تأثیر محلول‌پاشی سطوح مختلف روی بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد اسانس ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در شرایط تنش شوری

غلامرضا گوهری[۱*]، محمد باقرحسن‌پور اقدم[۲]، محمدرضا دادپور[۱] و مهدی شیردل[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۲۶/۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۱۱)

چکیده

تولید انبوه گیاهان دارویی در شرایط هیدروپونیک، بخصوص در خاک‌های شور، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به منظور بررسی اثر متقابل تنش شوری و محلول‌پاشی روی در شرایط کشت هیدروپونیک گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو سطح شوری (صفر و ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و سه سطح محلول‌پاشی روی (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) با سه تکرار به اجرا در آمد. برخی از صفات زراعی از قبیل ارتفاع، سطح برگ، وزن تر و خشک برگ، ساقه و کل گیاه، شاخص کلروفیل، شاخص برداشت و عملکرد وزن خشک برگ در متر مربع اندازه‌گیری شدند. بعد از اسانس‌گیری، عملکرد اسانس با توجه به محتوای آن در گیاه محاسبه گردید. نتایج نشان داد که اعمال تنش شوری موجب کاهش معنی‌دار اغلب صفات رشدی و نیز محتوای اسانس می‌شود. برخلاف تصور، کاربرد روی نه تنها تأثیری در کاهش آثار منفی شوری نداشت، بلکه در گیاهان فاقد تنش شوری نیز اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نگردید. بیشترین مقادیر اسانس و عملکرد در گیاهان تیمار کنترل به‌دست آمد. لذا، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که در شرایط کشت هیدروپونیک، ریحان به شوری ۵۰ میلی‌مولار حساس بوده و کاربرد روی تا غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تأثیری در کاهش اثر منفی شوری نداشت. بنابراین، محلول غذایی شاهد از نظر میزان روی برای شرایط تنش شوری مناسب است.

واژه‌های کلیدی: گیاهان دارویی، کشت هیدروپونیک، حساسیت به شوری.

مقدمه

امروزه، به دلیل کمبود منابع آب و یا وجود منابع آب با کیفیت نامطلوب (آب‌های شور) در تمامی دنیا، مدیریت تولید گیاهان در شرایط شور بسیار مورد توجه قرار گرفته است. تنش شوری زمانی شروع می‌شود که میزان انباشتگی نمک‌ها، بخصوص کلرید سدیم، در ناحیه ریشه بیش از حد تحمل گیاه شده و در نتیجه باعث بروز اختلالاتی در فرایندهای حیاتی گیاه مثل جذب و انتقال مواد غذایی، تعرق و فتوسنتز می‌شود. همچنین، تنش شوری فرایندهای بیوشیمیایی، فیزیولوژیک و بیوسنتز متابولیت‌های اولیه و ثانویه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۲ و ۱۶). ابو- الفادل و همکاران (۵) گزارش کردند که در گیاه فلفل، با افزایش شوری، رشد رویشی گیاه کاهش اما میزان اسانس و ترکیبات آن افزایش یافت. الشافی و همکاران (۱۱) نیز کاهش معنی‌داری را در رشد رویشی ریحان، با افزایش

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: gholamreza.gohari@gmail.com

شوری مشاهده نمودند. با افزایش شوری، میزان رشد رویشی و جذب مواد غذایی در گیاه سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) کاهش و در مقابل مقدار اسانس، پرولین و کربوهیدرات کل افزایش یافت (۱۷).

روی از جمله عناصر ضروری کم‌مصرف برای گیاهان است که به‌صورت کاتیون دو ظرفیتی جذب می‌شود و دارای نقش‌های فیزیولوژیک متعددی در گیاهان عالی می‌باشد. این عنصر به عنوان فعال‌کننده و کوفاکتور برخی آنزیم‌های حیاتی گیاه، از جمله کربنیک آنهیدراز، دهیدروژناز، آلکالین‌فسفاتاز، فسفولیپازها و RNA پلیمرازها بوده و در متابولیسم پروتئین‌ها، قندها، اسیدهای نوکلئیک و چربی‌ها، فتوسنتز و نیز بیوسنتز اکسین، که به عنوان یک هورمون محرک رشد عمل می‌کند، نقش دارد (۱۴). طبق گزارش میسرا و همکاران (۲۰) دسترسی و یا کمبود روی تأثیر زیادی بر تولید اسانس در گیاه شمعدانی معطر داشت. همچنین گزارش‌های متعددی در رابطه با اثرهای مثبت محلول‌پاشی و استفاده از روی بر افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش شوری و کاهش آثار زیان‌بار تنش شوری در گیاهان مختلف وجود دارد (۱۲، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۹ و ۲۳).

ریحان (*Ocimum basilicum* L.) گیاهی یکساله، علفی و متعلق به خانواده نعناع و از معروفترین گیاهان دارویی می‌باشد. منشأ این گیاه هند، ایران و افغانستان گزارش شده است (۱). ریحان به عنوان گیاه دارویی، ادویه‌ای و همچنین به عنوان سبزی تازه مورد استفاده قرار می‌گیرد. مواد مؤثره پیکره رویشی این گیاه برای معالجه نفخ شکم و بی‌اشتهایی، کمک به هضم غذا و همچنین برای درمان برخی ناراحتی‌های قلبی استفاده می‌شود. اسانس ریحان خاصیت ضد قارچی و ضد باکتریایی داشته و کنترل‌کننده حشرات می‌باشد. همچنین، این اسانس در صنایع غذایی، آرایشی و بهداشتی و عطرسازی کاربردهای فراوانی دارد (۱ و ۲۴).

تولید گلخانه‌ای و هیدروپونیک گیاهان دارویی طی سال‌های اخیر رشد قابل ملاحظه‌ای داشته است. تقاضا برای تعدادی از گونه‌های دارویی خیلی بیشتر از میزان عرضه آنها بوده و تولید محصولات با کیفیت خوب و مناسب در اغلب موارد یک مشکل جدی به شمار می‌آید. تولید گلخانه‌ای و هیدروپونیک گیاهان دارویی امکان تولید محصولات با کیفیت خیلی بالا در کل سال و عاری از باقیمانده آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌ها را برای کشاورزان و تولیدکنندگان فراهم می‌آورد (۲، ۱۰ و ۱۸). با توجه به اهمیت گیاه ریحان به عنوان سبزی و استفاده ویژه از آن در صنایع دارویی، محدودیت تولید مزرعه‌ای این گیاه به‌واسطه شوری خاک و آب‌های کشاورزی و با عنایت به این امر که تولید گیاهان دارویی در شرایط هیدروپونیک استفاده بهینه از آب و مواد مغذی را میسر می‌سازد، در این آزمایش سعی شد با کشت گیاه ریحان به‌صورت هیدروپونیک، اثرهای متقابل تنش شوری و محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف روی (Zn) بر ویژگی‌های رشدی و نیز درصد و میزان اسانس این گیاه مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی هیدروپونیک گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در کیلومتر ۸ تبریز در سال۱۳۸۹ انجام پذیرفت.

مواد گیاهی و اعمال تیمارها

تعداد ۱۰ عدد بذر ریحان بومی تبریز در گلدان‌های ۵ لیتری حاوی پرلایت دانه متوسط، کشت گردید. در دو هفته اول بعد از کاشت بذرها، فقط از آب خالص جهت آبیاری گیاهچه‌های جوان استفاده شد. سپس، به منظور ایجاد تراکم مناسب در هر گلدان ۵ گیاه نگه‌داری شد. در ادامه، به مدت دو هفته از محلول یک‌چهارم هوگلند و سپس تا انتهای آزمایش از محلول یک‌دوم هوگلند جهت تغذیه و آبیاری گیاهان استفاده شد. محلول‌دهی به‌صورت دستی و دو بار در روز انجام پذیرفت. هر بار محلول‌دهی تا زمانی ادامه می‌یافت که مقداری از محلول از منافذ زهکشی پایین گلدان‌ها خارج شود.

در طول آزمایش، پ- هاش وهدایت الکتریکی محلول

غذایی به ترتیب در حد ۶ و ۲ دسی‌زیمنس بر متر تنظیم گردیدند. همچنین هر ۱۰ روز یکبار محیط ریشه گیاهان با آب معمولی به‌طور کامل شستشو داده می‌شد تا تغییرات پ- هاش و هدایت الکتریکی ناشی از تجمع نمک‌ها در بستر کاشت در اثر انجام عمل آبشویی به حداقل برسد. این آزمایش در قالب فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با دو سطح شوری (صفر و ۵۰ میلی‌مولار) و سه سطح محلول‌پاشی Zn (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) با سه تکرار به اجرا در آمد. از سه گلدان موجود در هر واحد آزمایشی یک گلدان برای اسانس‌گیری و اندازه‌گیری میزان اسانس و دو گلدان باقیمانده جهت اندازه‌گیری صفات زراعی و مورفولوژیک در نظر گرفته شد. به منظور اعمال تیمار شوری، یک ماه بعد از کشت بذرها مقدار ۵۰ میلی‌مول نمک کلرید سدیم به هر لیتر محلول غذایی یک‌دوم هوگلند اضافه گردید. همچنین جهت محلول‌پاشی Zn، از سولفات روی آبدار ($ZnSO_4.7H_2O$) در سه سطح فوق‌الذکر و در دو نوبت (۲۰ و ۳۰ روز بعد از شروع تیمار شوری) استفاده شد. گلخانه مورد استفاده در این آزمایش دارای پوشش پلی اتیلنی سفید و مجهز به سیستم سرمایش بوده و در طول آزمایش دما ۱۵-۳۰ درجه سلسیوس، نور ۵۰۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه و رطوبت نسبی در حدود ۴۰-۵۰ درصد بود.

اندازه‌گیری‌ها

شاخص کلروفیل با دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD 502, Minolta, Japan) در برگ‌های بالغ توسعه یافته و حداقل یک ماه بعد از اعمال تیمارها اندازه‌گیری شد. برداشت گیاهان در مرحله رشدی تمام گل انجام گرفت. در زمان برداشت، تعداد برگ‌های هر گیاه شمرده شده و پس از اندازه‌گیری سطح برگ توسط دستگاه سطح برگ سنج (Li-Cor, Model Li-1300, USA)، میانگین سطح برگ منفرد با توجه به سطح برگ هر گیاه و تعداد برگ محاسبه گردید. وزن تر برگ‌ها و ساقه به‌طور جداگانه ثبت شده و به منظور اندازه‌گیری وزن خشک نمونه‌های فوق به مدت ۷۲ ساعت در خشک کن با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند. همچنین، از هر واحد آزمایشی دو گیاه به طور تصادفی انتخاب و وزن تر و خشک کل آنها محاسبه گردید. برای تعیین عملکرد برگ، با توجه به فاصله کاشت گیاهان در گلدان و مساحت هر گلدان، سطح اشغال کننده هر گیاه در متر مربع را تعیین نموده و در نهایت عملکرد تولید وزن خشک برگ در واحد سطح (گرم در متر مربع) محاسبه گردید. شاخص برداشت از درصد نسبت وزن خشک برگ به وزن خشک کل محاسبه گردید. برای تعیین محتوای اسانس اندام هوایی، گیاهان در هوای معمولی و شرایط سایه به مدت ۵ روز قرار داده شده و بعد از خشک شدن کامل و رسیدن به وزن ثابت، ۵۰ گرم از ماده خشک را آسیاب کرده و محتوای اسانس به روش تقطیر با آب بر مبنای روش پیشنهادی فارماکوپه اروپا و با استفاده از دستگاه کلونجر اندازه‌گیری شد (۹). عملکرد اسانس از حاصل‌ضرب محتوای اسانس گیاهان در وزن خشک مربوطه محاسبه شده و بر اساس میلی‌لیتر در متر مربع مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

در آزمایش حاضر، تجزیه واریانس داده‌ها با آزمون ANOVA انجام گرفته و مقایسه میانگین‌ها بر مبنای آزمون دانکن در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد صورت گرفت. برای جداول و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای Word و Excel کمک گرفته شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام گرفت.

نتایج

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که تنش شوری ویژگی‌های رویشی ریحان را تحت تأثیر قرار داد. اعمال تنش شوری با اضافه کردن ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم در محلول غذایی باعث کاهش معنی‌دار اکثر صفات رویشی گیاه همچون تعداد برگ و سطح برگ در مقایسه با گیاهان فاقد تنش شوری گردید (جدول ۱).

در مورد شاخص کلروفیل، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نگردید (شکل ۱). بر اساس اطلاعات موجود در جدول ۱

جدول ۱. مقایسه میانگین و تجزیه واریانس اثر تنش شوری و محلول‌پاشی سطوح مختلف Zn برصفات رویشی ریحان تحت شرایط هیدروپونیک

تیمارها	تعداد برگ	سطح برگ (سانتی‌مترمربع)	وزن تر برگ (گرم)	وزن خشک برگ (گرم)	وزن تر ساقه (گرم)	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن تر کل (گرم)	وزن خشک کل (گرم)	شاخص برداشت
$NaCl_0Zn_0$	۱۳۶/۱۸a	۱۸۶۰/۰a	a۴۵/۰۸	۸/۴۱a	۱۳۱/۰۸a	۲۱/۴۳a	a۳۱۲/۸۳	۵۱/۵۰ ab	۲۹۶/۱۷a
$NaCl_0Zn_{100}$	۱۴۷/۰۸a	۲۰۱۹/۵a	۴۹/۱۶a	۸/۴۱a	۱۴۵/۲۵a	۲۴/۱۶a	۳۱۳/۳۳a	۵۱/۱۶ ab	۳۲۱/۵۷a
$NaCl_0Zn_{200}$	۱۴۸/۴۲a	۲۰۳۷/۳a	۴۶/۶۶a	۸/۸۳a	۱۳۲/۱۷b	۲۲/۵۸a	a۳۶۱/۵۰	۶۰/۰۰a	۳۲۴/۴۱a
$NaCl_{50}Zn_0$	۷۴/۳۳b	۹۶۷/۵b	۲۷/۳۳b	۳/۲۵b	۷۰/۴۲b	۱۴/۱۶b	۱۸۳/۰۰b	۳۲/۰۰c	۱۵۴/۰۶b
$NaCl_{50}Zn_{100}$	۷۴/۶۷b	۱۰۲۹/۳b	۲۶/۸۳b	۳/۶۶b	۶۶/۷۵b	۱۱/۵۰b	۲۱۴/۱۷b	۴۰/۰۰ bc	۱۶۳/۸۶b
$NaCl_{50}Zn_{200}$	۷۵/۵۸b	۱۰۷۴/۲b	۲۹/۰۸b	۵/۰۰b	۶۶/۶۷b	۱۲/۰۸b	۱۸۴/۵۷b	۳۱/۸۳c	۱۷۱/۰۴b
منابع تغییرات									
بلوک	۳۱۱۸/۷۳**	۶۰۱۴۶۸/۷۲**	۲۵۶/۰۷**	۱۴/۹۵**	۳۰۵۴/۹۸**	۶۷/۷۵*	۱۴۰۰۵/۷۸**	۳۲۱/۴۱*	۱۵۲۵۲/۹**
تکرار	۵۶/۵۸ns	۲۶ ۹۳۱۲/ns	۷۹/۵۱ns	۲/۳۹ns	۲۰/۰۵ns	۱/۰۳ns	۴۵۵۵/۴۴ns	۱۱۹/۰۴ns	۱۰۹۴/۳۱ns
تیمار	۴۳۴۳/۵۹**	۸۲۴۸۰۶/۹۱**	۳۳۹/۳۹۵**	۱۹/۹۷***	۴۲۶۸/۹۵***	۹۷/۲۳**	۱۷۷۸۵/۹۲***	۴۰۲/۳۵*	۲۰۹۱۶/۳۴**
اشتباه آزمایشی	۶۲۵/۵۳	۹۱۶۴۹/۶۱	۴۷/۴۹	۱/۸۴	۳۵۴/۸۸	۱۳/۷۴	۱۵۴۵/۸۴	۷۴/۶۲	۲۳۲۵/۱۹

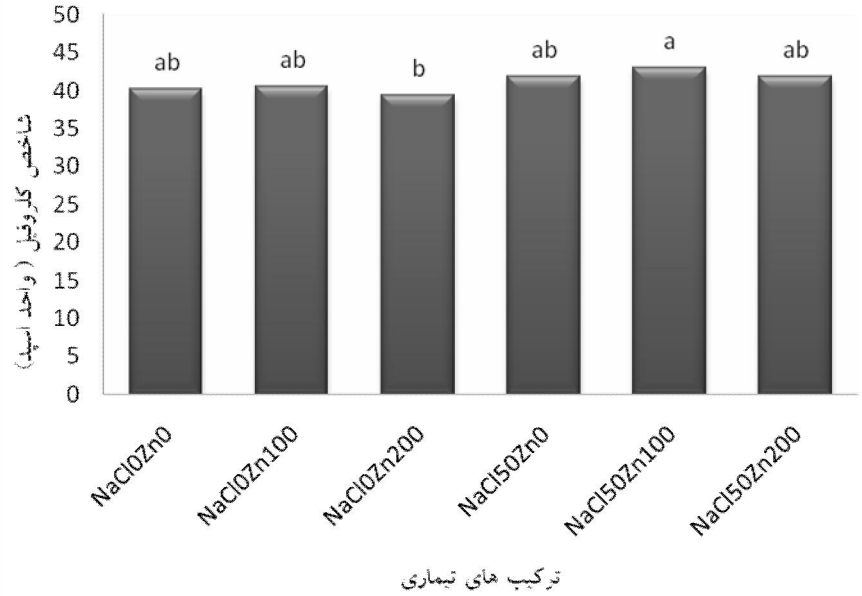
***، ** و*: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۱، ۱ و ۵ درصد. حروف مختلف در ستون‌ها نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر مبنای آزمون دانکن می‌باشند.

تیمار ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم در محلول غذایی باعث کاهش چشمگیری در سایر صفات رشدی ریحان ازجمله وزن تر و خشک برگ، ساقه و کل گیاه و نیز شاخص برداشت گردید. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در اثر اعمال تنش شوری، کاهش معنی‌داری ($P \leq$ ۰/۰۰۱) در ارتفاع گیاهان بین تیمارها مشاهده گردید (شکل ۲).

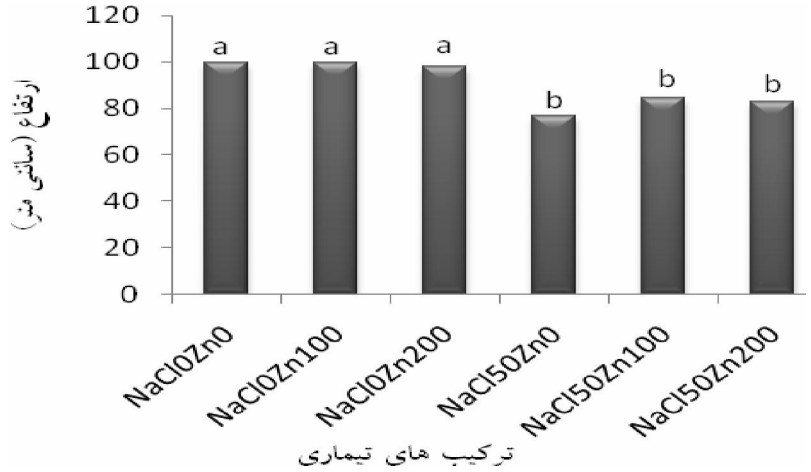
همچنین، همانطور که در شکل ۳ مشخص است، تنش شوری موجب کاهش معنی‌دار ($P \leq$ ۰/۰۰۱) عملکرد برگ گردید. تنش شوری، محتوا و عملکرد اسانس ریحان را نیز تحت تأثیر قرار داد. به طوری که در اثر اعمال تنش شوری، کاهش معنی‌داری ($P \leq$ ۰/۰۱) در این دو صفت مشاهده گردید. همانطور که در شکل ۴ مشخص است، بیشترین عملکرد اسانس در تیمار شاهد ($NaCl_0Zn_0$) به میزان ۴۲/۵۴ میلی لیتر بر متر مربع به‌دست آمد. بعلاوه، تیمار شاهد بیشترین محتوای اسانس را نیز به خود اختصاص داد.

بحث

بوهنرت و جنسن (۷) گزارش کردند که سرعت توسعه برگ تحت تأثیر غلظت یون‌های سدیم و کلر قرار می‌گیرد. به‌طور کلی، کاهش سطح برگ در گیاهان می‌تواند در اثر کاهش در اندازه تک تک برگ‌ها، کاهش در تولید برگ‌ها و نهایتاً ریزش برگ‌های پیر باشد. کاهش سرعت رشد برگ بعد از اعمال شوری عمدتاً به علت اثر اسمزی نمک در اطراف ریشه (ریزوسفر) می‌باشد. بعلاوه، افزایش ناگهانی شوری بستر رشد



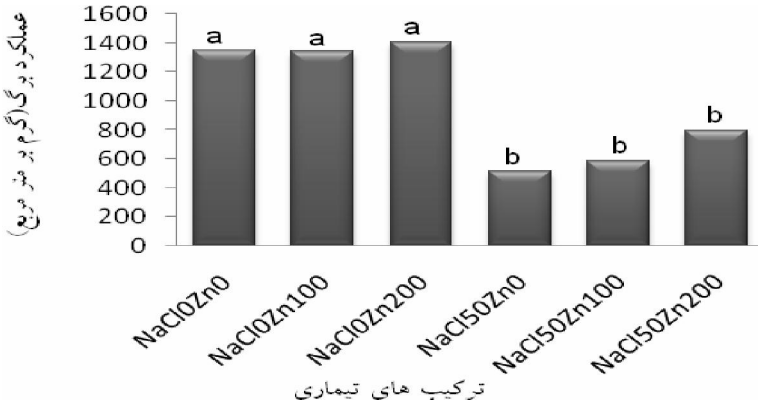
شکل ۱. اثر شوری و محلول‌پاشی با سطوح مختلف Zn بر شاخص کلروفیل برگ ریحان در شرایط هیدروپونیک. حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر مبنای آزمون دانکن (P ≤ ۰/۰۵) می‌باشند.



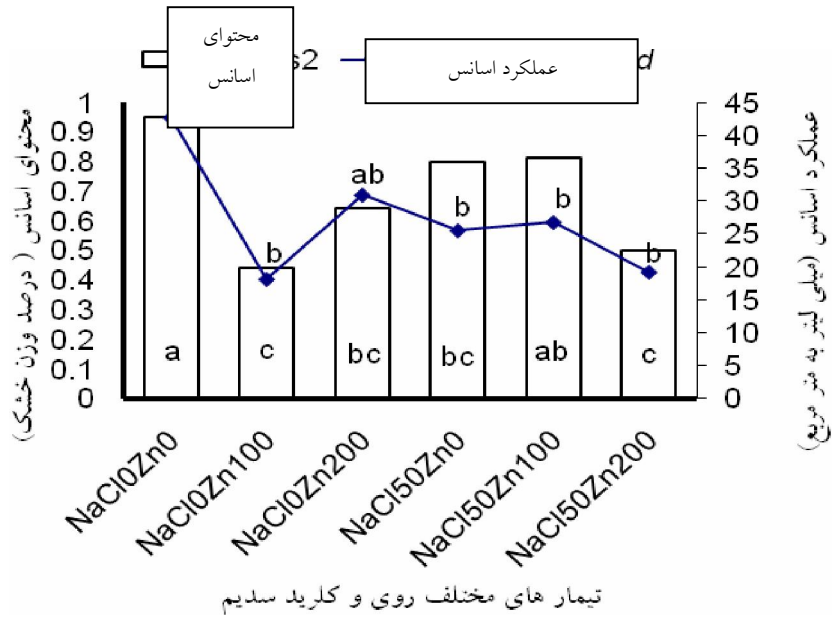
شکل ۲. اثر شوری و محلول‌پاشی با سطوح مختلف Zn بر ارتفاع ریحان تحت شرایط هیدروپونیک. حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر مبنای آزمون دانکن (P ≤ ۰/۰۰۱) می‌باشند.

باعث می‌شود که سلول‌های برگ به‌طور موقت آب خود را از دست بدهند. با گذشت زمان، سرعت تقسیم و طویل شدن سلول‌ها کاهش یافته و نهایتاً این تغییرات منجر به کوچک‌تر شدن اندازه نهایی برگ می‌شود (۲۱).

مشابه نتایج به‌دست آمده در این آزمایش، لایق و همکاران (۳) گزارش کردند که در کشت هیدروپونیک گوجه‌فرنگی اثرهای ثانویه شوری محلول غذایی به‌صورت کاهش سطح برگ ظاهر شده است. همچنین، تأثیر افزایش شوری و به دنبال آن تنش آبی بر سطح برگ بیشتر از سایر صفات رشد مثل ارتفاع و وزن خشک بود. بر اساس نتایج به‌دست آمده در این آزمایش مشخص شد که با افزایش شوری، میزان شاخص کلروفیل افزایش می‌یابد. در این



شکل ۳. اثر شوری و محلول‌پاشی با سطوح مختلف Zn بر عملکرد برگ ریحان تحت شرایط هیدروپونیک. حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر مبنای آزمون دانکن (P ≤ ۰/۰۰۱) می‌باشند.



شکل ۴. اثر شوری و محلول‌پاشی با سطوح مختلف Zn بر محتوا و عملکرد اسانس ریحان تحت شرایط هیدروپونیک. حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر مبنای آزمون دانکن (P ≤ ۰/۰۱) می‌باشند.

ارتباط می‌توان عنوان نمود که با افزایش تعداد برگ به نوعی توزیع پیش‌ماده‌های لازم جهت بیوسنتز کلروفیل در کلروپلاست برگ‌ها کاهش یافته و نهایتاً منجر به کاهش شاخص کلروفیل در برگ‌ها شده است. مونس (۲۱) بیان نمود که تغییر ابعاد سلول‌ها در اثر تنش شوری با کاهش بیشتری در سطح نسبت به ضخامت برگ‌ها همراه بوده و این امر باعث کوچک‌تر شدن برگ‌ها شده و این تغییر آناتومیک می‌تواند موجب افزایش تراکم کلروپلاست در واحد سطح برگ گردد. بر اساس گزارش‌ها، شوری باعث کاهش پتانسیل جذب آب در گیاهان شده و در نتیجه منجر به نزول سرعت رشد و نیز تغییرات ناخواسته متابولیک متعاقب آن می‌شود.

ارتفاع یکی دیگر از شاخص‌های رشدی مهم گیاهان می‌باشد که در اثر شوری کاهش می‌یابد. تاکنون گزارش‌های متعددی مبنی بر کاهش ویژگی‌های رشد به‌واسطه شوری و تصحیح اثر شوری به‌وسیله محلول‌پاشی Zn توسط محققین در گیاهان مختلف گزارش شده است (۱۶، ۲۲ و ۲۳). نکته جالب توجه در آزمایش حاضر این بود که در هر دو حالت محیط شور و شاهد، به دنبال محلول‌پاشی Zn در هر دو سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، افزایش معنی‌داری در هیچ‌کدام از صفات اندازه‌گیری شده مشاهده نگردید (جدول ۱). برخلاف نتایج به‌دست آمده در این آزمایش، اکثر محققین بر این عقیده هستند که Zn باعث جبران اثر منفی تنش شوری گردیده، لذا موجب افزایش مقاومت گیاهان می‌گردد.

آلپ اصلان و همکاران (۶) گزارش کردند که در گیاهان کشت شده در خاک‌های شور، محلول‌پاشی Zn با تأثیر بر فعالیت غشای سلولی و نفوذپذیری انتخابی آن می‌تواند اثرهای زیان‌بار سمیت یون‌های سدیم و کلر را تعدیل نماید. بر اساس گزارش سعید الاهل و محمود (۲۳) محلول‌پاشی Zn با غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر در گیاه ریحان در شرایط تنش شوری موجب افزایش وزن تر و خشک برگ و ساقه گردید. همچنین، هنداوی و خالد (۱۶) گزارش کردند که کاربرد Zn با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر باعث افزایش وزن تر و خشک برگ و نیز ارتفاع گیاه مریم‌گلی در شرایط شوری گردید. در ادامه، این محققین بیان نمودند که کاربرد Zn موجب افزایش تحمل گیاه به شرایط تنش شوری گردید. به‌طور کلی، Zn یکی از فاکتورهای مهم تأثیرگذار در فعالیت آنزیم تریپتوفان سنتاز می‌باشد و با توجه با این که اسید آمینه تریپتوفان به عنوان پیش‌ماده تولید اکسین عمل می‌کند، لذا با افزایش تولید اکسین، تشدید چیرگی راسی و متعاقب آن افزایش رشد طولی شاخساره‌ها دور از انتظار نخواهد بود (۲۰). اما در آزمایش حاضر، کاربرد Zn در دو سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نه تنها تأثیری بر افزایش تحمل ریحان به تنش شوری نداشت، بلکه در گیاهان فاقد تنش شوری هم تغییر معنی‌داری در افزایش صفات رشدی مشاهده نگردید. با توجه به این که برخلاف محیط خاک، در شرایط هیدروپونیک خاصیت بافری مشاهده نمی‌شود، لذا اثرهای منفی تنش شوری در کشت هیدروپونیک سریعتر و شدیدتر ظاهر می‌گردد (۱۹). چنین به نظر می‌رسد که در این آزمایش در شرایط شوری ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، کاربرد Zn با غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، قادر به فائق آمدن بر آثار منفی شوری نبود. عبدالعزیز و لیلا (۴) گزارش کردند که محلول‌پاشی Zn به میزان ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر باعث افزایش معنی‌داری در بسیاری از صفات رشدی گیاه *Salvia farinacea* گردید. در حالی که در آزمایش حاضر، کاربرد Zn حتی در گیاهان فاقد تنش شوری هم تأثیر چندانی بر صفات رشدی اندازه‌گیری شده نداشت. به عبارت دیگر، می‌توان چنین عنوان نمود که مقدار روی موجود در محلول غذایی جهت انجام وظایف فیزیولوژیک این عنصر ریزمغذی کافی بوده و نیازی به محلول‌پاشی اضافی نمی‌باشد. لذا، با استناد به نتایج آزمایش حاضر، از نظر اقتصادی کاربرد محلول‌پاشی Zn برای کشت‌های هیدروپونیک با محلول غذایی هوگلند برای ریحان توصیه نمی‌گردد.

هنداوی و خالد (۱۷) بیان نمودند که با افزایش شوری در مریم گلی طی دو فصل رشد متوالی، عملکرد اسانس نیز به تدریج افزایش یافت. اما نتایج به‌دست آمده از آزمایش حاضر نشان داد که وجود ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم در محلول غذایی نه تنها موجب افزایش عملکرد و محتوای اسانس نگردید بلکه در ادامه کاهش معنی‌داری در شاخص‌های رشدی و همچنین محتوا و عملکرد اسانس گیاهان تحت تنش مشاهده گردید. چنین به نظر می‌رسد که این سطح شوری بالاتر از آستانه تحمل گیاه بوده و همانطور که در شکل ۳ مشخص است، در این سطح شوری، عملکرد برگ گیاهان به شدت کاهش یافته و به دنبال آن عملکرد اسانس نیز کاهش می‌یابد. بر اساس شکل ۴، محلول‌پاشی Zn هیچ اثر مثبتی بر محتوا و عملکرد اسانس در ترکیب‌های تیماری مختلف نداشت. در حالی که ال- توهامی و همکاران (۱۳) گزارش کردند که

محلول‌پاشی Zn با غلظت ۰/۳ گرم بر لیتر باعث افزایش درصد اسانس در پیاز گردید. بر اساس گزارش سعید الاهل و محمود (۲۳) محلول‌پاشی ریحان با غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر Zn، تحت شرایط تنش شوری، موجب افزایش محتوا و عملکرد اسانس گشته است. همچنین، استفاده از روی و آهن و یا ترکیبی از این دو عنصر ریزمغذی به منظور افزایش محتوا و عملکرد اسانس در گیاهان تحت تنش شوری مؤثرتر از سایر عناصر غذایی بود. اما در این آزمایش نتایج متفاوتی با یافته‌های قبلی به‌دست آمد. به‌طوری که بیشترین محتوا و عملکرد اسانس در تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی Zn و تنش شوری) حادث شد. لذا با توجه به نتایج به‌دست آمده و نیز با عنایت به هزینه‌های تولید، تیمار شاهد مقرون به صرفه و قابل پیشنهاد جهت تولید ریحان در شرایط هیدروپونیک می‌باشد. از آنجایی که محلول‌پاشی Zn (با غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) اثر مثبتی بر افزایش محتوا و عملکرد اسانس نداشته است، لذا کاربرد Zn در شرایط شوری نیز قابل توجیه نبوده و ممکن است مصرف این عنصر هزینه‌های تولید را تحت تأثیر منفی قرار دهد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری و مساعدت‌های بی‌دریغ جناب آقای دکتر سید جلال طباطبایی، استاد گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در طول اجرای پژوهش، صمیمانه قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. امیدبیگی، ر. ۱۳۷۹. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد سوم، انتشارات آستان قدس رضوی، ۳۷۹ صفحه.

۲. حسنپور اقدم، م. ب.، س. ج. طباطبایی، ح. ناظمیه و ع. افلاطونی. ۱۳۸۷. تأثیر غلظت‌های مختلف محلول غذایی بر رشد رویشی و اسانس گیاه دارویی شاه اسپرم (*Tanacetum balsamita* L.). مجله دانش کشاورزی ۱۸(۲): ۲۸-۳۷.

۳. لایق، م.، غ. پیوست، ح. سمیع زاده و م. خصوصی. ۱۳۸۸. تأثیر شوری محلول غذایی بر رشد، عملکرد و صفات کیفی گوجه‌فرنگی در سیستم کشت بدون خاک. مجله علوم باغبانی ایران ۴۰(۱۱): ۱۱-۲۱.

4. Abd El-Aziz, N.G. and B.K. Laila. 2007. Influence of tyrosine and zinc on growth, flowering and chemical constituents of *Salvia farinacea* plants. J. Appl. Sci. Res. 3(11): 1479-1489.
5. Abou El-Fadl, I.A., M.K. Abd-Ella and E.H. Hussein. 1990. Effect of irrigation by saline water on the growth and some principal compounds of peppermint and spearmint in two types of soil. J. Agric. Res. 16: 276-295.
6. Alpaslan, M., A. Inal, A. Gunes, Y. Cikili and H. Oscan. 1999. Effect of zinc treatment on the alleviation of sodium and chloride injury in tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) grown under salinity. Turk. J. Bot. 23: 1-6.
7. Bohnert, H.J. and R.G. Jensen. 1996. Strategies for engineering water stress tolerance in plants. Trends Biotechnol. 14: 89-97.
8. Chiang, L.C., P.W. Cheng, W. Chiang and C.C. Lin. 2005. Antiviral activity of extracts and selected pure constituents of *Ocimum basilicum*. Clin. Exp. Pharmacol. Physiol. 32: 811-816.
9. Clevenger, J.F. 1928. Apparatus for determination of essential oil. J. Amer. Pharm. Assoc. 17: 346-349.
10. Dorais, M., A.P. Papadopulos and A. Gosselin. 2001. Influence of electrical conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality. Agronomie 21: 367-383.
11. El-Shafy, S., A. Meawad, A. Awad and M. Shaer. 1991. Effect of combination treatment between salinity, gamma irradiation as well as cycocyl on: II Leaf pigment and chemical constituents of sweet basil plants. Zagazig J. Agric. Res. 18: 2247-2293.
12. El-Sherif, A.F., S.M. Shehata and R.M. Youssif. 1990. Response of tomato seedlings to zinc application under different salinity levels. Egyp. J. Hort. 17: 131-142.
13. El-Tohamy, W.A., A.Kh. Khalid, H.M. El-Abagy and S.D. Abou-Hussein. 2009. Essential oil, growth and yield of onion (*Allium cepa* L.) in response to foliar application of some micronutrients. Aust. J. Basic Appl. Sci. 3(1): 201-205.

14. Farahat, M.M., M.M. Soad Ibrahim, L.S. Taha and E.M. Fatma El-Quesni. 2007. Response of vegetative growth and some chemical constituents of *Cupressus sempervirens* L. to foliar application of ascorbic acid and zinc at Nubaria. World J. Agric. Sci. 3(4): 496-502.
15. Hebbara, M., G.R. Rajakumari, G. Ravishankari and C.V. Raghaviah. 2003. Effect of salinity stress on seed yield through physiological parameters in sunflower genotypes. Helia. 26(39): 155-160.
16. Hendawy, S.F. and K.A. Khalid. 2005. Response of sage *Salvia officinalis* L. plants to zinc application under different salinity levels. J. Appl. Sci. Res. 1(2): 147-155.
17. Khalid, Kh.A. 2001. Physiological studies on the growth, development and chemical composition of *Nigella sativa* L. plant. PhD Thesis, Faculty of Agric., Ain-Shams Univ., Cairo, Egypt.
18. Manukyan, A.E., H.T. Heuberger and W.H. Schnitzler. 2004. Yield and quality of some herbs of the Lamiaceae family under soilless greenhouse production. J. Appl. Bot. Food Qual. 78(3): 193-199.
19. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrients of Higher Plants. Second Ed., Academic Press Ltd., Harcourt Brace and Co. Publishers, London, pp. 347-364.
20. Misra, A., A.K. Sirvastava, N.K. Sirvastava and A. Khan. 2005. Zn-acquisition and its role in growth, photosynthesis, photosynthetic pigments and biochemical changes in essential monoterpene oil(s) of *Pelargonium graveolens*. Photosynthetica. 43(1): 153-155.
21. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environ. 25: 239-250.
22. Razmjoo, K., P. Heydarizadeh and M.R. Sabzalian. 2008. Effect of salinity and drought stresses on growth parameters and essential oil content of *Matricaria chamomile.* Int. J. Agric. Biol. 10(4): 451-454.
23. Said-Al Ahl, H.A.H. and A.A. Mahmoud. 2010. Effect of zinc and/or iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under salt stress. Ozean. J. Appl. Sci. 3(1): 97-111.
24. Sajjadi, S.E. 2006. Analysis of the essential oils of two cultivated basil (*Ocimum basilicum* L.) from Iran. Daru 14(3): 128-130.