Archive of SID

پژوهش‌های بذر ایران/ سال ششم/ شماره دوم/ ۱۳۹۸ / صفحات: ۱۳۵-۱۲۵

مقاله کوتاه علمی

اثر تیمارهای پرایمینگ بذر استویا (*Stevia rebaudiana*) با اسید سالیسیلیک، آهن و روی بر برخی صفات جوانه‌زنی و رنگیزه‌های فتوسنتزی تحت تنش خشکی

علیرضا گرزی [۱]، حشمت امیدی [۲،*]، امیر بستانی [۳]

چکیده مبسوط

مقدمه: استویا (*Stevia rebaudiana* Bert.) گیاهی علفی و چندساله متعلق به خانواده **Astraceae** است. گلیکوزیدهای استویول موجود در این گیاه ۳۰۰-۲۵۰ بار شیرین‌تر از ساکارز هستند و با وجود مزه شیرین، جذب بدن نمی‌شوند. استویا یک گیاه خود ناسازگار است و بذر حاصل از آن توانایی جوانه‌زنی پایینی دارد. به‌طورکلی، ظرفیت جوانه‌زنی ضعیف بذرهای استویا مانع عمده‌ای برای کشت آن در مقیاس وسیع ایجاد کرده است. پرایمینگ یکی از روش‌های بهبود بذر است که می‌تواند باعث افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی در شرایط محیطی تنش‌زا شود؛ بنابراین مطالعه حاضر به‌منظور بررسی تأثیر پرایمینگ با اسید سالیسیلیک (**SA**) و عناصر ریزمغذی آهن (**Fe**) و روی (**Zn**) بر برخی شاخص‌های جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و همچنین محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی استویا تحت شرایط نرمال و تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد تهران در سال ۱۳۹۶ اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل ۴ سطح تنش خشکی (صفر، ۰/۳-، ۰/۶- و ۰/۹- مگاپاسکال) و ۷ ترکیب پرایمینگ با اسید سالیسیلیک، آهن و روی بودند، بذرهای خشک نیز به عنوان شاهد در نظر گرفته شدند. در این آزمایش، آهن و روی به ترتیب از منابع سولفات آهن و سولفات‌روی تأمین شدند. صفات مورد بررسی در این آزمایش شامل درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، شاخص بنیه وزنی گیاهچه و محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی و کاروتنوئید بودند.

یافته‌ها: نتایج این آزمایش نشان دهنده حساسیت بیشتر طول ریشه‌چه نسبت به طول ساقه‌چه بود. با افزایش شدت تنش خشکی از صفر تا ۰/۹- مگاپاسکال، محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی استویا به‌طور معنی‌داری در همه تیمارهای پرایمینگ کاهش یافتند، به‌گونه‌ای که کم‌ترین مقادیر کلروفیل **a**، **b** و کاروتنوئید در پتانسیل ۰/۹- مگاپاسکال مشاهده شدند. پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک + آهن + روی در بهبود خصوصیات جوانه‌زنی و محتوی کلروفیل استویا مؤثرتر از سایر تیمارها تحت شرایط نرمال و تنش خشکی بود. در بالاترین سطح تنش خشکی، کاربرد هم‌زمان آهن، روی و اسید سالیسیلیک صفات درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، بنیه گیاهچه و محتوای کلروفیل کل را در استویا به ترتیب ۵۵/۷، ۵۰/۵، ۷۴/۳، ۹۰/۳ و ۸۵/۵ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد.

نتیجه‌گیری: به طور کلی، می‌توان پرایمینگ بذر با عناصر ریز مغذی (آهن و روی) و اسید سالیسیلیک و به ویژه کاربرد توأم آن‌ها را جهت افزایش مقاومت استویا به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: درصد جوانه‌زنی، اسید سالیسیلیک، سولفات آهن، سولفات روی، کلروفیل

جنبه‌های نوآوری:

۱- بروز تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی بر رشد و محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی استویا اثر معنی‌دار دارد.

۲- پرایمینگ منجر به افزایش تحمل به خشکی استویا در مرحله جوانه‌زنی می‌شود.

۳- کاربرد توأم اسید سالیسیلیک، آهن و روی در کاهش اثرات تنش خشکی مؤثرتر از کاربرد مجزای آن‌ها می‌باشد.

[۱] دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران

[۲] دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی و مرکز تحقیقات گیاهان دارویی دانشگاه شاهد تهران

[۳] دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران

[*] رایانامه نویسنده مسئول: Omidi@shahed.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۰۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۲۷)

DOR: 98.1000/2383-1251.1398.6.125.12.2.1575.1610

DOI: 10.29252/yujs.6.2.125

CrossMark

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

گیاه دارویی استویا با نام علمی (*Stevia rebaudiana* Bertoni) یک گیاه علفی چندساله از خانواده Astraceae، بومی شمال شرقی پاراگوئه و حاوی شیرین‌کننده‌های طبیعی (۲۵۰ تا ۳۰۰ بار شیرین‌تر از ساکارز) است. استویا به طور طبیعی توسط بذر تکثیر می‌شود، اما قوه نامیه بذرها بسیار پایین بوده و تنها درصد کمی از آن‌ها جوانه می‌زنند (کومار[1] و همکاران، ۲۰۱۴).

کمبود آب عامل محدودکننده رشد محصولات کشاورزی است. اثر تنش خشکی بر رشد و عملکرد بستگی به گونه گیاهی، طول مدت تنش، شرایط آب و هوایی و مرحله نمو گیاهان زراعی دارد (نقوی[2] و همکاران، ۲۰۱۵). جوانه‌زنی یکی از مراحل حساس در چرخه زندگی گیاهان به شمار می‌رود و بیش‌ترین حساسیت به تنش‌های محیطی نظیر خشکی در مرحله جوانه‌زنی گیاه است (یاگمور و کیدان[3]، ۲۰۰۸).

در سال‌های اخیر، پرایمینگ به‌عنوان یک راهکار امیدوارکننده در مدیریت تنش مطرح شده است که گیاهان را در برابر تنش‌های محیطی حفاظت کرده بدون اینکه بر عملکرد گیاه اثر منفی بگذارد (کایا[4] و همکاران، ۲۰۰۶). یکی از تنظیم‌کننده‌های رشد مورد استفاده بدین منظور اسید سالیسیلیک می‌باشد که در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان نقش دارد و به‌عنوان یک مولکول پیام‌رسان در پاسخ‌های گیاه به تنش‌های زیستی و غیرزیستی، شناخته شده است (کبیری[5] و همکاران، ۲۰۱۴). علاوه بر این گیاهان برای رشد و تکامل خود به تعداد زیادی از عناصر ریزمغذی[6] نیاز دارند. پرایمینگ با عناصر ریزمغذی، شیوه‌ای برای افزایش ذخیره این عناصر در بذر می‌باشد که درنهایت منجر به بهبود رشد گیاهچه و افزایش مقاومت به تنش خواهد شد (ایمران[7] و همکاران، ۲۰۱۷).

گیاهان در بین همه ریزمغذی‌ها، بیشترین نیاز را به آهن دارند، زیرا این عنصر بخشی از گروه کاتالیزوری بسیاری از آنزیم‌های اکسیداسیون و احیا می‌باشد (لادن مقدم[8] و همکاران، ۲۰۱۲). روی، نیز به عنوان کوفاکتور برای بیش از ۳۰۰ آنزیم عمل می‌کند (گنزالز-گورو[9] و همکاران، ۲۰۰۵) و بنابراین در محدوده وسیعی از فرآیندهای سلولی از قبیل دفاع در برابر رادیکال‌های آزاد، انتقال الکترون، بیوسنتز پروتئین و اکسین، تکثیر سلولی و رشد زایشی شرکت می‌کند (زو[10] و همکاران، ۲۰۱۴). برخی تحقیقات اثبات کرده‌اند که پرایمینگ بذر با عناصر ریزمغذی به‌ویژه آهن، بور و روی نقش مهمی در بهبود خصوصیات جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه در شوید (میرشکاری[11]، ۲۰۱۲) و ذرت دارد (ایمران و همکاران، ۲۰۱۷). باتوجه به موارد فوق، هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی عکس‌العمل گیاه استویا به سطوح مختلف تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی و تأثیر پرایم‌کردن بذر با اسید سالیسیلیک و دو عنصر آهن و روی به‌عنوان تیمار قبل از تنش خشکی بر برخی صفات جوانه‌زنی و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاهچه بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار در آزمایشگاه بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد اجرا گردید. فاکتورهای مورد مطالعه در این آزمایش شامل پرایمینگ بذر با ۷ ترکیب مختلف از دو عنصر غذایی آهن و روی و هورمون اسید سالیسیلیک به همراه شاهد (بذر خشک) و تنش خشکی در ۴ سطح (۰/۳-، ۰/۶-، ۰/۹- مگاپاسکال و شاهد (صفر مگاپاسکال توسط آب مقطر)) بودند. در این آزمایش، سولفات آهن ($FeSO_4.7H_2O$) و سولفات روی ($ZnSO_4.7H_2O$) به ترتیب به عنوان منابع آهن و روی استفاده گردیدند. برای ایجاد سطوح مختلف پتانسیل آب از پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ بر اساس رابطه میشل و کافمن[12] (۱۹۷۳) استفاده شد.

[1] Kumar
[2] Naghavi
[3] Yagmur and Kydan
[4] Kaya
[5] Kabiri
[6] Micro elements
[7] Imran
[8] Ladan Moghadam
[9] Gonzalez-Guerrero
[10] Xu
[11] Mirshekari
[12] Michel and Kaufman

www.SID.ir

Archive of SID

به‌منظور بهینه‌سازی غلظت و مدت‌زمان اعمال پیش‌تیمارها، سه آزمایش مقدماتی در قالب آزمون جوانه‌زنی ایستا ترتیب داده شد و درنهایت، غلظت ۰/۵ درصد (از بین غلظت‌های صفر، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد) برای عناصر آهن و روی و غلظت ۱ میلی‌مولار (از بین غلظت‌های صفر، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ میلی‌مولار) برای اسید سالیسیلیک و مدت‌زمان ۲۴ ساعت (از بین دوره‌های ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعت) برای پرایمینگ بذرهای استویا انتخاب شد (داده‌ها ارائه نشده است). بذرهای استویا پس از ضدعفونی شدن به داخل محلول‌های مختلف پرایمینگ منتقل شده و سپس در شرایط تاریکی و دمای ۱ ± ۱۵ درجه سلسیوس در ژرمیناتور قرار گرفتند (برادفورد[1]، ۱۹۸۶). پس از پایان اعمال پرایمینگ در هر هر پتری ۱۰۰ عدد بذر روی کاغذ واتمن شماره ۱ قرار داده شده و با توجه به تیمارهای خشکی مربوطه به هر پتری ۷ میلی‌لیتر محلول PEG اضافه شد. برای ایجاد پتانسیل صفر مگاپاسکال از آب مقطر استفاده شد. سپس پتری‌ها به درون ژرمیناتور با دمای ۲ ± ۲۳ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۷۵ درصد، ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی منتقل شدند (لیوپا-تسکالیدی[2] و همکاران، ۲۰۱۲). در پایان روز چهاردهم صفات درصد جوانه‌زنی (لیوپا-تسکالیدی و همکاران، ۲۰۱۲)، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و بنیه وزنی گیاهچه‌ها محاسبه شدند (عبدالباکی و اندرسون[3]، ۱۹۷۳). برای اندازه‌گیری محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی از روش آرنون[4] (۱۹۴۹) در مرحله ۳-۲ برگی گیاهچه‌ها گیاهچه‌ها استفاده شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد و در صورت معنی‌دار شدن برهمکنش‌ها برش‌دهی با استفاده از نرم‌افزار SAS (Ver. 9.4) صورت گرفت.

نتایج و بحث

شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه

نتایج مربوط به جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که تنش خشکی، ترکیبات مختلف پرایمینگ و برهمکنش آن‌ها اثر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی داشتند ($P \leq ۰/۰۱$). نتایج حاصل از مقایسه میانگین برهمکنش پیش‌تیمارها در سطوح مختلف تنش خشکی در جدول ۲ ارائه شده است. در این بررسی هر چند تنش خشکی منجر به کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی گردید، اما تیمارهای مختلف پرایمینگ سبب تعدیل روند کاهشی درصد جوانه‌زنی که با افزایش تنش خشکی حادث می‌شود، گردیدند (جدول ۲). نتایج برش دهی اثر متقابل ترکیبات پرایمینگ در هر سطح از تیمار خشکی (۰/۳-، ۰/۶- و ۰/۹- مگاپاسکال) نشان داد که کلیه تیمارهای پرایمینگ ترکیبی، اثر معنی‌دار در افزایش درصد جوانه‌زنی بذرهای استویا در مقایسه با شاهد داشتند. مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه در شرایط نرمال (عدم تنش خشکی) نشان داد، کاربرد تلفیقی اسید سالیسیلیک + آهن + روی دارای بالاترین میانگین این صفت (۶۶/۶۶ درصد) بود. کم‌ترین درصد جوانه‌زنی (۱۴/۳ درصد) متعلق به بذر شاهد (بدون پرایمینگ) در بالاترین سطح تنش خشکی بود (جدول ۲). اثرات بهبود دهنده روش‌های مختلف پرایمینگ بذر در شرایط تنش‌های غیر زنده ممکن است با افزایش سنتز پروتئین در جنین، تعمیر و ساخت نوکلئیک اسیدها، افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولتیک (افزایش کارایی متابولیسم مواد ذخیره‌ای بذر) و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در بذرهای پرایم‌شده همراه باشد، که درنهایت منجر به افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی می‌گردد (شاهوردی[5] و همکاران، ۲۰۱۷). گزارش شده است که در بذرهای پرایم‌شده با ترکیبات ریزمغذی در شرایط تنش معمولاً درصد جوانه‌زنی افزایش یافته و یکنواختی بالایی در جوانه‌زنی بذرها دیده می‌شود (شاهوردی و همکاران، ۲۰۱۷) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. از طرف دیگر، گزارش‌های متعددی نشان داده‌اند که پیش‌تیمار بذر در غلظت‌های مناسب تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند اسید سالیسیلیک منجر به بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی به‌ویژه در شرایط

[1] Bradford
[2] Liopa-Tsakalidi
[3] Abdul-Baki and Anderson
[4] Arnon
[5] Shahverdi

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. تجزیه واریانس تأثیر پرایمینگ بر شاخص‌های جوانه‌زنی استویا تحت تنش خشکی

Table 1. Analysis of variance for the effect of priming on germination indices of Stevia under drought stress

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی (df)	درصد جوانه‌زنی (PG)	طول ریشه‌چه (RL)	طول ساقه‌چه (PL)	وزن خشک گیاهچه (SDW)	شاخص وزنی بنیه گیاهچه (SWVI)
تنش خشکی Drought stress (D)	3	5489.53**	205.22**	435.12**	58.81**	33.72**
پرایمینگ Priming (P)	7	561.66**	41.303**	160.96**	10.66**	4.97**
تنش خشکی × پرایمینگ D × P	21	3.94**	1.74*	4.23*	0.246ns	0.256**
خطا Error	64	15.19	1.27	2.34	0.143	0.058
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	9.18	12.09	14.57	9.69	12.89

df: Degrees of Freedom, GP: Germination Percentage, SWVI: Seedling Weight Vigor Index, RL: Radicle Length, PL: Plumule Length, SDW: Seedling Dry Weight, and CV: Coefficient of Variation.

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

ns, * and **: non-significant, significant at 5% and 1%, respectively

تنش خواهد شد (انصاری و شریف‌زاده[1]، ۲۰۱۲؛ آرباوئی[2] و همکاران، ۲۰۱۵).

براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲)، طویل‌ترین طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و بنیه وزنی در کلیه سطوح پتانسیل اسمزی، از کاربرد توأم سه گانه حاصل شد. طول اجزای گیاهچه شامل ریشه‌چه و ساقه‌چه نسبت به کاهش پتانسیل آب به صورت معنی‌دار واکنش منفی نشان دادند، به‌گونه‌ای که کم‌ترین مقادیر میانگین برای این صفات در بالاترین سطح تنش خشکی (۰/۹- مگاپاسکال) مشاهده شد. این چنین اثرات بازدارنده تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن گلایکول بر رشد و شاخص بنیه وزنی گیاهچه با یافته‌های سواتی[3] و همکاران (۲۰۱۷) در ماش هم‌خوانی دارد. رشد سلول‌ها نسبت به کمبود آب از حساسیت بسیار بالایی برخوردار است و حتی با کاهش جزئی در قابلیت دسترسی به آب، سرعت رشد سلول‌ها کاهش می‌یابد، زیرا فرآیندهای مرتبط با رشد طولی گیاهچه در مرحله جوانه‌زنی نظیر فشار تورمی (تورژسانس) که نیروی لازم برای انبساط و طویل شدن سلول‌ها را فراهم می‌کند، در شرایط محدودیت آب به حد کافی وجود ندارد (فاروق[4] و همکاران، ۲۰۰۹). از طرف دیگر اثرات مثبت پرایمینگ با اسید سالیسیلیک و ریزمغذی‌ها در بهبود رشد گیاهچه‌های استویا و کاهش اثرات سوء تنش در مقایسه با شاهد کاملاً مشهود بود (جدول ۲). در بالاترین سطح تنش خشکی (۰/۹- مگاپاسکال)، کلیه تیمارهای پرایمینگ ترکیبی سبب افزایش معنی‌دار طول ساقه‌چه و بنیه وزنی در مقایسه با بذور شاهد شدند. در مورد صفت طول ریشه‌چه نیز در تنش خشکی شدید اگرچه کلیه تیمارهای مورد مطالعه سبب افزایش این صفت نسبت به شاهد شدند، ولی این افزایش تنها در تیمارهای اسید سالیسیلیک + آهن + روی و آهن + روی معنی‌دار بود (جدول ۲).

گزارش شده است که بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه و نقش مثبت آهن در فتوسنتز و عملکرد نظام‌های نوری می‌تواند در افزایش شاخص‌های رشد گیاه مؤثر باشد. همچنین روی یکی از عناصر مهم و مؤثر در سنتز هورمون اکسین می‌باشد. اکسین با افزایش رشد طولی سلول موجب افزایش رشد سلول و طویل شدن رشد ریشه و ساقه می‌شود (لاویر و راسکار[5]، ۲۰۱۴). از طرف

[1] Ansari and Sharif-Zadeh
[2] Arbaoui
[3] Swathi
[4] Farooq
[5] Laware and Raskar

www.SID.ir

Archive of SID

دیگر، کافی[1] و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که اسید سالیسیلیک با افزایش سرعت استفاده از مواد ذخیره‌ای بذر، موجب افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌شود. در نتایج مشابه با این مطالعه، پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک در غلظت‌های ۰/۵ تا ۱ میلی‌مولار سبب بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و بنیه بذر در هر دو شرایط تنش و غیر تنش در گیاه سیاه‌دانه (کبیری و تقی‌زاده[2]، ۲۰۱۵) و رازیانه (کبیری و همکاران، ۲۰۱۴) شد.

محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مشاهدات (جدول ۳)، برهمکنش تنش خشکی × پرایمینگ از نظر محتوی کلروفیل a، b و کاروتنوئید در سطح احتمال یک درصد و از نظر محتوی کلروفیل کل در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار داشت. در کل، محتوی کلروفیل a، b و کلروفیل کل در گیاهچه‌های استویا با افزایش تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن گلایکول در محیط جوانه‌زنی بذر (از صفر به ۰/۹- مگاپاسکال) به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. نتایج برش‌دهی برهمکنش تیمارهای پرایمینگ در شرایط نرمال (عدم تنش خشکی) نشان داد که کاربرد تیمارهای اسید سالیسیلیک + آهن، آهن + روی و اسید سالیسیلیک + آهن + روی اثر معنی‌دار بر محتوی کلروفیل a داشت. از نظر محتوی کلروفیل b در شرایط نرمال، تنها کاربرد سه‌گانه اسید سالیسیلیک + آهن + روی در افزایش معنی‌دار این شاخص در مقایسه با شاهد مؤثر بود (جدول ۴). بیشترین میزان کاروتنوئید با میانگین ۰/۴۹۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در پتانسیل اسمزی ۰/۳- مگاپاسکال به ترکیب تیماری اسید سالیسیلیک، آهن و روی اختصاص داشت که این تیمار باعث افزایش ۷۹/۵ درصدی در مقایسه با تیمار شاهد در این سطح شد.

کاروتنوئیدها به‌عنوان آنتی‌اکسیدان‌های زیستی نقش مهمی در حفاظت از بافت گیاهی بازی می‌کنند، به نحوی که نبود کاروتنوئیدها می‌تواند باعث آسیب فتواکسیداتیو شدید در بافت گیاهی گردد (گیل و توتجا[3]، ۲۰۱۰). افزایش غلظت کاروتنوئیدها در برخی تیمارها همراه با افزایش جزئی تنش خشکی (۰/۳- مگاپاسکال) احتمالاً بخشی از سازوکارهای دفاعی گیاه در مقابله با تنش خشکی می‌باشد. کم‌ترین میانگین محتوی کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید، در سطح خشکی ۰/۹- مگاپاسکال و عدم پرایمینگ مشاهده شد. کاهش شدید رنگیزه‌ها در تنش کم‌آبی ممکن است به علت افزایش تنش اکسیداتیو ناشی از گونه‌های فعال اکسیژن و تجزیه رنگدانه‌ها باشد (حسین‌زاده[4] و همکاران، ۲۰۱۶). لاولور[5] (۲۰۰۲) بیان نمود که کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش می‌تواند به علت تغییر مسیر متابولیسم نیتروژن به سمت ساخت ترکیباتی مانند پرولین باشد که در تنظیم اسمزی به کار می‌رود. از طرف دیگر نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که تأثیر منفی تنش خشکی بر محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی، در شرایط کاربرد تیمارهای مختلف پرایمینگ نسبت به شرایط عدم پرایمینگ کم‌تر شده است. در بالاترین سطح تنش خشکی (۰/۹- مگاپاسکال)، مؤثرترین تیمارها در افزایش معنی‌دار محتوی کلروفیل a، b و کل تیمارهای اسید سالیسیلیک + آهن + روی و آهن + روی بودند. همچنین در سطوح بالای تنش خشکی (۰/۶- و ۰/۹- مگاپاسکال) کم‌ترین محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی مربوط به بذر شاهد (بدون پرایمینگ) بود (جدول ۴).

عنصر روی نقش کلیدی در تحریک فعالیت‌های فتوسنتزی و بیوسنتز کلروفیل دارد (لاتف[6] و همکاران، ۲۰۱۷). کایا و هیگز[7] (۲۰۰۲) گزارش کردند که عنصر روی به صورت مستقیم در تشکیل کلروفیل نقش اساسی ندارد اما این عنصر می‌تواند بر غلظت دیگر عناصر غذایی درگیر همانند آهن و منیزیم مؤثر باشد. آهن یکی از عناصر ضروری در تغذیه گیاه است که در فرآیندهای مختلفی همچون فتوسنتز، تنفس و اسیمیلاسیون نیتروژن دخالت دارد. فتوسنتزی را از

[1] Kafi
[2] Kabiri and Taghizade
[3] Gill and Tuteja
[4] Hosseinzadeh
[5] Lawlor
[6] Latef
[7] Kaya and Higgs

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر ترکیبات مختلف پرایمینگ بر خصوصیات مربوط به جوانه‌زنی استویا در هر سطح از تنش خشکی

Table 2. Mean comparison of the effect of different priming compounds on Stevia germination characteristics at any drought stress levels

تیمارها Treatments		درصد جوانه‌زنی Germination percent (%)	طول ریشه‌چه Radicle length (mm)	طول ساقه‌چه Plumule length (mm)	بنیه وزنی گیاهچه (Seedling weight vigor index)
خشکی (مگاپاسکال) Drought (Mpa)	پرایمینگ Priming				
0	Control	52 bc	9.47 d	8.29 d	1.78 d
	SA	51.3 c	11.43 cd	14.47 bc	2.76 bc
	Fe	56.6 bc	11.48 c	13.32 bc	2.80 bc
	Zn	54.6 bc	11.01 cd	11.04 cd	2.43 cd
	SA + Fe	58.6 a-c	11.80 bc	15.09 b	3.28 bc
	SA + Zn	59.0 a-c	11.57 bc	15.81 b	3.31 bc
	Fe + Zn	60.3 ab	13.53 b	14.35 bc	3.48 b
	SA + Fe + Zn	66.6 a	16.56 a	23.81 a	4.66 a
-0.3	Control	43.3 d	6.95 d	6.81 e	1.28 e
	SA	43.6 d	11.66 a-c	12.75 b-d	2.37 cd
	Fe	50 b-d	10.54 bc	10.24 d	2.22 d
	Zn	48 cd	8.58 cd	9.93 de	1.95 d
	SA + Fe	56 ab	10.54 bc	13.21 bc	2.87 bc
	SA + Zn	55.3 a-c	11.48 a-c	14.91 b	3.20 b
	Fe + Zn	55.3 a-c	13.48 ab	14.45 b	3.40 a
	SA + Fe + Zn	60.3a	14.42 a	20.83 a	3.85 a
-0.6	Control	15.6 d	5.64 d	5.02 d	0.276 e
	SA	28.6 c	9.66 ab	8.98 b-d	1.04 d
	Fe	38 bc	8.54 bc	7.63 b-d	1.14 cd
	Zn	37.3 bc	6.58 cd	6.84 cd	0.896 d
	SA + Fe	43.3 ab	9.77 ab	10.26 bc	1.50 bc
	SA + Zn	42.6 ab	9.89 ab	11.62 b	1.75 b
	Fe + Zn	42.6 ab	8.56 bc	9.93 bc	1.49 bc
	SA + Fe + Zn	49.3 a	12.04 a	18.16 a	2.39 a
-0.9	Control	14.3 c	3.80 c	2.38 d	0.093 d
	SA	17.3 bc	4.96 bc	4.17 b-d	0.313 c
	Fe	21.6 bc	4.87 bc	3.88 b-d	0.383 bc
	Zn	20 bc	4.5 bc	2.92 cd	0.296 c
	SA + Fe	25.3 ab	5.37 a-c	5.20 bc	0.550 b
	SA + Zn	24.6 ab	5.60 a-c	5.24 bc	0.506 b
	Fe + Zn	33.6 a	6.83 ab	5.66 b	0.890 a
	SA + Fe + Zn	32.3 a	7.68 a	9.28 a	0.963 a

سالیسیلیک اسید(SA)، آهن(Fe)، روی(Zn)

سالیسیلیک اسید(SA)+ آهن(Fe)، سالیسیلیک اسید(SA)+ روی(Zn) :آهن(Fe) +روی(Zn):

سالیسیلیک اسید(SA)+ آهن(Fe) +روی(Zn):

SA: Salicylic Acid, Fe: Iron, Zn: Zinc,
SA + Fe: Salicylic Acid + Iron, SA + Zn: Salicylic Acid + Zinc, Fe + Zn: Iron + Zinc,
SA + Fe + Zn: Salicylic Acid + Iron + Zinc

میانگین‌های با یک حرف مشترک در هر ستون و هر سطح از تنش خشکی اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمونLSD در سطح ۵ درصد ندارند.

Means which have a similar letter (s) in each column and at each level of drought stress don't have any significant differences at 5% probability level based on LSD test.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. تجزیه واریانس تأثیر پرایمینگ بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی استویا تحت تنش خشکی

Table 3. Analysis of variance for effect of priming on photosynthetic pigments of Stevia under drought stress

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی (df)	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoid
تنش خشکی Drought stress (D)	3	2.47**	0.489**	5.13**	0.063**
پرایمینگ Priming (P)	7	0.831**	0.109**	1.44**	0.066**
تنش خشکی× پرایمینگ D × P	21	0.042**	0.024**	0.022*	0.0098**
خطا Error	64	0.0096	0.0047	0.012	0.0017
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	10.54	21.37	9.05	20.88

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

ns, * and **: non-significant, significant at 5% and 1%, respectively

صدمات اکسیداتیو محافظت می‌کند (آنتونیک[1] و همکاران، ۲۰۱۶). کاهش محتوی کلروفیل در اثر تنش‌های خشکی و شوری و جبران و افزایش محتوی کلروفیل در اثر کاربرد تیمارهای پرایمینگ در مطالعات قبلی دیگر نیز گزارش شده است (شاهوردی و همکاران، ۲۰۱۷؛ حسین[2] و همکاران، ۲۰۱۷).

نتیجه‌گیری

تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن گلایکول، اثرات منفی بر رشد، درصد جوانه‌زنی و همچنین محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاهچه‌های استویا داشت و باعث کاهش معنی‌دار در میانگین این صفات گردید. همچنین پرایمینگ با عناصر غذایی کم‌مصرف آهن و روی و هورمون اسید سالیسیلیک در مقایسه با بذرهای شاهد سبب بهبود درصد جوانه‌زنی، رشد اولیه بذر و نیز محتوای کلروفیل (کلروفیل a و b) در شرایط نرمال و تنش گردید. در بین تیمارهای مختلف نیز، تیمارهای پرایمینگ ترکیبی به ویژه کاربرد توأم اسید سالیسیلیک، آهن و روی در اغلب صفات نسبت به کاربرد مجزای آن‌ها نتایج مطلوب‌تری داشتند؛ بنابراین پیش‌تیمار بذر با عناصر ریزمغذی (آهن و روی) و اسید سالیسیلیک در غلظت مناسب (۰/۵ درصد برای سولفات آهن و سولفات روی، ۱ میلی‌مولار برای اسید سالیسیلیک) می‌تواند به‌عنوان روشی آسان و کم هزینه در بهبود خصوصیات جوانه‌زنی ضعیف استویا در شرایط نرمال و نیز تنش خشکی مؤثر واقع شود و از اثرات سوء ناشی از این تنش بکاهد.

[1] Antonic
[2] Hussain

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴. برش‌دهی اثر متقابل: مقایسه میانگین اثر ترکیبات مختلف پرایمینگ بر محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی در هر سطح از تنش خشکی

Table 4. Interaction slicing: Mean comparison of the effect of different priming compounds on the content of photosynthetic pigments at any drought stress levels

تیمارها Treatments		کلروفیل a Chlorophyll a (mg g^{-1} FW)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg g^{-1} FW)	کلروفیل کل Total Chlorophyll (mg g^{-1} FW)	کاروتنوئید Carotenoid (mg g^{-1} FW)
خشکی (مگاپاسکال) Drought (Mpa)	پرایمینگ Priming				
0	Control	1.04 ^{c}	0.377 ^{b}	1.42 ^{f}	0.112 ^{c}
	SA	1.11 ^{c}	0.343 ^{b}	1.45 ^{ef}	0.238 ^{ab}
	Fe	1.22 ^{bc}	0.480 ^{b}	1.70 ^{cd}	0.262 ^{ab}
	Zn	1.06 ^{c}	0.463 ^{b}	1.52 $^{d-f}$	0.188 ^{bc}
	SA + Fe	1.36 ^{ab}	0.466 ^{b}	1.82 ^{bc}	0.283 ^{ab}
	SA + Zn	1.15 ^{bc}	0.496 ^{b}	1.64 $^{c-e}$	0.213 ^{bc}
	Fe + Zn	1.53 ^{a}	0.512 ^{b}	2.04 ^{ab}	0.318 ^{a}
	SA + Fe + Zn	1.48 ^{a}	0.740 ^{a}	2.22 ^{a}	0.232 ^{ab}
-0.3	Control	0.853 ^{d}	0.242 ^{c}	1.09^{d}	0.101 ^{d}
	SA	0.844 ^{d}	0.333 ^{bc}	1.17^{cd}	0.181 ^{cd}
	Fe	1.10 $^{b-d}$	0.333 ^{bc}	1.43^{bc}	0.256 ^{bc}
	Zn	0.983 ^{cd}	0.310 ^{bc}	1.29^{cd}	0.228 ^{bc}
	SA + Fe	1.38 ^{b}	0.353 ^{bc}	1.73^{ab}	0.346 ^{b}
	SA + Zn	0.874 ^{cd}	0.428 ^{b}	1.30^{cd}	0.149 ^{cd}
	Fe + Zn	1.14 ^{bc}	0.799 ^{a}	1.94^{a}	0.212 ^{cd}
	SA + Fe + Zn	1.71 ^{a}	0.285 ^{bc}	2^{a}	0.494 ^{a}
-0.6	Control	0.346 ^{e}	0.103 ^{c}	0.446 ^{e}	0.084 ^{d}
	SA	0.519 $^{j-l}$	0.171 ^{bc}	0.693 ^{de}	0.118 ^{d}
	Fe	0.842 ^{c}	0.252 $^{a-c}$	1.09 ^{bc}	0.219 ^{bc}
	Zn	0.678 ^{cd}	0.310 ^{ab}	0.988 ^{cd}	0.128 ^{cd}
	SA + Fe	1.12 ^{ab}	0.256 $^{a-c}$	1.38 ^{ab}	0.288 ^{ab}
	SA + Zn	0.863 ^{c}	0.246 $^{a-c}$	1.10 ^{bc}	0.220 ^{bc}
	Fe + Zn	1.11 ^{b}	0.406 ^{a}	1.51 ^{a}	0.218 ^{bc}
	SA + Fe + Zn	1.34 ^{a}	0.34 ^{ab}	1.68 ^{a}	0.332 ^{a}
-0.9	Control	0.134 ^{d}	0.034 ^{e}	0.168 ^{c}	0.035 ^{d}
	SA	0.251 ^{cd}	0.066 ^{de}	0.318 ^{c}	0.066 ^{cd}
	Fe	0.476 ^{b}	0.138 ^{cd}	0.613 ^{b}	0.105 ^{cd}
	Zn	0.449 ^{bc}	0.149 ^{cd}	0.599 ^{b}	0.105 ^{cd}
	SA + Fe	0.606 ^{b}	0.190 $^{a-c}$	0.79 ^{b}	0.148 ^{bc}
	SA + Zn	0.416 ^{bc}	0.165 ^{bc}	0.578 ^{b}	0.111 ^{cd}
	Fe + Zn	0.931 ^{a}	0.250 ^{ab}	1.17 ^{a}	0.261 ^{a}
	SA + Fe + Zn	0.884 ^{a}	0.278 ^{a}	1.16 ^{a}	0.207 ^{ab}

سالیسیلیک اسید(SA)، آهن(Fe)، روی(Zn)

سالیسیلیک اسید(SA)+ آهن(Fe)، سالیسیلیک اسید(SA)+ روی(Zn) :آهن(Fe) +روی(Zn):

سالیسیلیک اسید(SA)+ آهن(Fe) +روی(Zn):

SA: Salicylic Acid, Fe: Iron, Zn: Zinc,
SA + Fe: Salicylic Acid + Iron, SA + Zn: Salicylic Acid + Zinc, Fe + Zn: Iron + Zinc,
SA + Fe + Zn: Salicylic Acid + Iron + Zinc

میانگین‌های با یک حرف مشترک در هر ستون و هر سطح از تنش خشکی اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد ندارند.

Means which have a similar letter (s) in each column and at each level of drought stress don't have any significant differences at 5% probability level based on LSD test.

منابع

Abdul - Baki, A.A. and Anderson, J.D. 1973. Vigor determination in soybean by multiple criteria. Crop Science, 13: 630-633. https://doi.org/10.2135/cropsci1973.0011183X001300060013x

Ansari, O. and Sharif-Zadeh. F. 2012. Does Gibberellic acid (GA), Salicylic acid (SA) and Ascorbic acid (ASc) improve Mountain Rye (*Secale montanum*) seeds germination and

www.SID.ir

seedlings growth under cold stress. International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 3(8): 1651-1657.

Antonic, D., Milosevic, S., Cingel, A., Lojić, M., Trifunovic-Momcilov, M., Petric, M., Subotic, A. and Simonović, A. 2016. Effects of exogenous salicylic acid on *Impatiens walleriana* L. grown in vitro under polyethylene glycol imposed drought. South African Journal of Botany, 105: 226-233. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.04.002

Arbaoui, M., Yahia, N. and Belkhodja, M. 2015. Germination of the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in response to salt stress combined with hormones. International Journal of Agronomy and Agricultural Research, 7: 14-24.

Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenoxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology, 24(1): 1-15. https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1

Bradford, K.J. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. HortScience (USA), 21: 1105-1112.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S.M.A. 2009. Plant Drought Stress: Effects, Mechanisms and Management. In: Lichtfouse, E., Navarrete, M., Debaeke, P., Véronique, S. and Alberola C. (eds.) Sustainable Agriculture. Springer, Dordrecht, PP. 153-188. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8_12

Gill, S.S. and Tuteja, N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiology and Biochemistry, 48(12): 909-930. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.08.016

Gonzalez-Guerrero, M., Azcon-Aguilar, C., Mooney, M., Valderas, A., MacDiarmid, C.W., Eide, D.J. and Ferrol, N. 2005. Characterization of a *Glomus intraradices* gene encoding a putative Zn transporter of the cation diffusion facilitator family. Fungal Genetics and Biology, 42: 130-140. https://doi.org/10.1016/j.fgb.2004.10.007

Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H. and Ismaili, A. 2016. Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Photosynthetica, 54(1): 87-92. https://doi.org/10.1007/s11099-015-0162-x

Hussain, M., Farooq, M. and Lee, D.J. 2017. Evaluating the role of seed priming in improving drought tolerance of pigmented and non-pigmented rice. Journal of Agronomy and Crop Science, 203(4): 269-276. https://doi.org/10.1111/jac.12195

Imran, M., Garbe-Schönberg, D., Neumann, G., Boelt, B. and Mühling, K.H. 2017. Zinc distribution and localization in primed maize seeds and its translocation during early seedling development. Environmental and Experimental Botany, 143: 91-98. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.09.001

Kabiri, R. and Taghizade, M. 2015. Effect of salicylic acid pretreatment on germination and early growth of Black Cumin (*Nigella sativa*) seedling under salinity stress. Journal of Seed Science and Technology, 4(1): 61-72. [In Persian with English Summary].

Kabiri, R., Hatami, A. and Naghizadeh, M. 2014. Effect of drought stress and its interaction with salicylic acid on fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) germination and early seedling growth. Journal of Medicinal Plants and By-Products, 2: 107-116.

Kafi, M., EishiRezaii, A., Hagighikhah, M. and Gorbanim, S. 2010. Effect of salinity and seed priming on germination and seedling characteristics of two medicinal citrus species. Journal of Agricultural Ecology, 2: 245-255. [In Persian with English Summary].

Kaya, M.D., Okçu, G., Atak, M., Cıkılı, Y. and Kolsarıcı, Ö. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). European Journal of Agronomy, 24(4): 291-295. https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.08.001

www.SID.ir

Archive of SID

Kaya, Y., Kaya, Y., Arisoy, R. Z. and Göcmen, A. 2002. Variation in grain yield and quality traits of bread wheat genotypes by zinc fertilization. Journal of Agronomy, 1: 142-144. https://doi.org/10.3923/ja.2002.142.144

Kumar, R., Sharma, S. and Sood, S. 2014. Yield components, light interception and marker compound accumulation of Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) affected by planting material and plant density under western Himalayan conditions. Archives of Agronomy and Soil Science, 60(12): 1731-1745. https://doi.org/10.1080/03650340.2014.909029

Ladan Moghadam, A., Vattani, H., Baghaei, N. and Keshavarz, N. 2012. Effect of different levels of fertilizer nano iron chelates on growth and yield characteristics of two varieties of Spinach (*Spinacia oleracea* L.): varamin 88 and viroflay. Research Journal Applied Sciences, Engineering and Technology, 4(12): 4813-4818.

Latef, A.A. H.A., Alhmad, M.F.A. and Abdelfattah, K.E. 2017. The possible roles of priming with ZnO nanoparticles in mitigation of salinity stress in lupine (*Lupinus termis*) plants. Journal of Plant Growth Regulation, 36(1): 60-70. https://doi.org/10.1007/s00344-016-9618-x

Laware, S. L. and Raskar, S. 2014. Influence of zinc oxide nanoparticles on growth, flowering and seed productivity in onion. International Journal of Current Microbiology Science, 3(7): 874-881.

Lawlor, D.W. 2002. Limitation to photosynthesis water-stressed leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP. Annals of Botany, 89(7): 671-885. https://doi.org/10.1093/aob/mcf110

Liopa-Tsakalidi, A., Kaspiris, G., Salahas, G. and Barouchas, P. 2012. Effect of salicylic acid (SA) and gibberellic acid (GA1) pre-soaking on seed germination of Stevia (*Stevia rebaudiana*) under salt stress. Journal of Medicinal Plants Research, 6(3): 416-423. https://doi.org/10.5897/JMPR11.1106

Michel, B.E. and Kaufman, M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology, 51(5): 914-916. https://doi.org/10.1104/pp.51.5.914

Mirshekari, B. 2012. Seed priming with iron and boron enhances germination and yield of dill (*Anethum graveolens*). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 36(1): 27-33.

Naghavi, M.R., Khalili, M. and Aboughadareh, A.P. 2015. Effect of water deficit stress on yield and yield components of canola (*Brassica napus* L.) cultivars. International Journal of Agronomy and Agricultural Research, 7: 8-13.

Shahverdi, M.A., Omidi, H. and Tabatabaei, S.J. 2017. Effect of nutri-priming on germination indices and physiological characteristics of Stevia seedling under salinity stress. Journal of Seed Science, 39(4): 353-362. https://doi.org/10.1590/2317-1545v39n4172539

Swathi, L., Reddy, D.M., Sudhakar, P. and Vineela, V. 2017. Screening of Mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) Genotypes against Water Stress Mediated through Polyethylene Glycol. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6(10): 2524-2531. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.610.296

Xu, L.H., Wang, W.Y., Guo, J.J., Qin, J., Shi, D.Q., Li, Y.L. and Xu, J. 2014. Zinc improves salt tolerance by increasing reactive oxygen species scavenging and reducing Na+ accumulation in wheat seedlings. Biologia Plantarum, 58(4): 751-757. https://doi.org/10.1007/s10535-014-0442-5

Yagmur, M. and Kaydan, D. 2008. Alleviation of osmotic stress of water and salt in germination and seedling growth of triticale with seed priming treatments. African Journal of Biotechnology, 7(13): 2156-2164.

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Seed Research, 2020, 6(2): 125-135

Yasouj University

Short Research Paper

Effect of Stevia (*Stevia rebaudiana*) Seed Priming Treatments with Salicylic Acid, Iron, and Zinc on Some Germination Traits and Photosynthetic Pigments under Drought Stress

Alireza Gorzi[1], Heshmat Omidi[2, *], Amir Bostani[3]

Extended Abstract

Introduction: Stevia (*Stevia rebaudiana* Bert.) is a herbaceous perennial plant that belongs to the family of Asteraceae. Stevia is a self-incompatible herb and the seeds resulting from this plant have low germination ability. Steviol glycosides found in this plant are 250-300 times sweeter than sucrose and despite their sweet flavor; they are not absorbed by the body. In general, the poor germination capacity of Stevia seeds is a major impediment for its large-scale cultivation. Priming is one of the seed enhancement techniques that could lead to an increase of germination percentage and germination rate under stress conditions. Therefore, the present study was conducted to evaluate the impact of priming with salicylic acid (SA), iron (Fe) and zinc (Zn) on some germination indices, seedling growth as well as the content of photosynthetic pigments in Stevia under normal and drought stress conditions.

Materials and methods: A factorial experiment using a completely randomized design was carried out in the Seed Science and Technology Laboratory of Agricultural College, Shahed University, in 2017. The factors studied comprised four levels of drought stress (0, –0.3, –0.6 and –0.9 MPa) and seven priming combinations with SA, Fe and Zn. Non-primed seeds (dry seeds) were also considered as control. In this experiment, Fe and Zn were supplied by sources of iron (II) sulfate heptahydrate ($FeSO_4.7H_2O$, 0.5%) and Zinc sulfate heptahydrate ($ZnSO_4.7H_2O$, 0.5%), respectively. The traits examined in this study included germination percentage, radicle length, plumule length, seedling weight vigor index and the content of photosynthetic pigments and carotenoid.

Results: The results of this experiment indicated that the plumule length was more sensitive to drought stress, as compared with the root length. With increased intensity of drought stress from 0 to – 0.9 MPa, the content of photosynthetic pigments in Stevia significantly decreased in all the priming treatments, so that the lowest amounts of chlorophyll a, b and carotenoid were observed at the potential of – 0.9 MPa. Priming with SA + Fe + Zn was found to be more effective than other treatments in improving the germination characteristics and the chlorophyll content of Stevia under normal and drought stress conditions. At the highest level of drought stress, germination percentage, radicle length, plumule length, seedling vigor index and total chlorophyll content increased by 55.7, 50.5, 74.3, 90.3 and 85.5%, compared with the control in the concurrent application of Fe, Zn, and SA.

Conclusion: In general, seed priming by micronutrient elements (Fe and Zn) and salicylic acid, and particularly their integrated application, could be recommended to increase the resistance of Stevia to drought stress in the germination phase.

Keywords: Chlorophyll, Ferrous sulfate, Germination percentage, Salicylic acid, Zinc sulfate

***Highlights*:**

1- Drought stress at the germination stage has a significant effect on the seedling growth and the content of photosynthetic pigments in Stevia.
2- Seed priming increases drought tolerance of Stevia at the germination stage.
3- The integrated application of SA, Fe, and Zn is more effective than their separate application to alleviate the drought-induced damaging effects.

[1] Ph.D. Student of Crop Physiology, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran
[2] Associate Professor, Agricultural College and Medicinal Plant Research Center, Shahed University, Tehran, Iran
[3] Associate Professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture Science, Shahed University, Tehran, Iran

[*] Corresponding author, E-mail address: omidi@shahed.ac.ir

DOR: 98.1000/2383-1251.1398.6.125.12.2.1575.1610

DOI: 10.29252/yujs.6.2.125

(Received: 27.04.2018 ; Accepted: 18.11.2018)

CrossMark

www.SID.ir