

## اثر تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر برخی صفات مرفوفیزیولوژیکی و زراعی گیاه گوار

(*Cyamopsis tetragonoloba* L.)

فرامرزی چمنی<sup>۱</sup>، عنایت الله توحیدی نژاد<sup>۲\*</sup> و مهدی مهیجی<sup>۳</sup>

(۱) دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.  
(۲ و ۳) استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

\* نویسنده مسئول: etohodinejad@gmail.com

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد می باشد.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۰۲

### چکیده

گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) یک لگوم تابستانه متحمل به خشکی با پتانسیل کشت در مناطق خشک است. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی اثر دوره‌های مختلف آبیاری و سطوح اسید سالیسیلیک بر صفات مرفولوژیک، فیزیولوژیک و عملکرد دانه گیاه گوار صورت گرفت. این آزمایش به صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. عامل اصلی دور آبیاری شامل سه سطح (شش، نه و ۱۲ روزه) و عامل فرعی، اسید سالیسیلیک شامل چهار غلظت (صفر، ۰/۵، یک و دو میلی-مولار) بود. محلول پاشی اسید سالیسیلیک در سه مرحله پنج برگی، گل‌دهی و غلاف‌دهی گیاهان صورت گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که در شرایط تنش، ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته و رنگدانه‌های فتوسنتزی کاهش معنی‌داری داشت. استفاده از اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار باعث افزایش تعداد برگ در بوته و غلظت دو میلی‌مولار اسید سالیسیلیک سبب افزایش ارتفاع بوته، کلروفیل a، b و کلروفیل کل در گیاه گوار شد. بیش‌ترین تعداد شاخه جانبی و فیبر خام دانه در غلظت اسید سالیسیلیک دو میلی-مولار و دور آبیاری شش روز به‌دست آمد. بیش‌ترین میزان عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه مربوط به غلظت اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار و دور آبیاری شش روز (۱۲۴۵/۲۵ کیلوگرم در هکتار) بود که با غلظت اسید سالیسیلیک دو میلی‌مولار و دور آبیاری شش روز (۱۲۲۷/۷۵ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی‌داری نداشتند. نتایج نشان داد بیش‌ترین میزان عملکرد دانه در غلظت اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار و دور آبیاری شش روز حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: رنگدانه‌های فتوسنتزی، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه و فیبر خام.

## مقدمه

گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) گیاهی یک ساله از خانواده فاباسه است. با توجه به متحمل بودن گوار به شرایط شوری و خشکی می توان از این گیاه به عنوان یک محصول جایگزین با پتانسیل بالقوه در دشت‌های کم آب استفاده کرد (Grover *et al.*, 2016). گوار در خاک‌هایی با بافت سبک (خاک‌های شنی، شنی لومی) و بارندگی سالیانه ۳۰۰ تا ۵۰۰ میلی متر، به خوبی رشد می‌نماید. ریشه‌های آن دارای گره‌هایی هستند که انواع خاصی از باکتری‌ها درون خود دارند. این باکتری‌ها نیتروژن آزاد را به شکل قابل جذب گیاه تبدیل می کنند. کشور هندوستان ۸۰ درصد سطح زیر کشت گوار را دارا می‌باشد که بعد از هندوستان کشور پاکستان در رده دوم تولید گوار می باشد (Yadav and Shalendra, 2014). تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده عملکرد و تولید محصول در گیاهان است (Loreto *et al.*, 2008). طی تنش خشکی گیاه برای کاستن از شدت تعلق و حفظ آب موجود در بافت‌ها گیاهی روزنه‌ها را می‌بندد (Lim *et al.*, 2015). از طرفی بسته شدن روزنه‌ها موجب محدودیت‌های روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای فتوسنتز (Sanda *et al.*, 2011; Noctor *et al.*, 2014) و کاهش شدت فتوسنتز می شود (Parent *et al.*, 2014). در تحقیقی روی لوبیای قرمز با تنش خشکی باعث کاهش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی شد (روزبهای و همکاران، ۱۳۹۶). سرعت فتوسنتز در شرایط تنش خشکی تحت اثر محتوای کلروفیل فرار گرفت (Obidiegwu *et al.*, 2015). تنش خشکی باعث کاهش ماده خشک در تمام اندام های گیاه می شود. گرچه بعضی از اندام‌ها درجه متفاوتی از کاهش ماده خشک را نشان می دهند (Asrar and Elhindi., 2011). اسید سالیسیلیک ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان را تحت تنش‌های غیر زیستی تنظیم نموده و سبب افزایش تحمل آن‌ها در برابر بیماری‌ها می شود (Hashempour *et al.*, 2014). اسید سالیسیلیک به عنوان یک سیگنال مولکولی مهم در نوسان‌های گیاهی در پاسخ به تنش‌های محیطی به ویژه تنش خشکی در گیاهان افزایش یافته و سبب افزایش محتوای رنگیزه‌ها در شرایط تنش می شود. همچنین این ترکیب از طریق عوامل روزنه‌ای، رنگیزه‌ها و ساختار کلروپلاست و آنزیم‌های دخیل بر فتوسنتز اثر می گذارد (Ghai., 2002). در یک تحقیق تیمار ارقام گلرنگ با اسید سالیسیلیک، سبب افزایش مقدار کلروفیل به عنوان یکی از اجزای اصلی فتوسنتزی شد. همچنین تیمار اسید سالیسیلیک سبب افزایش وزن خشک و محتوای کارتنوئید در تیمار شاهد و تنش گردید که نشان دهنده توانایی اسید سالیسیلیک برای بهبود رشد بود (آروین و همکاران، ۱۳۹۳). هدف از اجرای این تحقیق بررسی اثر اسید سالیسیلیک به عنوان ترکیبی با ویژگی‌های آنتی اکسیدانی در بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیکی و تحمل گیاه گوار در شرایط با تنش خشکی بود.

## مواد و روش ها

به منظور بررسی اثر اسید سالیسیلیک روی ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد شاخه جانبی، رنگیزه‌های فتوسنتزی، فیبر خام دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گیاه گوار در شرایط تنش خشکی، آزمایش در تابستان ۱۳۹۶ در شهرستان قلعه گنج در استان کرمان انجام شد. طول جغرافیایی محل انجام آزمایش ۵۳ دقیقه و ۱۳/۸ ثانیه و ۵۷ درجه و عرض جغرافیایی آن ۲۹ دقیقه و ۷ ثانیه و ۲۷ درجه و ارتفاع از سطح دریا ۴۰۰ متر می باشد. قلعه گنج بر اساس روش آمبرزه دارای آب و هوای خشک نیمه بیابانی است. ویژگی‌های خاک مورد آزمایش در جدول ۱ ارایه شد.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

بافت خاک	شن (درصد)	لاي (درصد)	رس (درصد)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)	نیتروژن (درصد)	کربن آلی (درصد)	اسیدیته (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر مربع)
لومی شنی	۵۷	۳۶	۷	۲۸۰	۱۰	۰/۰۸	۰/۰۴	۷/۸	۱/۸

آزمایش به صورت کرت خرد شده بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. عامل اصلی شامل سه دور آبیاری (شش، نه و ۱۲ روز) و عامل فرعی شامل چهار غلظت اسید سالیسیلیک (صفر، ۰/۵، یک و دو میلی مولار) بود. بذر گیاه گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) بومی منطقه سراوان و ایرانشهر می باشد که از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه گردید. تاریخ کاشت گیاه گوار ۱۵ مرداد و تاریخ برداشت آن ۱۵ آبان ماه بود. هر واحد آزمایشی شامل ۱۲ ردیف کاشت به طول سه متر بود. فاصله ی بین ردیف ها ۵۰ سانتی متر و فاصله ی گیاهان روی ردیف ۲۰ سانتی متر و عمق کاشت بذر پنج سانتی متر در نظر گرفته شد (Hema Yadav and Shalendra, 2014). آبیاری کرت های آزمایشی، بر اساس دور آبیاری بوده که تعداد دفعات آبیاری برای دوره های آبیاری شش، نه و ۱۲ روز به ترتیب شش، نه و ۱۲ مرتبه بوده است. محلول پاشی اسید سالیسیلیک در سه مرحله پنج برگی، گل دهی و غلاف دهی صورت گرفت. عملیات وجین علف های هرز به طور مرتب به صورت دستی و در هنگام لزوم انجام شد. برای اندازه گیری رنگیزه های فتوسنتزی تعداد ۱۰ بوته از هر کرت پس از حذف حاشیه ها به طور تصادفی در اواسط مرحله گل دهی انتخاب شدند. مقدار ۰/۲ گرم برگ از هر گیاه با چهار میلی لیتر استون ۸۰ درصد خوب سائیده شد. عصاره به دست آمده بعد از عبور از کاغذ صافی به لوله آزمایش منتقل شد. سانتریفیوژ به مدت پنج دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه انجام شد. محلول شفاف بالایی به سلول های ویژه منتقل گردید و جذب آن با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر جذبی مدل ۳۰۰ PLUS- در طول موج های ۶۶۳/۲، ۶۴۶/۸، ۴۷۰ نانومتر خوانده و برای به دست آوردن میزان کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید از رابطه های زیر استفاده شد (Lichtenthaler et al., 1987).

- رابطه ۱:  $Chl. a = (12.25 A663.2 - 2.79 A646.8)$
- رابطه ۲:  $Chl. b = (21.21 A646.8 - 5.1 A663.2)$
- رابطه ۳:  $Chl. T = Chl. a + Chl. b$
- رابطه ۴:  $Car = ((1000 A470 - 1.8 Chl. a - 85.02 Chl. b) / 198)$

در این روابط A مقدار جذب در طول موج‌های فوق، Chl.a میزان کلروفیل Chl.b،a میزان کلروفیل Chl.t، b میزان کلروفیل کل و Car، مقدار کارتنوئید می‌باشد. عملکرد نهایی، پس از حذف حاشیه‌ها در هر واحد آزمایشی (نیم متر از ابتدا و انتهای کرت‌ها و نیز ردیف‌های جانبی) انجام گرفت. اندازه‌گیری فیبر خام به وسیله دستگاه فایبر تک ۱۰۱۰ شرکت تکاتور بر اساس شستشو با اسید جوشان از روش Georing و Van Soest (۱۹۷۰) تعیین گردید. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS و مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

## نتایج و بحث

### ارتفاع بوته

اثر دوره‌های مختلف آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک بر میزان ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد

معنی‌دار شد (جدول ۲).

جدول ۲: تجزیه واریانس اثر فواصل آبیاری و اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های کمی و کیفی گوار

میانگین مربعات											
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد برگ در بوته	تعداد شاخه جانبی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئید	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	درصد فیبر خام دانه
بلوک	۳	۱/۴۳	۵۷/۶۵	۰/۰۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۱۵۰۰/۰۹	۴۴۶/۴۶	۱/۲۸
دور آبیاری	۲	۱۲۳۷/۱۸**	۱۹۷۱۴/۷**	۱۵/۰۸**	۰/۰۰۸**	۰/۰۴۵**	۰/۰۸۸**	۰/۰۰۰۱**	۸۱۹۰۳۵۳/۸۸**	۲۴۳۹۱۹**	۵۴۳/۹۲**
خطای اصلی	۶	۳/۶۷	۳۳/۷۱	۰/۰۱	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۰۴	۳۷۹۳/۴۷	۳۱۰/۵۹	۰/۵۶
سطوح سالیسیلیک	۳	۱۹۰/۳۲**	۱۱۹۰/۵۵**	۱/۹۸**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۸**	۰/۰۱۶**	۰/۰۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۷۲۴۸۸۷/۵۲**	۲۶۸۲۵/۳۶**	۱۲۲/۸۶**
آبیاری × سالیسیلیک	۶	۲/۴۹ <sup>ns</sup>	۳۷/۶۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۹**	۰/۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۳ <sup>ns</sup>	۸۳۵۱۴/۳۳**	۳۳۹۲/۶۹**	۲/۵۷*
خطای فرعی	۲۷	۳/۴۲	۵۷/۵۸	۰/۰۲	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۰۱۲	۰/۰۰۰۴۵	۰/۰۰۰۰۵۷	۱۲۱۴۳/۷۴	۴۱۱/۱۶	۰/۹۳

ns و \*\*, \*\*\*: به ترتیب معنی داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد و غیر معنی‌داری می‌باشد.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش دور آبیاری از میزان ارتفاع بوته کاسته شد، به طوری که ارتفاع بوته در دور آبیاری نه روز و ۱۲ روز به ترتیب ۱۶/۲۲ و ۲۷/۳۳ درصد نسبت به دور آبیاری شش روز کاهش یافت (جدول ۳). استفاده از غلظت‌های یک و دو میلی‌مولار اسید سالیسیک به ترتیب باعث افزایش ۹/۰۸ و ۱۵/۶۹ درصدی ارتفاع بوته نسبت به غلظت صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک گردید، در حالی که غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک تفاوت معنی‌داری نسبت به غلظت صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک نداشت (جدول ۴).

جدول ۳: مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در تیمارهای آبیاری گیاه گوار

دور آبیاری (روز)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد برگ در بوته	کلروفیل a (میلی گرم در گرم وزن تازه)	کلروفیل b (میلی گرم در گرم وزن تازه)	کلروفیل کل (میلی گرم در گرم وزن تازه)	کارتنوئید (میلی گرم در گرم وزن تازه)
شش	۶۴/۳۳	۲۰۲/۴۳	۰/۴۳	۰/۵۷	۱/۰۱	۰/۰۱
نه	۵۳/۸۹	۱۷۳/۴۳	۰/۴۲	۰/۴۸	۰/۹۲	۰/۰۰۶
۱۲	۴۶/۸۱	۱۳۱/۸۱	۰/۳۸	۰/۴۷	۰/۸۶	۰/۰۰۵
<b>LSD</b>	۱/۳۴	۵/۵	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸	۰/۰۰۹	۰/۰۰۳

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر سالیسیلیک اسید بر صفات اندازه‌گیری شده گیاه گوار

سطوح سالیسیلیک (میلی‌مولار)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد برگ در بوته	کلروفیل a (میلی گرم در گرم وزن تازه)	کلروفیل b (میلی گرم در گرم وزن تازه)	کلروفیل کل (میلی گرم در گرم وزن تازه)
صفر	۵۱/۸۷	۱۶۳/۶۶	۰/۴۰	۰/۴۸	۰/۸۹
۰/۵	۵۱/۵۸	۱۵۹/۴۱	۰/۴۰	۰/۴۹	۰/۹۱
۱	۵۶/۵۸	۱۸۱/۹۱	۰/۴۱	۰/۵۱	۰/۹۴
۲	۶۰/۰۱	۱۷۱/۹۱	۰/۴۲	۰/۵۴	۰/۹۸
<b>LSD</b>	۱/۵۴	۶/۳۵	۰/۰۰۸	۰/۰۰۹	۰/۰۱

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

در تحقیقی روی سه ژنوتیپ گیاه لوبیا مشخص شد که افزایش غلظت اسید سالیسیلیک منجر به افزایش ارتفاع بوته شد (سپهری و همکاران، ۱۳۹۴). کمبود آب موجب کاهش تورژانس سلولی می‌شود و در نهایت کاهش رشد و توسعه

سلول به خصوص در ساقه و برگ‌ها را به دنبال خواهد داشت. با کاهش رشد سلول، اندازه اندام محدود می‌شود. به همین دلیل، اولین اثر محسوس کم آبی بر گیاه را می‌توان از روی کاهش ارتفاع یا اندازه‌ی کوچک‌تر برگ‌ها تشخیص داد (فرح بخش و سالارپور غربا، ۱۳۹۳).

### تعداد برگ در بوته

تعداد برگ در بوته، در واکنش به دوره‌های مختلف آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک (در سطح احتمال یک درصد) قرار گرفت (جدول ۲). تعداد برگ در بوته مربوط به دور آبیاری نه روز و ۱۲ روز نسبت به دور آبیاری شش روز به ترتیب کاهش ۱۴/۳۳ و ۳۴/۸۸ درصدی داشتند (جدول ۳). کاربرد اسید سالیسیلیک سبب افزایش تعداد برگ در بوته شد به نحوی که غلظت‌های یک و دو میلی‌مولار اسید سالیسیلیک سبب افزایش به ترتیب ۱۱/۱۵ و ۵/۰۴ درصدی تعداد برگ در بوته نسبت به غلظت صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک گردید، در حالی که غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک نسبت به تیمار صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). تداوم تنش آبی به دلیل افزایش هورمون اتیلن، برگ‌ها سریع‌تر پیر شده و ریزش می‌کنند که نتیجه آن کاهش تعداد برگ در بوته می‌باشد (Taiz and Zeiger, 2010) اسید سالیسیلیک با جلوگیری از اکسیداسیون اکسین (Fariduddin *et al.*, 2003) بر مریستم‌های رویشی اثر گذاشته و موجب افزایش تعداد میانگره در ساقه اصلی و تعداد برگ در گیاه می‌گردد (Takeda *et al.*, 1995) و با جلوگیری از سنتز اتیلن مانع از پیری و ریزش برگ‌ها می‌شود (Srivastava and Dwivedi, 2000).

### تعداد شاخه جانبی

برهم کنش دوره‌های مختلف آبیاری و غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در سطح احتمال یک درصد بر تعداد شاخه جانبی معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین برهم کنش دو عامل نشان داد که استفاده از غلظت دو میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در دوره‌های آبیاری شش، نه و ۱۲ روز به ترتیب سبب افزایش ۸/۸۸، ۲۱/۶۲ و ۱۸/۸۴ درصدی تعداد شاخه جانبی نسبت به تیمار شاهد در آن دور آبیاری گردید. کاربرد اسید سالیسیلیک دو میلی‌مولار در دور آبیاری نه روز سبب جبران خسارت تنش خشکی گردید و این ترکیب تیماری توانست اختلاف صفر درصد را نسبت به تیمار دور آبیاری شش روز و غلظت صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به ثبت برساند. استفاده غلظت دو میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در دور آبیاری ۱۲ وز منجر به کاهش تنها ۲۱/۶۲ درصدی تعداد شاخه جانبی نسبت به تیمار دور آبیاری شش روز و غلظت صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک شد (جدول ۵). در تحقیقی دیگر مشخص شد که تنش خشکی باعث کاهش تعداد شاخه جانبی در گیاه ریحان شد (مرودی و همکاران، ۱۳۹۲). محلول پاشی اسید سالیسیلیک روی گیاه لوبیا چشم بلبلی در شرایط تنش منجر به کاهش خسارت ناشی از تنش در گیاه لوبیا شد (شکاری و همکاران، ۱۳۹۵).

جدول ۵: مقایسه میانگین برهم کنش دور آبیاری و سالیسیلیک اسید بر صفات اندازه گیری شده در گیاه گوار

دور آبیاری	سطوح سالیسیلیک (میلی مولار)	تعداد شاخه جانبی در بوته	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	درصد فیبر خام دانه
عروز	صفر	۶/۷۵	۶۲۵۵	۱۱۵۶/۵	۵۱
	۰/۵	۶/۷۵	۶۳۳۷/۵	۱۱۸۸	۵۱
	۱	۶/۹۵	۶۵۵۰	۱۲۴۵/۲۵	۵۵
	۲	۷/۳۵	۶۴۴۰	۱۲۲۷/۷۵	۵۶/۷۵
روز ۹	صفر	۵/۵۵	۵۷۰۵/۲۵	۱۰۸۳/۲۵	۴۴
	۰/۵	۵/۷۵	۵۸۸۳/۵	۱۱۲۰/۵	۴۴
	۱	۶/۳۵	۶۱۹۱/۲۵	۱۱۴۷	۵۰
	۲	۶/۷۵	۶۰۳۶	۱۱۲۴	۵۲
روز ۱۲	صفر	۴/۶۷	۴۵۱۲/۷۵	۸۷۹/۲۵	۳۹/۵
	۰/۵	۴/۷۰	۴۷۸۸/۲۵	۹۱۲/۵۰	۳۹/۵
	۱	۵/۰۷	۵۴۰۷/۵	۱۰۵۴/۵۰	۴۳
	۲	۵/۵۵	۵۲۳۴/۵	۸۹۸/۲۵	۴۵
	<b>LSD</b>	۰/۷۲	۷۹/۸۷	۳۹/۳۹	۱/۴۳

## رنگدانه‌های فتوسنتزی

اثر تنش خشکی و غلظت اسید سالیسیلیک به کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و میزان کارتنوئید گوار معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد با افزایش دور آبیاری از شش روز به نه روز و ۱۲ روز به ترتیب منجر به کاهش ۲/۳۲ و ۱۱/۶۲ درصدی کلروفیل a نسبت به دور آبیاری شش روز شد (جدول ۳). استفاده از دو غلظت یک و دو میلی مولار اسید سالیسیلیک به ترتیب منجر به افزایش ۲/۵ و پنج درصدی کلروفیل a نسبت به غلظت صفر میلی-مولار اسید سالیسیلیک شد (جدول ۴). میزان کلروفیل b در دور آبیاری نه روز و ۱۲ روز به ترتیب ۱۵/۷۸ و ۱۷/۵۴ نسبت به تیمار دور آبیاری شش روز کاهش یافت (جدول ۳). با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک میزان کلروفیل b افزایش یافت که غلظت‌های ۰/۵، یک و دو میلی مولار اسید سالیسیلیک باعث افزایش ۲/۰۸، ۶/۲۵ و ۱۲/۵ درصدی میزان کلروفیل b نسبت به غلظت صفر میلی مولار اسید سالیسیلیک گشت (جدول ۴). با افزایش دور آبیاری از میزان کلروفیل کل کاسته شد، به طوری که دور آبیاری نه روز و ۱۲ روز به ترتیب منجر به کاهش ۸/۹۱ و ۱۴/۸۵ درصدی کلروفیل کل نسبت به دور آبیاری شش روز شد (جدول ۳). همچنین کاربرد اسید سالیسیلیک افزایش میزان کلروفیل کل را به دنبال داشت. غلظت‌های ۰/۵، یک و دو میلی مولار اسید سالیسیلیک به ترتیب باعث افزایش ۲/۰۸، ۶/۲۵ و ۱۲/۵ درصدی میزان کلروفیل کل نسبت به غلظت صفر میلی مولار اسید سالیسیلیک شد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد با افزایش تنش خشکی

میزان کارتنوئید نیز در گیاه گوار کاهش یافت که کمترین میزان آن مربوط به دور آبیاری ۱۲ روز با میانگین ۰/۰۰۵ میلی گرم بر گرم بود (جدول ۳). ابوفتیلنه‌نژاد و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیقی بر روی ارقام ماش نشان دادند که تنش خشکی باعث کاهش محتوای کلروفیل ارقام مختلف گیاه ماش شد. لاهوتی و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیقی روی گیاه لوبیا قرمز نشان دادند که تنش خشکی کاهش محتوای کلروفیل برگ را به همراه داشت. محلول پاشی اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی باعث حفظ محتوای کلروفیل، کارتنوئید، ثبات فتوسنتز و کاهش خسارت های وارده به گیاه می‌شود (EI- Tayeb., 2005). کاربرد اسید سالیسیلیک منجر به افزایش محتوای کلروفیل، محتوای نسبی آب، وزن تر و خشک علفه ذرت گردید (نعمت‌اللهی و همکاران، ۱۳۹۲). مدرس ثانوی و همکاران (۱۳۹۳) با تحقیقی بر دو رقم کلزا نشان دادند که اسید سالیسیلیک با جلوگیری از تولید رادیکال‌های آزاد، میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی را افزایش داد و از تخریب کلروفیل جلوگیری کرد. با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک در گیاه ریحان میزان محتوای کلروفیل و فتوسنتز افزایش پیدا کرد و موجب افزایش عملکرد گردید (مرودی و خمر، ۱۳۹۲). یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش کلروفیل، تخریب آن توسط گونه های اکسیژن فعال می باشد. کاهش فعالیت فتوسیستم II، باعث کاهش فعالیت آنزیم روبیسکو و عدم سنتز ATP می شود. در نتیجه تشکیل گونه های اکسیژن آزاد در کلروپلاست‌ها افزایش می یابد (Lawlor and Cornic, 2002). اسید سالیسیلیک با تقویت سیستم دفاع آنتی اکسیدانی (بخش آنزیمی و بخش غیر آنزیمی) باعث محافظت کلروفیل در برابر آسیب اکسیداتیو می شود (Miura and Tada., 2014). فعالیت آنزیم‌های متابولیزه کننده  $H_2O_2$  مثل کاتالاز، پراکسیداز و آنزیم‌های سوپر اکسیداز دیسموتاز در تنش خشکی توسط اسید سالیسیلیک افزایش می یابد (Saruhan et al., 2012). آسکوربات پراکسیداز و گلوکاتین ردوکتاز،  $O_2$  و  $H_2O_2$  را به یکدیگر متصل می کنند و آب به وجود می‌آورند، در نتیجه موجب حفظ سلول از آسیب می شوند (Foyer and Fletcher, 2001).

### درصد فیبر خام دانه

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر دوره‌های مختلف آبیاری، اسید سالیسیلیک در سطح احتمال یک درصد و برهم کنش دو عامل در سطح احتمال پنج درصد روی درصد فیبر خام دانه معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین و برهم کنش نشان داد که غلظت دو میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در دور آبیاری شش روز، نه روز و ۱۲ روز به ترتیب باعث افزایش ۱۱/۲۷، ۱۸/۱۸ و ۱۳/۹۲ درصدی درصد فیبر خام دانه نسبت به تیمار شاهد در آن دور آبیاری شد. استفاده از غلظت دو میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در دور آبیاری نه روز سبب افزایش ۱/۹۶ درصدی درصد فیبر خام دانه نسبت به تیمار دور آبیاری شش روز و غلظت صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک شد و همچنین کاربرد اسید سالیسیلیک دو میلی - مولار در دور آبیاری ۱۲ روز منجر به کاهش تنها ۱۱/۷۶ درصدی درصد فیبر خام دانه نسبت به تیمار دور آبیاری شش روز

و اسید سالیسیلیک دو میلی مولار گشت (جدول ۵). هادی و همکاران در تحقیقی روی سورگوم نشان دادند که با افزایش شدت تنش آبی از میزان فیبر خام کاسته شد (هادی و همکاران، ۱۳۹۵).

### عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک در واکنش به دوره‌های مختلف آبیاری، اسید سالیسیلیک و برهم‌کنش آبیاری و اسید سالیسیلیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش نشان داد که در دور آبیاری شش روز غلظت‌های ۰/۵، یک و دو میلی مولار اسید سالیسیلیک به ترتیب سبب افزایش ۱/۳۱، ۴/۷۱ و ۲/۹۵ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به تیمار شاهد همان دور آبیاری شد. همچنین در دور آبیاری نه روز و غلظت‌های ۰/۵، یک و دو میلی مولار اسید سالیسیلیک به ترتیب سبب افزایش ۳/۱۲، ۸/۵۱ و ۵/۷۹ شد. غلظت‌های ۰/۵، یک و دو میلی مولار اسید سالیسیلیک در دور آبیاری (جدول ۵). افزایش ماده خشک تولیدی در گیاهان تحت شرایط آبیاری مطلوب می‌تواند به دلیل گسترش بیش‌تر سطح برگ و روز به ترتیب سبب افزایش ۶/۱۰، ۱۹/۸۲ و ۱۵/۹۹ درصدی عملکرد بیولوژیک گشت. استفاده از غلظت‌های اسید سالیسیلیک یک و دو میلی مولار در دور آبیاری نه روز تنها منجر به کاهش به ترتیب ۱/۰۱ و ۳/۵۰ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به تیمار دور آبیاری شش روز و غلظت اسید سالیسیلیک صفر میلی مولار شد. همچنین کاربرد اسید سالیسیلیک یک و دو میلی مولار در دور آبیاری ۱۲ به ترتیب سبب کاهش تنها ۱۳/۵۴ و ۱۶/۳۱ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به تیمار دور آبیاری شش روز و غلظت صفر میلی مولار اسید سالیسیلیک گردید (جدول ۵). افزایش ماده خشک تولیدی در گیاهان تحت شرایط آبیاری مطلوب می‌تواند به دلیل گسترش بیش‌تر سطح برگ و نیز دوام سطح برگ آن باشد که با ایجاد منبع فیزیولوژیکی کارآمد جهت استفاده هر چه بیش‌تر از نور دریافتی باعث افزایش تولید ماده خشک می‌باشد (Lak et al., 2004). در تحقیقی دیگر محققان نشان دادند که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم بلبلی شد (شکاری و همکاران، ۱۳۹۵). در تحقیقی مشابه محلول پاشی اسید سالیسیلیک روی گیاه ریحان باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام‌های هوایی آن شد (رمرودی و خمر، ۱۳۹۲).

### عملکرد دانه

جدول تجزیه واریانس صفات نشان داد که عملکرد دانه در واکنش به دوره‌های مختلف آبیاری، غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و برهم‌کنش آبیاری و اسید سالیسیلیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). سالیسیلیک اسید با تخفیف عوارض ناشی از تنش خشکی منجر به افزایش عملکرد دانه گردید، به طوری که بیش‌ترین عملکرد دانه، در دور آبیاری شش روز مربوط به غلظت‌های یک و دو میلی مولار سالیسیلیک اسید با ۷/۶۷ و ۶/۱۶ درصد افزایش نسبت به شاهد و در دور آبیاری ۱۲ روز مربوط به غلظت یک میلی مولار سالیسیلیک اسید با ۱۹/۹۳ درصد افزایش نسبت به شاهد

بود، در حالی که میزان عملکرد دانه در دور آبیاری نه روز در غلظت‌های ۰/۵، یک و دو میلی‌مولار سالیسیلیک اسید تفاوت معنی‌داری نداشت، اما نسبت به شاهد به ترتیب افزایش ۳/۴۳، ۵/۸۸ و ۳/۷۶ درصدی داشت؛ با این وجود، سالیسیلیک اسید با غلظت یک میلی‌مولار در تمام دوره‌های آبیاری بیش‌ترین میزان عملکرد دانه را در پی داشت. اعمال یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در دور آبیاری ۱۲ روز تنها منجر به کاهش ۸/۸۱ درصدی نسبت به تیمار دور آبیاری شش روز و غلظت صفر میلی‌مولار سالیسیلیک اسید گردید، در حالی که عدم کاربرد سالیسیلیک اسید در دور آبیاری ۱۲ روز منجر به کاهش ۱۶/۶۱ درصدی نسبت به تیمار یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در آن دور آبیاری گردید (جدول ۵). تنش خشکی با اثر منفی بر تعداد غلاف در بوته و وزن هزار دانه باعث کاهش عملکرد دانه گیاه نخود شد (روزبهرانی و شوقیان، ۱۳۹۶). در تحقیقی دیگر با محلول پاشی اسید سالیسیلیک روی گیاه نخود تعداد روزنه‌ها، عملکرد و اجزای عملکرد آن افزایش یافت (مداح و همکاران، ۱۳۸۵). کاهش پرشدن دانه ناشی از فعالیت منبع، تقسیم مواد پرورده و آنزیم تولید کننده نشاسته می‌باشد (Farooq *et al.*, 2009). در شرایط تنش خشکی فعالیت فسفوانیول پیرووات کربوکسیلاز، رابیسکو، پیرووات اورتو فسفات دی‌کیناز، فروکتوز ۱ و ۶ بیس فسفات و همچنین پتانسیل آب برگ کاهش پیدا می‌کند. در نتیجه فتوسنتز کاهش پیدا می‌کند (Farooq *et al.*, 2009). تنش خشکی در مرحله گل‌دهی سبب کاهش انتقال مواد پرورده به قسمت‌های در حال رشد می‌شود در نتیجه میزان مواد پرورده‌ای که به دانه می‌رسد برای رشد مطلوب آن کافی نیست (Yadav *et al.*, 2004). امیری ده احمدی و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی روی گندم در شرایط تنش خشکی نشان دادند که دلیل کاهش سرعت رشد دانه ناشی از کاهش میزان ساکارز سینتاز می‌باشد. در حالی که توقف رشد دانه به علت غیر فعال شدن آدنوزین دی فسفات، گلوکز، پیروفسفریلاز می‌باشد. اسید سالیسیلیک با محافظت از رنگیزه‌های فتوسنتزی، حفظ ساختار و فعالیت رابیسکو و دیگر آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز باعث افزایش فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی می‌شود (Khodary *et al.*, 2000) اسید سالیسیلیک با انتقال بهتر مواد پرورده از منبع به مخزن موجب رشد بهتر و عملکرد بیش‌تر گیاهان می‌شود (مدرس ثانوی و کشاورز، ۱۳۹۳).

### نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج پژوهش حاضر نشان داد که دور آبیاری شش و ۱۲ روز سبب کاهش معنی‌دار محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی، درصد فیبر خام دانه، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه شد. افزایش دوره‌های آبیاری باعث کاهش عملکرد و دیگر صفات در گیاه گوار گردید؛ همچنین کاربرد اسید سالیسیلیک خسارت ناشی از تنش خشکی را کاهش داد، به‌طوری که کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت یک میلی‌مولار در دوره‌های آبیاری نه روز و ۱۲ روز به ترتیب سبب افزایش ۵/۸۸ و ۱۹/۹۳ درصدی عملکرد دانه شد. نتایج نشان داد استفاده از اسید سالیسیلیک در مناطق خشک و نیمه خشک می‌تواند در

افزایش عملکرد و کاهش اثر سوء ناشی از تنش کمبود آب مؤثر باشد. در این پژوهش بیشترین عملکرد دانه مربوط به غلظت اسید سالیسیلیک یک میلی مولار و دور آبیاری شش روز بود.

### منابع

- ابوفتيله نژاد، س. شکوه فر، آ. ۱۳۹۲. اثر تنش خشکی روی برخی صفات فیزیولوژیکی و عملکرد بیولوژیکی ارقام مختلف ماش. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۵ (۱۷): ۱۵۹-۱۴۹.
- اسفینی فراهانی، م. پاک نژاد، ف. بختیاری مقدم، م. علوی، ص. حسینی، ع. ۱۳۹۱. اثر مقادیر و روشهای مختلف کاربرد اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد زیره سبز. مجله زراعت و اصلاح نباتات. ۸ (۳): ۷۷-۶۹.
- آروین، م. ج. دانشمند، ف. کرامت، ب. ۱۳۹۳. تغییرات ایجاد شده توسط سالیسیلیک اسید در گیاهان گلرنگ تحت تنش شوری مجله پژوهشهای گیاهی (مجله زیست شناسی ایران). ۲: ۲۱۵-۲۰۴.
- امیری ده احمدی، س. ر. گنجعلی، ع. نظامی، ا. پارسا، م. ۱۳۸۹. تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشدی بر شاخصهای رشد نخود در شرایط گلخانه. نشریه پژوهشهای حبوبات ایران. ۱ (۲): ۸۴-۶۹.
- سپهری، ع. عباسی، ر. کرمی، آ. ۱۳۹۴. اثر تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپهای لوبیا قرمز. ۱۷ (۲): ۵۱۶-۵۰۳.
- شکاری، ف. افشاری، م. افصحی، ک. عظیم خانی، ر. ۱۳۹۵. تأثیر اثر کاربرد برگی اسید سالیسیلیک بر وزن خشک، شاخص برداشت، عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم بلبلی تحت تنش کم آبی. تنشهای محیطی در علوم زراعی. ۱: ۵۸-۵۱.
- روزبهبانی، آ. شوقیان، م. ۱۳۹۶. اثر محلولپاشی سالیسیلیک اسید بر صفات مورفوفیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز در شرایط تنش خشکی. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۹ (۳۴): ۴۷-۱۳۱.
- رمرودی، م. خمر، ع. ۱۳۹۲. اثرات متقابل محلولپاشی اسید سالیسیلیک و تیمارهای مختلف آبیاری بر برخی ویژگیهای کمی، کیفی و تنظیم کنندههای اسمزی ریحان. نشریه تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهان. ۱ (۱): ۳۲-۱۹.
- فرحبخش، ح. سالارپور غربا، ف. ۱۳۹۳. تأثیر تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر صفات ظاهری و فیزیولوژیکی گیاه رازیانه. مجله به زراعی کشاورزی. ۵: ۷۸۷-۷۷۶.

- کریمی، ر. هادی، ه. تاجبخش، ت. ۱۳۹۵. عملکرد علوفه‌ای سورگوم تحت شرایط کم‌آبی و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سولفات روی نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۶۲ (۲): ۱۶۹-۱۸۷.
- لاهوئی، م. سادات راستی ثانی، م. گنجعلی، ع. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر تنش خشکی بر صفات مورفوفیزیولوژیکی و فلئورسانس کلروفیل گیاهچه‌های لوبیا قرمز. نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران. ۵ (۱): ۱۱۶-۱۰۳.
- لاهوئی، م. رمضان نژاد. ر. گنجعلی، ع. ۱۳۹۲. اثر محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک روی برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ارقام حساس و مقاوم نخود تحت تنش خشکی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۵ (۱۲): ۳۶-۲۴.
- مداح، س. م. فلاحیان، ف. صباغ پور، س. ح. چلبیان، ف. ۱۳۸۵. اثر سالیسیلیک اسید بر عملکرد، اجزاء عملکرد و ساختار تشریحی گیاه نخود. مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی. ۷۰: ۶۱-۱.
- مدرس ثانوی، س. ع. م. کشاورز، ح. ۱۳۹۳. اثر سالیسیلیک اسید بر کلروفیل، برخی خصوصیات رشدی و عملکرد دو رقم کلزا. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۷ (۴): ۱۷۱-۱۶۱.
- نعمت‌اللهی، ا. جعفری، ع. ر. علیرضا باقری، ع. ۱۳۹۲. اثر تنش خشکی و سالیسیلیک اسید روی رنگدانه‌های فتوسنتزی و جذب عناصر غذایی ارقام زراعی آفتابگردان. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۵ (۱۲): ۵۱-۳۷.
- Asrar, A. W. A., & Elhindi, K. M. 2011.** Alleviation of drought stress of marigold (*Tagetes erecta*) plants by using arbuscular mycorrhizal fungi. Saudi journal of biological sciences. 18:93-98.
- EL-Tayeb, M. A. 2005.** Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regul. 45:215-224.
- Farooq, M., Basra S. M. A. Wahid, A. Ahmad, N. Saleem, B. A. 2009.** Improving the drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) by exogenous application of salicylic acid Journal of Agronomy and Crop Science. 195:237-246
- Farooq, M., Wahid, A. Kobayashi, N. Fujita, D. Basra, S. M. A. 2009.** Plant drought stress: effects, mechanisms and management in Sustainable agriculture. 29:153-188
- Fariduddin, Q., Hayat, S. and Ahmad, A. 2003.** Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity, and seed yield in Brassica juncea. Photosynthetica, 41: 281-284.
- Foyer, C. H., Fletcher, J. M. 2001.** Plant antioxidants: colour me healthy. Biologist (London, England). 48: 115-120.

**Georing, H. K., and Van Soest, P. J. 1970.** Forage Fiber Analyses; apparatus, reagents, procedures, and some application. USDA, Agric. Handb. 379. US. Gov. Print Office, Washington, DC.

**Ghai, N., Setia, R. C. Setia, N. 2002.** Effect of paclobutrazol and salicylic acid on chlorophyll content, hill activity and yield components in *Brescia napus* L. (cv. GSL-1) *Phytomorphol*, 52: 83-87.

**Hashempour, A., Ghasemzhad, M. Fotouhi, G. and Sohani, M. M. 2014.** The physiological and biochemical response to freezing stress olive plants treated with salicylic acid. *Russian Journal of Plant Physiology*, 61: 443-450.

**Hema, Y. and Shalendra. A. 2014.** An Analysis of Performance of Guar Crop in India., *Guar Cultivation Practices* p:17-31 Prepared by CCS National Institute of Agricultural Marketing and Jaipur for United States Department of Agriculture (USDA), New Delhi

**Khan, M. I. R., Iqbal, N. Masood, A. Per, T. S. And Khan, N. A. 2013.** Salicylic acid alleviates adverse effects of heat stress on photosynthesis through changes in proline production and ethylene formation. *Plant signaling & behavior*.8:462-479.

**Khan, M. I. R., Fatma, M., Per, T. S. Anjum, N. A., & Khan, N. A. 2015.** Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. *Frontiers in Plant Science*. 6: 462-479

**Kobraee, S. and Shamsi, K. 2012.** Effects of drought stress on dry matter accumulation and morphological traits in soybean. *International Journal of Biosciences* 10: 73-79.

**Khodary, S. E. A. 2000.** Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed Maizeplant. *International Journal of Biology*. 1: 3-13

**Lake, J. C., Leishman, M. R. 2004.** Invasion success of exotic plants in natural ecosystems: the role of disturbance, plant attributes and freedom from herbivores *Biological conservation*. 117: 215-226.

**Lawlor, D. W. and Cornic, G. 2002.** Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant cell and Environment*, 25: 275-294.

**Lichtenthaler, H. K. 1987.** Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods Enzymol*. 148:350-382.

**Lichtenthaler, H., and Wellburn, A. 1983.** Determinations of total carotenoids and chlorophylls b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*, 11: 591-592.

**Lim, C. M., Baek, W. Jung, J. Kim, J. H. and Lee, S. H. 2015.** Function of ABA in stomatal defense against biotic and drought stresses. *International journal of molecular sciences*. 16: 15251-15270.

**Loreto, F. and Centritto, M. 2008.** Leaf carbon assimilation in a water limited world. *Plant biosystems*. 142:154-161

**Miura, K., and Tada, Y. 2014.** Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. *Frontiers in p s*, 5: 4

**Noctor, G., Mhamdi, A. and Foyer, C. H. 2014.** The roles of reactive oxygen metabolism in drought: not so cut and dried. *Plant Physiology*.10:113.

**Obidiegwu, J. E., Bryan, G. J. Jones, H. G. & Prashar, A. 2015.** Coping with drought: stress and adaptive responses in potato and perspectives for improvement. *Frontiers in Plant Science*. 6: 542.

**Parent, B., Hachez, C. Redondo, E. Simonneau, T. Chaumont, F. and Tardieu, F. 2014.** Drought and abscisic acid effects on aquaporin content translate into changes in hydraulic conductivity and leaf growth rate: a trans-scale approach. *Plant Physiol*. 149:108.

**Saruhan, N., Saglam, A. and Kadioglu, A. 2012.** Salicylic acid pretreatment induces drought tolerance and delays leaf rolling by inducing antioxidant systems in maize genotypes. *Acta Physiologiae Plantarum*. 34:97-106.

**Srivastava, M. K. and Dwivedi, U. N. 2000.** Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. *Plant Science*. 158: 87–96.

**Sanda, S., Yoshida, K. Kuwano, M. Kawamura, T. Nakajima, Y. Akashi, K. and Yokota, Y. 2011.** Responses of the photosynthetic electron transport system to excess light energy caused by water deficit in wild watermelon. *Physiologia Plantarum*:142: 247-264.

**Takeda, T., Yokota, A. and Shigeoka, S. 1995.** Resistance of photosynthesis to hydrogen peroxide in algae. *Plant Cell Physiology*. 36: 1089–1095.

**Yadav, R. S., Hash, C. T. Bidinger, F. R. Devos, K. M. Howarth. C. J. 2004.** Genomic regions associated with grain yield and aspects of postflowering drought tolerance in pearl millet across environments and tester background, *Euphytica* 136: 265–277.