نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۵ شمارهٔ۲، صفحهٔ ۹۸-۸۳، نیمهٔ دوم ۱۳۹۳

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 5, No. 2, 2014, p. 83-98

واکنش‌های فیزیولوژیکی گیاه عدس (*Lens culinaris* Medik) به تنش شوری و محلول‌پاشی با سالیسیلیک‌اسید

راضیه کایدنظامی[1] و حمیدرضا بلوچی[2*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۹/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۱۳

چکیده

در بین تنش‌های محیطی، شوری عامل محدودکننده مهمی در تولید حبوبات در دنیا به‌شمار می‌آید. در این پژوهش، برهم‌کنش کلریدسدیم و اسید سالیسیلیک بر پارامترهای فیزیولوژیک گیاه عدس به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه مورد بررسی قرار گرفت. گیاهان شامل سه رقم عدس (کیمیا، کرمانشاه و گچساران)، در معرض غلظت‌های مختلف کلریدسدیم (۰، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار) و محلول‌پاشی توسط اسید سالیسیلیک (۰، ۰/۲ و ۰/۵ میلی‌مولار) قرار گرفتند. در گیاهانی که تنها در معرض کلریدسدیم قرار داشتند، در مقایسه با گیاهان شاهد، با افزایش غلظت کلریدسدیم، پارامترهایی مانند کلروفیل، کاروتنوئید و محتوای نسبی آب کاهش و مقدار قندهای محلول، نشت‌الکترولیت، مالون‌دی‌آلدهید، پرولین و تجمع یون سدیم افزایش یافت. اما گیاهانی که در معرض همزمان کلریدسدیم و اسید سالیسیلیک قرار داشتند، در مقایسه با گیاهانی که تنها در معرض کلریدسدیم بودند، در غلظت‌های یکسان کلرید سدیم، رنگیزه‌های فتوسنتزی و محتوای نسبی آب آن‌ها بیشتر و از میزان قندهای محلول، نشت‌الکترولیت، مالون‌دی‌آلدهید، پرولین و یون سدیم کاسته شد. این نتایج نشان می‌دهد که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک سبب افزایش بردباری به تنش شوری و کاهش اثرهای مضر کلرید سدیم در گیاه عدس می‌شود. همچنین رقم کیمیا در سطوح بالای کلریدسدیم و محلول‌پاشی با ۰/۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بیشترین محتوای نسبی آب، پرولین، قندهای محلول، کلروفیل و کاروتنوئید را داشت.

واژه‌های کلیدی: حبوبات، تنش اسمزی، ارتوهیدروکسی‌بنزوئیک اسید، قندهای محلول، رنگیزه‌های فتوسنتزی

مقدمه

عدس (*Lens culinaris*) گیاهی یکساله و از خانوادهٔ بقولات است که با داشتن ۳۲-۱۸ درصد پروتئین، نقش مهمی در تأمین پروتئین مورد نیاز انسان دارد (Majnoonhoseini, 1996). همانند سایر حبوبات، اکثر ژنوتیپ‌های عدس نیز به شوری خاک خیلی حساس هستند (Bagheri *et al*., 1997).

تنش شوری از تنش‌های غیر زنده عمده در مناطق خشک و نیمه خشک است که تولید محصولات کشاورزی و امنیت غذایی را در این مناطق تحت تأثیر قرار می‌دهد. یکی از سازوکارهای گیاهان در برابر تنش شوری، تجمع پرولین در سلول است. نقش پرولین در تنظیم اسمزی، تثبیت غشاء و دفع مسمومیت یون‌های مضر در گیاهان تحت تنش شوری است (Ashraf & Foolad, 2005). تنش شوری همچنین مقدار کلروفیل را در مقایسه با شرایط بدون تنش کاهش داده و با تخریب کلروپلاست‌ها منجر به کاهش فتوسنتز، رشد و عملکرد گیاهان می‌گردد (Cramre, 2002).

سالیسیلیک اسید یا ارتوهیدروکسی بنزوئیک اسید و ترکیبات مربوط، به گروهی از ترکیبات فنولی تعلق دارد (El-Tayeb, 2005). سالیسیلیک اسید به‌وسیله سلول‌های ریشه تولید می‌شود و نقش محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل رشد و نمو گیاه ایفا می‌کند (Raskin, 1992). سالیسیلیک اسید یک مولکول پیام رسان مهم برای میانجی‌گری پاسخ‌های گیاهان در برابر تنش‌های محیطی است (Senaratna *et al*., 2000). کاربرد بیرونی سالیسیلیک اسید اثرهای زیاد و متفاوتی را بر فرآیندهای گیاهی دارد (Cutt & Klessing, 1992). بررسی‌ها نشان داده است که سالیسیلیک اسید موجب جلوگیری از نشت الکترولیت‌ها و در نتیجه حفاظت از غشاء تیلاکوئیدی در زمان تنش شوری در گیاه آرابیدوپسیس می‌شود (Borsanio *et al*.,

* **نویسنده مسئول:** یاسوج، دانشگاه یاسوج، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، کد پستی: ۳۵۳-۷۵۹۱۴ تلفن: ۰۹۱۷۱۸۹۲۰۴۰،
balouchi@yu.ac.ir

2001). علاوه بر این تیمار با سالیسیلیک اسید ۱ میلی‌مولار باعث می‌شود تا مالون‌دی‌آلدهید تولید شده در تنش شوری در برگ‌ها و ریشه‌های گیاهان جو کاهش یابد (El-Tayeb, 2005).

در مطالعات صورت گرفته، افزایش در محتوای کلروفیل با کاربرد سالیسیلیک اسید روی جو (El-Tayeb, 2005) و ذرت (Gunes *et al*., 2007) گزارش شده است. در مطالعه‌ای روی توت‌فرنگی، تیمار ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید موجب افزایش در محتوای کلروفیل گیاهان در شرایط بدون تنش شوری شد (Karlidag *et al*., 2009). تنش شوری، مقدار محتوای نسبی رطوبت را در گیاه کاهش می‌دهد. پاریدا و داس، (Parida & Das, 2005) گزارش کردند که محتوای نسبی آب، پتانسیل آب و پتانسیل اسمزی گیاهان بیشتر با افزایش شوری منفی می‌شود. این مطالعه نشان داد که تیمارهای سالیسیلیک اسید موجب افزایش محتوای نسبی رطوبت گیاهان تحت تنش شوری در مقایسه با گیاهان شاهد می‌گردد. با توجه به بهم‌ریختگی غشا در اثر غلظت‌های بالای سدیم، نشت الکترولیت‌ها در برگ‌های گیاه تحت تنش شوری رو به افزایش گزارش شده است (Karlidag *et al*., 2009). تیمار سالیسیلیک اسید نشت الکترولیت‌ها را در برگ گیاهان تحت تنش شوری کاهش داده است و باعث حفاظت از فعالیت‌های غشاء می‌گردد. این تسهیل شدن می‌تواند به پاسخ‌های القایی از آنتی‌اکسیدانت نسبت داده شود که موجب حفاظت گیاه از آسیب اکسایش توسط سالیسیلیک اسید (El-Tayeb, 2005; Senaratna *et al*., 2000) می‌گردد. Essa (2002) گزارش کرد که شوری کلریدسدیم نسبت‌های خیلی زیادی از سدیم به پتاسیم و سدیم به کلسیم را در گیاه ایجاد کند. علت آن‌ها مربوط به حساسیت به آسیب‌های اسمزی و یون‌های خاص و علاوه بر این اختلال‌های تغذیه‌ای است. در تنش شوری کاربرد سالیسیلیک اسید جذب سدیم در گیاهان را کاهش می‌دهد و یا باعث افزایش جذب فسفر، نیتروژن، پتاسیم، منیزیم و دیگر عناصر در مقایسه با تیمار شاهد می‌شود (El-Tayeb, 2005; Gunes *et al*., 2007).

با توجه به اهمیت گیاه عدس از نظر منبع تأمین پروتئین در کشور (Bagheri *et al*., 1997)، هدف از این پژوهش، علاوه بر بررسی آثار تنش شوری بر گیاه عدس، بررسی نقش حفاظتی سالیسیلیک اسید و نیز برهم‌کنش آن در برابر تنش اکسیداتیو ناشی از شوری با کلریدسدیم است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت گلدانی در گلخانه و فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج اجرا گردید. فاکتور اول شامل سه رقم عدس (کیمیا، کرمانشاه و گچساران)، فاکتور دوم شامل سه سطح شوری (۰، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار نمک طعام) معادل (۰، ۴/۷ و ۹/۵ دسی‌زیمنس بر متر) و فاکتور سوم محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک شامل سه سطح (۰، ۰/۲ و ۰/۵ میلی‌مولار) بودند. واحدهای آزمایش شامل گلدان‌های پلاستیکی با قطر ۲۰ و ارتفاع ۱۷ سانتی‌متر بود. خاک با نسبت دو به یک از ماسه و رس پر شده بودند. درون هر گلدان تعداد شش عدد بذر در عمق سه سانتی‌متری کاشته شد که بعد از سبز شدن تنک شده و به چهار بوته در هر گلدان رسید. گلدان‌ها از مرحله کاشت تا جوانه‌زنی با آب مقطر آبیاری شده و پس از آن گلدان‌ها با محلول نیم هوگلند (Hoagland & Arnon, 1950) آبیاری شدند. در مرحله چهار برگی افزودن تدریجی کلریدسدیم شروع شد، به‌نحوی که ابتدا در هر نوبت آبیاری با ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم در محلول هوگلند اعمال شد. در نوبت‌های بعدی این مقادیر افزایش پیدا کرد و در نهایت در آبیاری سوم و هفتم به ترتیب تیمار ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار به‌طور کامل انجام شد. هر هفته گلدان‌ها برای جلوگیری از تجمع نمک یک نوبت با محلول‌های رقیق‌تر آبیاری شدند. اعمال تیمارهای شوری تا پایان مرحله رسیدگی ادامه داشت. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک ۳۰ روز بعد از کاشت بذر انجام شد که با مه‌پاش و به میزان ۳۰ میلی‌لیتر در هر گلدان صورت گرفت (به‌صورتی که سطح گیاه را کاملاً پوشانده و از آن چکه کند). نمونه‌برداری از برگ‌های جوان گیاه برای اندازه‌گیری رطوبت نسبی به روش لویت (Levit, 1980)، کلروفیل به روش آرنون (Arnon, 1949)، کاروتنوئید به روش لیچتنتدر (Lichtenthder, 1987)، نشت الکترولیت‌ها به روش ریتچی و همکاران (Ritchie *et al*., 1990)، پرولین به روش پاکوئین و لچاژر (Paquine & Lechasseur, 1979)، قندهای محلول به روش ایریگوئن و همکاران (Irigoyen *et al*., 1992)، میزان پتاسیم و سدیم به روش پترسون و همکاران (Patterson *et al*., 1984) مالون‌دی‌آلدهید به روش هیت و پارکر (Heath & Pacher, 1969) ۲۰ روز بعد از محلول‌پاشی صورت گرفت. محاسبات آماری و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و Excel و مقایسه میانگین اثرات اصلی با آزمون حداقل میانگین مربعات (LSD) در سطح ۵ درصد و در صورت معنی‌دار شدن اثر متقابل سه جانبه بعد از برش‌دهی اثرات متقابل میانگین‌ها با آزمون L.S.Means مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده شوری، محلول‌پاشی و رقم، برهمکنش شوری و رقم بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار شد، در حالی که برهمکنش محلول‌پاشی و شوری و محلول‌پاشی و رقم و اثر سه جانبه شوری، رقم و محلول‌پاشی بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۱). در هر سه رقم مورد مطالعه با افزایش تنش شوری میزان محتوای نسبی آب کاهش یافت که این کاهش در رقم کیمیا نسبت به دو رقم دیگر بیشتر بود. در شرایط بدون تنش شوری اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت بین ارقام وجود نداشت. در شرایط شوری ۶۰ میلی‌مولار بیشترین میزان محتوای نسبی آب مربوط به رقم گچساران بود، و کمترین میزان آن به رقم کیمیا در سطح شوری۶۰ میلی‌مولار مربوط شد. با افزایش شوری و رسیدن غلظت نمک به ۱۲۰ میلی‌مولار نیز همین روند ادامه داشت و رقم گچساران با میزان محتوای نسبی آب ۶۴ درصد نسبت به دو رقم دیگر دارای محتوای نسبی آب بیشتر بود (شکل ۱).

کاهش محتوای آب برگ در اثر تنش از یک طرف به‌دلیل کاهش جذب آب توسط ریشه‌ها و از طرف دیگر افزایش تعرق آب از طریق برگ‌ها می‌باشد که در نهایت منجر به بسته شدن روزنه‌های برگ می‌گردد. با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک، میزان محتوای نسبی آب نیز بیشتر شد و در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار از اسید سالیسیلیک، بیشترین میزان محتوای نسبی آب (۷۰ درصد) بدست آمد (جدول ۳).

Karlidag *et al*، (2009) افزایش در محتوای نسبی آب گیاه توت‌فرنگی تیمار شده با سالیسیلیک اسید را گزارش کردند، همچنین برای دیگر گیاهان که تحت تنش‌های شوری رشد یافته‌بودند مانند جو (El-Tayeb, 2005) نیز افزایش در محتوای نسبی آب با استفاده از تیمار اسید سالیسیلیک گزارش شد.

اثرات ساده شوری موجود در محیط ریشه گیاه، رقم و محلول‌پاشی و همچنین برهمکنش بین رقم و شوری بر میزان نشت الکترولیت در این آزمایش معنی‌دار شد (جدول ۱). نشت یون‌ها از غشای سلولی برگ در اثر افزایش سطوح شوری در هر سه رقم به‌تدریج افزایش یافت. در شرایط بدون تنش کمترین میزان نشت یونی مربوط به رقم گچساران بود. با افزایش غلظت نمک (۶۰ میلی‌مولار) کمترین میزان نشت الکترولیت به رقم کیمیا تعلق داشت و بیشترین میزان آن به توده محلی کرمانشاه در این سطح شوری مربوط شد. در شوری ۱۲۰ میلی‌مولار کمترین میزان پایداری غشاء به رقم گچساران و بیشترین مقدار آن مربوط به توده محلی کرمانشاه بود (شکل ۲). اثر محلول‌پاشی گیاهان بر نشت الکترولیت معنی‌دار شد به‌طوری که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک درصد نشت الکترولیت کم شد. با توجه به جدول ۳ کمترین نشت الکترولیت مربوط به محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار با میزان ۷/۸۸ درصد بود که با شاهد بدون محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک، ۲ درصد کمتر شده بود.

تحقیقات متعددی مطابق با نتایج این پژوهش وجود دارد که نشان می‌دهد همزمان با افزایش غلظت نمک، نشت یونی از سلول‌های برگی افزایش می‌یابد (Kaya *et al*., 2003; Tiwari *et al*., 2010). Najafian *et al* (2009) بیان کردند که میزان نشت یونی به‌طور معنی‌داری، با کاربرد ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک، باعث کاهش نشت الکترولیت در برگ‌های گیاهان شد. بررسی‌ها نشان داده است که سالیسیلیک اسید موجب جلوگیری از صدمه به اسیدهای چرب غیر اشباع، کاهش نفوذپذیری غشاء و حفاظت از غشاء سلولی شده و در نتیجه نشت الکترولیت‌ها را کاهش می‌دهد (Borsanio *et al*., 2001).

تحقیقات متعددی مطابق با نتایج این پژوهش وجود دارد که نشان می‌دهد همزمان با افزایش غلظت نمک، نشت یونی از سلول‌های برگی افزایش می‌یابد (Kaya *et al*., 2003; Tiwari *et al*., 2010). Najafian *et al* (2009) بیان کردند که میزان نشت یونی به‌طور معنی‌داری، با کاربرد ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک، باعث کاهش نشت الکترولیت در برگ‌های گیاهان شد. بررسی‌ها نشان داده است که سالیسیلیک اسید موجب جلوگیری از صدمه به اسیدهای چرب غیر اشباع، کاهش نفوذپذیری غشاء و حفاظت از غشاء سلولی شده و در نتیجه نشت الکترولیت‌ها را کاهش می‌دهد (Borsanio *et al*., 2001).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شوری، محلول‌پاشی و رقم و تمامی برهمکنش‌های بین آن‌ها بر میزان پرولین و غلظت قندهای محلول برگ عدس در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با توجه به جدول برش‌دهی بر اساس شوری تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد بین ارقام و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در سطوح مختلف شوری از نظر میزان پرولین و غلظت قندهای محلول برگ وجود داشت (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس داده‌های صفات فیزیولوژیک ارقام عدس مورد مطالعه تحت تأثیر تنش شوری و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک

Table 1. Variance analysis of some physiological traits in lentil cultivars under salt stress and foliar application by salicylic acid

منابع تغییرات S.O.V		درجهٔ آزادی Degree of freedom	محتوای نسبی آب Relative water content	نشت الکترولیت Electrolyte leakage	پرولین Proline	قندهای محلول Soluble carbohydrates	اسید مالون‌دی‌آلدهید MDA
تکرار	Replication	2	167.003*	2.23 ns	2.58 ns	9.1191 ns	0.49 ns
محلول‌پاشی (۱)	Foliar application (A)	2	399.88**	25.02**	1134.87**	140.24**	4.85**
شوری (۲)	Salt (B)	2	2078.83**	295.89**	5069.65**	3273.33**	44.54**
رقم (۳)	Cultivar (C)	2	158.44**	43.52**	33.93**	36.48**	3.69*
۱×۲	A×B	4	34.699 ns	1.83 ns	479.23 ns	178.49**	0.58 ns
۱ × ۳	A×C	4	34.699 ns	2.81 ns	136.47**	43.49**	3.67**
۲ × ۳	B× C	4	88.83*	17.43**	37.66**	90.79**	1.04 ns
۱ × ۲ × ۳	A× B ×C	8	18.049 ns	1.46 ns	56.87**	39.28**	2.31 ns
خطای آزمایش	Error	52	33.33	2.23	4.19	5.35	0.75
ضریب تغییرات	CV	٪	8.66	7.89	11.03	7.68	24.09

ns، * و ** به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns: Non signification * and ** significant at α =.05 & α =.01 respectively

جدول ۲- تجزیه واریانس برش‌دهی در سطوح مختلف رقم و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در هر سطح شوری برای صفات فیزیولوژیک عدس

Table 1. Variance analysis of some physiological traits sliced by lentil cultivars and salicylic acid foliar application under each level of salt stress

منابع تغییرات S.O.V		درجهٔ آزادی Degree of freedom	پرولین Proline	قندهای محلول Soluble carbohydrates	اسید مالون‌دی‌آلدهید MDA	کلروفیل a Chlorophyll a
شوری (صفر)	Salt (0)	8	14.73**	26.43**	1.07ns	0.136**
شوری (۶۰)	Salt (60)	8	200.86**	33.74**	3.066**	0.073**
شوری (۱۲۰)	Salt (120)	8	460.16**	179**	3.012**	0.007ns

ns، * و ** به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns: Non signification * and ** significant at α =.05 & α =.01 respectively

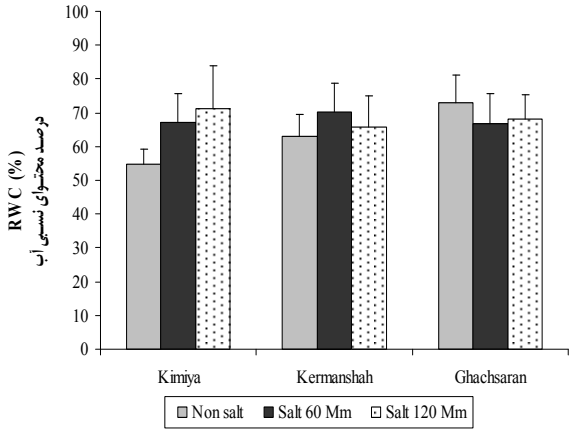
جدول ۳- مقایسه میانگین محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک بر میزان محتوای نسبی آب، نشت الکترولیت‌ها و میزان پتاسیم برگ عدس

Table 3. Mean comparison of RWC, Electrolyte leakage and potassium content of lentil leaf under salicylic acid foliar application

محلول‌پاشی Foliar application		محتوای نسبی آب Relative water content (%)	نشت الکترولیت Electrolyte leakage (%)	میزان پتاسیم Potassium content ($g.kg^{-1}$ plant dry weight)
آب مقطر	Distilled water	63.63b	19.79a	3.67b
سالیسیلیک اسید ۰/۲ میلی‌مولار	salicylic acid 0.2 mM	65.33b	19.08a	3.97a
سالیسیلیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار	salicylic acid 0.5 mM	70.98a	17.88b	4.21a
LSD		3.15	0.81	0.25

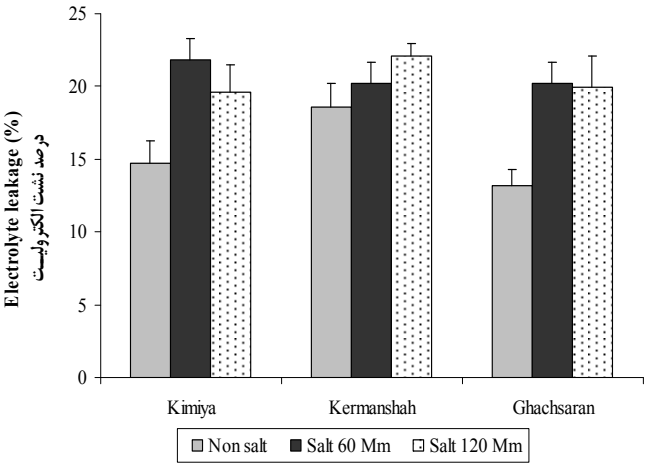
در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد به روش LSD می‌باشند.

Means within each column with at least a same letter are not signification different at α=0.05 in method LSD



شکل ۱- مقایسه میانگین میزان محتوای نسبی آب برگ ارقام عدس تحت تأثیر شوری (سطح معنی‌داری ۵ درصد و بارها نشان‌دهنده ±SE است. ۵/۴۶ =LSD)

Fig. 1. Mean comparison of lentil leaf RWC under salinity stress (LSD=5.46 α=0.05 and bar is ±SE).



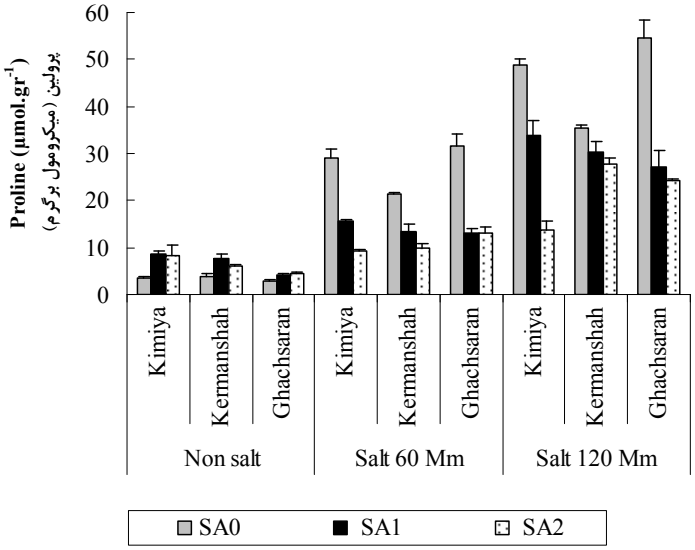
شکل ۲- مقایسه میانگین نشت الکترولیت برگ ارقام عدس تحت تنش شوری (سطح معنی‌داری ۵ درصد و بارها نشان‌دهنده ±SE است. (LSD=۱/۴۱

Fig. 2. Mean comparison of lentil leaf Electrolyte leakage under salinity stress (LSD=1.41 α=0.05 and bar is ±SE).

با افزایش شوری در همه‌ی تیمارها میزان پرولین افزایش یافت. در شرایط بدون شوری بیشترین مقدار پرولین مربوط به رقم کیمیا و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک ۰/۲ میلی‌مولار و به میزان ۸/۵۷ میکرومول بر گرم بود. همچنین با افزایش شوری به غلظت‌های ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار بیشترین مقدار پرولین (۳۱/۴۷ و ۵۴/۴۲ میکرومول بر گرم) در رقم گچساران و تیمار محلول‌پاشی با آب مقطر مشاهده شد و کمترین مقدار آن در این دو سطح از شوری مربوط به رقم کیمیا و محلول-پاشی توسط اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار بود که نسبت به شاهد بدون اسید سالیسیلیک به میزان ۲۰ و ۳۴ میکرومول بر گرم کاهش نشان داد (شکل ۳). افزایش غلظت پرولین با زیاد شدن شوری توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Keshta *et al*., 1999). افزایش پرولین احتمالاً به علت افزایش فعالیت آنزیم‌های درگیر در بیوسنتز پرولین یعنی اورنیتین‌آمینوترانسفراز و پرولین‌کربوکسیلازردوکتاز و به‌علاوه به علت جلوگیری از فعالیت آنزیم پرولین‌اکسیداز و آنزیم کاتابولاز می‌باشد (Madan *et al*., 1995) که در این آزمایش مورد بررسی قرار نگرفتند.

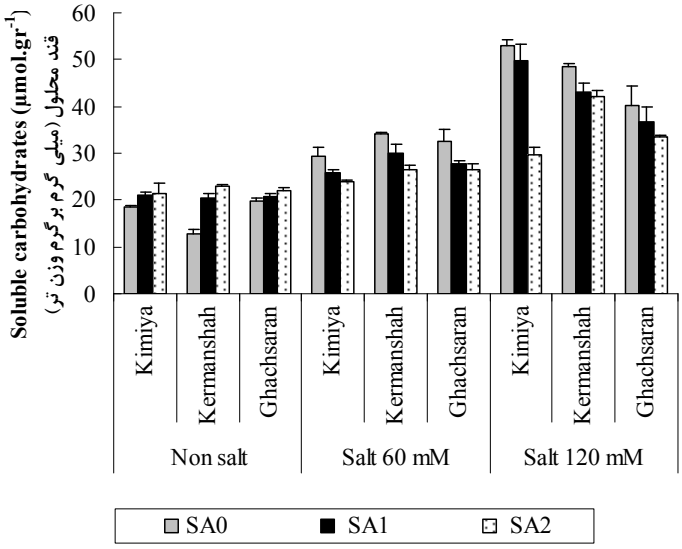
در تیمار بدون تنش شوری کمترین میزان غلظت قندهای محلول به رقم کرمانشاه و محلول‌پاشی با آب مقطر تعلق داشت و با افزایش غلظت نمک بر میزان قندهای محلول برگ افزوده شد به‌طوری که در تنش شوری ۶۰ میلی‌مولار بیشترین میزان قند محلول مربوط به توده محلی کرمانشاه و محلول‌پاشی با آب مقطر با میزان ۳۴/۲۲ میلی‌گرم در هر گرم وزن تر برگ بود و کمترین میزان قند محلول در این تیمار به رقم کیمیا و محلول‌پاشی گیاه با اسید سالیسیلیک ۰/۵ مولار با میزان ۲۳ تعلق داشت که نسبت به تیمار بدون استفاده از اسید سالیسیلیک، ۶ میلی‌گرم کمتر شده بود. با افزایش غلظت نمک به ۱۲۰ میلی‌مولار بیشترین میزان قندهای محلول به رقم کیمیا و تیمار محلول‌پاشی با آب مقطر تعلق داشت و کمترین مقدار آن مربوط به همان رقم در محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار با میزان ۲۹/۵ میلی‌گرم که نسبت به شاهد ۲۳ میلی‌گرم کمتر شده بود (شکل ۴). در گیاه سیاه‌دانه با افزایش غلظت کلریدسدیم، محتوای قندهای محلول در اندام‌های هوایی نسبت به شاهد افزایش یافت و در حضور اسید آسکوربیک افزایش معنی‌داری در محتوای قند محلول اندام هوایی، در مقایسه با شاهد مشاهده شد (Ghorbanli *et al*., 2010). تجمع متابولیت‌هایی نظیر قندها اغلب در گیاهان تحت وضعیت‌های نامساعد مشاهده می‌شوند (Ghorbanli *et al*., 2010). نتایج این پژوهش نشان می‌دهد در تیمارهایی که

تحت تنش شوری و اسید سالیسیلیک واقع شده بودند در مقایسه با تیمارهایی که تنها تحت تنش شوری قرار داشتند، در غلظت‌های یکسان کلریدسدیم، کاهش در محتوای قندهای محلول مشاهده شد.



شکل ۳- مقایسه میانگین میزان پرولین برگ ارقام عدس تحت تأثیر شوری و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک با سطح معنی‌داری ۵ درصد و بارها نشان‌دهنده ±SE است. LSD= ۳/۳۵

Fig. 3. Mean comparison of lentil leaf proline under salinity stress and foliar application (LSD=3.35 α=0.05 and bar is ±SE). (SA0, SA1 and SA2 foliar application by distilled water, salicylic acid (0.2, 0.5 mM) respectively.



شکل ۴- مقایسه میانگین میزان قند محلول برگ ارقام عدس تحت تأثیر شوری و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک با سطح معنی‌داری ۵ درصد و بارها نشان‌دهنده ±SE است. LSD= ۳/۷۹

Fig. 4. Mean comparison of lentil leaf Soluble carbohydrates under salinity stress and foliar application (LSD=3.79 SE). (SA0, SA1 and SA2 foliar application by distilled water, salicylic acid (0.2, 0.5 mM±α=0.05 and bar is respectively.)

اسید سالیسیلیک و ترکیبات مشابه آن همانند اسید آسکوربیک که توانایی حذف پراکسیدهیدروژن را دارا می‌باشند، می‌توانند از بسته شدن روزنه‌ها به واسطه‌ی افزایش پراکسید-هیدروژن جلوگیری نمایند و همچنین از آسیب‌های

اکسیداسیون ناشی از تجمع انواع اکسیژن‌های فعال بر آنزیم‌های چرخه‌ی کالوین بکاهند (Chen & Gallie, 2004). بنابراین اسید سالیسیلیک و آسکوربیک سبب بهبود فتوسنتز و تولید فرآورده‌های کربنی می‌شوند. افزایش قندهای محلول در شرایط تنشی با تأثیر بر پتانسیل اسمزی در حفظ سلامت و عملکرد غشاءهای سلولی که در شرایط تنشی دچار آسیب می‌شوند، نقش دارد (Kaur *et al*., 2000).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش بین محلول‌پاشی، رقم و شوری در مورد میزان مالون‌دی‌آلدهید برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۱). با توجه به جدول برش‌دهی، معنی‌داری در سطح یک درصد بین ارقام و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در سطح شوری صفر برای میزان مالون‌دی‌آلدهید وجود نداشت ولی در سطوح شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری بین ارقام و سطوح محلول‌پاشی برای میزان مالون‌دی‌آلدهید اسید وجود داشت (جدول ۲). در غلظت شوری به ۶۰ میلی‌مولار، محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک ۰/۲ میلی‌مولار در توده محلی کرمانشاه و ۰/۵ میلی‌مولار در رقم گچساران کمترین میزان مالون‌دی‌آلدهید اسید (۲/۶۷ میکرومول بر گرم) را نشان دادند، در حالی که بیشترین مقدار مالون‌دی‌آلدهید در رقم گچساران و کرمانشاه و بدون کاربرد اسید سالیسیلیک بود. همچنین وقتی که شوری به ۱۲۰ میلی‌مولار رسید، کمترین مقدار مالون‌دی‌آلدهید مربوط به توده محلی کرمانشاه و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار بود (شکل ۵). در گندم نیز با افزایش تنش شوری مقدار مالون‌دی‌آلدهید حاصل از تنش اکسیداتیو در گیاهچه افزایش یافت؛ اما کاربرد ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک سبب کاهش محتوای مالون‌دی‌آلدهید در بذرهای تنش دیده شد (Doulatabadian *et al*., 2008). تنش شوری سبب کاهش یکپارچگی غشاء سلولی و آزاد شدن الکترولیت‌ها و مواد درون سلول و افزایش پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء سلول می‌شود؛ حاصل پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء ترکیباتی مانند مالون‌دی‌آلدهید، پروپانال، بوتانال، دی‌متیل استال و غیره می‌باشد. این مواد به‌عنوان شاخصی برای اندازه‌گیری مقدار پراکسیداسیون لیپیدها استفاده می‌شود (Doulatabadian *et al*., 2008). این گونه به‌نظر می‌رسد که اسید سالیسیلیک با پاکسازی رادیکال‌های آزاد، از پراکسیداسیون چربی‌ها جلوگیری نموده و مانع افزایش مالون‌دی‌آلدهید می‌گردد. نتایج Doulatabadian *et al* (2008) نشان داد که مصرف آسکوربیک اسید سبب کاهش در اکسیداسیون چربی‌های غشای سلولی و کاهش محتوای مالون‌دی‌آلدهید در برگ‌های گیاه کلزا گردیده است.

پراکسیداسیون لیپیدها و تولید مالون‌دی‌آلدهید به‌عنوان شاخصی برای میزان خسارت تنش‌های اکسیداسیون به‌کار می‌رود.

برهمکنش بین محلول‌پاشی، رقم و شوری اثر معنی‌داری در میزان کلروفیل a برگ در سطح احتمال یک درصد نشان داد؛ ولی برهمکنش محلول‌پاشی و شوری بر میزان این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۴). با توجه به جدول برش‌دهی تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد بین ارقام و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار برای میزان کلروفیل a وجود نداشت ولی در سطوح شوری ۰ و ۶۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری بین ارقام و سطوح محلول‌پاشی برای میزان کلروفیل a وجود داشت (جدول ۲). بیشترین میزان محتوای کلروفیل a، در هر سه رقم مورد مطالعه مربوط به شاهد (بدون تنش) بود. که بیشترین مقدار آن به رقم کیمیا در محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک ۰/۲ میلی‌مولار تعلق داشت. کمترین میزان کلروفیل a در کلیه تیمارها مربوط به رقم کیمیا و سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار و محلول‌پاشی با آب مقطر بود. در شوری ۶۰ میلی‌مولار رقم کیمیا و سطح محلول‌پاشی ۰/۵ میلی‌مولار از اسید سالیسیلیک بیشترین میزان محتوای کلروفیل a (۰/۶۱۶ میلی‌گرم در هر گرم وزن تر) را دارا بود که در مقایسه با شاهد ۰/۳۵۳ میلی‌گرم در هر گرم وزن تر برگ بیشتر شده بود (شکل ۶).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده محلول‌پاشی و شوری و برهمکنش شوری و رقم و همچنین شوری و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک به‌طور جداگانه بر کلروفیل b و کلروفیل کل معنی‌دار شد؛ ولی اثر متقابل شوری، رقم و محلول‌پاشی بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول۴). میزان کلروفیل b نیز با افزایش غلظت نمک کاهش یافت به‌طوری که بیشترین میزان کلروفیل b به رقم کیمیا و تیمار بدون تنش شوری مربوط بود. در سطح تنش شوری ۶۰ میلی‌مولار بیشترین مقدار کلروفیل b مربوط به توده محلی کرمانشاه با میزان ۱/۰۰۳ میلی‌گرم در هر گرم وزن تر برگ بود. با افزایش میزان تنش و رسیدن غلظت نمک به ۱۲۰ میلی‌مولار نیز بیشترین میزان کلروفیل b به توده محلی کرمانشاه تعلق داشت (شکل ۷). با توجه به شکل (۸) در شرایط بدون تنش شوری بیشترین میزان کلروفیل b به محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار تعلق داشت و در سطح شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار بیشترین میزان کلروفیل b (۱/۱۱ میلی‌گرم در وزن تر برگ) به محلول‌پاشی توسط اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار تعلق داشت.

میزان کلروفیل کل نیز با افزایش غلظت نمک کاهش یافت. در شرایط بدون تنش و سطح ۶۰ میلی‌مولار، بیشترین میزان کلروفیل کل نیز به رقم کیمیا تعلق داشت. با افزایش میزان تنش و رسیدن غلظت نمک به ۱۲۰ میلی‌مولار نیز بیشترین میزان کلروفیل کل به توده محلی کرمانشاه تعلق داشت (شکل ۹).

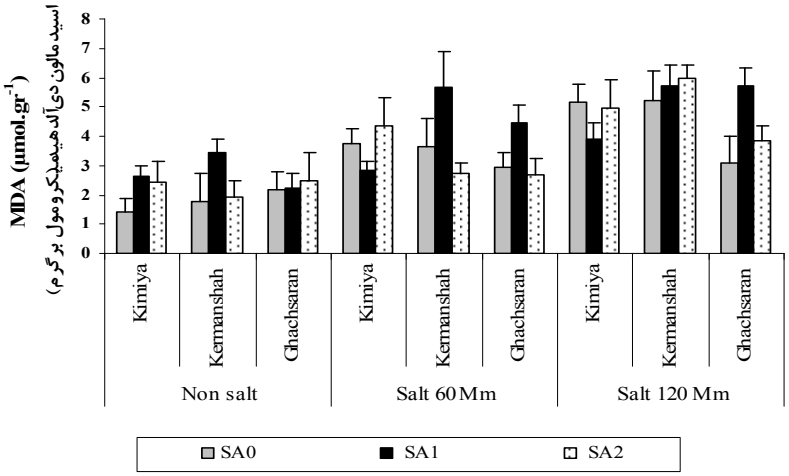
جدول ۴- تجزیه واریانس داده‌های صفات رنگیزه‌های فتوسنتزی و مواد معدنی ارقام عدس مورد مطالعه تحت تأثیر تنش شوری و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک

Table 4. Variance analysis of photosynthetic pigments and minerals traits in lentil cultivars under salt stress and foliar application by salicylic acid

منابع تغییرات S.O.V		درجهٔ آزادی Degree of freedom	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a+b Chlorophyll a+b	کاروتنوئید Carotenoid	سدیم Sodium	پتاسیم Potassium
تکرار	Replication	2	0.0053 ns	0.013 ns	0.069 ns	1.04 ns	0.16 ns	0.34 ns
محلول‌پاشی (۱)	Foliar application (A)	2	0.093**	0.36**	0.37**	6.47ns	6.10**	1.96**
شوری (۲)	Salt (B)	2	1.64**	2.53**	6.77**	413.67**	432.5**	3.93**
رقم (۳)	Cultivar (C)	2	0.33**	0.029ns	0.13*	29.77**	14.73**	0.17 ns
۲ ×۱	A×B	4	0.0081ns	0.0399*	0.22**	11.59**	3.49**	0.101ns
۳ × ۱	A×C	4	0.065**	0.0089ns	0.021ns	4.25ns	0.44ns	0.094ns
۳ × ۲	B× C	4	0.068**	0.46**	0.56**	3.16ns	4.72**	0.16ns
۳ × ۲ × ۱	A× B ×C	8	0.039**	0.025ns	0.034ns	3.09ns	0.6ns	0.072ns
خطای آزمایش	Error	52	0.0039	0.016	0.031	2.31	0.405	0.22
ضریب تغییرات	CV	٪	18.82	12.72	13.11	16.37	10.92	11.84

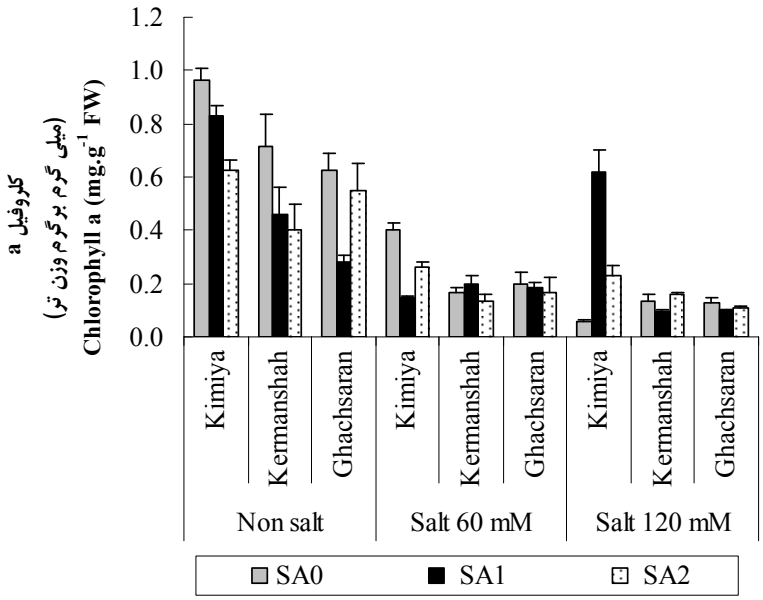
ns ،* و ** به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns: Non signification * and ** significant at α =.05 & α =.01 respectively



شکل۵- مقایسه میانگین میزان مالون‌دی‌آلدهید برگ ارقام عدس تحت تأثیر شوری و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک (سطح معنی‌داری ۵ درصد و بارها نشان‌دهنده ±SE است. LSD= ۱/۴۲)

Fig. 5. Mean comparison of lentil leaf MDA under salinity stress and foliar application (LSD=1.42 α=0.05 and bar is ±SE). (SA0, SA1 and SA2 foliar application by distilled water, salicylic acid (0.2, 0.5 mM) respectively.



شکل ۶- مقایسه میانگین میزان کلروفیل a برگ ارقام عدس برگ ارقام عدس تحت تأثیر شوری و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک (سطح معنی‌داری ۵ درصد و بارها نشان‌دهنده ±SE است. ۰/۱۰ =LSD)

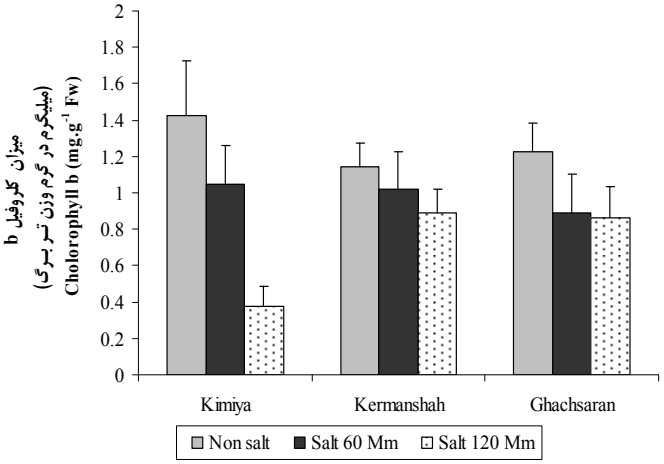
Fig. 6. Mean comparison of lentil leaf chlorophyll a under salinity stress and foliar application (LSD=0.10 α=0.05 and bar is ±SE). (SA0, SA1 and SA2 foliar application by distilled water, salicylic acid (0.2, 0.5 mM) respectively.

با افزایش شوری میزان کلروفیل کل کاهش یافت و استفاده از اسید سالیسیلیک باعث بهبود میزان کلروفیل کل در گیاه عدس شد. در تیمار بدون تنش شوری بیشترین میزان کلروفیل کل به محلول‌پاشی توسط اسید سالیسلیک ۰/۲ میلی‌مولار تعلق داشت. در سطح شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار بیشترین میزان کلروفیل کل به تیمار محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار تعلق داشت (شکل ۱۰).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده رقم و شوری و همچنین برهمکنش شوری و محلول‌پاشی بر میزان کاروتنوئید معنی‌دار شد ولی اثر سه جانبه شوری، رقم و محلول‌پاشی بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۴). در بین ارقام مورد مطالعه رقم کیمیا بیشترین و رقم گچساران کمترین میزان کاروتنوئید برگ را دارا بودند (شکل ۱۱). محتوای کاروتنوئیدها نیز نسبت به شاهد با افزایش غلظت کلریدسدیم کاهش یافت. در شرایط بدون تنش شوری بیشترین میزان این صفت به محلول‌پاشی با آب مقطر و در شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار بیشترین میزان کاروتنوئید به محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار با میزان ۸/۸۳ و ۷/۲۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر تعلق داشت (شکل ۱۲).

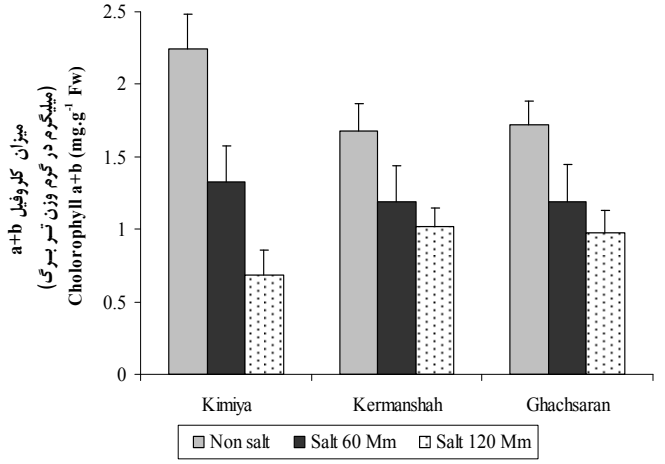
نتایج این آزمایش نشان داد که در گیاهانی که فقط تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفته بودند، محتوای کلروفیل‌های a و b و به تبع آن کلروفیل کل و همچنین محتوای کاروتنوئیدها کاهش یافته است. به‌طوری که کاهش محتوای کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها با افزایش غلظت کلریدسدیم رابطه مستقیم نشان می‌دهد. گزارش‌های متعددی حکایت از کاهش محتوای کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها تحت تنش شوری دارد که از جمله می‌توان به گزارشی روی باقلا (Stoeva & Kaymakanova, 2008) اشاره کرد.

در پژوهش حاضر، در تیمارهایی که تحت تنش شوری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک قرار گرفتند، اثر جبران‌کنندگی بر محتوای کلروفیل a، a+b و کاروتنوئید گیاه عدس مشاهده شد. Parida & Das (2005) بیان کردند که محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدهای گیاهان، تحت شرایط شوری کاهش پیدا می‌کند. به این ترتیب برگ‌ها در اثر شوری ابتدا کلروز یافته و سپس شروع به ریزش می‌کنند. کاهش در رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاهان تحت شرایط شوری عموماً در اثر جلوگیری از بیوسنتز و یا تجزیه‌ی آن‌ها صورت می‌پذیرد (Khan *et al.*, 2006).



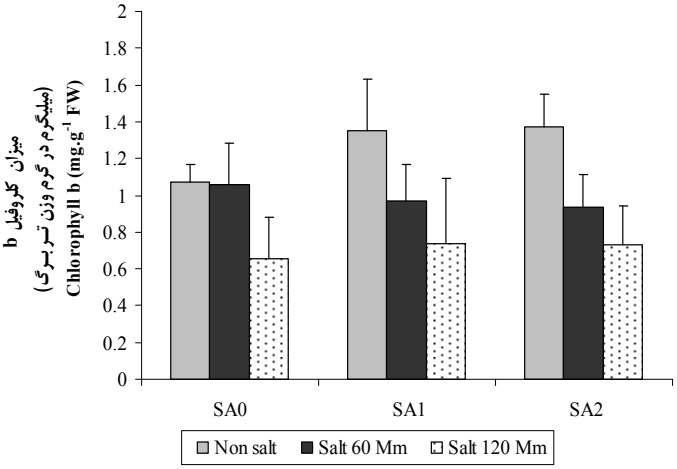
شکل ۷- مقایسه میانگین میزان کلروفیل b برگ ارقام عدس تحت تأثیر تنش شوری (سطح معنی‌داری ۵ درصد و بارها نشان‌دهنده ±SE است. (LSD= ۰/۱۱

Fig. 7. Mean comparison of lentil leaf chlorophyll b under salinity stress (LSD=0.11 α=0.05 and bar is ±SE).



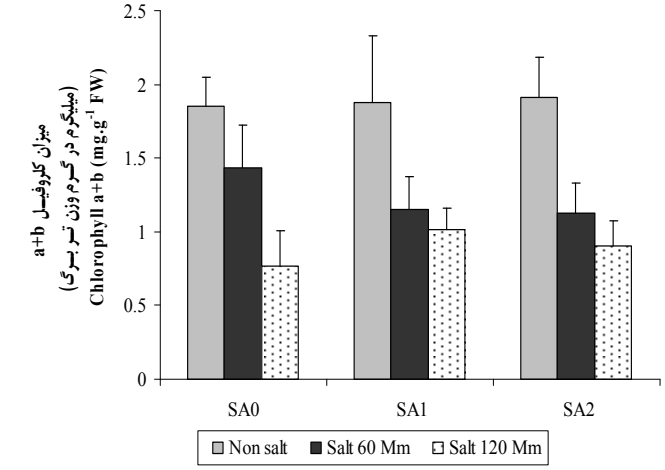
شکل ۹- مقایسه میانگین میزان کلروفیل a+b برگ ارقام عدس تحت تأثیر تنش شوری (سطح معنی‌داری ۵ درصد و بارها نشان‌دهنده ±SE است. (LSD= ۰/۱۶

Fig. 9. Mean comparison of lentil leaf chlorophyll a+b under salinity stress (LSD=0.16 α=0.05 and bar is ±SE).



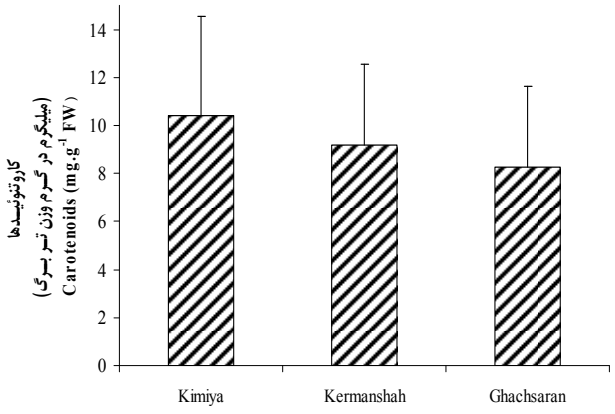
شکل ۸- مقایسه میانگین کلروفیل b برگ عدس تحت تأثیر شوری و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک (سطح معنی‌داری ۵ درصد و بارها نشان‌دهنده ±SE است. ۰/۱۱ =LSD(SA۰، SA۱ و SA۲ به‌ترتیب محلول‌پاشی با آب مقطر، اسید سالیسیلیک ۰/۲ و ۰/۵۰ میلی‌مولار است).

Fig. 8. Mean comparison of lentil leaf chlorophyll b under salinity stress and foliar application (LSD=0.11 α=0.05 and bar is ±SE). (SA0, SA1 and SA2 foliar application by distilled water, salicylic acid (0.2, 0.5 mM) respectively.



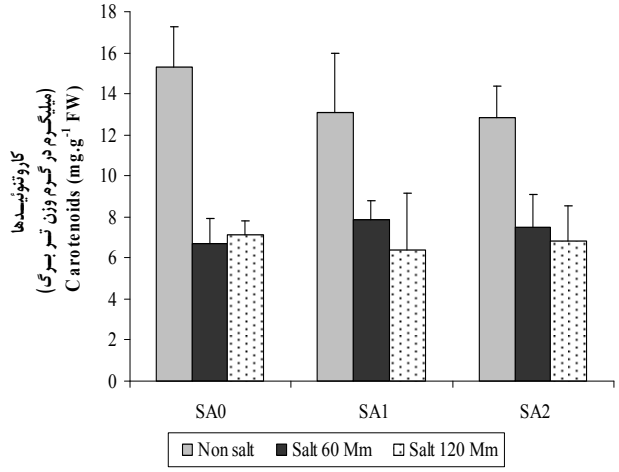
شکل ۱۰- مقایسه میانگین میزان کلروفیل a+b برگ عدس تحت تأثیر شوری و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک (سطح معنی‌داری ۵ درصد و بارها نشان‌دهنده ±SE است. ۰/۱۶ =LSD (SA۰، SA۱ و SA۲ به‌ترتیب محلول‌پاشی با آب مقطر، اسید سالیسیلیک ۰/۲ و ۰/۵۰ میلی‌مولار است).

Fig. 10. Mean comparison of lentil leaf chlorophyll b under salinity stress and foliar application (LSD=0.16 α=0.05 and bar is ±SE). (SA0, SA1 and SA2 foliar application by distilled water, salicylic acid (0.2, 0.5 mM) respectively.



شکل ۱۱- مقایسه میانگین میزان کاروتنوئید برگ ارقام مختلف عدس (سطح معنی‌داری ۵ درصد و بارها نشان‌دهنده ±SE است. (LSD= ۰/۸۳

Fig. 11. Mean comparison of leaf carotenoids in lentil varieties (LSD=0.83 α=0.05 and bar is ±SE).



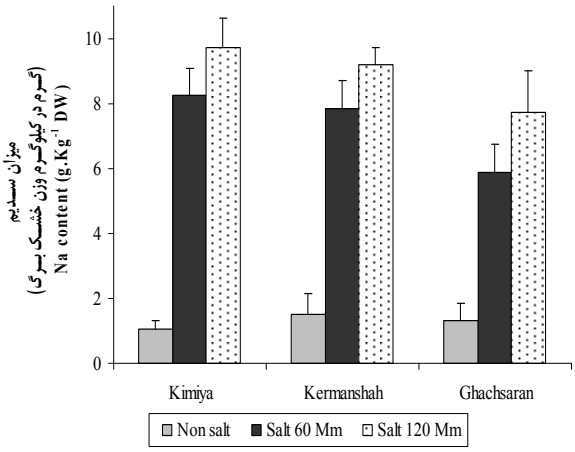
شکل ۱۲- مقایسه میانگین میزان کاروتنوئید تحت تأثیر شوری و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک (سطح معنی‌داری ۵ درصد و بارها نشان دهنده ±SE است. (LSD= ۱/۴

Fig. 12. Mean comparison of lentil leaf carotenoids under salinity and foliar application stress (LSD=1.4 α=0.05 and bar is ±SE).

در واقع تنش شوری منجر به افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن در کلروپلاست‌ها شده و در نتیجه غشای کلروپلاستی صدمه دیده و قابلیت حیاتی خود را از دست می‌دهد. از سوی دیگر کاهش در محتوای کلروفیل ممکن است در اثر افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز و یا اثر مستقیم سمیت یونی ناشی از غلظت بالای سدیم نیز به‌وجود می‌آید (Khan *et al*., 2006). اثرهای مثبت اسید سالیسیلیک به یک افزایش آسیمیلاسیون و درصد فتوسنتز و افزایش جذب مواد معدنی توسط گیاهان تنش دیده تحت تیمار اسید سالیسیلیک نسبت داده شده بود (Khan *et al*., 2003). تنش شوری کلروفیل را نسبت به شرایط بدون شوری کاهش می‌دهد. مشابه اثرهای نامطلوب تنش شوری بر محتوای کلروفیل روی توت‌فرنگی که توسط کایا و همکاران (Kaya *et al*., 2003) بیان شده بود.

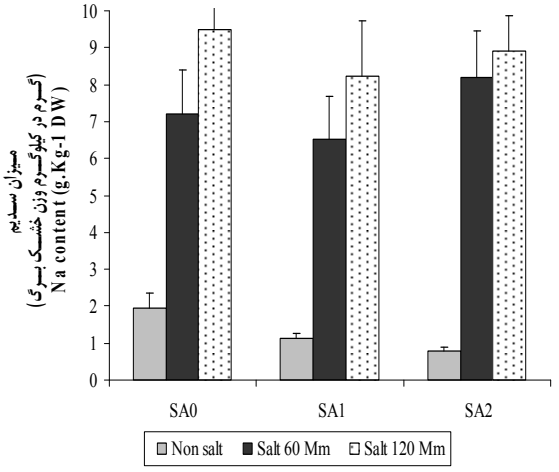
با توجه به جدول تجزیه واریانس، اثر ساده محلول‌پاشی، شوری و رقم، همچنین برهمکنش شوری و رقم و شوری و محلول‌پاشی بر غلظت سدیم در برگ معنی‌دار بود؛ ولی برهمکنش شوری، رقم و محلول‌پاشی بر میزان سدیم معنی‌دار نشد (جدول ۴). با افزایش غلظت نمک میزان سدیم گیاهچه‌ها افزایش یافت به‌طوری که بیشترین میزان سدیم در شوری ۱۲۰ میلی‌مولار (۹/۷۱ گرم) و مربوط به رقم کیمیا بود که نسبت به شاهد بدون تنش به میزان ۸ گرم افزایش داشت (شکل ۱۳). در حالت بدون تنش بین ارقام مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت؛ ولی در سطح شوری ۶۰ میلی‌مولار کمترین تجمع سدیم در رقم گچساران با میزان ۵/۸۸ گرم بر کیلوگرم وزن خشک گیاه بود. با افزایش غلظت نمک به ۱۲۰ میلی‌مولار نیز همین روند ادامه داشت (شکل ۱۳). افزایش غلظت سدیم در گیاه در مواجه با تنش شوری توسط دیگر پژوهشگران نیز برای گیاهان سویا (Essa, 2002) گزارش شده است. کمترین میزان تجمع سدیم در غلظت‌های نمک (۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار) و محلول‌پاشی توسط اسید سالیسیلیک ۰/۲ میلی‌مولار بود که نسبت به شاهد کاهش قابل توجهی یافت (شکل ۱۴).

Ashraf *et al* (2001) بیان کردند که با افزایش شوری در گونه‌های کلزا، غلظت کلسیم، سدیم و کلر ریشه و اندام هوایی افزایش و غلظت پتاسیم کاهش می‌یابد. افزایش در فتوسنتز با استفاده از ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک تیمار شده گیاهان تحت تنش شوری به‌خاطر کاهش محتوای یون‌های سدیم و کلر و افزایش محتوای عناصر غذایی است. Gunes *et al*، (2005) پیشنهاد کردند که تیمار اسید سالیسیلیک اثرهای منفی از نمک را روی محتوای عناصر غذایی خنثی می‌کند.



شکل ۱۳- مقایسه میانگین میزان سدیم برگ ارقام عدس تحت تأثیر تنش شوری (سطح معنی‌داری ۵ درصد و بارها نشان‌دهنده ±SE است. (LSD= ۰/۶۰۲

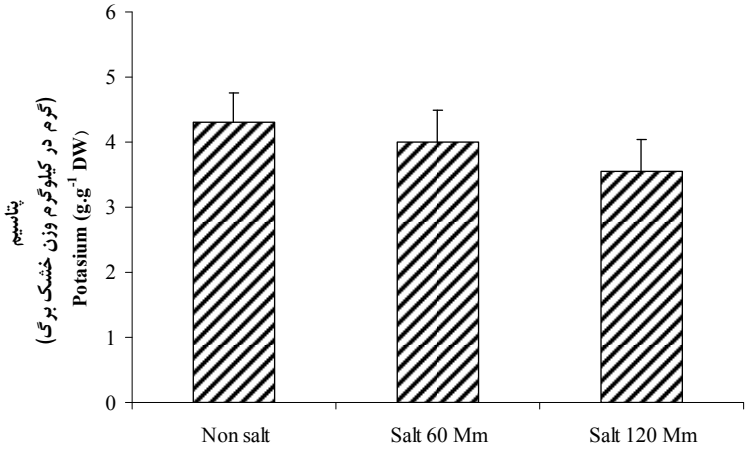
Fig. 13. Mean comparison of lentil leaf Na content under salinity stress (LSD=0.602 α=0.05 and bar is ±SE).



شکل ۱۴- مقایسه میانگین میزان سدیم برگ عدس تحت تأثیر شوری و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک (سطح معنی‌داری ۵ درصد و بارها نشان‌دهنده ±SE است. (LSD= ۰/۶۰

Fig. 14. Mean comparison of lentil leaf Na content under salinity and foliar application stress (LSD=0.60 α=0.05 and bar is ±SE).

نتایج نشان داد که اثر تنش شوری و اسید سالیسیلیک هر کدام به‌طور جداگانه بر میزان پتاسیم معنی‌دار شد (جدول ۴). به‌طوری که بیشترین میزان پتاسیم مربوط به شرایط بدون تنش شوری بود و با افزایش میزان غلظت نمک از میزان پتاسیم کاسته شد، در تنش شوری با غلظت ۱۲۰ میلی‌مولار کمترین میزان پتاسیم مشاهده شد (شکل ۱۵). با توجه به جدول ۳ بیشترین میزان پتاسیم مربوط به محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار بود.



شکل ۱۵- مقایسه میانگین میزان پتاسیم برگ عدس تحت تنش شوری (سطح معنی‌داری ۵ درصد و بارها نشان‌دهنده ±SE است. (LSD= ۰/۲۵

Fig. 15. Mean comparison of lentil leaf potassium under salinity stress (LSD=0.25 α=0.05 and bar is ±SE).

Cramre (2002) گزارش کرد که کاهش پتاسیم در گیاهان سبب کاهش رشد می‌شود. علت این امر کاهش ظرفیت گیاه برای انجام تنظیم اسمزی و کاهش توانایی حفظ آماس است. کاهش پتاسیم همچنین اثر منفی روی فعالیت‌های متابولیکی مانند ساخته شدن پروتئین دارد. با اعمال محلول‌پاشی توسط اسید سالیسیلیک میزان پتاسیم افزایش یافت. به‌طوری که کمترین میزان پتاسیم مربوط به محلول‌پاشی با آب مقطر و بیشترین میزان آن به محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار با میزان ۴/۲ گرم پتاسیم بر کیلوگرم وزن خشک گیاه تعلق داشت که نسبت به شاهد ۰/۵ گرم بیشتر بود (جدول ۳). به‌طور کلی تنش شوری از طریق اختلال در مکانیسم جذب پتاسیم توسط ریشه، باعث کاهش غلظت پتاسیم اندام‌های گیاه می‌شود و از آنجایی که پتاسیم به‌عنوان کوآنزیم در فعال کردن بیش از ۴۰ آنزیم دخالت دارد، هر گونه تغییر در غلظت آن اثر قابل توجهی بر رشد و نمو گیاه دارد. از سویی دیگر غلظت زیاد سدیم تحت شرایط تنش شوری از یک طرف مکانیسم جذب پتاسیم را مختل می‌کند و از طرف دیگر با ورود به گیاه اثر منفی بر فعالیت این آنزیم‌ها دارد. میزان کافی پتاسیم در گیاه باعث تنظیم پتانسیل اسمزی و بهبود جذب آب شده و از این طریق یکی از اثرهای تنش شوری یعنی خشکی فیزیولوژیک را تعدیل می‌نماید (Cramre, 2002).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی از نتایج به‌دست آمده چنین استنباط می‌شود که تأثیر تنش شوری بر فرآیندهای مختلف گیاه متغیر است. تجمع سدیم و کلر در برگ‌ها باعث مسمومیت گیاه شده و اختلال در رشد و جذب عناصر از جمله پتاسیم را موجب می‌شود، که محلول‌پاشی توسط اسید سالیسیلیک باعث کاهش تجمع سدیم در گیاه می‌شود. بیشترین میزان پتاسیم و کمترین میزان سدیم در گیاه به تیمار محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک ۰/۵ تعلق داشت. سالیسیلات یک تنظیم‌کننده‌ی رشد می‌باشد که مقادیر زیاد و کم آن اثرات متفاوت بر رشد گیاه و فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه می‌گذارد. همچنین اثر غلظت‌های مختلف بر میزان قندهای محلول و کلروفیل در مقایسه با شاهد تغییرات معنی‌داری را ایجاد کرد. سالیسیلیک اسید با کاهش محتوای پراکسید هیدروژن، به خاطر کاهش فعالیت کاتالاز در گیاه پیامی را سبب می‌شود که در ادامه موجب کاهش پراکسیداسیون لیپید می‌گردد. کاهش میزان کلروفیل در برگ‌های گیاه، کاهش فعالیت فتوسنتزی و رشد را باعث می‌شود که استفاده از محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در گیاهان عدس باعث افزایش تعداد سلول‌های مزوفیل، غلظت کلروپلاست و مقدار کلروفیل شده و لذا هدر رفت نوری کاهش یافته و بنابراین توان فتوسنتزی برگ بیشتر می‌گردد که این مطلب باعث تولید عملکرد بیولوژیک بیشتر می‌شود. نتایج نشان داد که استفاده از اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار در شوری‌های با غلظت بالا باعث افزایش مقدار کلروفیل و کاروتنوئید می‌شود. بیشترین میزان کلروفیل a به رقم کیمیا و کلروفیل b در توده محلی کرمانشاه بیشتر بود. این نتایج نشان می‌دهد که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک سبب افزایش بردباری به تنش شوری و کاهش اثرهای مضر کلرید سدیم در گیاه عدس می‌شود.

منابع

1. Arnon, D.I. 1949. Copper enzyme in isolated chloroplast and polyphenoloxidase in beta vulgar is. Plant Physiology 24 (1): 15-18.
2. Ashraf, M., and Foolad, M.R. 2005. Pre sowing seed treatment – A shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non saline conditions. Advances in Agronomy 88: 223- 265.
3. Ashraf, M., Nazir, N., and Mcneilly, T. 2001. Comparative salt tolerance of amphidiploids and diploid *Brassica* species. Plant Science 160: 683-689.
4. Bagheri, A., Goldani, M., and Hasanzadeh, M. 1997. Agronomy and Breeding of lentil. Jihad, Mashhad University Press. 248 pp. (In Persian).
5. Borsanio, O., Valpuesta, V., and Botella, M.A. 2001. Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in Arabidopsis seedlings. Plant Physiology 126: 1024-1030.
6. Chen, Z., and Gallie, D.R. 2004. The ascorbic acid redox state controls guard cell signaling and stomatal movement. The Plant Cell 16: 1143-1162.
7. Cramre, G.R. 2002. Sodium calcium interactions under salinity stress. In Lauchli, A., Luttage, U. salinity: Environment Plants Molecules. 205-227.

8. Cutt, J.R., and Klessing, D.F. 1992. Salicylic acid in plant. A changing perspective. Pharmaceutical Technology. 16: 25-34.
9. Dolatabadian, A., Modares Sanavy, S.A.M., and Chashmi, N.A. 2008. The effects of foliar application of ascorbic acid (vitamin C) on antioxidant enzymes activities, lipid per oxidation and proline accumulation of canola (*Brassica napus* L.) under conditions of salt stress. Journal Agronomy and Crop Science 194: 206-213.
10. Doulatabadian, A., Modarres Sanavy, A.M., and Etemadi, F. 2008. Effect of pretreatment of salicylic acid on wheat (*Triticum aestivum* L.) seed germination under salt stress. Iranian Journal of Biology 4: 692-702. (In Persian with English Summary).
11. El-Tayeb, M.A. 2005. Response of barley Gains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation 45: 215-225.
12. Essa, T.A. 2002. Effect of salinity stress on growth and nutrient composition of three soybean (*Glycine max* L. Merrill) cultivars. Journal of Agronomy and Crop Science 188: 86-93.
13. Ghorbanli, M., Adib Hashemi, N., and Peyvandi, M. 2010. Study of salinity and ascorbic acid on some physiological responses of *Nigella sativa* L. Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants 26: 370-380. (In Persian with English Summary).
14. Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Cicek, N., Guneri, E., Eraslan, F., and Guzelordu, T. 2005. Effects of exogenously applied salicylic acid on the induction of multiple stress tolerance and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.). Archives of Agronomy and Soil Science 51: 687-695.
15. Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Bagci, E.G., and Cicek, N. 2007. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays L.*) grown under salinity, Journal of Plant Physiology 164: 728-736.
16. Heath, R.L., and Pacher, L. 1969. Photo per oxidation in isolated chloroplast. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid per oxidation. Arch Biochemical Biophysics 125: 189-198.
17. Hoagland, D.R., and Arnon, D.I. 1950. The water- culture for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Stat. Circ. 347: 32.
18. Irigoyen, J.J., Emerich, D.W., and Sanchez-Diaz, M. 1992. Water stress induced changes in concentration of praline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiology plants 84: 55-60.
19. Karlidag, H., Yildirim, E., and Turan, M. 2009. Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. Science Agriculture 66 (2): 180- 187.
20. Kaur, S., Gupta, A.K., and Kaur, N. 2000. Effect of GA_3, kinetin and indole acetic water stress. Plant Growth Regulation 30: 61-70.
21. Kaya, C., Higgs, D., Ince, F., Amador, B.M., Cakir, A., and Sakar, E. 2003. Ameliorative effects of potassium phosphate on salt stressed pepper and cucumber. Journal of Plant Nutrition 26: 807-820.
22. Keshta, M.M., Hammad, K.M., and Sorour, W.A.I. 1999. Evaluation of rape seed genotypes in saline soil. Proceedings of the 10^{th} International Rape Seed Congress. Canberra, Australia.
23. Khan, M.A., Ahmad, M.Z., and Hameed, A. 2006. Effect of sea and L-ascorbic acid on the seed germination of halophytes. Journal of Arid Environments 67: 535-540.
24. Khan, W., Balakrishnan, P., and Smith, D.L. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylate. Journal Plant Physiology 160: 485-492.
25. Levit, J. 1980. Response of plants to environmental stress. Vol II. Water, Radiation, Salt and other stress. Academic Press. U. S. A. New York.
26. Lichtenthder, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic bio membranes. Methods in Enzymologist 147: 350-382.
27. Madan, S., Nainwatee, H.S., Jain, R.K., and Chowdhury, J.B. 1995. Praline and praline metabolism enzymes in invitro selected NaCl tolerant *Brassica juncea* under salt stress. Annual Botany 76: 51-57.
28. Majnoonhoseini, N. 1996. Pulses in Iran. Publications of the Institute Publications Jihad. 240 pages.
29. Najafian, Sh., Khoshkhui, M., Tavallali, V., and Saharkjiz, M.J. 2009. Effect of salicylic acid and salinity in Thyme (*Thymus Vulgaris* L.): Investigation on changes in gas exchange, water relations, and membrane stabilization and biomass accumulation. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 3 (3): 2620-2626.
30. Noreen, S., and Ashraf, M. 2008. Alleviation of adverse effects of salt stress on sunflower (*Helianthus annuus* L.) by exogenous application of salicylic acid: growth and photosynthesis, Pakistanian Journal of Botany 40: 1657-1663.
31. Paquine, R., and Lechasseur, P. 1979. Observations sur one method dosage la Libra dans les de planets. Canadian Journal of Botany 57: 1851-1854.

32. Parida, A., and Das, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety 60: 324-349.
33. Patterson, B., Macrae, E., and Ferguson, I. 1984. Estimation of hydrogen peroxide in plant extracts using titanium (IV). Annual Biochemical 139: 487-492.
34. Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. Annual Review of Plant Physiology. Plant Molcular Biology 43: 439-463.
35. Ritchie, S.W., Nguyen, H.T., and Haloday, A.S. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science 30: 105-111.
36. Senaratna, T., Touchell, D., Bunnm, E., and Dixon, K. 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plant. Plant Growth Regulation 30: 157-161.
37. Stevens, J., Senaratna, T., and Sivasithamparam, K. 2006. Salicylic acid induces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma): associated changes in gas exchange, water relation and membrane stabilization. Plant Growth Regulation 9: 77-83.
38. Stoeva, N., and Kaymakanova, M. 2008. Effect of salt stress on the growth and photosynthesis rate of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.). Central European Agriculture Journal 9 (3): 385-392.
39. Tiwari, J.K., Munshi, A.D., Kumar, R.R., Pandey, N., Arora, A., Bhat, J.S., and Sureja, A. K. 2010. Effects of salt stress on cucumber: Na K ratio, osmolyte concentration, phenols and chlorophyll content. Acted Physiology Plant 32: 103-114.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 5, No. 2, 2014, p. 83-98

Physiological responses of Lentil (*Lentil culinaris* Medik) to salinity stress and foliar application salicylic acid

Kayednezami[1], R. & Balouchi[2*], H.R.

1- MSc. Student of Agronomy, Agronomy and Plant Breeding Department, Yasouj University
2- Associate Professor of Agronomy and Plant Breeding Department, Yasouj University

Received: 08 December 2012
Accepted: 04 March 2014

Abstract

Among the environmental stresses, salinity is a major limiting factor in world legumes production is considered. In this study, sodium chloride and Salicylic acid interaction on growth parameters were investigated in greenhouse with factorial arrangement in randomized complete block design with three replications. The plant consisted of three cultivars of lentil (Kimiya, Kermanshah and Gachsaran), exposed to different concentrations of sodium chloride (0, 60 and 120 mM NaCl) and solution sprayed by salicylic acid (0, 0.2 and 0.5 mM) were used. In plants only exposed to sodium chloride, with the increase of sodium chloride concentration, chlorophylls, carotenoids and relative water content decreased compared to control while, amount of soluble sugar, electrolyte leakage, MDA, proline and amount of sodium and chloride accumulation increased. In plants exposed to sodium chloride and Salicylic acid, compared with those were only exposed to salinity, in the same concentration of sodium chloride photosynthetic pigments and relative water content were higher, and amount of soluble sugar, electrolyte leakage, MDA, proline and amount of Na accumulation decreased compared to plants only exposed to sodium chloride. The result showed that spray of Salicylic acid (as an antioxidant) caused resistance against salt stress and decreased side effects of sodium chloride in *Lens culinaris* Medik. Kimia variety in foliar application with 0.2 mM salicylic acid and high NaCl levels had the highest relative water content, proline, soluble sugars, chlorophyll and carotenoid.

Keywords: Pulses, Osmotic stress, Ortohydroxybanzoic acid, Soluble sugar, Photosynthesis pigments

***Corresponding Author**: balouchi@yu.ac.ir, Tel: 09171892040