ششمین کنگره علمی پژوهشی توسعه و ترویج علوم کشاورزی و منابع طبیعی ایران

اثر پرایمینگ بر برخی از صفات فیزیولوژیک گیاه دارویی زیره سبز(*Cuminum Cyminum* L.) توده سبزوار تحت تنش شوری

محمدرضا شیخی، دکتر مجید امینی دهقی.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران
۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد، تهران، ایران
Email: amini@shahed.ac.ir

چکیده

زیره سبز گیاهی با نام علمی *Cuminum cyminum* L. از گیاهان دارویی محسوب می‌شود که برای درمان بیماری‌های گوارشی، قلبی و عروقی و مجاری ادراری استفاده می‌شود. بنابراین با توجه به افزایش عوامل محدود کننده محیطی رشد از جمله شوری، ضروری است با کمک تکنیک‌های بهبود دهنده تولید محصولات کشاورزی، افزایش عملکرد این گیاه را مورد مطالعه قرار گیرد. به منظور بررسی تأثیر پرایمینگ بر صفات فیزیولوژیک گیاه زیره سبز تحت تنش شوری آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل ۵ سطح شوری (صفر، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر کلرید سدیم) و پنج سطح تیمار پرایمینگ (عدم پرایمینگ، هیدروپرایمینگ به مدت ۲۴ و ۴۸ ساعت و جیبرلین در دو غلظت ۲۵۰ و ۷۵۰ پی‌پی‌ام) بودند. نتایج نشان داد که اثر متقابل تنش شوری در پرایمینگ بر محتوی کلروفیل a، b و کل و همچنین محتوی کارتنوئید و پرولین معنی دار بود. در مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری در پرایمینگ، بیشترین محتوی کلروفیل کل در تنش شوری ۴ دسی زیمنس بر متر در هیدروپرایمینگ به مدت ۴۸ ساعت (با میانگین ۲۶/۹۴ میکروگرم بر گرم وزن تر گیاهچه) به دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۶۵/۲ درصدی داشت. بیشترین محتوی پرولین آزاد در تنش شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر و هیدروپرایمینگ بذر به مدت ۲۴ ساعت (با میانگین ۲۸۵/۴ میکرومول بر گرم وزن تر) به دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۷۶/۶ درصدی داشت.

کلمات کلیدی: هورمون پرایمینگ، زیره سبز، تنش شوری، رنگیزه های فتوسنتزی و پرولین.

۱. مقدمه

زیره سبز با نام علمی (*Cuminum cyminum* L.) از تیره چتریان (Apiaceae) و بومی مناطق مدیترانه می‌باشد که به طور گسترده در آن منطقه کشت می‌شود (Sowbhagya, 2013). همچنین یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی صادراتی برای کشورهایی نظیر ایران و هند و برخی دیگر از کشورهای آسیایی می‌باشد (Kafi, 2006). در ایران زیره سبز با حدود ۱۹۸ هزار هکتار، رتبه اول سطح زیر کشت در میان گیاهان دارویی را به خود اختصاص داده است (Taghavi and Eiman-Khan, 2005). که از لحاظ صادرات، درآمد و نیز افزایش بهره‌وری و احیای زمین‌های خشک و نیمه‌خشک و استفاده اندک از آب اهمیت دارد (احترامیان، ۱۳۸۱). به رغم اهمیت دارویی فراوان زیره سبز *C. cyminum* اطلاعات بسیار اندکی از مکانیسم‌های بیوشیمیایی ترکیبات موجود در این گیاه وجود دارد (صادقی و همکاران، ۱۳۹۶).

پرایمینگ به تیمار خاصی گفته می‌شود که برای افزایش درصد و یکنواختی جوانه‌زنی و بهبود رشد گیاهچه‌ها و شاخص بنیه بذر در برابر تنش‌های محیطی به‌کار گرفته می‌شود. در پرایمینگ اجازه داده می‌شود بذرها تا اندازه‌ای هیدراته شود به طوری که مرحله اول جوانه‌زنی انجام شود اما ریشه‌چه خارج نشود (Lichtenthalar, 1987). از فواید پرایمینگ می‌توان به افزایش درصد جوانه‌زنی، خروج یکنواخت‌تر و سریع‌تر گیاهچه‌ها، پیشرفت بلوغ، دامنه دمایی وسیع‌تر در جوانه‌زنی، بازسازی سلول‌های آسیب دیده، کاهش موانع رشد جنین، افزایش کمّی و کیفی سنتز پروتئین‌ها، حذف خفتگی بذر، افزایش تحمل به تنش‌های محیطی هنگام کشت و افزایش قدرت نمو گیاه اشاره کرد (Windauer et al., 2007). یکی دیگر از مشکلات اساسی در کشت گسترده گیاهان دارویی عدم جوانه‌زنی مناسب و در نتیجه عدم استقرار مناسب در شرایط زراعی است. جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه‌ها در چرخه زندگی گیاه دارای یک سری

مراحل بحرانی می‌باشد، از این رو استقرار موفق گیاه وابسته به جوانه‌زنی سریع و یکنواخت بذور می‌باشد. یکی از بهترین روش‌های بیولوژیکی در مقاوم‌سازی بذور در مراحل جوانه‌زنی و رشد اولیه، پرایمینگ بذر است (قانع و همکاران، ۱۳۹۶)
به گزارش پژوهشگران پرایمینگ باعث افزایش درصد جوانه‌زنی بذر و سبز شدن گیاهچه‌ها می‌گردد (میرصادقی و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین سالسیلیک اسید و نیترات پتاسیم به عنوان پیش‌تیمار برای افزایش جوانه‌زنی بذرها استفاده می‌گردد. سالسیلیک اسید یک ترکیب فنلی و هورمونی می‌باشد که به عنوان تنظیم کننده رشد داخلی نقش هورمونی را در مکانیسم‌های دفاعی در برابر تنش‌های زنده و غیر زنده بازی می‌کند (Zalai et al., 2000). اثر مثبت پرایمینگ در شرایط تنش بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و روند رشد گیاهان مختلف نیز پیش از این توسط چندین پژوهشگر گزارش شده است (سعادتیان و همکاران، ۱۳۹۱). شوری می‌تواند به طور گسترده بر همه مراحل رشد و نمو گیاهان اثر گذاشته و در کنار کاهش عملکرد اقتصادی، سبب افت کیفی می‌شود (Ashraf and Harris, ۲۰۰۴).

۲. مواد و روش ها

به منظور ارزیابی اثر سطوح مختلف پرایمینگ بر خصوصیات کیفی توده سبزواری گیاه دارویی زیره سبز (Cuminum cyminum L.) تحت تنش شوری آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد در سال ۹۷-۱۳۹۶ انجام گرفت. تیمارهای مورد آزمایش عبارتند از: پرایمینگ شاهد (آب مقطر)، هیدروپرایمینگ آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت، هیدروپرایمینگ آب مقطر به مدت ۴۸ ساعت، جیبرلین در دو سطح ۷۵۰ ppm و ppm ۲۵۰ و بدون پرایمینگ در پنج سطح تنش شوری صفر، ۴، ۸ ، ۱۲ و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر بود. بذر زیره سبز از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه گردید. قبل از اعمال تیمارها ابتدا بذور با هیپوکلریت سدیم پنج درصد به مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی و سپس چند بار با آب مقطر شستشو شدند. همزمان در این مرحله، وسایل مورد نیاز به همراه کاغذهای جوانه‌زنی در اتوکلاو با دمای ۱۸۰ سانتی‌گراد به مدت دو ساعت سترون شدند.
قبل از اعمال پرایمینگ، ابتدا بذرهای توده سبزواری زیره سبز C. cyminum ضدعفونی شده و سپس ۳ بار با آب مقطر شست و شو داده شد. برای پیش تیمار با محلول جیبرلین ۷۵۰ ppm بذرهای ضدعفونی شده بعد از خشک شدن به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و همچنین برای پیش تیمار بذر با جیبرلین ۲۵۰ ppm، بذرها به مدت ۱۲ ساعت و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد درون محلول قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها از محلول‌ها خارج و در دمای اتاق به مدت ۲۴ ساعت خشک شد. در هر تکرار، ۲۵ عدد بذر در داخل هر پتری دیش شسته شده با اسید به ابعاد (۱۰×۱/۵ سانتی‌متر) روی کاغذ واتمن شماره یک قرار گرفت و به هر پتری دیش آب مقطر یا محلول مورد نظر (۱۰ میلی‌لیتر) بسته به نوع تیمار افزوده شد. به منظور کاهش میزان تبخیر آب، دور پتری ها با پارافیلم بسته شد. سپس پتری‌ها به درون ژرمیناتور با دمای ۱±۲۵ (Razak et al., 2014)، رطوبت نسبی ۷۰ درصد، ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی (Zeng et al, 2013) منتقل شدند.
تعیین مقدار پرولین اندام هوایی
اندازه‌گیری پرولین بعد از اتمام مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه صورت گرفت. برای اندازه‌گیری محتوای پرولین از روش بیتس و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد. برای محاسبه پرولین از رابطه زیر استفاده گردید.

$$FP = \frac{R*T*W}{115.5} *۱۰۰۰$$

FP = محتوای پرولین (واحد آن میکرومولار بر گرم وزن تر می‌باشد).
R = عدد قرائت شده از دستگاه اسپکتروفوتومتر
T = میزان تولوئن مصرف شده
W = وزن نمونه برگی مورد استفاده (۰/۵ گرم).
اندازه‌گیری مقدار کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها به روش آرنون[1] (۱۹۶۷)

[1]Arnon

اندازه‌گیری مقدار کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها به روش آرنون (۱۹۶۷) انجام شد. مقدار جذب در طول موج های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a، ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b و ۴۷۰ برای کاروتنوئیدها توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد. در نهایت با استفاده از فرمول‌های زیر میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر نمونه به دست آمد.

Chlorophyll a = (19.3 * A663 - 0.86 * ۶۴۵) ۱۰۰/

Chlorophyll b = (19.3 * A645 - 3.6 * A۶۶۳) ۱۰۰/

Chlorophyll Total = Chlorophyll a + Chlorophyll b

Carotenoids = 100(A470) - 3.۲۷(.) - ۱۰۴(.)/۲۲۷

V= حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)

A= جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر

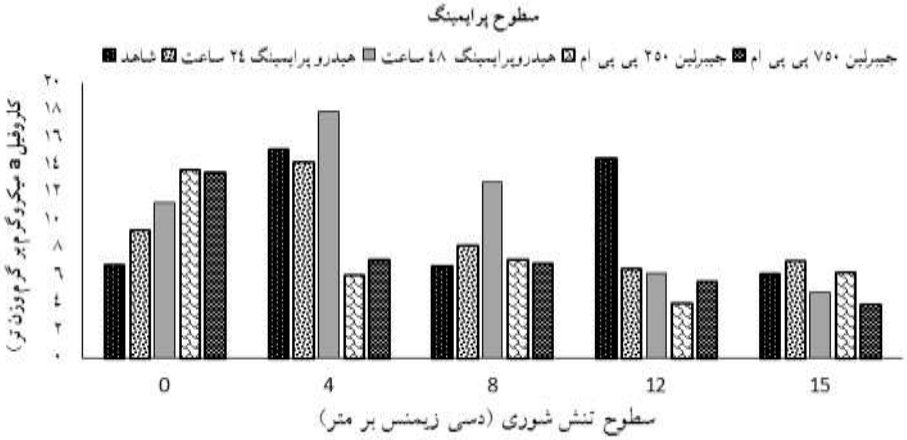
W= وزن تر نمونه بر حسب گرم

تجزیه و تحلیل آماری: جهت انجام تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها و همبستگی بین صفات نیز از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 استفاده شده است. همچنین جهت رسم جدول‌ها و نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel 2013 استفاده گردیده است.

۳. نتایج و بحث

کلروفیل a

تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده نشان داد که اثر تنش شوری، پرایمینگ بذر و همچنین اثر متقابل تنش شوری در پرایمینگ بر محتوی کلروفیل a در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۳-۳). در مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری در پرایمینگ، بیشترین محتوی کلروفیل a در تنش شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر در هیدروپرایمینگ به مدت ۴۸ ساعت (با میانگین ۱۷/۹۷ میکروگرم بر گرم وزن تر گیاهچه) به دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۶۲ درصدی داشت. کمترین میانگین این صفت در سطح شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر در پرایمینگ با ۷۵۰ پی‌پی‌ام جیبرلین و همچنین در سطح شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر در پرایمینگ با ۲۵۰ پی‌پی‌ام جیبرلین (به ترتیب با میانگین ۳/۹۹ و ۴/۰۱ میکروگرم بر گرم وزن تر گیاهچه) مشاهده شد (نمودار ۳-۱۲). محققان با مطالعه بر روی گوجه فرنگی بیان کردند با اعمال تنش شوری میزان کلروفیل کل و کلروفیلa کاهش می‌یابد (Khavarinejad and Mostofi,1998). در آزمایشی دیگر گزارش شد شوری میزان کلروفیل a، b در برگ‌های درخت چندل را کاهش می‌دهد (Parida et al., 2002).



نمودار ۳-۱۲- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری در پرایمینگ بذر بر محتوی کلروفیل a گیاهچه زیره سبز

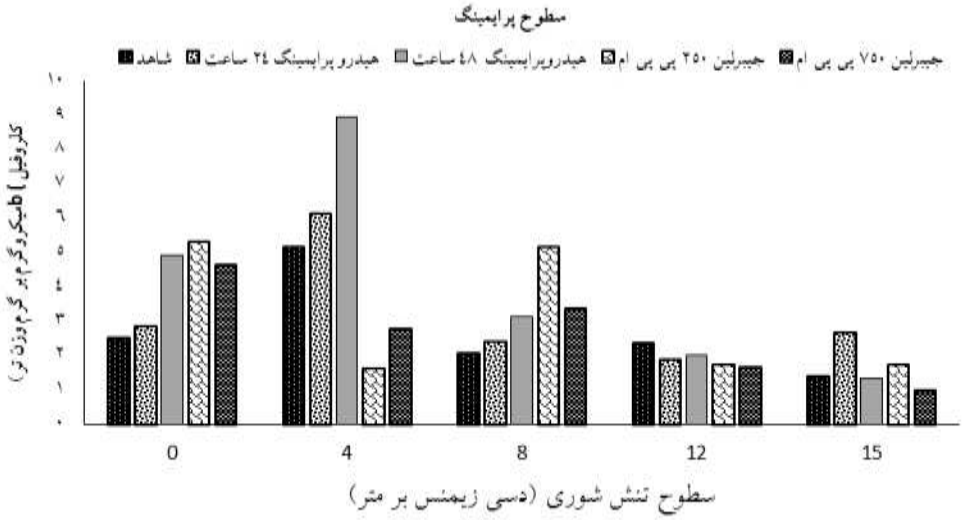
جدول ۳-۳- تجزیه واریانس شاخص‌های فیزیولوژیکی گیاهچه زیره سبز تحت اثر پرایمینگ و تنش شوری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)				
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئید	پرولین
تنش شوری (S)	۴	۱۰۴/۳**	۲۹/۷**	۲۴۲/۹**	۲/۰۶**	۴۰۶۱۱/۶**
پرایمینگ (P)	۴	۳۰/۴**	۴/۶۶**	۴۹/۳**	۱/۵۹**	۶۰۷۵/۴**
S×P	۱۶	۳۸/۰**	۷/۶۹**	۷۰/۹**	۲/۶۷**	۱۶۹۷۰/۷**
خطا	۵۰	۱/۴۵	۰/۵۷	۲/۴۴	۰/۱۹	۸۶۸/۳
ضریب تغییرات (٪)		۱۳/۵۱	۲۳/۸۰	۱۲/۹۱	۲۳/۲۵	۱۰/۶۲

Ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

کلروفیل b

تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده نشان داد که اثر تنش شوری، پرایمینگ بذر و همچنین اثر متقابل تنش شوری در پرایمینگ بر محتوی کلروفیل b در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۳-۳). در مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری در پرایمینگ، بیشترین محتوی کلروفیل b در تنش شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر در هیدروپرایمینگ به مدت ۴۸ ساعت (با میانگین ۸/۹۷ میکروگرم بر گرم وزن تر گیاهچه) به دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۷۱/۷ درصدی داشت. کمترین میانگین این صفت در سطح شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر در پرایمینگ با ۷۵۰ پی‌پی‌ام جیبرلین (با میانگین ۱/۰۲ میکروگرم بر گرم وزن تر گیاهچه) مشاهده شد (نمودار ۳-۱۳). یکی از اثرات منفی شوری روی گیاهان است که باعث کاهش فعالیت فتوسنتزی در گیاه می‌شود و آن نیز موجب کاهش مقدار کلروفیل و کاهش جذب کربن دی‌اکسید و ظرفیت فتوسنتزی می‌گردد (Francis et al., 2002). چاوم و کیردمانی[1] (۲۰۰۹) گزارش کردند که شوری در گیاه ذرت غلظت کل کلروفیل را کاهش داد.



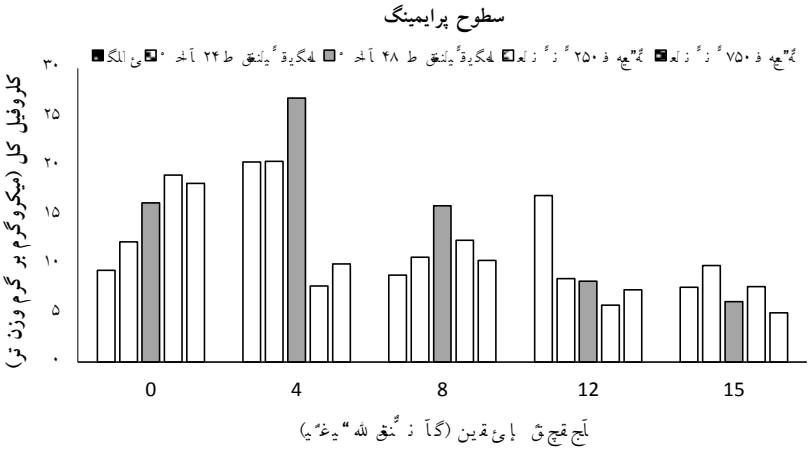
نمودار ۳-۱۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری در پرایمینگ بذر بر محتوی کلروفیل b گیاهچه زیره سبز

[1]Cha-um and Kirdmani

کلروفیل کل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش شوری (در سطح احتمال یک درصد)، پرایمینگ بذر (در سطح احتمال یک درصد) و همچنین اثر متقابل تنش شوری در پرایمینگ (در سطح احتمال یک درصد) بر محتوی کلروفیل کل معنی‌دار بودند (جدول ۳-۳). در مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری در پرایمینگ، بیشترین محتوی کلروفیل کل در تنش شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر در هیدروپرایمینگ به مدت ۴۸ ساعت (با میانگین ۲۶/۹۴ میکروگرم بر گرم وزن تر گیاهچه) به دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۶۵/۲ درصدی داشت. کمترین میانگین این صفت در سطح شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر در پرایمینگ با ۷۵۰ پی‌پی‌ام جیبرلین (با میانگین ۵/۰۱ میکروگرم بر گرم وزن تر گیاهچه) مشاهده شد (نمودار ۳-۱۴).

توران و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی روی گیاه ذرت تحت تنش شوری اظهار داشتند که کل محتوای کلروفیل برگ ذرت به وسیله افزایش سطوح شوری کاهش یافت همچنین اشاره کرده‌اند که تنش شوری موجب تخریب کلروپلاست و تغییر تعداد و اندازه کلروپلاست‌ها می‌شود. کاهش شدت فتوسنتز ناشی از تنش شوری به دلیل عوامل متعددی مانند دهیدراسیون غشاء سلول و در نتیجه کاهش نفوذپذیری دی اکسید کربن، سمیت ناشی از نمک، کاهش میزان کربن دی اکسید به دلیل بسته شدن روزنه‌ها، تغییر فعالیت آنزیم‌ها به دلیل تغییرات ساختاری در منبع می‌باشد (Javadipour et al., 2012).

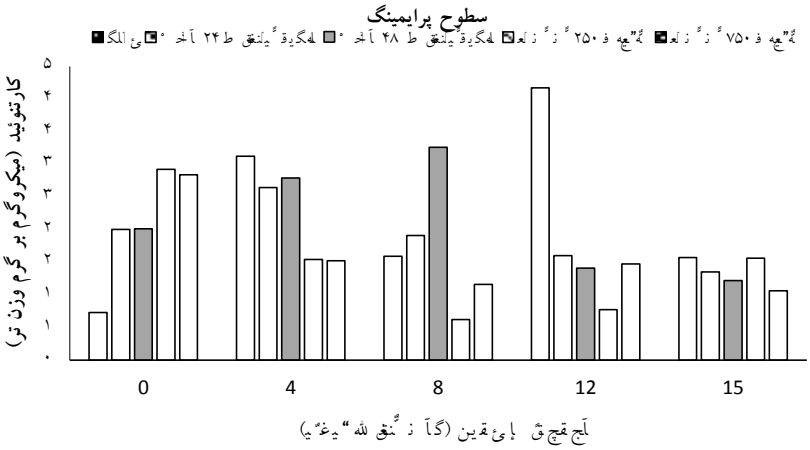


نمودار ۳-۱۴- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری در پرایمینگ بذر بر محتوی کلروفیل کل گیاهچه زیره سبز

کارتنوئید

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش شوری (در سطح احتمال یک درصد)، پرایمینگ بذر (در سطح احتمال یک درصد) و همچنین اثر متقابل تنش شوری در پرایمینگ (در سطح احتمال یک درصد) بر محتوی کارتنوئید معنی‌دار بودند (جدول ۳-۳). بیشترین محتوی کارتنوئید در مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری در پرایمینگ بذر در تنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و عدم پرایمینگ بذر با میانگین ۴/۱۷ میکروگرم بر گرم وزن تر گیاهچه به دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۸۲/۴ درصدی داشت. کمترین میانگین این صفت در سطح شوری ۸ دسی زیمنس بر متر و پرایمینگ بذر با جیبرلین ۲۵۰ پی‌پی‌ام (با میانگین ۰/۶۲ میکروگرم بر گرم وزن تر گیاهچه) مشاهده شد (نمودار ۳-۱۵).

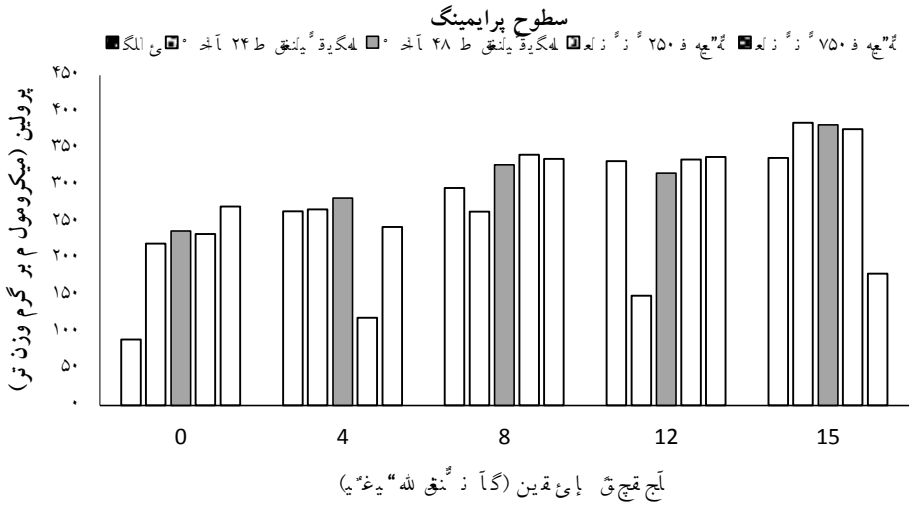
تنش اکسیداتیو ایجادشده در اثر تنش شوری در بافت‌های گیاهی توسط فعالیت کاروتنوئید در هر دو سیستم آنزیمی و غیر آنزیمی آنتی‌اکسیدانی کاهش می‌یابد (Prochazkova et al., 2001). کاروتنوئیدها از رنگیزه‌های کلیدی و مهم سیستم آنتی‌اکسیدانی در گیاهان هستند که به تنش اکسیداتیو ایجادشده در اثر تنش شوری، بسیار حساس می‌باشند (Havaux, 1998). گزارش‌های متعددی حکایت از کاهش محتوای کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها تحت تنش شوری دارد که از جمله می‌توان به گزارش‌هایی روی سویا (Sheteawi, ۲۰۰۷) اشاره کرد.



نمودار ۳-۱۵- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری در پرایمینگ بذر بر محتوی کارتنوئید گیاهچه زیره سبز

محتوی پرولین

نتایج به به دست آمده از تجزیه داده‌های حاصل نشان داد که اثر تنش شوری، پرایمینگ بذر و همچنین اثر متقابل تنش شوری در پرایمینگ در سطح احتمال یک درصد بر محتوی پرولین معنی‌دار بودند (جدول ۳-۳). براساس مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری در پرایمینگ بذر، بیشترین محتوی پرولین آزاد در تنش شوری ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر و هیدروپرایمینگ بذر به مدت ۲۴ ساعت (با میانگین ۲۸۵/۴ میکرومول بر گرم وزن تر) به دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۷۶/۶ درصدی داشت. کمترین میانگین این صفت نیز در تیمار شاهد (عدم تنش شوری و عدم پرایمینگ) با میانگین ۸۹/۹۲ میکرومول بر گرم وزن تر مشاهده شد (نمودار ۳-۱۶). با افزایش تنش شوری ابتدا افزایش محتوای پرولین را به دنبال دارد و در تنش ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر کاهش محتوای پرولین مشاهده می‌شود. پرولین به طور وسیع در گیاهان عالی وجود دارد و نسبت به سایر آمینو اسیدها در مقادیر بیشتر در گیاهان تحت تنش انباشته می‌شود و اندازه‌گیری میزان انباشته شدن پرولین معیاری برای تعیین تحمل گیاه نسبت به تنش می‌باشد. در شرایط تنش آب، اکسیژن فعال در گیاهان تجمع می یابد. در این شرایط در گیاهان یک سیستم دفاعی ایجاد می‌شود که توسط آنزیم‌های محافظت کننده درونی تسریع می‌شود که به خوبی از صدمات اکسیژن فعال جلوگیری می‌کند و بنابراین به فعالیت عادی گیاه کمک می‌کنند (Wang, 2002).



نمودار ۳-۱۶- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری در پرایمینگ بذر بر محتوی پرولین گیاهچه زیره سبز

۴. نتیجه‌گیری

به طور کلی تنش شوری منجر به کاهش شاخص‌های فیزیولوژیکی زیره سبز توده سبزوار گردید.

استفاده از تیمارهای پرایمینگ با بهبود شاخص‌های فیزیولوژیکی از جمله محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل‌های a ، b و کل گردید و از این طریق منجر به تعدیل اثرات منفی ناشی از تنش شوری شد.

در نهایت استفاده از پرایمینگ بذر زیره سبز توده سبزوار با جیبرلین ۷۵۰ پی‌پی‌ام یا هیدروپرایمینگ بذر به مدت ۴۸ ساعت برای شرایط تنش شوری قابل توصیه می‌باشد.

مراجع

۱. سعادتیان، ب.، احمدوند، ق.، سلیمانی، ف. ۱۳۹۱. اثر پرایمینگ بذ بر خصوصیات جوانه زنی مرزه (Satureja hortensis L.) تنش خشکی و تنش شوری. مجله علوم و تکنولوژی بذر، ۲(۲): ۳۳-۴۴.

۲. صادقی، د.، مرتضویان، م.م.، بختیاری‌زاده، م.ر. ۱۳۹۶. ارزیابی توالی رونوشت گیاه دارویی زیره سبز (Cuminum cyminum L.) با استفاده از RNA-Seq. مجله تکنولوژی کشاورزی. ISSN: 2228-6705.

۳. قانع، ح.، امیرشکاری، ح.، ناجی، ا.م. ۱۳۹۶. اثر پرایمینگ و تاریخ کاشت بر صفات عملکردی و فیزیولوژی دو توده زیره سبز. مجله به‌زراعی، ۱۹(۳):۵۷۵-۵۶۱.

۴. Arnon, D.I., and Stout, P.R. 1939. The essentiality of certain elements in minute quantity for plant with special reference to copper. Plant Physiology, 14(2):371-3۷۵.

۵. Ashraf, M., and Harris, P.J.C. 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Plant Science, 1(66): 3-16.

۶. Bates, L.S., Waldern, R.P., and Teave, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil, ۳۹:۲۰۵-۲۰۷.

۷. Cha-um, S., and Kirdmanee, C. 2009. Effect of salt stress on prolin accumulation, photosynthetic ability and growth characters in two maize cultivars. Pakistan Journal of Botany, 41: 87-9۸.

۸. Francis, G., Jhon, L., Jifon, S., Micaela, C., and James, P. S. 2002. Gas exchange, Chlorophyll and nutrient contents in relation to Na and Cl accumulation in sunburst mandarin grafted on different root stocks. Plant Science. 35: 314-320.

۹. Havaux, M. 1998. Cartenoids as membrane stabilizers in chloroplasts. Trends in Plant Science, 3: ۱۴۷-۱۵۱.

۱۰. Javadipour, Z., Movahhedi Dehnavi, M. and Balouchi, H. R. 2012. Evaluation of photosynthesis parameters, chlorophyll content, and fluorescence of safflower cultivars under saline condition. Crop Production, 6(2): 35-56.

۱۱. Kafi, M. 2006. Cumin (Cuminum cyminum L.): production and processing. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 53: 1–10.

۱۲. Khavarinejad, R. A., and Mostofi, Y. 1998. Effect of NaCl on photosynthetic pigments, saccharides, and chloroplast ultrastructure in leaves of tomato cultivars. Photosynthetica, 35: 151-۱۵۴.

۱۳. Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids pigments of photosynthetic membranes. Methode Enzaym. 148: 350-382.

۱۴. Parida, A. K., Das, A. B., and Das, P. 2002. NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins and other metabolic components in the leaves of a true mangrove, Bruguiera parviflora, in hydroponic cultures. Journal of Plant Biology, 45:28-36.

۱۵. Prochazkova, D., Sairam, R. K., Srivastava, G. C., and Singh, D. V. 2001. Oxidative stress and antioxidant activity as the basis of senescence in maize leaves. Plant Science, 161: 765-۷۷۱.

۱۶. Sheteawi, S. A. 2007. Improving growth and yield of salt stressed soybean by exogenous application of jasmine acid and ascorbic. International Journal of Agriculture and Biology, 9: 473-۴۷۸.

۱۷. Sowbhagya H.B. 2013. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 53: 1–۱۰.

۱۸. Taghavi, M., and Eiman-Khan, N. 2005. Evaluation of the effect of macroeconomic variables on Iran's medicinal plants exports. TA Journal, 5: 17–۳۶.

۱۹. Turan, M. A., Elkarim, A. H. A., and Taban, S. 2010. Effect of salt stress on growth and ion distribution and accumulation in shoot and root of maize plant. African Journal of Agricultural Research, 5(7): 584-588.

۲۰. Wang, Y., and Nil, N. 2000. Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase-oxygenase, glycin betaine content, photosynthesisand transpiration in Amaranthus tricolor leaves during salt stress. Journal of Horticulture Science and Biotechnology, 75: 623-۶۲۷.

۲۱. Windauer, L., Altuna, A. and Benech-Arnold, R. 20۰۷. □□□□□□□□□□ □□□□□□□□□ □□ □□□□□□□□□□□□ fendleri seed germination responses to priming treatments. Industrial Crops and Products. 25: 70-۷۴.

۲۲. Zalai, G., Tari, I., Janda, T., Pestenácz, A., and Páldi, E. 2000. Effects of cold acclimation and salicylic acid on changes in ACC and MACC contents in maize during chilling. Biology of Plant, ۴۳: ۶۳۷-۶۴۰.

۲۳. Zeng, J., Chen, A., Li, D., Yi, B., and Wu, W. 2013. Effects of Salt Stress on the Growth, Physiological Responses, and Glycoside Contents of Stevia rebaudiana Bertoni. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 61(24): 5720-۵۷۲۶.