تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دوازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۸
۱۲۵۱-۱۲۶۲
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.1497.1333

مقاله پژوهشی

اثر پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک بر فعالیت آنتی‌اکسیدانت ها، عملکرد دانه و درصد روغن آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در شرایط نرمال و تنش کم‌آبی

شیلان داودی[۱]، بهرام میرشکاری[۲*]، تورج میرمحمودی[۳]، فرهاد فرحوش[۴]، سامان یزدان‌ستا[۳]

۱. دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز
۲. استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز
۳. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد
۴. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۱/۳۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۰۵

چکیده

به‌منظور بررسی اثر پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید و اسید آسکوربیک بر فعالیت آنتی‌اکسیدانت‌ها، اجزای عملکرد دانه و روغن در آفتابگردان، آزمایشی در طی سال‌های زراعی ۹۵-۱۳۹۴ به‌صورت آزمایش اسپیلت پلات فاکتوریل با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول آبیاری در دو سطح (نرمال و تنش کم‌آبی) در کرت‌های اصلی و ترکیب فاکتوریل سطوح اسید آسکوربیک (شاهد، ۵۰ و ۱۰۰ ppm) و سطوح اسید سالیسیلیک (شاهد، ۱۰۰ و ۲۰۰ ppm) در کرت‌های فرعی قرار گرفت. نتایج مقایسات میانگین نشان داد تنش کم‌آبی مقدار فعالیت پرولین، کاتالاز، سوپر اکسید دسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز، دی تیروزین و مالون دی آلدئید را به ترتیب ۹/۷۵، ۱۹/۱۸، ۳۶/۸۳، ۱۴/۳۶، ۲۳/۹۷، ۱۷/۵۱ و ۲۵/۱۰ درصد افزایش و مقدار عملکرد دانه و درصد روغن را ۲۶/۵۱ و ۲۴/۴۸ درصد کاهش داد. پرایمینگ با اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک هم به‌صورت جداگانه و هم به‌صورت تلفیقی بر مقدار فعالیت آنزیم‌های پرولین، کاتالاز، گلوتاتیون پراکسیداز و دی تیروزین در مقایسه با تیمار شاهد افزودند و از مقدار مالون دی آلدئید کاستند. در این بررسی بالاترین عملکرد دانه (۲/۷۲ تن در هکتار) و درصد روغن (۵۲/۰۹ درصد) در ترکیب سطوح ppm۲۰۰ اسید سالیسیلیک و ppm۱۰۰ اسید اسکوربیک دیده شد، همچنین سطح ppm۲۰۰ اسید سالیسیلیک و ppm۱۰۰ اسید اسکوربیک مقدار فعالیت آنزیم‌های پرولین، کاتالاز، سوپر اکسید دسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز، دی تیروزین، عملکرد دانه و درصد روغن را به ترتیب ۹/۲۱، ۵۰/۳۵، ۵۴/۲۵، ۴۹/۱۸، ۴۸/۲۴، ۳۶/۶۸ و ۳۹/۳۱ درصد در مقایسه با تیمار شاهد افزودند؛ بنابراین پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک و اسید اسکوربیک می‌تواند تکنیک مناسبی جهت افزایش خصوصیات کمی و کیفی و بهبود مقاومت به تنش کم‌آبی در آفتابگردان باشد.

واژه‌های کلیدی: **آفتابگردان، آنتی‌اکسیدانت، کاتالاز، درصد روغن**

مقدمه

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از گیاهان زراعی روغنی بوده که روغن آن از کیفیت خوبی برخوردار است سازگاری خوبی به بسیاری از شرایط اقلیمی دارد. به همین دلیل زراعت آن در بسیاری از مناطق جهان ازجمله کشور ما رایج بوده و می‌تواند در طرح خودکفایی تولید روغن نقش پراهمیتی ایفا کند (Rezaei Rad et al., 2013). کاهش رشد از علائم بارز گیاه در مواجه با تنش خشکی است. در شرایط تنش خشکی، پتانسیل آب برگ و فشار تورژسانس سلولی که لازمه رشد سلول‌ها و بافت گیاه است، کاهش پیدا می‌کند. تنش‌های شدید خشکی باعث ممانعت از فتوسنتز، اختلال در متابولیسم، انتقال مواد و درنهایت منجر به مرگ گیاه می‌شوند (Jaleel et al., 2007). تنش خشکی از

* نگارنده پاسخگو: بهرام میر شکاری. پست الکترونیک: mirshekari@iaut.ac.ir

توسعه‌ی سلول و به دنبال آن رشد و افزایش ارتفاع گیاه ممانعت می‌کند. فرو تنظیمی ژن‌های که در توسعه‌ی دیواره‌ی سلولی نقشی دارند، توانایی سلول‌ها را برای توسعه کاهش می‌دهد که این مطلب با کاهش توانایی رشد گیاه تحت شرایط تنش، مطابقت دارد (Ghassemian et al., 2008). تأثیر خشکی بر رشد، به‌شدت و مدت‌زمان تنش، گونه‌ی گیاهی و مرحله‌ی رشد گیاه بستگی دارد (Jaleel et al., 2009). تنش خشکی موجب القاء تنش اکسیداتیو در گیاهان شده که نتیجه آن افزایش ترکیبات ROS است. در این شرایط فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند SOD، پراکسیداز و کاتالاز افزایش می‌یابد (Hayat and Ahmad, 2007).

یکی از ترکیباتی که در ایجاد تحمل و مقاومت در برابر تنش خشکی در گیاه مؤثر است، ترکیب شبه هورمونی اسید سالیسیلیک (Salicylic acid) است. اسید سالیسیلیک (SA) یک ترکیب فنلی گیاهی است، که به‌عنوان یک هورمون گیاهی و تنظیم‌کننده‌ی رشد شناخته‌شده و نقش آن در ارتباط با مکانیسم‌های دفاعی در برابر عوامل استرس‌زای زیستی و غیر زیستی به‌خوبی مشخص شده است (Hayat and Ahmad, 2007). کاربرد اسید سالیسیلیک در گیاهان فعالیت گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) تولیدشده تحت تنش‌های محیطی را مهار و به دنبال آن مقاومت گیاه را افزایش می‌دهد (Wang and Li, 2006).

آسکوربیک اسید در کنترل چرخه سلولی و رشد سلول، رشد و نمو، طویل شدن دیواره و تنظیم سطح ردوکس سلول مؤثر است. آسکوربیک اسید به‌عنوان سوبسترای بسیاری از پراکسیدازها است و یکی از اجزای اصلی چرخه آسکوربات-گلوتاتیون و چرخه آب-آب بوده که در جاروب کردن ROS بسیار مؤثر است (Abdul Jaleel et al., 2009). گزارش‌شده که آسکوربیک اسید اجزای سیکل گلوتاتیون آسکوربات را بهبود می‌دهد. کاربرد آسکوربیک اسید در شرایط تنش از طریق بهبود سیستم آنتی‌اکسیدان و گلی‌اکسالاز باعث افزایش سازگاری فیزیولوژیکی و کاهش خسارت اکسیداتیو در ارقام کلزا شد (Alam et al., 2014).

مرادی و همکاران (Moradi et al., 2016) در مطالعه واکنش محتوای نسبی آب برگ، پروتئین دانه، عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیم به سالیسیلیک اسید و آسکوربیک اسید، بیشترین عملکرد دانه را از محلول‌پاشی با ۲۰۰ میلی-گرم در لیتر سالیسیلیک اسید توأم با ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر آسکوربیک اسید گزارش کردند و اظهار داشتند در شرایط تنش خشکی با استفاده توأم سالیسیلیک اسید و آسکوربیک اسید می‌توان به عملکرد کمی و کیفی مطلوب رسید. فاروق و همکاران (Farooq et al., 2013) گزارش کردند پیش تیمار بذر با اسید آسکوربیک، اثر تنش خشکی را با فعالیت آنتی‌اکسیدانی، افزایش میزان تجمع پرولین، افزایش میزان آب بافت، پایداری غشاء سلولی و تسریع رشد گیاه چه بهبود بخشید. مطالعه حاضر به‌منظور بررسی اثر پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک بر فعالیت آنتی-اکسیدانت‌ها، عملکرد دانه و درصد روغن آفتابگردان در دو شرایط نرمال و تنش کم‌آبی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در طی سال‌های زراعی ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۵ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان مهاباد، به‌صورت طرح اسپیلت پلات فاکتوریل با سه تکرار در دو شرایط نرمال و تنش کم‌آبی انجام شد. فاکتور اول آبیاری در دو سطح نرمال و تنش کم‌آبی (به ترتیب آبیاری بعد از ۶۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) در کرت‌های اصلی و ترکیب فاکتوریل سطوح اسید آسکوربیک (شاهد، ۵۰ و ۱۰۰ppm) و سطوح اسید سالیسیلیک (شاهد، ۱۰۰ و ۲۰۰ppm) در کرت‌های فرعی قرار گرفت.

قبل از کاشت، بذور آفتابگردان ۲۴ ساعت در تیمارهای اسید آسکوربیک و سالیسیلیک اسید ۶ ساعت خیسانده شدند (Farooq et al., 2013). در تیمار تنش کم‌آبی قطع آبیاری در مرحله ظهور طبق صورت گرفت.

کلیه عملیات زراعی شامل شخم، دیسک و لولر به‌طور یکسان برای تمامی تیمارها قبل از کاشت صورت گرفت. هر کرت آزمایشی شامل ۵ خط کاشت به عرض ۶۵ سانتی‌متر و طول ۴ متر در نظر گرفته شد. پس از سبز شدن و استقرار در هر چاله فقط یک بوته حفظ و بقیه حذف و تراکم ۸ بوته در مترمربع در این آزمایش انتخاب شد. جهت جلوگیری از اثرات متقابل تیمارهای هم‌جوار فاصله بین دو کرت هم‌جوار ۲ متر و فاصله بین دو تکرار ۴ متر در نظر گرفته شد. به‌منظور تعیین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت کلیه نمونه‌های برداشت‌شده از برگ گیاهان (در مرحله گلدهی) در شرایط نرمال و تنش کم‌آبی در نیتروژن مایع منجمد شدند و تا زمان اندازه‌گیری در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. برای اندازه-گیری میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسیددیسموتاز به ترتیب از روش‌های بریتون و ماهلی

(Britton et al.,1995) دهینداز (Dehindaz, 1981) و بولر و همکاران (Bowler et al., 1991) استفاده شد. تعیین غلظت پرولین در بافت برگ بر اساس روش بیتز (Bates,1973) استفاده شد.

جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه زمانی که طبق‌ها زرد و قهوه‌ای شدند با رعایت اثر حاشیه، بوته‌های دو ردیف وسطی برداشت و بعد از جدا کردن دانه از طبق توزین و برحسب کیلوگرم در هکتار ثبت شد. همچنین درصد روغن دانه نیز در آزمایشگاه و از طریق دستگاه سوکسله اندازه‌گیری شد.

تجزیه واریانس ساده و مرکب پس از بررسی و تأیید برقراری مفروضات بر اساس داده‌های دو سال و با استفاده از نرم‌افزار SAS, 9.2 انجام شد. مقایسه میانگین صفات موردبررسی توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ با استفاده از MSTAT-C انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها اثر دور آبیاری بر کلیه صفات موردبررسی معنی‌دار بود (جدول ۱). بین سطوح اسید سالیسیلیک نیز ازلحاظ کلیه صفات به‌غیراز مقدار مالون دی‌آلدهید اختلاف معنی‌دار دیده شد. همچنین اثر متقابل آبیاری × اسید سالیسیلیک بر کلیه صفات موردبررسی به‌غیراز مقدار دی تیروزین و مالون دی آلدئید معنی‌دار بود. بین سطوح اسید آسکوربیک ازلحاظ اثر بر کلیه صفات به‌غیراز مقدار دی تیروزین اختلاف معنی‌دار وجود داشت. همچنین اثر متقابل آبیاری × اسید آسکوربیک بر مقدار پرولین، کاتالاز و مقدار مالون دی آلدئید معنی‌دار بود. اثر متقابل اسید سالیسیلیک × اسید آسکوربیک بر کلیه صفات به‌غیراز دی-تیروزین و مالون دی آلدئید معنی‌دار بود. درنهایت اثر سال × اسید سالیسیلیک × اسید آسکوربیک نیز تنها بر صفت دی تیروزین معنی‌دار بود.

پرولین

در شرایط کم‌آبی هر سه سطح اسید سالیسیلیک از مقدار پرولین بیشتری در مقایسه با شرایط نرمال برخوردار بودند. در این بررسی بالاترین مقدار پرولین به ترکیب شرایط کم‌آبی به همراه هر سه سطح اسید سالیسیلیک و کمترین مقدار به ترکیب شرایط نرمال همراه با تیمار شاهد پرایمینگ دیده شد (جدول ۲). انباشته شدن پرولین براثر قرار گرفتن در شرایط تنش آبی، یک پدیده شایع است (Costa and Morel, 1994) افزایش پرولین در گیاه هنگام تنش، نوعی مکانیسم دفاعی است. پرولین از طریق تنظیم اسمزی، جلوگیری از تخریب آنزیم‌ها و پاک کردن رادیکال‌های هیدروکسیل، تحمل گیاه را در برابر تنش‌ها افزایش می‌دهد (Kuznetsov and Shevyankova, 1997). همچنین پرولین به‌عنوان آنتی‌اکسیدانی غیر آنزیمی باعث حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌شود (Chen and Dickman, 2005) در مطالعه نورانی آزاد و چوبینه (Noirani Azad and Chobineh, 2008) تنش کم‌آبی بر مقدار فعالیت آنزیم پرولین در آفتابگردان در مقایسه با شرایط نرمال افزود.

مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سطوح آبیاری و اسید سالیسیلیک حاکی از آن بود که شرایط کم‌آبی همراه با تیمار شاهد پرایمینگ بالاترین و شرایط نرمال آبیاری همراه با سطوح ۵۰ و ۱۰۰ ppm اسید سالیسیلیک کمترین مقدار پرولین را به خود اختصاص دادند (جدول ۳).

در بین ترکیبات تیماری اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک اگرچه بالاترین مقدار پرولین به ترکیب ppm۱۰۰ اسید سالیسیلیک و تیمار شاهد اسید اسکوربیک اختصاص داشت اما بین ترکیب مذکور و ترکیبات ppm۱۰۰ اسید سالیسیلیک همراه با سطوح ۵۰ و ppm۱۰۰ اسید اسکوربیک و همچنین ترکیب ppm ۲۰۰ اسید سالیسیلیک همراه با ppm۱۰۰ اسید اسکوربیک و ترکیبات شاهد اسید اسکوربیک همراه با همراه با سطوح ۵۰ و ppm۱۰۰ اسید اسکوربیک اختلاف معنی‌دار دیده نشد. کمترین مقدار پرولین نیز به ترکیب شاهد هر دو تیمار اختصاص داشت (جدول ۴). باندورسکا و استرونیسکی (Bandurska and Stroinski, 2005) بیان کردند که تیمار گیاه با سالیسیلیک اسید، محتوای آبسزیک اسید و پرولین را در برگ‌های جو را افزایش داد و اظهار داشتند که افزایش آبسزیک اسید و پرولین ممکن است، به توسعه واکنش‌های ضد تنشی القاء شده به‌وسیله سالیسیلیک اسید کمک کنند. در تحقیقی بر روی گیاه مرزه (*Satureja hortensis*) اثر اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک بر مقدار پرولین در شرایط تنش خشکی معنی‌دار بود و کاربرد آن‌ها موجب افزایش فعالیت پرولین در گیاه مرزه شد (Yazdanpanah et al., 2011).

جدول ۱. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مرکب صفات در دو سال و دو شرایط بهینه رطوبتی و تنش کم‌آبی

Table 1. Analysis of variance (Mean squares) of understudy characters for sunflower in normal and water deficit conditions

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	پرولین PRO§	کاتالاز CAT	سوپر اکسید دسموتاز SOD	گلوتاتیون پراکسیداز GPX	دی تیروزین D.T	مالون دی آلدئید MAD	عملکرد دانه Grain yield	درصد روغن oil percentage
سال Year (Y)	1	0.12^{ns}	0.03^{ns}	0.01^{ns}	0.11^{ns}	39.12^{ns}	149.34^{ns}	0.25^{ns}	39.12^{ns}
آبیاری Irrigation (I)	1	3.24**	2.97**	4.51**	1.30**	149.34**	246.0*	15.48**	1319.57**
سال × آبیاری Y×I	1	0.05^{ns}	5.38**	0.006^{ns}	0.18^{ns}	0.45^{ns}	34.11^{ns}	0.36^{ns}	48.67^{ns}
خطای ۱ E1	8	0.04	0.17	0.121	0.27	60.78	19.25	0.28	154.32
اسید سالیسیلیک Salicylic Acid (SA)	2	0.26*	1.68**	1.87**	0.83*	167.52**	110.13^{ns}	1.17**	534.40**
سال × اسید سالیسیلیک Y×SA	2	0.54^{ns}	0.51^{ns}	0.11ns	0.45^{ns}	52.39**	55.39^{ns}	0.18^{ns}	52.34^{ns}
آبیاری × اسید سالیسیلیک I×SA	2	0.37**	1.03*	0.84**	0.69*	3.95^{ns}	24.02^{ns}	0.92**	335.81**
اسید آسکوربیک Ascorbic Acid (A.A)	2	0.41**	1.23**	0.96**	3.57**	6.33^{ns}	804.84**	1.82**	357.86**
سال × اسید آسکوربیک Y×A.A	2	0.13^{ns}	0.05^{ns}	0.02^{ns}	0.03^{ns}	40.70^{ns}	45.64^{ns}	0.11^{ns}	46.60^{ns}
آبیاری × اسید آسکوربیک I×A.A	2	0.35*	1.58**	0.20^{ns}	0.06^{ns}	70.28^{ns}	409.01**	0.17^{ns}	4.12^{ns}
سالیسیلیک× اسید آسکوربیک SA ×A.A	4	0.25*	1.15**	0.73**	1.36*	91.40^{ns}	24.12^{ns}	0.88*	233.52*
سال × آبیاری×سالیسیلیک Y×I×SA	2	0.11^{ns}	0.20^{ns}	0.02^{ns}	0.45^{ns}	7.34^{ns}	27.39^{ns}	0.08^{ns}	124.53^{ns}
سال × آبیاری× آسکوربیک Y×I×A.A	2	0.02^{ns}	0.46^{ns}	0.02^{ns}	0.03^{ns}	25.10^{ns}	35.00^{ns}	0.15^{ns}	113.20^{ns}
سال ×سالیسیلیک ×آسکوربیک Y×SA×A.A	4	0.06^{ns}	0.51^{ns}	0.11^{ns}	0.14^{ns}	145.24**	2.59^{ns}	0.40^{ns}	6.71^{ns}
آبیاری ×سالیسیلیک ×آسکوربیک I×SA×A.A	4	0.05^{ns}	0.05^{ns}	0.07^{ns}	0.53^{ns}	10.16^{ns}	62.14^{ns}	0.23^{ns}	10.06^{ns}
سال ×آبیاری× سالیسیلیک ×آسکوربیک Y×I×SA×A.A	4	0.04^{ns}	0.16^{ns}	0.01^{ns}	0.14^{ns}	32.10^{ns}	59.2^{ns}	0.07^{ns}	124.39^{ns}
خطای ۲ E2	48	0.08	0.26	0.12	0.22	18.83	46.05	0.17	80.88
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		10.39	19.76	14.61	11.89	17.22	13.42	16.88	19.69

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

§ PRO: Proline content, CAT: Catalase, SOD: Superoxide dismutase, GPX: Glutathione peroxidase, D.T: Di-tyrosine وMDA: Malondialdehyde

جدول ۲. مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل سطوح آبیاری و اسید سالیسیلیک بر صفات موردبررسی در آفتابگردان در دو سال

Table 2. Effect of irrigation levels and salicylic acid treatments on understudy characters for sunflower at two years.

آبیاری Irrigation	اسید سالیسیلیک Salicylic Acid	کاتالاز CAT	سوپر اکسید دسموتاز SOD	گلوتاتیون پراکسیداز PX	دی تیروزین D.T
		----------Mmol .g^{-1} FW .da^{-1}----------			
نرمال Normal	شاهد Control	1.40^{b}	0.91^{c}	1.2^{0b}	12.72^{b}
	100 ppm	1.83^{ab}	1.39^{b}	1.54^{ab}	15.16^{ab}
	200 ppm	1.46^{b}	1.29^{b}	1.71^{a}	17^{a}
کم‌آبی water deficit	شاهد Control	1.70^{ab}	1.41^{b}	1.64^{ab}	14.77^{ab}
	100 ppm	2.10^{a}	1.83^{a}	1.77^{a}	18.27^{a}
	200 ppm	1.88^{ab}	1.58^{ab}	1.70^{a}	18.88^{a}

Table 2. Continued **جدول ۲. ادامه**

آبیاری Irrigation	اسید سالیسیلیک Salicylic Acid	پرولین PRO	مالون دی آلدئید MDA	عملکرد دانه Grain yield	درصد روغن Oil
		mg/ g F.W	Mmol .g^{-1} FW .da^{-1}	t/ha	%
نرمال Normal	شاهد Control	5.06^{a}	46.88^{a}	2.55^{bc}	45.66^{ab}
	100 ppm	5.85^{ab}	49.33^{a}	3.16^{a}	52.65^{a}
	200 ppm	5.59^{b}	50.94^{a}	2.85^{ab}	49.20^{ab}
کم‌آبی water deficit	شاهد Control	6.01^{a}	51.72^{a}	1.97^{d}	36.72^{c}
	100 ppm	6.09^{a}	5.88^{a}	2.02^{d}	43.50^{bc}
	200 ppm	6.01^{a}	52.61^{a}	2.30^{c}	46.31^{ab}

میانگین دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ هستند

Means in each column with the same letter are not significantly different at P<0.05

PRO: Proline content, CAT: Catalase, SOD: Superoxide dismutase, GPX: Glutathione peroxidase, D.T: Di-tyrosine و MDA: Malondialdehyde

جدول ۳. مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل سطوح آبیاری و اسید آسکوربیک بر صفات موردبررسی در آفتابگردان در دو سال

Table 3. Effect of Irigation ×ascrobic acid interaction on understudy characters for sunflower at two years

آبیاری Irrigation	اسکوربیک اسید Ascorbic Acid	کاتالاز CAT	سوپر اکسید دسموتاز SOD	گلوتاتیون پراکسیداز GPX	دی تیروزین D.T
			----------Mmol. g^{-1} FW. da^{-1}----------		
نرمال Normal	شاهد Control	1.29^{b}	1.14^{a}	1.20^{b}	15.77^{a}
	100 ppm	1.65^{ab}	1.34^{a}	1.54a^{b}	15.22^{a}
	200 ppm	1.74^{ab}	1.21^{a}	1.71^{a}	13.88^{b}
کم‌آبی water deficit	شاهد Control	1.76^{ab}	1.40^{a}	1.64^{ab}	17.38^{ab}
	100 ppm	2.14^{a}	1.75^{a}	1.77^{a}	16.27^{ab}
	200 ppm	1.78^{ab}	1.67^{a}	1.70^{a}	18.27^{a}

Table 3. Continued **جدول ۳. ادامه**

آبیاری Irrigation	اسکوربیک اسید Ascorbic Acid	پرولین PRO	مالون دی آلدئید MDA	عملکرد دانه Grain yield	روغن درصد Oil
		mg/g F.W	Mmol. g^{-1} FW. da^{-1}	t/ha	%
نرمال Normal	شاهد Control	5.81^{bc}	52.50^{ab}	2.53^{a}	39.53^{a}
	50 ppm	5.06^{c}	47.38^{bc}	3.07^{a}	43.34^{a}
	100 ppm	5.03^{c}	44.33^{c}	2.95^{a}	43.67^{a}
کم‌آبی water deficit	شاهد Control	6.61^{a}	55.44^{a}	1.88^{a}	44.67^{a}
	50 ppm	6.16^{ab}	57.72^{a}	2.15^{a}	53.13^{a}
	100 ppm	5.91^{abc}	46.00^{b}	2.22^{a}	49.69^{a}

میانگین دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ هستند

Means in each column with the same letter are not significantly different at P<0.05

PRO: Proline content, CAT: Catalase, SOD: Superoxide dismutase, GPX: Glutathione peroxidase, D.T: Di-tyrosine و MDA: Malondialdehyde

جدول ۴. مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل سطوح اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک بر صفات موردبررسی در آفتابگردان در دو سال

Table 4. Effect of salicylic acid× ascrobic acid interaction on understudy characters for sunflower at two years

سالیسیلیک اسید Salicylic Acid	اسکوربیک اسید Ascorbic Acid	کاتالاز CAT	سوپر اکسید دسموتاز SOD	گلوتاتیون پراکسیداز GPX	دی تیروزین D.T
		----------Mmol g^{-1} fw da^{-1}----------			
Control شاهد	Control شاهد	1.39^{d}	0.94^{c}	1.07^{c}	13.66^{c}
	50 ppm	1.41^{cd}	1.21^{bc}	1.48^{abc}	13.83^{bc}
	100 ppm	1.85^{a-d}	1.33^{bc}	1.57^{abc}	13.75^{bc}
100 ppm	Control شاهد	1.72^{a-d}	1.42^{ab}	1.22^{bc}	15.75^{abc}
	50 ppm	2.11^{ab}	1.87^{a}	1.82^{ab}	19.25^{abc}
	100 ppm	2.07^{ab}	1.55^{ab}	1.40^{abc}	15.16^{abc}
200 ppm	Control شاهد	1.47^{bcd}	1.31^{bc}	1.91^{a}	14.16^{bc}
	50 ppm	2.16^{a}	1.55^{ab}	196^{a}	19.41^{ab}
	100 ppm	2.09^{ab}	1.45^{ab}	1.92^{a}	20.25^{a}

Table 4. Continued **جدول ۴. ادامه**

سالیسیلیک اسید Salicylic Acid	اسکوربیک اسید Ascorbic Acid	پرولین PRO	مالون دی آلدئید MDA	عملکرد دانه Grain yield	درصد روغن Oil
		mg/ g F.W	Mmol g^{-1} fw da^{-1}	t/ha	%
Control شاهد	Control شاهد	5.32^{b}	44.58^{a}	1.99^{b}	37.39^{b}
	50 ppm	5.77^{ab}	50.75^{a}	2.36^{ab}	44.13^{ab}
	100 ppm	5.78^{ab}	52.58^{a}	2.43^{ab}	42.06^{ab}
100 ppm	Control شاهد	6.52^{a}	46.58^{a}	2.36^{ab}	44.99^{ab}
	50 ppm	6.06^{ab}	51.41^{a}	2.82^{a}	53.83^{a}
	100 ppm	5.96^{ab}	53.83^{a}	2.59^{a}	45.40^{ab}
200 ppm	Control شاهد	5.88^{ab}	44.33^{a}	2.27^{ab}	43.93^{ab}
	50 ppm	5.73^{b}	54.50^{a}	2.66^{a}	47.24^{ab}
	100 ppm	5.81^{ab}	55.12^{a}	2.72^{a}	52.09^{a}

میانگین دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ هستند

Means in each column with the same letter are not significantly different at P<0.05

PRO: Proline content, CAT: Catalase, SOD: Superoxide dismutase, GPX: Glutathione peroxidase, D.T: Di-tyrosine و MDA: Malondialdehyde

کاتالاز

در این بررسی ترکیب سطح نرمال آبیاری همراه با شاهد پرایمینگ کمترین و ترکیب سطح کم‌آبی آبیاری در ترکیب با سطح ppm۱۰۰ اسید سالیسیلیک بالاترین مقدار آنزیم کاتالاز را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). بررسی‌ها مؤید این است که در شرایط تنش، به دلیل عدم تعادل بین تولید و حذف ROS میزان این ترکیبات افزایش می‌یابد. در تحقیقی در شرایط تنش خشکی و در پی افزایش میزانABA ، افزایش تولید H2O2 و مقدار فعالیت کاتالاز در گیاه ذرت گزارش شد (Guan et al., 2000). گزارش‌های مختلف حاکی از آن است که H_2O_2 به‌عنوان مولکول پیام‌رسان عمل می‌کند و آبشار واکنش‌های حفاظتی را در گیاهان در مقابله با تنش به راه می‌اندازند (Wang et al., 2007). ازجمله اینکه پراکسید هیدروژن موجب فعال شدن کانال‌های کلسیمی می‌شود. یکی از مکانیسم‌های عمل اسید سالیسیلیک، افزایش پراکسید هیدروژن است که به دنبال آن دیگر مسیرهای پاسخ به تنش خشکی به راه می‌افتند (Hayat and Ahmad, 2007).

مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سطوح آبیاری و پرایمینگ با اسید اسکوربیک نشان داد پرایمینگ بذر در شرایط کم‌آبی علاوه بر اینکه بالاترین مقدار آنزیم کاتالاز را به خود اختصاص داد مقدار آنزیم مذکور را در مقایسه با ترکیب عدم پرایمینگ در شرایط نرمال که کمترین مقدار آنزیم مذکور را به خود اختصاص داده بود (۳۹/۷۱ درصد) و همچنین در مقایسه با تیمار شاهد پرایمینگ و شرایط کم‌آبی

۱۷/۷۵ درصد افزایش داد (جدول ۳). ترکیب ۲۰۰ ppmاسید سالیسیلیک همراه با سطح ۵۰ppm اسید اسکوربیک علاوه بر اینکه بالاترین مقدار فعالیت آنزیم کاتالاز را به خود اختصاص داد مقدار فعالیت آنزیم مذکور را در مقایسه با ترکیب شاهد دو تیمار (عدم پرایمینگ) ۳۵/۶۴ درصد افزایش داد. در تحقیق حاضر کاربرد تلفیقی اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک نسبت به کاربرد جداگانه آن مقدار آنزیم کاتالاز را بیشتر افزایش داد (جدول ۴). با استفاده از تکنیک پرایمینگ بذر میزان آنزیم کاتالاز در گیاه همیشه‌بهار تحت تنش خشکی افزایش نشان داد (Moosavi et al., 2009).

سوپر اکسید دسموتاز

مشاهده شد تنش خشکی به‌صورت معنی‌دار بر مقدار فعالیت آنزیمی سوپر اکسید دسموتاز افزود این افزایش در بذور تیمار شده با اسید سالیسیلیک به‌صورت چشم‌گیرتری بیشتر بود. در این تحقیق پرایمینگ بذر با سطح ۱۰۰ppm اسید سالیسیلیک بالاترین مقدار فعالیت سوپر اکسید دسموتاز را به خود اختصاص داد و مقدار صفت مذکور را در مقایسه با تیمار عدم پرایمینگ در همین شرایط ۲۲/۹۵ درصد افزایش داد (جدول ۲). هنگامی‌که سالیسیلیک اسید در غلظت و زمان مناسب به‌کاربرده می‌شود موجب یک تنش اکسیداتیو موقت و گذرا در سلول‌های گیاهی شده که به‌عنوان یک فرآیند مقاوم‌سازی (Hardening) عمل می‌نماید و موجب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سلول می‌گردد (Hayat and Ahmad, 2007; Horvath et al., 2007). در پژوهشی بر روی دو گیاه لوبیا و گوجه‌فرنگی در شرایط تنش، مشاهده شد که کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ازجمله سوپر اکسید دیسموتاز و پراکسیداز را افزایش داد (Senaratna et al., 2000).

در مقایسه میانگین اثر ترکیبات تیماری اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک بر میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دسموتاز مشاهده شد ترکیب ۱۰۰ppm اسید سالیسیلیک همراه با ۵۰ ppm اسید آسکوربیک بالاترین اثر مثبت را بر فعالیت آنزیم مذکور نشان داد (جدول ۴). کمترین مقدار فعالیت آنزیم سوپر اکسید دسموتاز نیز به ترکیب شاهد هر دو تیمار اختصاص یافت. آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی شامل سوپر اکسید دیسموتاز (SOD)، که واکنش تبدیل رادیکال سوپر اکسید (O^{2-}) به پراکسید هیدروژن (H_2O_2) را کاتالیز می‌کند، کاتالاز (CAT) آسکوربیت پراکسیداز (APX) و پراکسیداز (POX) که پراکسید هیدروژن تشکیل‌شده را به آب احیا می‌کنند (Mittler, 2002)؛ بنابراین افزایش فعالیت این آنزیم در اثر کاربرد اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک را می‌توان به نقش این دو آنزیم در کاهش تنش اکسیداتیو نسبت داد.

آگاروال و همکاران (Agarwal et al., 2005) گزارش کردند که کاربرد یک میلی مولار سالیسیلیک اسید، اثر مؤثری بر افزایش فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز (SOD)، آسکوربیک پراکسیداز (ASPO) و کاتالاز (CAT) داشت.

گلوتاتیون پراکسیداز

پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک در هر دو شرایط بر مقدار آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز افزود به‌طوری‌که سطح ۲۰۰ppm اسید سالیسیلیک در هر دو شرایط بالاترین مقدار آنزیم مذکور را به خود اختصاص داد اما کمترین مقدار این آنزیم نیز به ترکیب شاهد پرایمینگ در شرایط نرمال آبیاری اختصاص یافت (جدول ۲). این‌گونه به نظر می‌رسد که افزایش سطح فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز در تیمار تنش به دلیل نقش دفاعی و حفاظتی این آنزیم در برابر اکسیدانت‌های سلولی باشد. به‌علاوه این افزایش سطح فعالیت مانع از پراکسید شدن چربی‌های غشا سلولی تحت شرایط خشکی می‌گردد (Valladares et al., 2008).

پرایمینگ بذر با سطوح ۵۰ و ۱۰۰ppm اسید آسکوربیک در شرایط تنش کم‌آبی و پرایمینگ بذر با ۱۰۰ppm اسید سالیسیلیک در شرایط نرمال آبیاری بالاترین مقدار فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز را به خود اختصاص دادند و مقدار آنزیم مذکور را در مقایسه با شرایط نرمال و عدم پرایمینگ به‌صورت معنی‌دار افزایش دادند. فاطمی (Fatemi, 2014) گزارش نمودند که بذور پیش تیمار شده با آسکوربیک اسید در شرایط تنش شوری توانستند بر مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانت ها به‌ویژه گلوتاتیون پراکسیداز بیفزاید.

در بین ترکیبات تیماری اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک بالاترین میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز به ترکیبات ۲۰۰ppm اسید سالیسیلیک همراه با هر سه سطح اسید اسکوربیک تعلق داشت سطوح مذکور مقدار فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز را در مقایسه با شاهد هر دو تیمار را به ترتیب ۷۸/۵۰، ۸۳/۱۷ و ۷۹/۴۳ درصد افزایش دادند (جدول ۴). شوریابی و همکاران (Shoryabi et al., 2012) اظهار داشتند سالیسیلیک اسید فعالیت آنزیم‌های

ویژه گلوتاتیون پراکسیداز، سوپر اکسید دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز را در نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط تنش کم‌آبی افزایش داد.

دی تیروزین

مقایسه میانگین ترکیبات تیماری آبیاری و اسید سالیسیلیک نشان داد تنها اختلاف معنی‌دار بین ترکیبات تیماری پرایمینگ با سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ppm اسید سالیسیلیک در شرایط کم‌آبی و همچنین پرایمینگ با سطح ۲۰۰ppm اسید سالیسیلیک با ترکیب شاهد هر دو تیمار وجود داشت. بین دیگر ترکیبات تیماری اختلاف معنی‌دار دیده نشد (جدول ۳). در تحقیق حاضر با افزایش سطوح اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک بر مقدار دی تیروزین افزوده شد به‌طوری‌که بالاترین مقدار آنزیم مذکور به پرایمینگ بذور با سطح ۲۰۰ppm اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ppm اسید آسکوربیک اختصاص داشت کمترین مقدار دی تیروزین نیز به تیمار عدم پرایمینگ اختصاص داشت (جدول ۴). بهبود فعالیت دی تیروزین در لوبیا و گوجه‌فرنگی در تحقیقی گزارش شده است (Senaratna, 2000).

مالون دی آلدئید

بر اساس نتایج تحقیق حاضر پرایمینگ بذر با اسکوربیک اسید در هر دو شرایط نرمال و تنش کم‌آبی از مقدار مالون دی آلدئید کاست به‌طوری‌که سطح ۱۰۰ppm در شرایط نرمال و تنش کم‌آبی مقدار مالون دی آلدئید را در مقایسه با شاهد هر دو تیمار به ترتیب ۱۵/۴۶ و ۱۷/۰۲ درصد کاهش دادند (جدول ۲). به‌طوری‌که مشاهده می‌شود کاربرد اسکوربیک اسید در شرایط تنش کم‌آبی اثر بیشتری در کاهش مقدار مالون دی آلدئید داشت.

در مطالعه حاضر کاربرد آسکوربیک اسید موجب کاهش تنش اکسیداتیو و پراکسیداسیون لیپیدها تحت شرایط تنش کم‌آبی شد آسکوربیک اسید یک آنتی‌اکسیدان مهم است که سلول‌ها را با جاروب کردن ROS از تنش اکسیداتیو محافظت می‌نماید. گزارش شده است که آسکوربیک اسید به‌عنوان کوفاکتور بسیاری از هورمون‌های گیاهی بوده و در بیوسنتز آن‌ها دخالت می‌کند و از این طریق باعث تعدیل آثار تنش می‌شود (Szepesi et al., 2005). آسکوربیک اسید از طریق تولید مجدد ویتامین E از رادیکال‌ها، باعث حفظ و پایداری ساختار غشاهای سلولی و کاهش پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء می‌شود (Parida and Das, 2005). به‌علاوه ویتامین Eاز طریق پاک‌سازی رادیکال‌های لیپوپراکسی، آلفا توکوفروکسیل را تولید می‌کند که توسط آسکوربیک اسید دوباره به شکل احیا برمی‌گردد و از این طریق باعث انسجام غشایی می‌شود. آسکوربیک اسید با کاهش تجمع پراکسید هیدروژن از پراکسیداسیون لیپیدی و تغییر نفوذپذیری غشاها جلوگیری کرده و مانع نشت یونی می‌شود (Farouk, 2011). فاطمی (Fatemi, 2014) گزارش نمودند که بذور پیش تیمار شده با آسکوربیک اسید در شرایط تنش شوری توانستند بر مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانت ها بیفزاید و از مقدار پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء (مالون دی آلدئید) بکاهد. در مطالعه یزدان‌پناه و همکاران (Yazdanpanah et al., 2011) با افزایش شدت تنش خشکی بر مقدار مالون دی آلدئید در گیاه مرزه افزوده شد اما کاربرد ۱ میلی مولار اسید آسکوربیک و ۳ میلی مولار اسید سالیسیلیک به‌صورت معنی‌داری از مقدار فعالیت آنزیم مذکور کاست.

عملکرد دانه

تنش کم‌آبی به‌صورت معنی‌داری از عملکرد دانه کاست به‌طوری‌که کلیه سطوح پرایمینگ با اسید سالیسیلیک در شرایط نرمال در مقایسه با شرایط تنش از عملکرد دانه بالاتری برخوردار بودند. همچنین پرایمینگ با اسید سالیسیلیک اثر مثبتی بر عملکرد دانه داشت به‌طوری‌که در سطح نرمال آبیاری پرایمینگ با سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ pmm اسید سالیسیلیک عملکرد دانه را در مقایسه با شاهد در همین شرایط به ترتیب ۱۰/۵۲ و ۱۹/۳۰ درصد افزایش داد؛ اما در سطح تنش کم‌آبی تنها سطح ۲۰۰ppm اسید سالیسیلیک توانست اثر معنی‌دار بر عملکرد دانه داشته باشد و مقدار صفت مذکور را در مقایسه با سطح شاهد در همین شرایط ۱۴/۳۴ درصد افزایش دهد (جدول ۲). در تحقیق حاضر سطح ۲۰۰ ppmاسید سالیسیلیک عملکرد دانه را در شرایط نرمال و تنش کم‌آبی را در مقایسه با شاهد هر دو سطح به ترتیب ۱۱/۷۶ و ۱۶/۷۵ درصد افزایش داد که بیانگر این نکته است که پرایمینگ در شرایط کم‌آبی تأثیر بیشتری در مقایسه با شرایط نرمال داشت.

به نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک با تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در طی حیات گیاه در مواجه با تنش‌های زنده و غیرزنده، سبب افزایش چشمگیر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه می‌شود. اسید سالیسیلیک بر فتوسنتز و

رشد گیاه تحت شرایط تنش، اثر مثبتی دارد و درواقع از طریق توسعه واکنش‌های ضد تنشی، نظیر تجمع پرولین، سبب تسریع در بهبود رشد از رفع تنش می‌شود (Shibli et al., 2007). افزایش عملکرد در گندم تحت تیمار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی گزارش شده است (Shibli et al., 2007). بیات و همکاران (Bayat et al.,2010) عنوان کردند اسید سالیسیلیک در رژیم رطوبتی ۷، ۱۱ و ۱۵ روزه عملکرد دانه را به ترتیب ۱۱/۵۶، ۲۸/۶۳ و ۴۰/۴۴ درصد افزایش دادند.

در بین ترکیبات تیماری اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک بالاترین عملکرد دانه به ترکیبات تیماری ۱۰۰ و ppm۲۰۰ اسید سالیسیلیک در ترکیب با سطوح ۵۰ و ۱۰۰ ppmاسید آسکوربیک اختصاص داشت چهار ترکیب مذکور مقدار عملکرد دانه را در مقایسه با ترکیب شاهد هر دو تیمار به ترتیب ۳۱/۹۱، ۲۳/۱۶، ۲۵/۱۸ و ۲۶/۸۳ درصد افزایش دادند (جدول ۴). دلیل این بهبود رشد و عملکرد به تأثیر اسید سالیسیلیک در انتقال مواد فتوسنتزی به سمت مخزن ربط داده شده است. ضمن اینکه برخی دلایل افزایش رشد به افزایش در میزان فتوسنتز خالص و کربوکسیلاسیون و افزایش در فعالیت آنزیم‌های نیترات رداکتاز و کربنیک آنهیدراز مربوط می‌گردد. از طرفی، ترکیبات فنلی ازجمله اسید سالیسیلیک مانع از اکسیداسیون اکسین می‌گردد و به این طریق نیز می‌توانند بر رشد تأثیر بگذارند (Fariduddin et al., 2003).

گزارش شده است که آسکوربیک اسید در فرایندهای رشد گیاه از قبیل تقسیم و بزرگ شدن سلول، توسعه دیواره سلولی و سایر فرایندهای نموی شرکت می‌کند. آسکوربیک اسید با توان فیزیولوژیکی بالا، می‌تواند القاء کننده فرایند ماده سازی به‌ویژه قندها باشد که منجر به رشد می‌شود (Smirnoff, 2000). علاوه بر این آسکوربیک اسید کوفاکتوری مهم برای آنزیم‌های دخیل در سنتز برخی از هورمون‌ها نظیر ژیبرلین است. به‌علاوه اینکه نقش کاربرد برون‌زای آسکوربیک اسید در افزایش تقسیم سلولی نیز گزارش‌شده است (Foyer and Halliwell, 1976). مرادی و همکاران (Moradi et al., 2016) بیش‌ترین عملکرد دانه را در گندم از محلول‌پاشی با ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید توأم با ۱۰۰ میلی-گرم در لیتر آسکوربیک اسید گزارش کردند و اظهار داشتند در شرایط تنش خشکی با استفاده توأم سالیسیلیک اسید و آسکوربیک اسید می‌توان به عملکرد کمی و کیفی مطلوب رسید.

درصد روغن

اگرچه تنش خشکی درصد روغن دانه را کاهش داد اما پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک توانست مقدار این کاهش را تعدیل کرد به‌نحوی‌که پرایمینگ بذر با سطح ۲۰۰ ppm در شرایط تنش کم‌آبی توانست درصد روغن را ۲۶/۹۳ درصد افزایش داد. در بین این دسته از ترکیبات تیماری پرایمینگ بذر با سطح ppm۱۰۰ اسید سالیسیلیک در شرایط آبیاری نرمال با متوسط ۵۲/۶۵ درصد بالاترین و سطح عدم پرایمینگ بذر در شرایط تنش کم‌آبی با متوسط ۳۶/۷۲ درصد کمترین درصد روغن را به خود اختصاص داد (جدول ۲). نتایج تحقیق سیبی (Sibi, 2011) نشان داد با افزایش شدت تنش آبی درصد روغن دانه کاهش و با مصرف اسید سالیسیلیک نیز درصد روغن افزایش نشان داد. همچنین سیبی و همکاران (Sibi et al., 2014) اظهار داشتند با افزایش شدت تنش کم‌آبی از درصد روغن کاسته می‌شود اما کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی درصد روغن دانه آفتابگردان را افزایش داد. به نظر می‌رسد که اعمال تنش آبی، طول دوره پر شدن دانه‌ها را کاهش می‌دهد و با توجه به اینکه قسمت عمده نیتروژن تجمع یافته دردانه در روزهای اول دوره پر شدن دانه به دانه‌ها منتقل می‌شود، بنابراین باعث کاهش تجمع نشاسته (هیدرات‌کربن) در دانه می‌شود و درنتیجه درصد پروتئین دانه افزایش نسبی خواهد داشت. همچنین، با افزایش شدت تنش آبی، مقدار تنفس گیاه افزایش می‌یابد و از این طریق انرژی نگهداری پایه گیاه بیشتر و از ذخایر چربی گیاه کاسته خواهد شد. درنتیجه، درصد روغن دانه کاهش می‌یابد. مصرف اسید سالیسیلیک نیز در افزایش درصد روغن دانه مؤثر است و موجب افزایش آن نسبت به عدم مصرف اسید سالیسیلیک می‌شود. این نشان‌دهنده آن است که اسید سالیسیلیک به هنگام وجود تنش آبی توانسته مانع از رسیدن آسیب زیاد به گیاه شود و گیاه به‌واسطه برخورد کمتر با شرایط تنش‌زای محیطی توانسته است درصد روغن خود را حفظ و از کاهش بیشتر آن جلوگیری نماید (Sibi et al., 2014).

در بین ترکیبات تیماری پرایمینگ با اسید سالیسیلیک و اسید اسکوربیک تنها اختلاف معنی‌دار بین ترکیبات تیماری ppm۱۰۰ اسید سالیسیلیک همراه با ppm۵۰ اسید

اسکوربیک و سطح ppm۲۰۰ اسید سالیسیلیک همراه با ppm۱۰۰ اسید اسکوربیک که به ترتیب با متوسط ۵۳/۸۳ و ۵۲/۰۹ درصد بالاترین درصد روغن را به خود اختصاص داده بودند و تیمار شاهد هر دو تیمار با متوسط ۳۷/۶۹ درصد دیده شد (جدول ۳). افزایش عملکرد دانه و اجزای عملکرد آفتابگردان در اثر مصرف اسید سالیسیلیک به دلیل تأثیر آن بر فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه، بهبود رشد و انتقال مواد پرورده از منبع به مخزن بود (Grown, 2012). کلانتر احمدی و همکاران (Kalantar Ahmadi et al., 2016) اظهار داشتند اثر سطوح اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک بر درصد روغن معنی‌دار بود و اظهار داشتند کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم اسید آسکوربیک و ۱۰۰ میکرو مول اسید سالیسیلیک اثر مثبتی برافزایش درصد روغن دانه کلزا داشت.

نتیجه‌گیری

در بررسی حاضر تنش کم‌آبی مقدار فعالیت پرولین، کاتالاز، سوپر اکسید دسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز، مالون دی آلدئید و درصد روغن را افزایش و مقدار عملکرد دانه را درصد کاهش داد. می‌توان نتیجه گرفت خشکی از طریق ایجاد تنش اکسیداتیو در بافت‌های آفتابگردان بر مقدار رادیکال‌های آزاد افزوده و گیاه انرژی که باید صرف افزایش عملکرد دانه نماید در جهت تعدیل تنش اکسیداتیو بکار می‌برد. در این بررسی کاربرد اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک هم به‌صورت جداگانه و هم به‌صورت تلفیقی بر مقدار فعالیت آنزیم‌های پرولین، کاتالاز و گلوتاتیون پراکسیداز در مقایسه با تیمار شاهد افزودند و از مقدار مالون دی آلدئید کاستند. می‌توان گفت پرایمینگ بذور آفتابگردان با مواد مذکور ازیک‌طرف موجب تحریک و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت شده و اثر مخرب تنش خشکی بر گیاه را تعدیل می‌کنند و از طرف دیگر موجب بهبود عملکرد دانه در آفتابگردان خواهند شد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت پرایمینگ بذر آفتابگردان با اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک می‌تواند راه‌کاری مناسب برای تعدیل اثر تنش خشکی باشد.

منابع

Abdul Jaleel, C., Riadh, K., Gopi, R., Manivannan, P., Ines, J., Al-Juburi, H.J., Chang-Xing, Z., Hong-Bo, S., Panneerselvam, R., 2009. Antioxidant defense responses: physiological plasticity in higher plants under abiotic constrains. Acta Physiologiae Plantarum. 31, 427-436.

Agarwal, S., Sairam, K. R., Srivastava, G.C., Aruna, T., Meena, C.R., 2005. Role of ABA, Salicylic acid, calcium and hydrogen peroxide on antioxidant enzyme induction in wheat seedlings. Plant Science. 169, 559-570.

Alam, M., Nahar, M., Hasanuzzaman, K., Fujita, M., 2014. Allevation of osmotic stress in *Brassica napus*, *B. campestris*, and *B. Juncea* by ascorbic application. Biologia Plantarum. 58, 697-708.

Bandurska, H., Stroinski, A., 2005. The effect of salicylic acid on barley response to water deficit. Acta Physiologiae Plantarum. 27, 379-386.

Bates, L.S., Waldren, R.P., Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for waterstress studies. Plant and Soil. 39, 205-207.

Bayat, S., Sepehri, A., Zare abyaneh., H., Abdollahi, M.R., 2010. Effect of salicylic acid andpaclobutrazol on growth indexes and yield of maize under water stress. Journal of Crop Ecophysiology. 2, 34-40. [In Persian with English summary].

Bowler, C., Slooten, L., Vandenbranden, S., De Rycke, R., Botterman, J., Sybesma, C., Van Montagu, M., Inzé, D., 1991. Manganese superoxide dismutase can reduce cellular damage mediated by oxygen radicals in transgenic plants. The EMBO Journal. 10, 1723-1732.

Britton, C., Mehley, A., 1955. Assay of catalase and peroxidase. Methods in Enzymology. 2, 764-775.

Chen, C., Dickman, M.B., 2005. Proline suppresses apoptosis in the fungal pathogen *Colletotrichum trifolii*. PNAS. 102, 3459-3464.

Costa, G., Morel, L., 1994. Water relation gas exchange and amino acid content in cd-treated lettuce. Plant Physiology and Biochemistry 32, 561-570.

Fariduddin, Q., Hayat, S., Ahmad, A., 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reducutase activity, and seed yield in *Brassica juncea*. Photosynthetica 41, 281-284.

Farooq, M., Irfan, M., Aziz, T., Ahmad, I., Cheema, S. A., 2013. Seed Priming with Ascorbic Acid Improves Drought Resistance of Wheat. Journal of Agronomy and Crop Science. 199, 12–22,

Farouk, S., 2011. Osmotic adjustment in wheat flag leaf in relation to flag leaf area and grain yield per plant. Journal of Stress Physiology and Biochemistry.7, 117-138.

Fatemi, S. N., 2014. Ascorbic acid and its effects on reducing the damage caused by salinity stress in sunflower. The 13th Iranian Conference on Plant Breeding and the 3rd Iranian Seminar on Science and Technology. Iran - Karaj. [In Persian].

Grown, B. A., 2012. Physiological role of salicylic acid in improving performance, yield and some biochemical aspects of sunflower plant grown under newly reclaimed sandy soil. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 6, 82-89.

Horvath, E., Szalai, G., Janda, T., 2007. Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. Journal of Plant Growth Regulation. 26, 290-300.

Kalantar Ahmadi1, S.A., Ebadi, A., Daneshian, J., Siadat, S.A., Jahanbakhsh, S., 2017. Effect of drought stress and foliar application of growth regulators on photosynthetic pigments and seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L. cv. Hyola 401). Iranian Journal of Crop Sciences. 18, 196-217. . [In Persian with English summary].

Mittler, R., 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends in Plant Science. 7, 405-410.

Moosavi, A., Tavakkol-Afshari, R., Sharif-Zadeh, F., Aynehband, A., 2009. Effect of seed priming on germination characteristics, polyphenol oxidase, and peroxidase activities of four amaranth cultivars. Journal of Food, Agriculture & Environment. 7, 353- 358.

Moradi, S., Sajiddi, N., Khaghani SH. 2016. Reaction of leaf water content, protein content, yield and yield components of rainfed wheat to salicylic acid and ascorbic acid. New Agricultural Findings. 10, 167-178.

Noirani Azad, H., Chobineh, D., 2008. Study of water stress on biomass, soluble sugars, proline, enzymes and ions in sunflower (*Helianthus annus* L.). Bioscience of Iran. 3, 19-26. . [In Persian with English summary].

Parida, A.K., Das, A.B., 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety. 60, 324-349.

Rezaei Rad, A., Zarei Sehbidi, A., Niazifard, A., 2013. Evaluation of new hybrids of sunflower for second cultivation in cold temperate regions of Kermanshah province. Journal of Planting and Seed. 3, 353-367. . [In Persian with English summary].

Senaratna. T., Touchell, D., Bunn, E., Dixon, K., 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regulation. 30, 157-161.

Shibli, R.A., Kushad, M., Yousef, G.G., Lila, M.A., 2007. Physiological and biochemical responses of tomato micro shoots to induced salinity stress with associated ethylene accumulation. Plant Growth Regulation. 51, 159-169.

Siibi, M., Mirzakhani, M., Gamariyan, M., Yaghubi, S. H., 2014. Effect of water shortage and salicylic acid consumption on oil yield and some characteristics Physiological characteristics of sunflower cultivars (*Helianthus annus* L). Journal of Iranian Cultivated Plants, 45, 1-14.

Shoryabi, M., Ganjali, A., Abrisham chi P., 2012. Effect of salicylic acid on activity of enzymes and antioxidant compounds of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in drought stress exposure. Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences. 5, 54-41. . [In Persian with English summary].

Smirnoff, N., 2000. Ascorbic acid. Metabolism and functions of a multi-facetted molecule. Current Opinion in Plant Biology. 3, 229-235.

Szepesi, A., Csiszar, J., Bajkan, S. Z., Gemes, K., Horvath, F., Erdei, L., Deer, A., Simon, L. M., Tari, I., 2005. Role of salicylic acid pre-treatment on the acclimation of tomato plants to salt and osmotic stress. Acta Biologica Szegediensis. 49, 123-125.

Valladares, A., Flores, E., Herrero, A., 2008. Transcription activation by NtcA and 2-oxoglutarate of three genes involved in heterocyst differentiation in the

cyanobacterium *Anabaena* Sp. strain PCC 7120. Journal of Bacteriol. 190, 6126-6133.

Wang, L.J., Li, S.H., 2006. Thermo tolerance and related antioxidant enzyme activities induced by heat accumulation and salicylic acid in grape (*Vitis vinifera* L.) leaves. Plant Growth Regulation. 48, 137-144.

Yazdanpanah, S., Baghizadeh, A., Abbassi, F., 2011.The interaction between drought stress and salicylic and ascorbic acids on some biochemical characteristics of *Satureja hortensis*. African Journal of Agricultural Research 6,798-807.