نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۴ شمارهٔ۲، صفحهٔ ۱۱۰-۹۹، نیمهٔ دوم ۱۳۹۲

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 4, No. 2, 2013, p. 99-110

تأثیر سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی، صفات رشد و برخی از پارامترهای فیزیولوژیک دو ژنوتیپ نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط تنش خشکی

مریم شوریابی[1*]، پروانه ابریشم‌چی[2] و علی گنجعلی[2]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد فیزیولوژی گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- اعضای هیئت علمی گروه زیست‌شناسی، دانشکدهٔ علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۵/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۲/۲۷

چکیده

سالیسیلیک اسید (SA) یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی است که نقش آن در مسیر پیام‌رسانی در پاسخ به تنش‌های مختلف زیستی و غیرزیستی تأیید شده است. به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف SA بر صفات مورفوفیزیولوژیک مربوط به مراحل جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای دو ژنوتیپ نخود، دو آزمایش جداگانه در پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد در سال۱۳۸۸ صورت گرفت. آزمایش اول با چهار غلظت SA (۰، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵میلی‌مولار) و چهار سطح تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن‌گلایکول ۶۰۰۰ (۰، ۴-، ۸- و ۱۲-بار) و آزمایش دوم با سه غلظت SA شامل: ۰، ۰/۵و ۱میلی‌مولار و دو شرایط تنش خشکی (۲۵درصد ظرفیت زراعی) و بدون تنش (۱۰۰درصد ظرفیت زراعی) انجام شد. هر دو آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط کنترل‌شده انجام شد. در آزمایش اول، بذور قبل از کشت در محلولSA با غلظت‌های مختلف خیسانده شدند و جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. در آزمایش دوم، دو هفته بعد از کاشت بذرها، محلول سالیسیلیک اسید (۰/۵ و ۱میلی‌مولار) و آب‌مقطر (به‌عنوان شاهد) بر روی برگ‌ها اسپری شدند. این تیمار با فواصل۱۰روز و در مجموع، سه‌بار انجام شد. نتایج نشان داد تنش خشکی در مرحلهٔ جوانه‌زنی، درصد و سرعت جوانه‌زنی را کاهش داد. پیش‌تیمار بذور با محلول SA نیز موجب کاهش جوانه‌زنی شد، درصورتی‌که SA در مرحله گیاهچه‌ای تا حدی توانست رشد گیاهچه‌ها را (به‌ویژه در ژنوتیپ MCC414) بهبود بخشد. تنش خشکی رشد اندام هوایی و ریشه، پتانسیل آب و مقدار کلروفیل کُل را کاهش داد، ولی مقاومت روزنه‌ای را افزایش داد. در شرایط تنش خشکی، استفاده از SA، از طریق افزایش قطر ریشه و تعدیل رشد طولی اندام هوایی، مجموع طول ریشه‌ها و نسبت ریشه به ساقه (R/S) توانست در بهبود صفات رشدی، مؤثر واقع شود. از طرف دیگر، این تنظیم‌کنندهٔ رشد، در غلظت‌های مختلف ۰/۵و ۱میلی‌مولار توانست در شرایط تنش خشکی، پتانسیل آب برگ را بهبود بخشد. در این آزمایش، ژنوتیپ MCC414 در مقایسه با MCC361 از حساسیت به خشکی بیشتری برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: پارامترهای رشد، تنش خشکی، جوانه‌زنی، رشد گیاهچه‌ای، سالیسیلیک اسید، نخود، *Cicer arietinum* L.

مقدمه

نخود (*Cicer arietinum* L.) یکی از اولین بقولات دانه‌ای است که در دنیای قدیم، اهلی شده و درحال‌حاضر در ۴۸کشور جهان با سطحی بیش از۱۱میلیون‌هکتار و تولیدی بیش از ۸میلیون‌تُن کشت می‌شود. این گیاه با داشتن پروتئین بالا (۲۴-۲۲درصد) می‌تواند به‌عنوان منبع پروتئین ارزان و مکمل پروتئین غلات، در سبد مصارف خانواده جای گیرد. خصوصیاتی همچون توانایی تثبیت نیتروژن، ریشه‌دهی عمیق و استفاده مؤثر از نزولات جوی، سبب شده است این گیاه نقش مهمی را در ثبات تولیدات زراعی ایفا نماید (Turner, 2001).

تنش خشکی، محدودکنندهٔ جوانه‌زنی، رشد و عملکرد گیاهان است. کاهش درصد جوانه‌زنی بذور ماش در شرایط تنش خشکی توسط De & Kar (1995) گزارش شده است. Turk *et al*, (2004) کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور عدس را تحت تنش خشکی گزارش کردند. در کشور ما نیز به‌دلیل موقعیت خاص جغرافیایی، عوامل تنش‌زا در تولید محصولات کشاورزی، تأثیر منفی زیادی دارند. کاهش جهانی عملکرد نخود ناشی از تنش خشکی، ۳/۷میلیون‌تُن برآورد شده است و پیش‌بینی می‌شود که ۲/۱میلیون‌تُن آن را بتوان از طریق به‌کارگیری روش‌های اصلاح‌نژاد و استفاده از ارقام مناسب و مقاوم به خشکی، جبران کرد. بر اساس مطالعات انجام‌شده، از بین عوامل مختلف ایجادکنندهٔ تنش، مانند

*نویسندهٔ مسئول: تلفن: ۳۳۳۱۲۸۰-۰۵۵۱، همراه: ۰۹۱۵۱۵۴۰۲۹۹
hamraz1211@gmail.com

بیماری‌ها، آفات، علف‌های‌هرز، شوری و سرما، خشکی به‌تنهایی عملکرد گیاه نخود را تا ۴۵درصد کاهش می‌دهد. در شرایطی که گیاه با تنش خشکی مواجه می‌شود، علاوه بر تغییرات فیزیولوژیک که در اثر کمبود آب در گیاه ایجاد می‌شود، آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از تنش نیز جزء عوامل مهم محدودکنندهٔ رشد و تولیدات گیاهی محسوب می‌شوند (Allen, 1995). در این ارتباط، ایجاد مقاومت به خشکی در گیاه به‌عنوان بخشی از یک راهکار تلفیقی، عملی‌ترین و اقتصادی‌ترین روش برای کاهش اثرات تنش می‌باشد.

یکی از ترکیباتی که در ایجاد تحمل و مقاومت در برابر تنش خشکی در گیاه مؤثر است، ترکیب شبه‌هورمونی سالیسیلیک اسید (Salicylic acid) است. سالیسیلیک اسید (SA)، یک ترکیب فنلی گیاهی است که به‌عنوان یک هورمون گیاهی و تنظیم‌کنندهٔ رشد، شناخته شده و نقش آن در ارتباط با مکانیسم‌های دفاعی در برابر عوامل استرس‌زای زیستی و غیرزیستی، به‌خوبی مشخص شده است. این ماده در کاهش آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از تنش درگیاهان و توسعه استراتژی‌های ضد تنش در سلول‌های گیاهی، نقش مؤثری دارد. سالیسیلیک اسید باعث افزایش مقاومت گیاه در برابر آسیب‌های ناشی از تنش خشکی می‌شود و رشد گیاه را در این شرایط بهبود می‌بخشد (Hayat & Ahmad, 2007). سالیسیلیک اسید، در گیاهانی که با این هورمون تیمار شده‌اند، باعث تحریک جوانه‌زنی، افزایش محتوی رطوبت نسبی آب، وزن خشک، فعالیت کربوکسیلازی روبیسکو و افزایش میزان کلروفیل شده است (Singh & Usha, 2003). بررسی‌ها مؤید آن است که در شرایط تنش خشکی، سالیسیلیک اسید علاوه بر تأثیر بر رشد گیاه، میزان تعرق، تنظیم روزنه‌ای، فتوسنتز و جذب و انتقال یون‌ها را نیز بهبود می‌بخشد (Hayat & Ahmad, 2007). اعتقاد بر این است که SA می‌تواند به‌عنوان یک تنظیم‌کنندهٔ بالقوه برای بهبود رشد در شرایط کمبود آب مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به موارد فوق، مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی، صفات رشد و برخی از پارامترهای فیزیولوژیک و بهبود تحمل به خشکی ارقام نخود انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش اول: جوانه‌زنی

این آزمایش در پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد در سال۱۳۸۸ صورت گرفت. به این منظور، بذرهای دو ژنوتیپ نخود شامل MCC414 (تیپ دسی) و MCC361 (تیپ کابلی) از بانک بذر پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه شدند. بعد از ضدعفونی، بذرها به‌مدت۲۰ساعت در غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید شامل ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵میلی‌مولار و آب‌مقطر به‌عنوان شاهد، خیسانده شدند. سپس برای کشت داخل پتری‌دیش‌های سترون دارای کاغذ صافی قرار گرفتند. تنش خشکی با استفاده از پلی‌اتیلن‌گلایکول ۶۰۰۰، مطابق روش Michel & Kaufmann (1973) ایجاد شد. برای پتانسیل آب معادل صفربار، از آب‌مقطر (شاهد) استفاده شد. به هر پتری، ۵میلی‌لیتر محلول PEG با پتانسیل‌های ۴- ، ۸- ، ۱۲-بار و برای پتانسیل صفربار، آب‌مقطر اضافه شد. پس از اعمال تیمارها، ظروف توسط پارافیلم پوشیده و پتری‌ها در ژرمیناتور در دمای ۲۵درجهٔ سانتی‌گراد و در تاریکی به‌مدت یک هفته قرار داده شدند.

درصد و سرعت جوانه‌زنی به‌ترتیب بر اساس معادله۱ و ۲ محاسبه شدند.

$$GP\% = \sum \frac{ni}{N} \times ۱۰۰$$ معادلهٔ (۱)

$$R_{50} = 1/D_{50}$$ معادلهٔ (۲)

در معادلات بالا، GP: درصد جوانه‌زنی، ni: تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز i ام، N: تعداد کل بذرها، R_{50}: سرعت جوانه‌زنی (day^{-1}) و D_{50}: زمان طی‌شده تا رسیدن درصد تجمعی جوانه‌زنی در هر تیمار به ۵۰درصد، می‌باشد. ساقه‌چه و ریشه‌چه پس از تفکیک به‌مدت ۲۴ساعت در آون ۵۰°C قرار داده شدند و وزن‌خشک آنها با ترازوی دقیق آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۰۱گرم تعیین شد.

آزمایش دوم: مرحله گیاهچه‌ای

در این مرحله، بذرها در گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانهٔ۳۰سانتی‌متر که با خاک و ماسه به نسبت ۲ به ۱ پُر شده بودند، کشت شدند و سپس در اتاقک رشد با شرایط کنترل‌شده (در ماه اول در شب و روز به‌ترتیب دمای ۲۱ و ۸درجهٔ سانتی‌گراد، ۱۲/۵ساعت روشنایی و ۱۱/۵ساعت تاریکی و در ماه دوم، دمای ۲۷ و ۱۲درجهٔ سانتی‌گراد، ۱۳ساعت روشنایی و ۱۱ساعت تاریکی) مطابق شرایط مناطق کاشت، قرار گرفتند. در هر گلدان، پنج عدد بذر کشت شد. سطوح رطوبتی شامل تنش خشکی (۲۵درصد ظرفیت زراعی) و شاهد (۱۰۰درصد ظرفیت زراعی) بر اساس‌درصد رطوبت وزنی ایجاد شدند و از طریق توزین روزانهٔ گلدان‌ها و تأمین کسری رطوبت مورد نظر، میزان رطوبت گلدان‌ها در طول دوره رشد به‌طور ثابت در مقادیر تعیین‌شده، حفظ شد. دو هفته بعد از کاشت، گیاهان با محلول سالیسیلیک اسید (۰/۵ و ۱میلی‌مولار) و

آب‌مقطر (به‌عنوان شاهد) بر روی برگ‌ها اسپری شدند، به‌اندازه‌ای‌که محلول از انتهای برگ‌ها جاری شد. این تیمارها با فواصل۱۰روز و در مجموع، سه‌بار در طول دورهٔ رشد روی گیاهان انجام شد. به‌این‌ترتیب، آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در زمان۱۰روز پس از آخرین تیمار، با ظاهرشدن گُل‌ها، گلدان‌ها تخریب و گیاهان به دو بخش ریشه و اندام هوایی برای بررسی‌های بعدی (اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک) تقسیم شدند.

اندازه‌گیری طول، وزن‌خشک ساقه و ریشه

طول اندام هوایی و طول بلندترین ریشه (ریشه اصلی) با استفاده از خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن‌خشک، نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ساعت در آون با دمای۷۰درجهٔ سانتی‌گراد خشک شدند و سپس با ترازوی دقیق آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۰۱گرم توزین و وزن‌خشک اندام هوایی، ریشه و کل گیاه ثبت شد.

اندازه‌گیری سطح برگ

برای اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (ساخت شرکت ADC انگلستان، مدلLight Box) استفاده شد. برگ‌های مرکب نخود از ساقه جدا شدند و در صفحه‌های مخصوص چیده و روی دستگاه برای اندازه‌گیری سطح قرار داده شدند و نهایتاً سطح برگ‌ها بر حسب سانتی‌مترمربع برای هر گیاه تعیین شد.

اندازه‌گیری سطح، قطر و مجموع طول ریشه‌ها

سطح، قطر و مجموع طول ریشه‌ها با استفاده از دستگاه اسکنر متصل به کامپیوتر (دستگاه اندازه‌گیری ریشه) ساخت شرکت Delta–T انگلستان اندازه‌گیری شد.

روش سنجش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل کل)

برای سنجش میزان کلروفیل کل (مجموع کلروفیلa و b) از روش Arnon (1949) استفاده شد. به‌این‌منظور، ۰/۲گرم برگ با ۴میلی‌لیتر استن ۸۰درصد، در هاون چینی به‌خوبی سائیده شد و پس از رسیدن به حجم ۸میلی‌لیتر، توسط استن ۸۰درصد به‌مدت ۵دقیقه با۳۰۰۰دور در دقیقه سانتریفوژ شد. سپس جذب روشناور در طول موج‌های ۶۶۳/۲ ، ۶۴۶/۸ و ۴۷۰نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر مدلPlus-3000 و استن ۸۰درصد به‌عنوان شاهد اندازه‌گیری شد.

میزان کلروفیل کل (*TChl*) از معادلات زیر محاسبه گردید.

$$\text{کلروفیل b (mg g}^{-1}\text{ F.W)} = 21.21A_{647} - 5.1A_{664}$$

$$\text{کلروفیل a (mg g}^{-1}\text{ F.W)} = 12.25A_{664} - 2.79A_{647}$$

$$\text{کلروفیل کل (mg g}^{-1}\text{ F.W)} = \text{chla} + \text{chlb}$$

A_{647}: میزان جذب نوری در طول موج ۶۴۷نانومتر، A_{664}: میزان جذب نوری در طول موج ۶۶۴نانومتر، A_{470}: میزان جذب نوری در طول موج۴۷۰نانومتر می‌باشد.

اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ

به‌منظور اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ، قبل از تخریب گلدان‌ها، یک برگ مرکب از رأس گیاه بریده و در دستگاه اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ (مدلMRC) قرار داده شد. عدد مربوط به پتانسیل آب برگ بر حسب‌بار از روی دستگاه، یادداشت شد.

اندازه‌گیری مقاومت روزنه‌ای

اندازه‌گیری مقاومت روزنه‌ای در برگ‌های جوان با استفاده از دستگاه پرومتر مدل AP4 (DELTA-T DEVICES-U.K.) برحسب ثانیه بر سانتی‌متر انجام شد.

آنالیز آماری

برای پردازش داده‌ها از نرم‌افزارهای رایانه‌ای JMP و MStat-C و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن ($P\leq$ ۰/۰۵) استفاده شد.

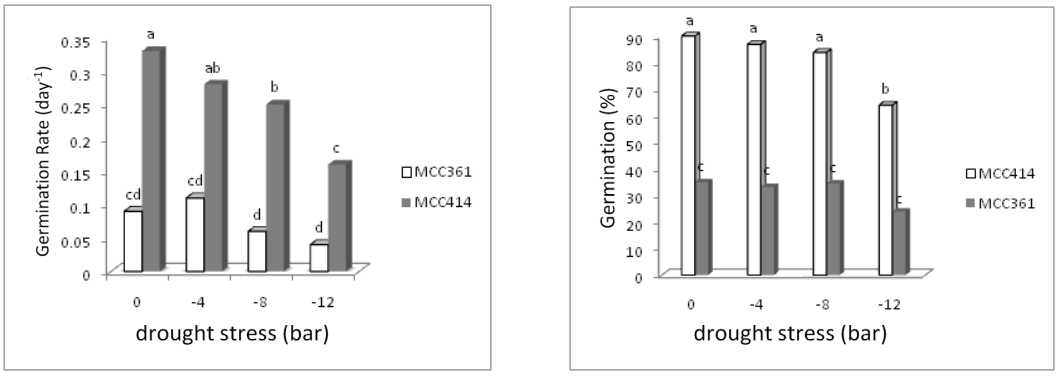
نتایج و بحث

مرحله جوانه‌زنی

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های مربوط به‌درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها نشان داد که تنش خشکی تا ۸-بار تأثیر معنی‌داری بردرصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها نداشت، ولی اختلاف معنی‌داری میان ژنوتیپ‌ها از نظردرصد جوانه‌زنی وجود داشت. در تمامی‌سطوح خشکی، ژنوتیپMCC414 ازدرصد جوانه‌زنی بالاتری برخوردار بود. سرعت جوانه‌زنی در هر دو ژنوتیپ، با افزایش تنش خشکی کاهش یافت، منتهی کاهش شیب سرعت جوانه‌زنی با افزایش تنش خشکی در ژنوتیپMCC414 بیشتر بود. به‌نظر می‌رسد درصد و سرعت جوانه‌زنی در ژنوتیپMCC361 از ثبات نسبی بالاتری نسبت به ژنوتیپMCC414 در مواجه با تنش خشکی برخوردار است. شاید بخشی از این رفتار به تیپ بذر کابلی در مقابل دسی مربوط باشد.

استفاده از SA در شرایط تنش خشکی، تأثیر معنی‌داری بر سرعت و درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها نداشت (شکل ۲). در

یک بررسی مشابه، تیمار بذور کلزا با سالیسیلیک اسید تحت تنش خشکی و حضور اتیلن، موجب کاهش‌درصد جوانه‌زنی شد (Mazaheri Tirani & Kalantari, 2006). در بسیاری از دانه‌ها، نقش اتیلن به‌عنوان محرک جوانه‌زنی گزارش شده است، اما برخی تحقیقات نشان می‌دهد اسید سالیسیلیک نقش مهارکنندگی در بیوسنتز اتیلن دارد و این اثر را از طریق تأثیر بر آنزیمACCسنتتاز اِعمال می‌نماید. این احتمال می‌رود که کاهش‌درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها با تیمار SA، ناشی از مهار بیوسنتز اتیلن باشد (Raskin, 1992). همچنین اسید سالیسیلیک از طریق القای سنتز ABA، از جوانه‌زنی بذر جلوگیری می‌کند (Wu *et al.*, 1998).



(ب) (الف)

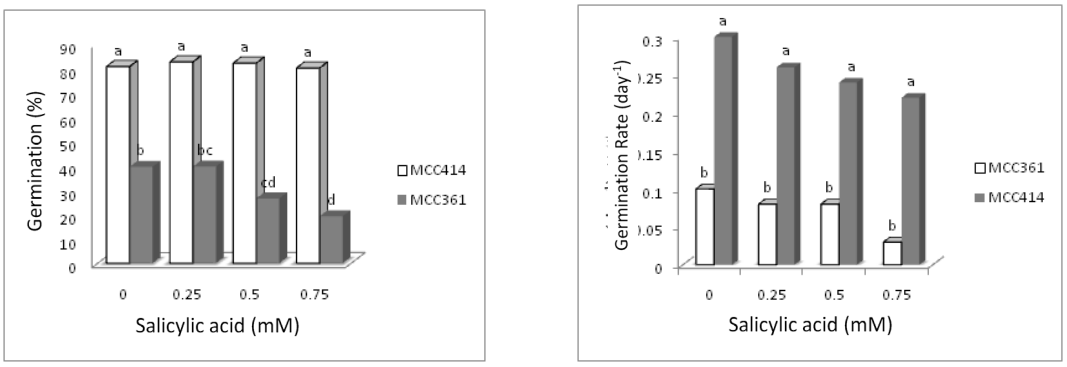
شکل۱- مقایسه تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر درصد (الف) و سرعت (ب) جوانه‌زنی بذرهای دو ژنوتیپ نخود

ستون‌های دارای حرف یا حروف مشترک، از لحاظ آماری طبق آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤ ۰/۰۵).

Fig. 1. Effect of drought stress on percentage (a) and rate (b) of germination in two chickpea genotypes

Values labeled with the same letter are not different at the 5% significance level.

کاهش قابل‌توجه درصد جوانه‌زنی ژنوتیپMCC361 نسبت به ژنوتیپMCC414 حتی در تیمار شاهد، به خصوصیات ژنتیکی این دو نوع بذر مربوط می‌شود. نتایج پیش‌تیمار بذرها با غلظت‌های مختلف SA در دو ژنوتیپ، متفاوت بود که احتمالاً به خصوصیات متفاوت فیزیکی و شیمیایی آنها از جمله شکل بذر، پوسته بذر و... مربوط می‌شود.



(ب) (الف)

شکل۲- مقایسه تأثیر سالیسیلیک اسید (SA) بر درصد (الف) و سرعت (ب) جوانه‌زنی بذرهای دو ژنوتیپ نخود

ستون‌های دارای حرف یا حروف مشترک، از لحاظ آماری طبق آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤ ۰/۰۵).

Fig. 2. Effect of SA on percentage (a) and rate (b) of germination in two chickpea genotypes

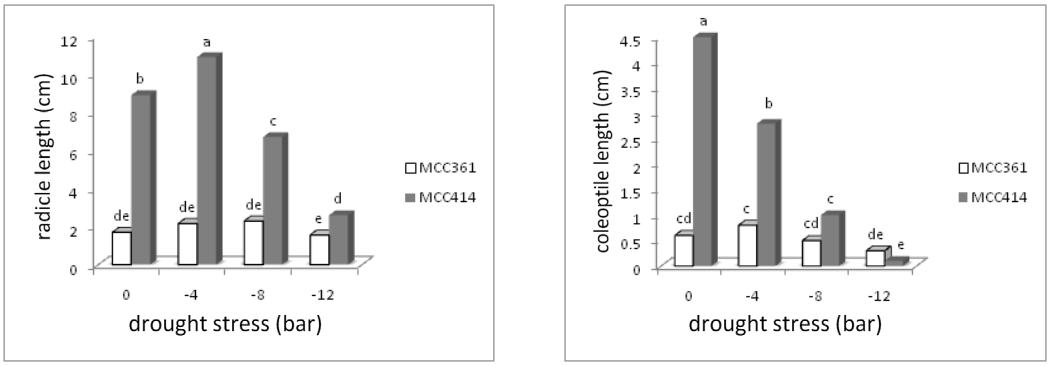
Values labeled with the same letter are not different at the 5% significance level.

نتایج مقایسه میانگین مشاهدات مربوط به طول ساقه‌چه و ریشه‌چه نشان داد که با افزایش تنش خشکی از ۴- تا ۱۲- بار، طول ساقه‌چه به‌شدت کاهش یافت (شکل ۳-ب)، ولی طول ریشه‌چه در تنش ۴-بار نسبت به سایر سطوح تنش خشکی، افزایش معنی‌داری پیدا کرد. احتمالاً تنش خشکی متعادل (۴- بار) می‌تواند محرک افزایش رشد طولی ریشه باشد.

همان‌طورکه قبلاً نیز اشاره شد، صفات مربوط به جوانه‌زنی ژنوتیپMCC361 در مواجه با تنش خشکی از ثبات نسبی بالاتری برخوردار بود و باوجود کاهش طول ریشه‌چه با تنش خشکی، این کاهش معنی‌دار نبود (شکل ۳-الف).

کاهش رشد اجزای گیاهچه (ریشه‌چه و ساقه‌چه) در خشکی و شوری در سایر تحقیقات در مورد بذور عدس (Turk *et al.*, 2004)، ماش (De & Kar, 1995) و نخودفرنگی (Okcu *et al.*, 2005) نیز گزارش شده و در این بررسی‌ها شدت کاهش رشد بسته به نوع رقم، متفاوت بوده است. تفاوت در پاسخ ژنوتیپ‌های مختلف، می‌تواند به‌دلیل عوامل مختلفی از جمله جذب کمتر آب در ارقام حساس، اندازه بذور و ویژگی پوستهٔ بذر آنها باشد (Das & Zaidi, 1996).

این مشاهدات با نتایج Kafi & Masoomi (2005) مطابقت دارد. این محققان بیشترین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه ژنوتیپ‌های نخود را در شرایط عدم تنش و تنش ۰/۴- مگاپاسکال گزارش کردند. محققان دیگری نیز گزارش کردند بعضی از ژنوتیپ‌های نخود در پتانسیل ۰/۴-مگاپاسکال نسبت به شاهد (پتانسیل صفر)، طول ریشه‌چه بیشتری داشتند که این موضوع، تحریک ریشه‌دهی گیاه را در تنش‌های ضعیف نشان می‌دهد (Das & Zaidi, 1996).



(ب) (الف)

شکل۳- مقایسه تأثیر تنش خشکی بر طول ریشه‌چه (الف) و ساقه‌چه (ب) گیاهچه‌های دو ژنوتیپ نخود

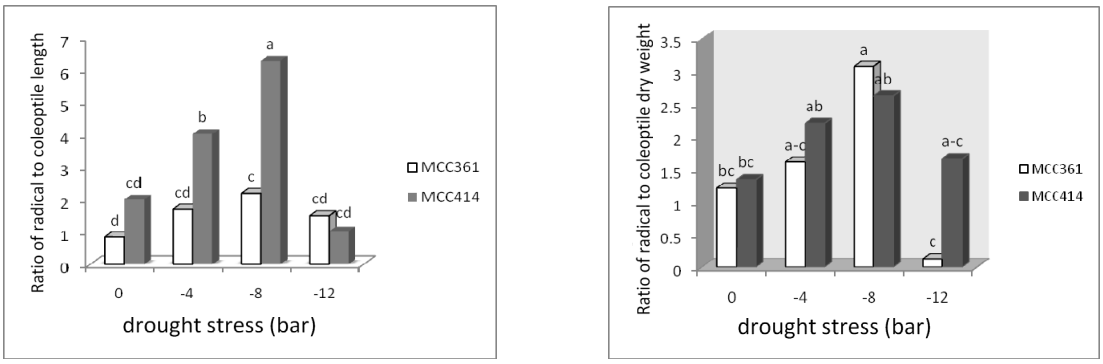
ستون‌های دارای حرف یا حروف مشترک، از لحاظ آماری طبق آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤ ۰/۰۵).

Fig. 3. Effect of drought stress on radicle (a) and coleoptile (b) length in seedlings of two chickpea genotypes

Values labeled with the same letter are not different at the 5% significance level.

نتایج بررسی‌ها نشان داد که در شرایط تنش، نسبت طول ریشه به طول ساقه‌چه در هر دو ژنوتیپ مورد مطالعه و نسبت وزن‌خشک ریشه‌چه به وزن‌خشک ساقه‌چه (R/S) تنها در ژنوتیپMCC361 به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۴). افزایش مقدارR/S بیانگر کاهش رشد ساقه‌چه نسبت به ریشه‌چه است. به عبارت دیگر، رشد ساقه‌چه به تنش، حساسیت بیشتری دارد و از طرفی با افزایش رشد ریشه‌چه، جذب بیشتر آب انجام خواهد شد. این نتایج با گزارش Turk *et al,* (2004) مبنی بر افزایش R/S در گیاهچه‌های عدس در شرایط تنش اسمزی، مطابقت دارد.

در این تحقیق تیمار SA در تنش خشکی ملایم (۴-بار)، بر خلاف سطوح شدیدتر خشکی (۸- و ۱۲-) توانست در ژنوتیپMCC414 طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه و در خشکی ۸-بار، نسبت وزن‌خشک ریشه‌چه به وزن‌خشک ساقه‌چه را افزایش دهد. نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه در ژنوتیپMCC361 در خشکی ۴-بار و با کاربرد SA افزایش یافت. مکانیسمی‌که توسط آن سالیسیلیک اسید، رشد ریشه و بخش هوایی را در برخی گیاهان افزایش می‌دهد، به‌خوبی شناخته نشده است، اما احتمال دارد که SA طویل‌شدن و تقسیم سلولی را به‌همراه سایر تنظیم‌کننده‌های رشد، از قبیل اکسین تنظیم نماید. در تأیید این احتمال می‌توان اشاره کرد که تیمار گیاه گندم با سالیسیلیک اسید، میزان تقسیم سلولی را در مریستم رأسی ریشه‌های اولیه و به‌دنبال آن، رشد طولی ریشه را افزایش داد (Shakirova & Sahabutdinova, 2003). همچنین، تأثیر بازدارنده اسید سالیسیلیک بر اکسیداسیون اکسین نیز گزارش شده است (Fariduddin *et al.*, 2003).



(ب) (الف)

شکل۴- مقایسه تأثیر تنش خشکی بر نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه (الف) و نسبت وزن‌خشک ریشه‌چه به وزن‌خشک ساقه‌چه (ب) گیاهچه‌های دو ژنوتیپ نخود

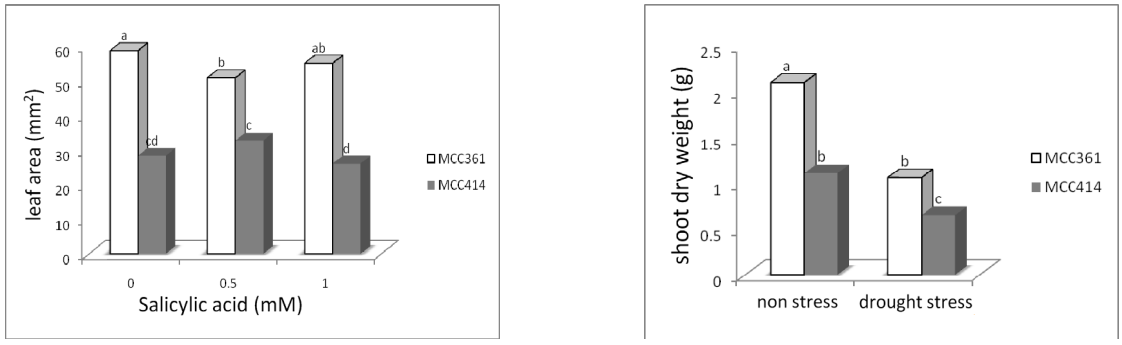
ستون‌های دارای حرف یا حروف مشترک، از لحاظ آماری طبق آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤ ۰/۰۵).

Fig. 4. Effect of drought stress on ratio of radical to coleoptile length (a) and radical to coleoptile dry weight (b) in seedlings of two chickpea genotypes

Values labeled with the same letter are not different at the 5% significance level.

مرحله گیاهچه‌ای

تنش خشکی (۲۵درصد ظرفیت زراعی) به‌طور معنی‌داری صفات مربوط به رشد اندام هوایی ژنوتیپ‌های نخود شامل ارتفاع بوته، وزن‌خشک اندام هوایی و سطح برگ را نسبت به تیمار شاهد کاهش داد (شکل ۵).



(ب) (الف)

شکل۵- مقایسه تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر وزن‌خشک اندام هوایی (الف) و سطح برگ (ب) دو ژنوتیپ نخود

ستون‌های دارای حرف یا حروف مشترک، از لحاظ آماری طبق آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤ ۰/۰۵).

Fig. 5. Effect of drought stress on shoot dry weight (a) and leaf area (b) in two chickpea genotypes

Values labeled with the same letter are not different at the 5% significance level.

در منابع علمی‌مختلف نیز کاهش ارتفاع گیاه بر اثر تنش‌های شوری و خشکی گزارش شده است. Niakan & Ghobanli (2007) کاهش ارتفاع گیاه را در دو رقم سویا در اثر تنش خشکی نشان دادند. محققان دیگر نیز بیان کردند تنش خشکی از طریق آسیب به سیستم فتوسنتزی، موجب کاهش رشد اندام هوایی می‌شود (Athar & Ashraf, 2005).

در تحقیق حاضر، کاربرد خارجی SA در هر دو ژنوتیپ نخود به‌همراه تنش خشکی، موجب کاهش سطح برگ شد؛ اگرچه این کاهش به لحاظ آماری، معنی‌دار نبود. کاهش سطح برگ، اولین خط دفاعی در برابر خشکی است؛ زیرا برگ‌های کوچک‌تر، آب کمتری را از طریق تعرق از دست می‌دهند و در این شرایط، راندمان مصرف آب افزایش می‌یابد (Jenks *et al.*, 2007). در تأیید حساسیت سطح برگ به خشکی، برخی از

محققان، کاهش سطح برگ سویا را در تنش خشکی گزارش کردند و علت این امر را کاهش تقسیم و توسعه سلولی و افت پتانسیل آب خاک دانستند (Zhang *et al.*, 2004). به‌طور مشابه، Wang *et al*, (2001) کاهش سطح برگ گیاه لوبیا را در شرایط تنش شوری و خشکی بیان کردند.

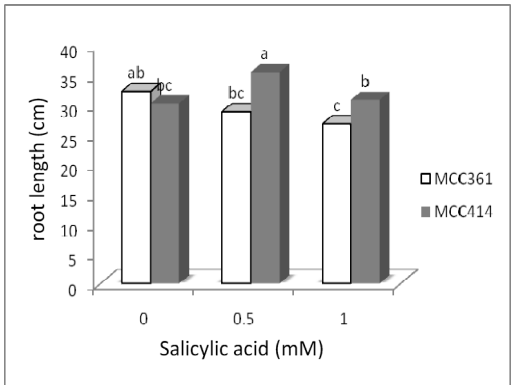
در مورد تأثیر تحریک و یا مهارکنندگی SA بر رشد، گزارش‌های مختلفی وجود دارد؛ برای مثال، Khan *et al*, (2003) نشان دادند که استفاده از SA، استیل سالیسیلیک اسید[1]، جنتیسیک اسید[2] و یا دیگر هم‌ساخت‌های SA، به‌تنهایی در گیاهان ذرت و سویا، وزن‌خشک و سطح برگ را افزایش می‌دهند، اما بر طول گیاه و طول ریشه تأثیر معنی‌داری ندارند.

در این بررسی، کاربرد SA در غلظت پایین (۰/۵میلی‌مولار)، طول ریشه را افزایش (در ژنوتیپMCC414) و در غلظت بالاتر (۱میلی‌مولار)، طول ریشه و مجموع طول ریشه‌ها به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۶).

محققان دیگری در مورد تأثیر غلظت‌های مختلف SA در شرایط طبیعی، گزارش کردند که حداکثر افزایش وزن‌خشک برگ‌های *Brassica juncea*، در غلظت 10^{-5}مولار SA مشاهده گردید و در غلظت‌های بالاتر، اثر بازدارندگی بر رشد دیده شد (Fariduddin *et al.*, 2003).

در این بررسی، تنش خشکی طول ریشه را در هر دو ژنوتیپ‌کاهش داد. با وجود طول بیشتر ریشه در ژنوتیپMCC414 نسبت به ژنوتیپ‌دیگر در تیمار شاهد، اما خشکی تأثیر محدودکنندهٔ شدیدتری بر طول ریشه در این ژنوتیپ داشت. به‌طور مشابه، در بررسی تأثیر تنش خشکی بر گیاه جو، کاهش رشد ریشه گزارش شد (Yassen *et al.*, 1993). Waseem *et al*, (2006)، کاهش وزن‌خشک ریشهٔ گندم را تحت تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن‌گلایکول گزارش کردند.

در این بررسی، صفات قطر، وزن، سطح و مجموع طول ریشه‌ها، در ژنوتیپMCC361 در تیمار شاهد بیشتر از ژنوتیپMCC414 بود. این مطلب، توسعه بهتر سیستم ریشه‌ای را در ژنوتیپMCC361 آشکار می‌سازد و این خود می‌تواند عاملی در جهت مقاومت بهتر این ژنوتیپ در مقابل خشکی باشد. در یک بررسی بر روی دو رقم سویا، مشخص شد که مکانیسم سازش مناسب‌تر رقم گرگان۳ نسبت به ویلیامز، می‌تواند به‌علت گسترش سیستم ریشه‌ای برای استفاده بهینه از آب باشد (Niakan & Ghobanli, 2007).



شکل ۶- تأثیر تیمار سالیسیلیک اسید بر طول ریشه در دو ژنوتیپ نخود

ستون‌های دارای حرف یا حروف مشترک، از لحاظ آماری طبق آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤ ۰/۰۵).

Fig .6. Effect of SA on root length in two chickpea genotypes

Values labeled with the same letter are not different at the 5% significance level.

Elshazly & Warboys (1989) نیز با بررسی ژنوتیپ‌های لوبیا، اظهار داشتند که طول مجموع ریشه‌ها می‌تواند به‌عنوان یک معیار مهم در گزینش ارقام مقاوم به خشکی مورد استفاده قرار گیرد.

در پژوهش حاضر، سایر صفات مربوط به رشد ریشه، مانند چگالی ریشه، نسبت سطح برگ به سطح ریشه و نسبت وزن‌خشک ریشه به وزن‌خشک اندام هوایی، تحت تأثیر تنش خشکی افزایش پیدا کردند. همچنین باید اشاره کرد که در این بررسی، طول و وزن‌خشک ریشه کمتر از بخش هوایی تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت.

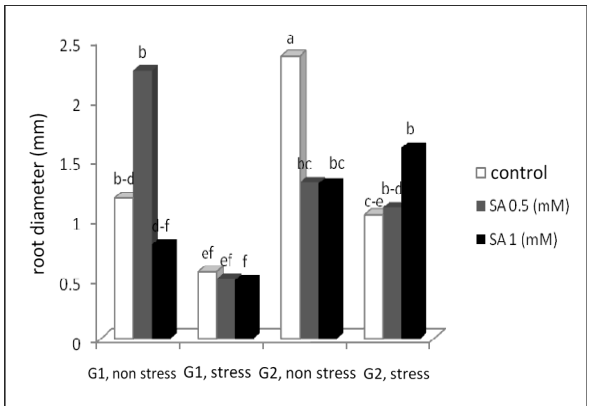
به‌طورکلی کاهش آب قابل‌دسترس، رشد اندام هوایی را بیشتر از سیستم ریشه‌ای تحت تأثیر قرار می‌دهد. در شرایط تنش، با افزایش میزان هورمون ABA و بسته‌شدن روزنه‌ها در برگ، کاهش سطح برگ‌ها و در نهایت کاهش فتوسنتز، وزن‌خشک بخش هوایی کاهش می‌یابد (Rodroagez *et al.*, 1997). به علاوه، به عقیدهٔ برخی محققان، در محیط تنش خشکی، گیاه مقدار بیشتری از کربن تثبیت‌شده را به ریشه‌ها اختصاص می‌دهد (Hayat & Ahmad, 2007). بنابراین می‌توان گفت تأثیر منفی خشکی بر رشد ریشه در مقایسه با اندام هوایی، کمتر است و به‌علاوه در تنش خشکی ملایم، تا حدی سیستم ریشه‌ای گسترش می‌یابد.

اثر تحریک‌کنندگی SA بر فعالیت میتوزی سلول‌های مریستم رأس ریشه تأیید شده است (Hayat & Ahmad, 2007). گزارش‌های متفاوتی در مورد تأثیر SA بر صفات

[1] Acetyl Salicylic Acid
[2] Gentisic Acid

مختلف ریشه وجود دارد؛ برای مثال پژوهش Eraslan *et al*, (2007) نشان داد تیمار سالیسیلیک اسید موجب بهبود کاهش وزن‌خشک ریشهٔ ذخیره‌ای هویج ناشی از تنش شوری توأم با سمیت بُر گردید. از طرف دیگر، Pancheva *et al*, (1996) بیان داشتند که با افزایش غلظت SA، بر تأثیر مهاری آن بر رشد برگ‌ها و ریشه‌ها در گیاهچه‌های جو افزوده شده است. در مطالعهٔ دیگری مشخص شد که در شرایط تنش خشکی، کاربرد خارجی SA با غلظت ۵میلی‌گرم بر لیتر از طریق محیط ریشه، وزن‌خشک ریشه را در گندم افزایش داد (Waseem *et al.*, 2006).

در بررسی حاضر، کاربرد خارجی SA در شرایط خشکی، تأثیر معنی‌داری بر صفات مربوط به رشد ریشه نداشت. تنها در مورد قطر ریشه، SA توانست در ژنوتیپMCC361 این صفت را در شرایط تنش در مقایسه با شرایط بدون تنش افزایش دهد (شکل ۷).



شکل ۷- نتایج برهمکنش سالیسیلیک اسید، ژنوتیپ و تنش خشکی بر قطر ریشه، در ژنوتیپ‌های نخود (G2= MCC361 و G1= MCC414)

ستون‌های دارای حرف یا حروف مشترک، از لحاظ آماری طبق آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤ ۰/۰۵).

Fig. 7. Effect of SA, genotype and drought stress on root diameter in two chickpea genotypes (G1= MCC414, G2= MCC361)

Values labeled with the same letter are not different at the 5% significance level.

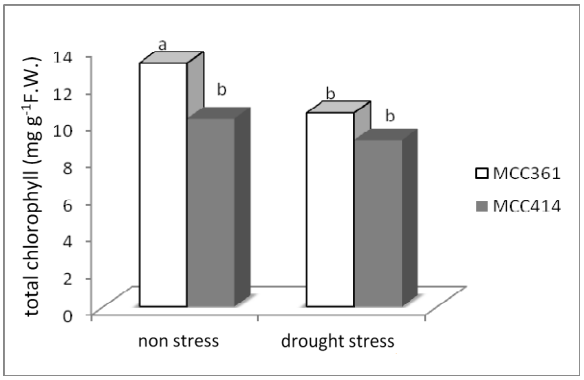
نتایج حاصل از آنالیز واریانس و مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد تنش خشکی در ژنوتیپMCC361، به‌صورت معنی‌داری مقدار کلروفیل کُل را به‌میزان ۲۰درصد کاهش داد (P≤ ۰/۰۵)؛ درصورتی‌که در ژنوتیپMCC414 تأثیری بر این پارامتر نداشت (P≤ ۰/۰۵) (شکل۸). در ژنوتیپMCC414، تحت تنش خشکی و در شرایط کنترل، اسید سالیسیلیک با غلظت‌های مختلف، اثر معنی‌داری بر مجموع کلروفیل a و b نداشت. در مقابل، در ژنوتیپMCC361، SA با غلظت ۰/۵میلی‌مولار، به‌طرز قابل‌توجهی مجموع این دو رنگیزه را به‌میزان ۱/۶بار کاهش داد (P≤ ۰/۰۵).

کاهش میزان کلروفیل در پاسخ به خشکی، در آفتابگردان نیز گزارش شده است (Kiani *et al.*, 2008). علت کاهش کلروفیل به عقیدهٔ Havaux (1988)، افزایش میزان ROS در شرایط تنش خشکی است. همچنین Rao & Rao (1981) گزارش کردند در شرایط تنش شوری به‌دلیل عدم پایداری کمپلکس‌های پروتئینی و افزایش فعالیت آنزیم تجزیه‌کنندهٔ کلروفیل، کلروفیلاز، میزان کلروفیل کاهش می‌یابد.

پتانسیل آب برگ در هر دو ژنوتیپ نخود در شرایط تنش خشکی، کاهش یافت (شکل ۹). Hayat & Ahmad (2007) اُفت پتانسیل آب، کاهش شدت تعرق و میزان نیترات منتقل‌شده توسط جریان آب در آوندهای چوبی را که باعث کاهش مقدار نیترات و فعالیت نیتراتردوکتاز در برگ‌های گندم می‌شود، از علایم تنش خشکی اعلام نمودند.

در این مطالعه، کاربرد خارجی SA به‌تنهایی، پتانسیل آب برگ را در ژنوتیپMCC361 نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۹) و در شرایط تنش خشکی، کاربرد SA نسبت به شاهد در هیچ‌یک از دو ژنوتیپ نخود، تأثیر معنی‌داری بر پتانسیل آب برگ نداشت. باوجود این موضوع، Szepesi *et al*, (2005) نشان دادند که در گیاه گوجه‌فرنگی در شرایط تنش اسمزی و شوری، تیمار SA موجب افزایش پتانسیل آب شد. این محققان علت این امر را تأثیر SA بر تجمع اسمولیت‌های آلی و غیرآلی دانستند که به این طریق در پی تجمع این ترکیبات و تغییر پتانسیل، سلول آب جذب می‌کند.

نتایج این مطالعه نشان داد مقاومت روزنه‌ای در شرایط تنش خشکی، به‌شدت افزایش می‌یابد؛ اما شدت این افزایش در ژنوتیپMCC361 بسیار بیشتر از ژنوتیپMCC414 بود. دلیل افزایش مقاومت روزنه‌ای، بسته‌شدن روزنه‌ها است که به این طریق از خروج آب ممانعت می‌شود. تغییرات فیزیولوژیک سریع مانند لوله‌ای‌شدن برگ‌ها، کاهش سطح برگ و افزایش مقاومت روزنه‌ای، جزو مکانیسم‌های اجتناب از تنش خشکی معرفی شده‌اند (Szepesi *et al.*, 2005). به‌طور مشابه، بررسی پاسخ‌های فیزیولوژیک گیاه نخود در شرایط تنش خشکی نیز نشان داد که خشکی موجب افزایش مقاومت روزنه‌ای می‌شود (Larque-Saavedra, 1979).

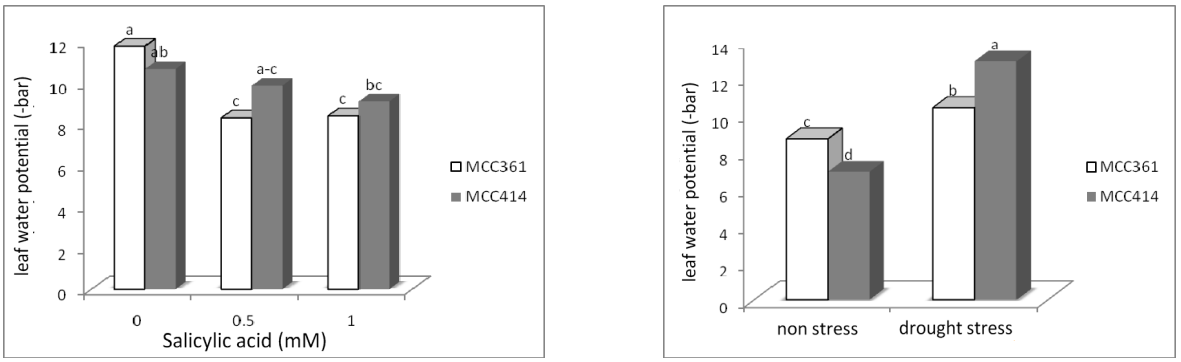


شکل ۸- مقایسهٔ تأثیر تنش خشکی بر میزان کلروفیل کُل در برگ ژنوتیپ‌های نخود (G1= MCC414 و G2= MCC361)

ستون‌های دارای حرف یا حروف مشترک، از لحاظ آماری طبق آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤ ۰/۰۵).

Fig. 8. Effect of drought stress on total chlorophyll in two chickpea genotypes (G1= MCC414, G2= MCC361)

Values labeled with the same letter are not different at the 5% significance level.



شکل ۹- مقایسه تأثیر تنش خشکی (الف) و سطوح مختلف سالیسیلیک اسید (ب) بر پتانسیل آب برگ ژنوتیپ‌های نخود

ستون‌های دارای حرف یا حروف مشترک، از لحاظ آماری طبق آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند (P≤ ۰/۰۵).

Fig. 9. Effect of drought stress (a) and SA (b) on leaf water potential in two chickpea genotypes

Values labeled with the same letter are not different at the 5% significance level.

نتایج مطالعه حاضر مؤید این است که تیمار SA تأثیری بر مقاومت روزنه‌ای ژنوتیپ‌ها نداشت. در تأیید نتیجهٔ به‌دست‌آمده، مطالعه Khan *et al,* (2003) در گیاهان ذرت و سویا بین گیاهان تیمار شده با SA و کنترل، تفاوت معنی‌داری در مقاومت روزنه‌ای مشاهده نشد. شواهد موجود نشان می‌دهند که تیمار SA بر روی برگ‌های لوبیا، از طریق افزایش میزان ABA، بسته‌شدن روزنه‌ها را القا کرده و مقاومت روزنه‌ای را افزایش می‌دهد (Larque-Saavedra, 1978).

نتیجه‌گیری

تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر سرعت، درصد جوانه‌زنی و خصوصیات رشد هر دو ژنوتیپ نخود داشت. پیش‌تیمار بذور با محلول SA، نه‌تنها بر بهبود جوانه‌زنی تأثیری نداشت، بلکه موجب کاهش آن نیز شد؛ بااین‌حال، SA در مرحلهٔ گیاهچه‌ای تا حدی توانست رشد گیاهچه‌ها را (به‌ویژه در ژنوتیپMCC414) بهبود بخشد. تنش خشکی رشد اندام هوایی و ریشه، پتانسیل آب برگ و مقدار کلروفیل کُل را نیز در هر دو ژنوتیپ‌کاهش داد. کاربرد خارجی SA در شرایط تنش خشکی، احتمالاً از طریق افزایش قطر ریشه، مجموع طول ریشه‌ها و نیز افزایش نسبت R/S در بهبود تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها مؤثر واقع خواهد شد.

به‌طورکلی در این بررسی، ژنوتیپMCC361 در مقایسه با MCC414 از تحمل به خشکی بالاتری برخوردار بود. طول مجموع ریشه‌های بیشتر، نسبت ریشه به ساقهٔ بالاتر و زیست‌توده و به‌ویژه سطح برگ (اندام تعرق‌کننده) کمتر، علت اصلی تحمل به خشکی زیادتر این ژنوتیپ نسبت به ژنوتیپMCC414 بود.

سپاسگزاری

با تشکر از پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد و آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهی دانشکدهٔ علوم پایه دانشگاه فردوسی مشهد که امکانات لازم جهت انجام این طرح را در اختیار ما قرار دادند.

منابع

1. Allen, R.D. 1995. Dissection of oxidative stress tolerance using transgenic plants. Plant Physiol. 57: 1049-1054.
2. Arnon, D. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenol oxidases in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24: 1-15.
3. Askin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants, Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 43: 439-463.
4. Athar, H., and Ashraf, M. 2005. Photosynthesis under drought stress. In: M. Pessarakli (Ed.). Hand Book Photosynthesis, 2nd C.R.C. Press, New York, USA, p. 795-810.
5. Das, M., and Zaidi, P.H. 1996. Effect of various soil matric potential on germination and seedling growth of Chikpea **(***Cicer arietinum* L.). Legum Research 19(4): 211-217.
6. De, R., and Kar, R.K. 1995. Seed germination and seedling growth of mung bean (*Vigna radiata*) under water stress induced by PEG 6000. Seed Sci. & Technol. 23: 301-308.
7. Elshazly, M.S., and Warboys, I.B. 1989. The use of transparent flexible tubes for studying the root extension and elongation of beans. J. Experimental Agriculture 25: 35-37.
8. Eraslan, F., Eraslan, A., Gunes, A., and Alpaslan, M. 2007. Impact of exogenous salicylic acid on the growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. Scientia Horticulturae 113: 120-128.
9. 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.
10. Ghassemian, M., Lutes, J., Chang, H., Lange, I., Chen, W., Zhu, T., Wang, X., and Lange, B. 2008. Abscisic acid-induced modulation of metabolic and redox control pathways in *Arabidopsis thaliana*, Phytochemistry 69: 2899-2911.
11. Havaux, M. 1998. Carotenoids as membrane stabilizers in chloroplasts. Trends Plant Sci. 3: 147-151.
12. Hayat, S., and Ahmad, A. 2007. Salicylic Acid: plant hormone. Springer, p. 97-99.
13. Jenks, Matthew A., and Wood Andrew, J. 2007. Plant Desiccation Tolerance, Blackwell.
14. Jinmin, F., Bingru, and Huang, B. 2001. Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool-season grasses to localized drought stress. Enviromental and Experimental Botany 45: 105-114.
15. Khan, W., Prithviraj, B., and Smith, D.L. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates, J. Plant Physiol. 160: 485-492.
16. Kiani, S.P., Maury, P., Sarrafi, A., and Grieu, P. 2008. QTL analysis of chlorophyll fluorescence parameters in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under well-watered and water-stressed conditions. Plant Science 175: 565-573.
17. Larque-Saavedra, A. 1978. The anti-transpirant effect of acetylsalicylic acid on *Phaseolus vulgaris* L.. Physiol. Plant 43: 126-128.
18. Larque-Saavedra, A. 1979. Stomatal closure in response to acetylsalicylic acid treatments. Z. Pflanzenphysiol. 93: 371-375.
19. Masoomi, A., and Kafi, M. 2005. Effects of drought stress on germination in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. 1th National Conference of Grain, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary)
20. Mazaheri Tirani, M., and Manoochehri Kalantari, KH. 2007. Effects of salicylic acid, drought stress and ethylene on germination of *Brassica napus* L.. Iranian Journal of Biology 19(4). (In Persian with English Summary).
21. Michel, B.E., and Kaufmann, M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology 51: 914-916.
22. Niakan, M., and Ghobanli, M. 2007. Effect of drought stress on growth parameters, photosynthesis, protein and iones content in soybean root and shoot. Vegetations 8. (In Persian).
23. Okcu, G., Kaya, M.D., and Atak, M. 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). Turkian J. Agric. For. 29: 237-242.

24. Pancheva, T.V., Popova, L.P., and Uzunova, A.M. 1996. Effect of salicylic acid on growth and photosynthesis in barley plants. J. Plant Physiol. 149: 57-63.
25. Rao, G.G., and Rao, G.R. 1981. Pigment composition and chlorophyllase activity in pigeon pea (*Cajanus indicus* Spreng.) and gingelly (*Sesamum indicum* L.) under NaCl salinity. Indian J. Exp. Biol. 19: 768-770.
26. Rodroagez, P.J., Morales, D., Saanchez-Blanco, M.J., and Alarcoan, J.J. 1997. Effects of salinity on growth shoot water relations and root hydraulic conductivity in tomato plants. Agriculture Science 128: 439-444.
27. Shakirova, F.M., and Sahabutdinova, D.R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Science 164: 317-322.
28. Singh, B., and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regul. 39: 137-141.
29. Szepesi, Á., Csiszár, J., Bajkán, Sz., Gémes, K., Horváth F., Erdei, L., Deér, A., Simon, L.M., and Tari, I. 2005. Role of salicylic acid pre-treatment on the acclimation of tomato plants to salt and osmotic stress. Acta Biol. Szegediensis 49: 123-125.
30. Turk, M.A., Tahawa, A.R.M., and Lee, K.D. 2004. Seed germination and seedling growth of three lentil cultivars under moisture stress. Asian Journal of Plant Sciences 3: 394-397.
31. Turner, N.C., Wright, G.C., and Siddique, K.H.M. 2001. Adaptation of grain legumes (Pulses) to water limited environments. Adv. Agron. 71: 193-231.
32. Wang, D., Shannon, M.C., and Grieve, C.M. 2001. Field Crops Research 69.
33. Waseem, M.D., Athar, H., and Ashraf, M. 2006. Effect of salicylic acid applied through rooting medium on drought tolerance of wheat. Pak. J. Bot. 38(4): 1127-1136**.**
34. Wu, L., Guo, X., and Harivandi, M.A. 1998. Allelopathic effects of phenolic acids detected in buffalograss (*Buchloe dactyloides*) clippings on growth of annual bluegrass (*Poa annua*) and buffalograss seedlings. Environmental and Experimental Botany 39: 159-167.
35. Yassen, B.T., and Alomary, S. 1993. An analysis of the effect of water stress on leaf growth and yield three barley cultivar. Agriculture Science 14: 157-162.
36. Zhang, M., Duan, L., Zhai, Z., Li, J., Tian, X., Wang, B., He, Z., and Li, Z. 2004. Effects of plant growth regulators on water deficit-induced yield loss in soybean. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 4, No. 2, 2013, p. 99-110

Study of salicylic acid effects on germination, growth and some physiological parameters in two chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in drought stress condition

Shooryabi[1*], M., Abrishamchi[2], P. & Ganjeali[2], A.

1. MSc. Student of Plant Physiology, Biology Department, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
2. Associate Professors, Biology Department, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

Received: 9 August 2011
Accepted: 15 May 2012

Abstract

Salicylic acid (SA) is part of a signaling pathway that is induced by a number of biotic and abiotic stresses. It has been recognized as an endogenous regulatory signal in plants. In order to study the effect of different concentrations of SA on germination, growth and some physiological parameters in chickpea (*Cicer arietinum* L.) two genotypes (MCC414, MCC361) under drought stress conditions, two experiments were arranged as a factorial experiment, based on completely randomized design with three replications. In the first part of this study, the effect of drought stress by PEG (0, -4, -8 and -12 bar) and SA (0, 0.25, 0.5 and 0.75 mM) was investigated on two chickpea genotypes (MCC414, MCC361) at germination and seedling growth stages. In the second part of study, the effect of different concentrations of SA (0, 0.5 and 1 mM) and two levels of drought stress (25% and 100% field capacity) were evaluated on two chickpea genotypes (MCC414, MCC361) in growth and some physiological parameters. Solution of salicylic acid at 0.5 and 1 mM were sprayed on leaves at interval of 15, 25 and 35 days after sowing. Control plants were sprayed with distilled water. Results showed that SA had significant and negative impact on rate and percentage of germination, but improved coleoptiles length, ratio of radicle to coleoptile length and radical dry weight. In the second experiment, results showed that the drought stress reduced shoot dry weight, root dry weight, leaf area, root length, root area and total chlorophyll, significantly ($p \leq 0.05$). It was found that application of salicylic acid enhanced root length and diameter in comparison with control. Results showed that SA (0.5 mM) increased leaf water potential, significantly. Drought stress decreased leaf water potential in both genotypes, significantly ($p \leq 0.05$). Stomatal resistance was significantly increased under drought stress but SA had no appreciable effect on stomatal resistance. Results suggested that, SA (0.5 and 1 mM) can considerably alleviate leaf water potential under drought stress. Therefore, it was concluded that application of salicylic acid can protect plants against drought stress. Also MCC361 genotype was more tolerant than MCC414 genotype in drought stress condition.

Key words: Chickpea (*Cicer arietinum* L.), drought stress, growth parameters, salicylic acid

*** Corresponding Author:** hamraz1211@gmail.com, Mobile: 09151540299, Tel.:0551-3331280