کاهش به دلیل عدم سنتز این ماده و افزایش اتیلن در شرایط تنش باشد (Khan, 2003). محلول پاشی عصاره جلبک دریایی باعث افزایش مقادیر کلروفیل a و b شد (شکل الف) ۴). اثرات متقابل شوری آب و محلول پاشی جلبک دریایی (شکل ب) ۴) نشان داد در تمام سطوح شوری با افزایش مقدار جلبک دریایی مقادیر کلروفیل a و b افزایش یافت. بیشترین مقدار کلروفیل a (۱۵/۶ میلی گرم در گرم) و کلروفیل b (۹/۶ میلی گرم در گرم) از تیمار S1SE4 مشاهده شد.

خشکی فیزیولوژیکی ناشی از تنش شوری موجب محدودیت در جذب آب شده و از سوی دیگر افزایش جذب نمک توسط گیاه، سبب اختلال در کارکرد سلولی و آسیب رساندن به فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز و تنفس می‌شود. یکی از دلایل احتمالی دیگر کاهش میزان کلروفیل، رقابت و و پیشی گرفتن گلوتامین کیناز (آنزیم کاتالیزور کننده پرولین) به هنگام تنش شوری از آنزیم گلوتامات لیگاز (اولین آنزیم مسیر سنتز کلروفیل) است که باعث شده تا پیش-ساز گلوتامات بیشتر به مصرف پرولین برسد و بنابراین بیوسنتز کلروفیل با محدودیت مواجه شود. همچنین محتوای کلروفیل برگ می‌تواند به دلیل کمبود یون‌های منیزیم و پتاسیم از عناصر اصلی در سنتز کلروفیل و کاهش نسبت پتاسیم به سدیم و همچنین تخریب



شکل ۴- مقایسه میانگین اثرات ساده و متقابل شوری آب آبیاری و عصاره جلبک دریایی بر مقادیر کلروفیل a و b

هایی از جمله تخریب کلروفیل حفظ می‌کند. از طرف دیگر وجود بتائین، اسیدهای آمینه و سایر مواد فعال در عصاره جلبکی از تخریب کلروفیل جلوگیری می‌کند، عصاره جلبک دریایی همچنین حاوی

دلیل احتمالی افزایش محتوای کلروفیل گیاه فلفل تحت تنش شوری در پاسخ به تیمار عصاره جلبک دریایی را می‌توان به القاء پاسخ‌های آنتی‌اکسیدانی مرتبط دانست که گیاه را در برابر آسیب-

شرایط تنش شوری. پژوهش‌های زراعی در حاشیه کویر. ۱۵(۲): ۱۱۷-۱۰۹.

سیاری زهان، م.ح.، صیادی‌اناری، م.ح.، زمانی، غ.ر. و محمودی، س.، و گلستانی‌فر، ف. ۱۴۰۱. تأثیر دو نوع جلبک بر خصوصیات رشدی گیاه گندم و ریحان در شرایط تنش شوری. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۵(۳): ۷۴۰-۷۳۱.

شفازاده شهربابکی، م.ک.، حسینی فرهی، م. و محمدی‌نیا، غ. ۱۳۹۹. بهبود تحمل به شوری و جذب عناصر غذایی در فلفل دلمه‌ای با کاربرد اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک. علوم باغبانی. ۳۴(۱): ۱۰۶-۹۱.

طباطبایی، س.ح.، پسرک لی، م. و نورمهنداد. ن. ۱۳۹۷. ارزیابی مدیریت آبیاری متناوب با کاربرد آبشور در کشت چمن (Seashore Paspalum). حفاظت منابع آب و خاک. ۸(۳): ۹-۱. فاتح، م.، بزرگر، ط.، و رضوی، ف. ۱۳۹۸. تأثیر محلول پاشی اسید آسکوربیک و لاکتات کلسیم بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه فلفل دلمه‌ای. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۳۳(۱): ۸۷-۷۹.

قائدی، س.، افراسیاب، پ. و دلبری، م. ۱۳۹۶. بررسی مدیریت‌های مختلف تلفیق آب شور و غیرشور بر عملکرد سورگوم علوفه‌ای و توزیع شوری در نیمرخ خاک. مدیریت آب و آبیاری. ۷(۲): ۲۴۰-۲۲۷.

مفاخری، س. ۱۳۹۶. تأثیر کاربرد برخی کودهای آلی و شیمیایی بر صفات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی شنبلیله. تولیدات گیاهی. ۴۰(۳): ۴۰-۲۸.

نجفی مرغملکی، س.، مرتضوی، س.م.ح. و معلمی، ن. ۱۳۹۵. اثر شوری بر فیزیولوژی رشد رویشی، اجزاء عملکرد و خصوصیات کیفی میوه توت فرنگی رقم کاماروزا. فناوری تولیدات گیاهی. ۱۶(۱): ۱۶۱-۱۴۷.

Afaf, H., Eglal, M. and Abdelgawa, Z.A. 2022. The role of seaweed extract on improvement drought tolerance of wheat revealed by osmoprotectants and DNA (cpDNA) markers. Brazilian Journal of Botany. 45:857-867.

Ali Ahmadi, H., Jahantighi, H., and Rostami, H. 2004. Study on yield of sweet, green and salad pepper cultivars in sistán. Seed and Plant. 20(2): 259-262.

Aliko, A. A., Manga, A., Haruna, H. and Abubakar, A. W. 2017. Effect of different concentrations of aqueous *Ascophyllum nodosum* extract on flowering and fruiting in some vegetables. Bayero Journal of Pure and Applied Sciences. 10(1): 63-65.

Amini Fard, M. H. and Khandan, S. 2019. Investigation of the effect of different concentrations of seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) on growth, yield and biochemical traits of bitter melon (*Momordica charantia* L.), Journal of Plant Environmental

Chen et al., (2021). تحقیقات نشان داد محلول پاشی عصاره جلبک دریایی باعث افزایش شاخص کلروفیل در اسفناج و نیشکر شد (Esmailpour et al., 2020).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به منظور افزایش مقاومت به تنش شوری در گیاه فلفل دلمه از محرک زیستی جلبک دریایی به صورت محلول پاشی برگ استفاده شد. نتایج نشان داد گیاه فلفل دلمه نسبت به شوری آب آبیاری، گیاهی نسبتاً حساس است. نتایج به دست آمده نشان داد این گیاه در هنگام مواجهه با تنش شوری با ایجاد تغییر در برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی و نمودی خود از جمله کاهش شاخص‌های رشد و محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، کاهش ارتفاع بوته، کاهش تعداد، قطر و وزن میوه و کاهش عملکرد خود را با تنش سازگار نمود. محلول پاشی جلبک دریایی (هر سه تیمار ۰/۵، ۱/۵ و ۳ گرم در لیتر) در همه سطوح شوری (۱، ۳ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر) مؤثر واقع شد و توانست شوری را کنترل کند و موجب بهبود خصوصیات رشدی و عملکردی گیاه شود. از نظر کیفی نیز ویتامین ث میوه با افزایش محلول پاشی جلبک دریایی افزایش یافت. بهترین عملکرد (۳۲/۶ تن در هکتار) و بهره‌وری مصرف آب (۴/۰۷ کیلوگرم بر متر مکعب) از تیمار S1SE4 به دست آمد. بنابراین برای کاهش اثرات منفی تنش شوری آب آبیاری بر گیاه فلفل دلمه محلول پاشی عصاره جلبک دریایی توصیه می‌شود. پیشنهاد می‌شود به منظور تحقیقات جامع‌تر، استفاده از جلبک دریایی به صورت افزودن به خاک نیز در شرایط تنش شوری آب آبیاری برای گیاه فلفل دلمه مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

اردکانی، م.، آرمین، م. و دادرسی‌سزوار، م. ۱۳۹۸. اثر زمان و مقدار محلول پاشی عصاره جلبک دریایی بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه در شرایط تنش شوری. پژوهش‌های به‌زراعی. ۱۱(۴): ۳۰۸-۲۹۰.

توراج‌زاده، ا.، پیری، ح.، ناصرین، ا. و چاری، م.م. ۱۴۰۲. بررسی تأثیر بیوجار و شوری آب آبیاری بر شاخص‌های عملکرد و درصد پروتئین کینوا در شرایط کم‌آبیاری. آبیاری و زهکشی ایران، ۱۷(۴): ۶۱۰-۵۹۷.

جوانمردی، ج. و آزادی، ح. ۱۳۹۱. تأثیر محلول پاشی با عصاره جلبک دریایی بر رشد، عملکرد و ویژگی‌های کیفی گوجه‌فرنگی گیلاسی ()، علوم و فنون باغبانی ایران. ۱۳: ۲۹۰-۲۸۳.

رضوی، آ.، اوپسی، م. و کسرای، پ. ۱۳۹۷. بررسی اثر محلول پاشی عصاره جلبک دریایی بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی جو در

- under Environmental Stress, 4: 59–71
- Hagi Hassani, L., Mortazavi, N. and Ammarloo, A. 2016. Investigation the effect of salsilic acid under salt stress on some growth and physiological characteristics of *Lavandula Officinalis* L. p.. Second National Congress in Agricultural and Natural Science Development, Gorgan. 12 May 2016.
- Hernández-Herrera, R.M., Santacruz-Ruvalcaba, F., Ruiz-López, M.A., Norrie, J. and Hernández-Carmona, G. 2014. Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Applied Phycology*. 26: 619–62.
- Hernandez-Herrera, R.M., Sánchez-Hernandez, C.V., Palmeros Suarez, P.A. and Ocampo- Alvarez, H. 2022. Santacruz- Ruvalcaba, F., Meza-Canales, I.D., Becerril-Espinosa, A. Seaweed Extract Improves Growth and Productivity of Tomato Plants under Salinity Stress. *Agronomy*. 12: 2495.
- Heydari, M., Daneshian Moghaddam, A.M. and Nourafcan, H., 2017. Effect of vermicompost and liquid seaweed fertilizer on morphophysiological properties of marigold (*Calendula officinalis* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*. 4: 891-906.
- Huang, C.H. Zong, L., Buonanno, M., Xue, X., Wang, T. and Tedeschi, A. 2012. Impact of saline water irrigation on yield and quality of melon (*Cucumismelo* cv.Huanghemi) in northwest China: *European Journal of Agronomy*. 43: 68-76.
- Ibrahim, M.E.H. Zhu, X. Zhou, G. and Abidallhaa, E.H.M.A. (2016) Effects of nitrogen on seedling growth of wheat varieties under salt stress. *Journal of Agricultural Science*. 8: 131–146.
- Jamali S., Sharifan H., and Sajadi F. 2018. Investigation the use of irrigation by caspian seawater on sweet pepper (*Capsicum annum*) under greenhouse conditions. *Journal of Water and Soil Conservation*. 25(1): 243-256.
- Jannin, L., Arkoun, M., Etienne, P., Laîné, P., Goux, D., Garnica, M., Fuentes, S. San Francisco, S., Baigorri, R., and Cruz, F. 2013. Brassica napus growth is promoted by *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. seaweed extract: microarray analysis and physiological characterization of N, C, and S metabolisms. *Journal of Plant Growth Regulation*. 32:31-52.
- Khan, N.A., 2003. NaCl inhibited chlorophyll synthesis and associated changes in ethylene evolution and antioxidative enzyme activities in wheat. *Plant Biology*. 47(3): 437-440.
- Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., Critchley, A. T. J. Craigie, S., Norrie, J. and Prithiviraj, B. 2009. Seaweed extracts asbiostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulations*. 28: 386-399.
- Kocira, A., Kornas, R., and Kocira, S. 2013. Effect assessment of Kelpak sl on the Bean yield. *Journal Physiology*. 13: 56-66.
- Anisimov, M., Skriptsova, A., Chaikina, E. and Klykov, A. 2013. Effect of water extracts of seaweeds on the growth of seedling roots of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *IJRRAS*. 16:282-287.
- Bindhu, K.B. 2013. Effect of Azolla extract on growth performance of *Pisum sativum*. *Journal of Biological Sciences*. 2: 10, 88-90.
- Chen, D., Zhou, W., Yang, J., Ao, J., Huang, Y., Shen, D., Jiang, Y., Huang, Z. and Shen, H. 2021. Effects of seaweed extracts on the growth, physiological activity, cane yield and sucrose content of sugarcane in China. *Front. Plant Science*. 12p
- Chernane, H., Latique, S., Mansori, M. and El Kaoua, M.2015. Salinity stress tolerance and antioxidative mechanisms in wheat plants (*Triticum durum* L.) by seaweed extracts application. *Journal of Agriculture and Veterinary Sciences*. 8: 36–44.
- Craigie, J.S. 2011. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*. 23: 371–393.
- Croser, C., Renault, S., Franklin, J. and Zwiazek, J. 2001. The effect of salinity on the emergence and seedling growth of piceamorian, picceaglausa and pinusbanksiana. *environmental pollution*. 115:6-16.
- De Carvalho, M. E. A., de Camargo, P. R., Gallo, L. A. and Junior, M. V. C. F. 2014. Seaweed extract provides development and production of wheat. *Agrarian*. 7:166-170
- Di Stasio, E., Van Oosten , M. J., Silletti , S., Raimondi , G., dell’Aversana , E., Carillo , P. and Maggio , A. 2018 *Ascophyllum nodosum* based algal extracts act as enhancers of growth, fruit quality, and adaptation to stress in salinized tomato plants . *Journal of Applied Phycology*. 30: 2675 -86.
- Eshghi, S., Moharami, S. and Jamali, B. 2017. Effect of salicylic acid on growth, yield and quality of strawberry Fruit of Parus cultivar under salinity conditions. *Soil Plant Interac*. 7: 28. 163-173.
- Esmailpour, B., Fatemi, H. and Moradi, M. 2020. Effects of seaweed extract on physiological and biochemical characteristics of basil (*Ocimum basilicum* L.) under water deficit stress conditions. *Journal of Science & Technology. Greenhouse Culture*. 11: 1. 59-69.
- Fayza, H.N., El-Segai, M.U. and Seleem, E.A. 2015. Response of *Calendula officinalis* L. plants to growth stimulants under salinity stress. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science*. 15(9): 1767-1778.
- Ghaffari Nejad, S. A., Nourghooli Pour, F. and Gheibi, G. 2020. Biostimulants and their Roles in Plant Physiology, Nutrient Absorption, and Tolerance to Abiotic Stresses. *Journal of land Management*. 8(1): 48-67.
- Haghparsat, M., Maleki-Farahani, S., Sinaki, J.M. and Zarei, G. 2012. Mitigation of drought stress in chickpea through application of humic acid and seaweed extract. *Crop Production and Regulation*

- growth, yield and fruit quality. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 39: 26–34.
- Shahbazi, F., Seyyed nejad, F., Salimi, M., and Gilani, A. 2015. Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of wheat. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 8(3): 283–287.
- Sivasangari, R., Nagaraj, S., and Vijayanand, N. 2011. Influence of seaweed liquid extracts on growth, biochemical and yield characteristics of *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. *Journal of Phytology*. 3(9): 37–41.
- Slabu, C., Zörb, C., Steffens, D., Schubert, S. 2009. Is salt stress for faba bean (*Vicia faba* L.) caused by Na⁺ or Cl⁻ toxicity? *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 172: 644– 650.
- Spinelli, F., Fiori, G., Noferini, M. 2010. A novel type of seaweed extract as a natural alternative to the use of iron chelates in strawberry production. 125: 263–269.
- Sridhar, S. and Rengasamy, R. 2011. Potential of seaweed liquid fertilizers (SLFS) on some agricultural crop with special reference to protein profile of seedlings. *International Journal of Development Research*. 7: 55–57.
- Tourajzadeh, O., Piri, H., Naserin, A., Chari, M.M. 2024. Effect of Nano Biochar addition and deficit irrigation on growth, physiology and water productivity of quinoa plants under salinity conditions. *Environmental and Experimental Botany*. 217.
- Xu, C. and Leskovar, D. 2015. Effects of *A. nodosum* seaweed extracts on spinach growth, physiology and nutrition valued under drought stress. *Scientia Horticulturae*. 183: 39–47.
- Zodape, S. T., Gupta, A., Bhandari, S.C., Rawat, U.S., Chaudhary, D.R., Eswaran, K. , and Chikara, J. 2011. Foliar application of seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato. *Journal of scientific & industrial research*. 70: 215- 219.
- Zodape, S.T., Mukhopadhyay, S., Eswaran, K., Reddy, M.P. and Chikara, J. 2010. Enhanced yield and nutritional quality in green gram (*Phaseolus radiata* L.) treated with seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) extract. *Journal of Scientific and Industrial Research*. 69: 468–471.
- of Central European Agriculture. 14(2): 67-76.
- Liue, F., Savic, S., Jensen, C.R., Shahnazari, A., Jacobsen, S., and Andersen, M.N. 2006. Water relations and yield of lysimeter-grown strawberries under limited irrigation. *Scientia Horticulturae*. 111:128-132.
- Malash N.M., Ghaibeh A., Yeo A., Ragab R. and Cuartero, J. 2002. Effect of irrigation water salinity on yield and fruit quality of tomato. *Acta Horticulturae*, 573:415-423.
- Mattner, S.W., Wite, D., Riches, D.A., Porter, I.J., and Arioli, T. 2013. The effect of kelp extract on seedling establishment of broccoli on contrasting soil types in southern Victoria, Australia. *Biological Agriculture & Horticulture*. 29: 258–270.
- Morales Payan, J. P. and Stall, W. M. 2003 Papaya (*Carica papaya*) response to foliar treatments with organic complexes of peptides and amino acids. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. 116: 30-32.
- Norrie, J., and Keathley, J. 2006. Benefits of *Ascophyllum nodosum* marine-plant extract applications to ‘Thompson seedless’ grape production. *Acta Horticulturae*. 727: 243–245.
- Oraei, M., Tabatabaei, S.J., Fallahi, S.J., and Imani, A. 2009. The effects of salinity stress and rootstock on the growth, photosynthetic rate, nutrient and sodium concentrations of almond (*Prunus dulcis* Mill.). *Journal of Horticultural Science*. 23(2):131-140.
- Parida, A. K. and Das, A. B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 60: 324-349.
- Payero, J.O., Melvin, S.R., Irmak, S., Tarkalson, D. 2009. Yield response of corn to deficit irrigation in a semiarid climate. *agricultural water management*. 84:101–112.
- Rashid, A. 1986. Mapping Zinc fertility of soil using indicator plants and soils analysis. PhD Dissertation, University of Hawaii, HI, USA.
- Sajjadi F., Sharifan H., Hezarjaribi A. and Ghorbani-e-Nasrabad GH. 2016. The effect of salinity stress and over irrigation on yield and yield components of green pepper. *Journal of Water and Irrigation Management*. 6(1): 89- 100.
- Sarhan, T.Z., Ali, S.T., and Rasheed, S.M.S. 2011. Effect of bread yeast application and seaweed extract on cucumber (*Cucums sativus* L.) plant

The Effect of Foliar Application of Seaweed Extract on the Yield, Water Productivity and Quality of Sweet Peppers Under Irrigation With Saline Water

S. Askari¹, F. Hassanpour², H. Piri^{*3}, E. Khammari⁴

Received: Nov.14, 2024

Accepted: Dec.24, 2024

Abstract

Salinity stress is one of the most important factors limiting the yield of plants in arid and semi-arid regions. Seaweed extract fertilizer, as one of the biofertilizers, increases the strength and resistance of plants against abiotic stresses through the acceleration of germination, further expansion of roots and absorption of nutrients. This research was conducted in order to investigate the effect of seaweed extract on the yield and water productivity of sweet peppers irrigated with saline water. The treatments include 3 levels of irrigation water salinity (S1, S2, S3, respectively equivalent to 1, 3 and 5 dS/m) and spraying different concentrations of seaweed extract (SE1, SE2, SE3 and SE4, respectively equivalent to 0, 0.5, 1.5 and 3 gr/lit). Foliar spraying of zero treatment (control treatment without seaweed) was done with distilled water. The first fruit harvest was done in the middle of May 2024 and a total of 8 harvests were done. In each harvest, the parameters of plant height, weight, number and diameter of fruit, yield, plant leaf area index, leaf chlorophyll a and b and fruit vitamin C values were measured and water productivity was calculated. The results showed that the effect of seaweed extract and irrigation water salinity on the measured parameters was significant at the probability level of one and five percent. The highest value of height (98.5 cm), leaf area index (57.8 cm²), yield (32.6 ton/ha), water productivity (4.07 kg/m³) and chlorophyll a (15.6 mg/g) and chlorophyll b (9.6 mg/g) were obtained in the S1SE4 treatment (water salinity 1 dS/m and foliar application of 3 gr/l seaweed extract). In general, the results of this study showed that salinity stress has negative effects on the growth and yield of sweet pepper plants, and these negative effects can be reduced by spraying seaweed extract.

Keywords: Chlorophyll a, Chlorophyll b, Leaf Area Index, Plant Height, Vitamin C

1- Ph.d student, Department of Water Engineering, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran

2- Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran

3- Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran

4- Associate Professor, Department of agriculture, Faculty of agricultural, University of Zabol, Zabol, Iran

(* - Corresponding Author Email: H_piri2880@uoz.ac.ir)