"مجله علوم زراعی ایران"
جلد هیجدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵

اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد دانه جو (*Hordeum vulgare* L.) رقم نصرت در شرایط تنش شوری

Effect of foliar application of salicylic acid on biochemical attributes and grain yield of barley (*Hordeum vulgare* L. cv. Nosrat) under saline conditions

هادی پیرسته انوشه[۱]، یحیی امام[۲]، محمدجواد روستا[۳] و سیده الهه هاشمی[۴]

چکیده

پیرسته انوشه، ه.، ی. امام، م. ج. روستا و س.ا. هاشمی. ۱۳۹۵. اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد دانه جو (*Hordeum vulgare* L.) رقم نصرت در شرایط تنش شوری. **مجله علوم زراعی ایران. ۱۸(۳): ۲۴۴-۲۳۲.**

اگرچه نقش اسید سالیسیلیک بر تحمل شوری گیاهان به‌خوبی نشان داده شده است، لیکن برای درک بهتر سازوکارهای فیزیولوژیک آن به پژوهش‌های بیشتری نیاز است. در این پژوهش اثر محلول‌پاشی غلظت‌های اسید سالیسیلیک (صفر، ۰/۵، ۱/۰، ۱/۵ و ۲/۰ میلی‌مولار) بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد دانه جو رقم نصرت در شرایط غیرشور و شور (به‌ترتیب ۲ و ۱۲ دسی‌زیمنس برمتر) در مرکز ملی تحقیقات شوری در استان یزد در سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تنش شوری باعث افزایش محتوای پروتئین‌های محلول، پرولین آزاد، مالون دی‌آلدئید و نشت یونی به‌ترتیب به‌میزان ۲۲/۱، ۱۴۷/۷، ۸۷/۲ و ۱۰۲/۹ درصد شد، درحالی‌که شاخص پایداری غشا و غلظت کلروفیل‌های a و b را به‌ترتیب به‌میزان ۳۳/۲، ۳۱/٤ و ۵۹/۳ درصد کاهش داد. تنش شوری همچنین باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه به میزان ۳٤/۲ و ٤۰/۹ درصد (به‌ترتیب در سال‌های اول و دوم آزمایش) شد. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک باعث تعدیل اثر منفی تنش شوری گردیده و افت عملکرد دانه در اثر تنش شوری از ٤۲/۱ درصد در تیمار بدون محلول‌پاشی به ۲۷/۳ درصد در تیمار ۱/۵ میلی‌مولار در سال اول و از ٤۳/۷ درصد در تیمار بدون محلول‌پاشی به ۳۳/۸ درصد در تیمار ۱/۰ میلی‌مولار در سال دوم کاهش یافت. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک باعث افزایش پروتئین‌های محلول، پرولین آزاد، غلظت کلروفیل‌های a و b و کاروتنوئیدها و همچنین شاخص پایداری غشا گردید و از سوی دیگر میزان مالون دی‌آلدهید و نشت یونی را کاهش داد. نتایج نشان داد که اسید سالیسیلیک در شرایط غیرشور و شور به‌ترتیب تا غلظت‌های ۲/۰ و ۱/۵ میلی‌مولار اثر بهتری بر گیاه جو داشتند. نتایج کلی این آزمایش نشان داد که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با بهبود ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه جو، باعث بهبود تحمل گیاه به شوری و کاهش اثر منفی تنش شوری و افزایش عملکرد دانه آن می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، پروتئین‌های محلول، پرولین، جو، کلروفیل و مالون دی‌آلدئید.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۲۴ این مقاله مستخرج از رساله دانشجوی دکتری نگارنده اول می باشد.

۱- استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده)
(پست الکترونیک h.pirasteh.a@gmail.com)
۲- استاد بخش زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۳- دانشیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-13]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.4.7]

مقدمه

تنش شوری یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش تولیدات کشاورزی بیش از حدود ۱۰۰ سال اخیر است که موضوع بسیاری از پژوهش‌های جهانی (Kafi and Khan, 2008) بوده و از حدود ۵۰ سال، مورد توجه پژوهش‌های داخلی قرار گرفته است (Ranjbar and Pirasteh-Anosheh, 2015). شوری رشد گیاهان را به دو صورت تحت تأثیر قرار می‌دهد. غلظت‌های بالای نمک خاک از یک طرف باعث کاهش پتانسیل آب خاک شده (تنش اسمزی) و از طرف دیگر برای گیاه سمیت ایجاد می‌نماید (سمیت یونی) که منجر به تغییرات بیوشیمیایی در گیاه و پاسخ‌های فیزیولوژیک آن می‌شود (Munns, 2005). مسمومیت یونی در اثر تجمع یون‌های خاص به‌ویژه سدیم، باعث اختلال در واکنش‌های متابولیک گیاه می‌شوند (Munns and Tester, 2008). در شرایط تنش اسمزی نیز گیاه در اثر افزایش تجمع ترکیبات اسمزی ازجمله پرولین و کربوهیدرات‌های محلول (پدیده تنظیم اسمزی)، به جذب ادامه می‌دهد (Demiral and Turkan,. 2005).

بسیاری از اثرات فیزیولوژیک شوری در گیاه ممکن است در اثر تغییر در توازن هورمون‌های گیاهی به‌وجود آیند. تنظیم کننده‌های رشد مانند اسید سالیسیلیک، با ایجاد توازن در محتوای هورمون‌های گیاهی، در کنترل پاسخ‌های گیاه به شوری نقش مهمی دارند (Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2014). بعلاوه اسید سالیسیلیک در شرایط تنش شوری روی بسیاری از ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه اثر می‌گذارد. نتایج تحقیقات انجام شده نشان داده است که اسید سالیسیلیک بر طیف وسیعی از صفات مانند جوانه‌زنی بذر، رشد، عملکرد، اجزای عملکرد، فیزیولوژی و بیوشیمی گیاهان، به ویژه در شرایط شور، اثر مثبت داشته است، با این وجود هنوز اتفاق نظر کلی در مورد غلظت بهینه برای استفاده از اسید سالیسیلیک وجود ندارد (Ashraf *et al.*, 2010). نقش اسید سالیسیلیک در بهبود ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه مانند محتوای پروتئین‌های محلول، پرولین آزاد، رنگیزه‌های فتوسنتزی و میزان هورمون‌های گیاهی و درنتیجه افزایش عملکرد در شرایط تنش شوری در بسیاری از گیاهان مانند جو (Bandurska and Stroinski, 2005; El-Tayeb, 2005; Pakar *et al.*, 2016) و گندم (Shakirova, 2007; Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2012; Shakirova *et al.*, 2003) نشان داده‌شده است. پژوهش‌های قابل‌توجهی در رابطه با اثر اسید سالیسیلیک بر القای تحمل شوری گونه‌های مختلف گیاهی در مراحل اولیه رشد انجام شده است، با این وجود پژوهش‌های بیشتری در ارتباط با درک بهتر سازوکارهای فیزیولوژیک اسیدسالیسیلیک مورد نیاز است. در پژوهش حاضر سازوکارهای احتمالی مانند افزایش سنتز پروتئین‌های محلول، تجمع ترکیبات محلول، محافظت از غشا و حفظ رنگیزه های فتونستزی در القای تحمل شوری توسط اسید سالیسیلیک مورد بررسی قرار گرفت. هدف اصلی این تحقیق بررسی ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد دانه جو رقم نصرت در تیمارهای محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در شرایط غیرشور و شور بوده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش مزرعه‌ای به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳- ۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقات شوری صدوق، مرکز ملی تحقیقات شوری در استان یزد (طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۴ دقیقه شرقی و عرض ۳۲ درجه و ۰۳ دقیقه شمالی و ۳۷۲۵ متر ارتفاع از سطح دریا) اجرا شد. نتایج آزمون خاک محل اجرای آزمایش پیش از شروع آزمایش در جدول ۱ و میزان بارش و حجم آب آبیاری در دو سال زراعی در جدول ۲ ارائه شده است. رقم جو مورد مطالعه نصرت

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-13]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.4.7]

(کارون در کویر) بود که یک رقم شش ردیفه، آبی با تیپ رشد بینابین، نیمه زودرس، ارتفاع متوسط (میانگین ۱۰۵ سانتیمتر) با کیفیت خوب (میانگین پروتئین دانه ۱۲ درصد) و نیمه متحمل به شوری می‌باشد. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری (عامل اصلی) با آب مطلوب با هدایت الکتریکی ۲ دسی‌زیمنس بر متر (غیرشور) و آبیاری با آب شور با هدایت الکتریکی ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر (شور) و میزان اسید سالیسیلیک (عامل فرعی) در پنج سطح صفر، ۰/۵، ۱/۰، ۱/۵ و ۲/۰ میلی‌مولار بودند.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش پیش از آبشویی

Table 1. Physico-chemical properties of soil in the experimental site before leaching

عمق خاک	EC	بافت	FC	PWP	اسیدیته	فسفر	پتاسیم	نیتروژن	ماده آلی
Soil depth (cm)	($dS.m^{-1}$)	Texture	(%)		pH	P	K	N	O.C.
						($mg.kg^{-1}$)		(%)	
0-30	5.0	Sandy loam	21.6	7.3	7.37	16.2	142.0	0.039	0.64
30-60	4.6				7.61	10.3	121.3	0.033	0.38

جدول ۲- حجم آب آبیاری و اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش (۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳- ۱۳۹۲)

Table 2. Irrigation water rate and meteorological information of the experimental site (2012-2014)

سال	حجم آبیاری Irrigation water ($m^3.ha^{-1}$)		بارندگی
Year	Non-saline غیرشور	Saline شور	Precipitations (mm)
2012-2013	6128.2	5083.4	110
2013-2014	6546.4	5537.8	67.2

سال	Temperature (°C) دما							
Year	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.
2012-2013	14.2	8.9	9.4	8.8	16.8	20.2	25.1	31.9
2013-2014	13.9	7.9	6.4	5.6	15.8	22.4	27.1	33.1

سال							RH (٪) رطوبت نسبی	
Year	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.
2012-2013	49	50	43	39	30	27	23	13
2013-2014	46	36	45	38	29	24	21	10

پس از شخم زمین با گاوآهن برگردان‌دار و دو بار دیسک عمود برهم و تسطیح، کرت‌هایی با ابعاد ۴×۳ متر تهیه شدند. بذرهای یکنواخت گیاه جو در ردیف‌هایی به طول ۴ متر و با فاصله بین ردیف ۲۰ سانتی‌متر کاشته شدند تا تراکم ۳۵۰ بذر در مترمربع حاصل شود. بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱)، ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص در دو مرحله پیش از کاشت و ابتدای ساقه‌روی (از منبع اوره) و ۶۰ کیلوگرم در هکتار فسفر (از منبع سوپرفسفات تریپل) پیش از کاشت به خاک اضافه شدند. در طول فصل رشد گیاه به‌منظور تعیین شوری خاک تا عمق ۹۰ سانتی‌متری و در ۴ مرحله در هر کرت اصلی، نمونه برداری انجام شد. میانگین شوری عصاره گل اشباع در عمق صفر تا ۹۰ سانتی‌متر در طول فصل رشد در کرت‌های غیرشور و شور به ترتیب ۲/۹ و ۱۱/۶ دسی‌زیمنس بر متر بود.

تنش شوری پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها از طریق آبیاری با شوری‌های مدنظر اعمال شد. آب شور با هدایت الکتریکی ۱۲ دسی‌زیمنس برمتر از ترکیب آب دو استخر موجود در مزرعه با هدایت‌های الکتریکی ۲ و ۱۴ دسی‌زیمنس برمتر تهیه شد. تجزیه شیمیایی آب آبیاری در جدول ۳ ارائه شده است.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-13]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.4.7]

آبیاری در حد ظرفیت مزرعه به علاوه ۳۰ درصد سهم آبشویی انجام شد. برای تهیه محلول‌های اسید سالیسیلیک از اتانول و آب گرم استفاده شد. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک نیز یک هفته پس از اعمال شوری با غلظت‌های مورد نظر با استفاده از سمپاش پشتی دقیق با فشار یک بار و به میزان ۵۰۰ لیتر در هکتار انجام شد. کرت‌های بدون محلول‌پاشی نیز به همان میزان با آب خالص محلول‌پاشی شدند.

جدول ۳- تجزیه شیمیایی آب آبیاری غیرشور و شور

Table 3. Chemical analysis of non-saline and saline irrigation water

EC ($dS.m^{-1}$)	pH	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+
2	8.25	1.69	15.00	7.44	3.95	7.75	12.76	0.17
12	7.71	3.23	92.31	26.46	9.03	28.36	84.65	0.51

همزمان با شروع پرشدن دانه نمونه‌برداری از برگ پرچم به‌منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های بیوشیمیایی انجام شد. نمونه‌ها در نیتروژن مایع منجمد و به آزمایشگاه انتقال داده شدند. در این پژوهش پروتئین‌های کل محلول (Bradford, 1976)، پرولین آزاد (Bates *et al*., 1973) و مالون‌دی‌آلدئید (Health and Packer, 1969) و محتوای کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و کاروتنوئیدها (Lichtenthaler and Wellburn, 1983) با دستگاه استفاده از اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شدند. سنجش نشت یونی و شاخص پایداری غشا به روش حمام بن‌ماری انجام شد (Sairam, 1994). در زمان رسیدگی کامل، با رعایت اثر حاشیه، محصول دو متر مربع از ناحیه مرکزی هر کرت برداشت شده و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه با سایر صفات با استفاده از نرم افزار MINITAB برآورد شد. در مواردی که برهمکنش سال با تیمارها معنی‌دار شد، داده‌های دو سال به طور جداگانه مقایسه شدند، در سایر موارد از میانگین دو سال برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که محتوای کل پروتئین‌های محلول تحت تأثیر معنی‌دار شوری و اسید سالیسیلیک و محتوای پرولین آزاد تحت تأثیر معنی‌دار شوری، اسید سالیسیلیک و برهمکنش آن‌ها قرار گرفت. شوری باعث کاهش ۲۲/۱ درصدی محتوای پروتئین برگ پرچم گردید (جدول ۴). گزارش شده است که اگرچه سطوح ملایم تنش شوری باعث افزایش برخی پروتئین‌ها برای افزایش تحمل گیاه می‌شود (Munns and Tester 2008)، ولی سطوح شوری بالاتر از حد آستانه گیاه، به‌طور مستقیم با کاهش سنتز پروتئین (Kafi and Khan, 2008) و یا به‌طور غیرمستقیم با القای تنش اکسیداتیو و تخریب پروتئین‌ها به وسیله گونه‌های اکسیژن واکنشگر (Sairam *et al*., 2002)، باعث کاهش پروتئین‌های محلول گیاه می‌شود. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک باعث افزایش محتوای پروتئین برگ پرچم شد (جدول ۴). با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک اثر آن بر محتوای پروتئین بیشتر شد و غلظت‌های ۱/۵ و ۲/۰ میلی مولار اثر معنی‌داری داشتند. این دو غلظت محتوای پروتئین برگ پرچم را نسبت به شاهد بدون محلول‌پاشی به ترتیب ۴۰/۶ و ۴۵/۳ درصد افزایش دادند. افزایش محتوای پروتئین‌های محلول از طریق جلوگیری از تخریب آن‌ها یا تحریک سنتز آن‌ها، یکی از سازوکارهای اسید سالیسیلیک

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-13]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.4.7]

برای القای تحمل به تنش گزارش شده است (Pirasteh-Anosheh *et al*., 2012; Pirasteh-Anosheh *et al*., 2016). اعتقاد بر این است که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با تأثیر بر پروتئین‌های آپوپلاستی، باعث افزایش تحمل گندم به تنش شوری می‌شود (Tasgin *et al*., 2006).

افزیش شوری آب آبیاری به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر با افزایش حدود ۲/۵ برابری محتوای پرولین آزاد برگ پرچم همراه بود (شکل ۱). گزارش شده است که در شرایط شوری، گیاه به‌منظور ادامه جذب آب از طریق تجمع ترکیبات اسمزی از جمله پرولین و کربوهیدرات‌های محلول، پتانسیل اسمزی خود را کاهش داده و باعث بروز پدیده تنظیم اسمزی می‌شود (Demiral and Turkan, 2005). این کار باعث می‌شود که گیاهان با حفظ آماس برگ در شرایط پتانسیل پایین آب، به رشد خود ادامه داده و با استفاده از پدیده تنظیم اسمزی، تا حدودی از اثر سوء تنش اجتناب کنند (Pirasteh-Anosheh *et al*., 2016). نتایج نشان داد که در هر دو شرایط غیرشور و شور، محتوای پرولین در بوته‌های محلول‌پاشی شده با اسید سالیسیلیک بیشتر از بوته‌های تیمار نشده بود. در شرایط غیرشور و شور به ترتیب اثر غلظت‌های ۱/۰ و ۰/۵ میلی مولار معنی‌دار بود، با این وجود محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۲/۰ میلی مولار در شرایط غیرشور (۲/۱ برابر) تأثیر بیشتری نسبت به شرایط شور (۱/۸ برابر) داشت (شکل ۱). این موضوع نشان می‌دهد که در شرایط شور، غلظت‌های متوسط اسید سالیسیلیک اثر بهتری بر محتوای پرولین آزاد برگ دارند. به‌طورکلی، تجمع پرولین شاخصی برای تحمل گیاه نسبت به تنش‌های محیطی محسوب می‌شود. پرولین در سازگاری گیاهان به تنش‌های محیطی نقش مثبت داشته و دارای آثار بیولوژیک زیادی مانند تنظیم اسمزی، حفاظت از سلول، نقش آنتی اکسیدانی، انتقال انرژی، ذخیره کربن و نیتروژن که برای پایداری سلول و سازگاری به شرایط جدید لازم است، می‌باشد (Kuznetsov and Shevyakova, 1999).

محتوای مالون دی‌آلدئید و شاخص پایداری غشا تحت تأثیر معنی‌دار شوری، اسید سالیسیلیک و برهمکنش آن‌ها و نشت یونی تحت تأثیر معنی‌دار شوری و اسید سالیسیلیک قرار گرفتند. بوته‌های جو در شرایط تنش شوری دارای محتوای مالون دی‌آلدئید (شکل ۲الف) و نشت یونی (جدول ۴) بیشتر (به ترتیب ۸۷/۲ و ۱۰۲/۹ درصد) و شاخص پایداری غشا کمتر (۳۳/۲ درصد) (شکل ۲ب) بودند. به نظر می‌رسد که پایداری غشای سلولی در شرایط تنش شوری با سنتز پروتئین‌های ویژه و آنزیم‌های کلیدی فتوسنتز گیاه و غشاهای تیلاکوئیدی مرتبط است(Sairam *et al*., 2002) و حفظ پایداری غشای سلولی در طی تنش،

جدول ۴- اثر شوری آب آبیاری و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های بیوشیمیایی جو

Table 4. Effect of salinity of irrigation water and salicylic acid application on biochemical traits of barley

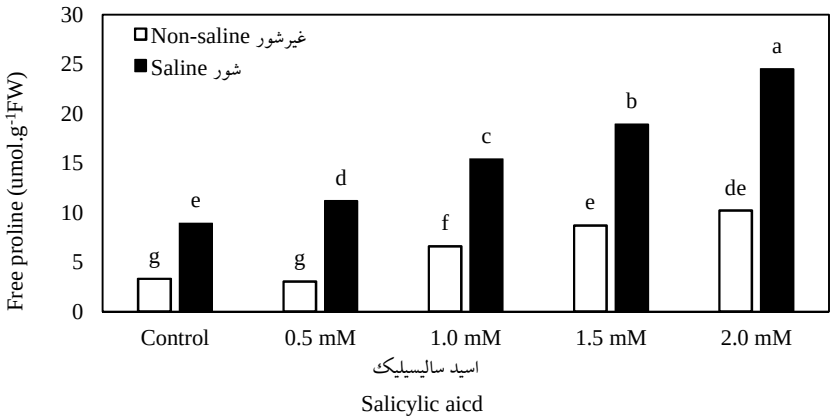
	تیمارهای آزمایشی Treatments	پروتئین‌های کل محلول TSP ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل b Ch_b ($mg.g^{-1}FW$)	نشت یونی EL (%)
شوری آب آبیاری	2 $dS.m^{-1}$	18.80b	12.36a	24.36b
Salinity of irrigation water	12 $dS.m^{-1}$	22.95a	5.032b	49.44a
	Control شاهد	17.77b	6.40c	48.35a
	0.5 mM	18.01b	7.66c	47.45a
اسید سالیسیلیک alicylic acid	1.0 mM	17.78b	7.90c	35.25b
	1.5 mM	24.98a	9.78b	28.15c
	2.0 mM	25.82a	11.74a	25.30c

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 1% probability level, using LSD test

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-13]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.4.7]



شکل ۱- اثر تیمارهای اسید سالیسیلیک بر محتوای پرولین آزاد برگ پرچم جو در شرایط غیرشور و شور

ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Fig. 1. Effect of salicylic acid treatments on free proline content of flag leaf of barley under non-saline and saline conditions

Columns with similar letter(s) are not significantly different at 1% probability level, using LSD test

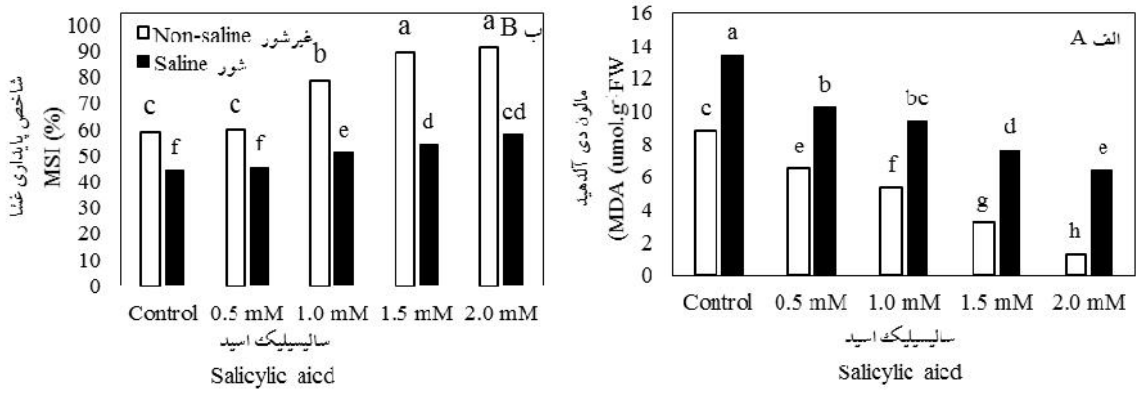
نقش محوری در افزایش تحمل گیاه دارد. (Borsani *et al*., 2001) گزارش شده است که پایداری غشای سلولی، حتی در مراحل ابتدایی تنش، شاخص مناسبی از میزان تحملگیاه به تنش است. به علاوه، نتایج برخی ازپژوهش‌ها نشان داده است که غشاهای سلولی و اندامک‌ها، اولین محل آسیب به سلول‌ها در شرایط تنش توسط گونه‌های فعال اکسیژن هستند (Candan and Tarhan, 2003). نتایج نشان داد که غلظت بیشتر از ۱/۰ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک باعث کاهش معنی‌دار نشت یونی در بوته‌های جو تیمار شده گردید. تیمارهای ۱/۰، ۱/۵ و ۲/۰ میلی مولار به ترتیب ۲۷/۱، ۴۱/۸ و ۴۷/۷ درصد باعث کاهش میزان نشت یونی شدند (جدول ۴). گزارش شده است که اسید سالیسیلیک با مهار گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر باعث کاهش آسیب به غشای سلولی و کاهش نشت یونی می‌شود (Ashraf *et al*., 2010). این سازوکار یک راهکار مهم برای کاهش اثر سوء تنش شوری بر گیاه توسط اسید سالیسیلیک بوده و در آزمایش‌های متعددی گزارش شده است (Stevens *et al*., 2006; Ahmed *et al*., 2009).

در هر دو شرایط غیرشور و شور محلول‌پاشی کلیه سطوح اسید سالیسیلیک باعث کاهش محتوای مالون دی‌آلدئید (شکل ۲الف) و در تیمارهای ۱/۰ میلی مولار و بیشتر، باعث افزایش شاخص پایداری غشا (شکل ۲ب) گردید. با این‌وجود کمترین سطح مالون دی‌آلدئید (۱/۳ واحد مول در گرم وزن تر) و بالاترین شاخص پایداری غشا (۹۱/۴ درصد) در تیمار ۲/۰ میلی مولار در شرایط غیرشور مشاهده شد (شکل ۲). گسترش آسیب اکسیداتیو با کاهش شاخص پایداری غشا و افزایش محتوای مالون دی‌آلدئید که یکی از محصولات پراکسیداسیون لیپیدها است، مشخص می‌شود (Candan and Tarhan, 2003). رادیکال‌های سوپر اکسید ایجاد شده در شرایط تنش شوری باعث پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء و افزایش محتوای مالون دی‌آلدئید و در نتیجه آسیب به غشاهای سلولی می‌شود (Borsani *et al*., 2001; Sairam *et al*., 2002). تنظیم کننده‌های رشد گیاهی مانند اسید سالیسیلیک با جلوگیری از آسیب به اسیدهای چرب و کاهش نفوذپذیری غشاء و حفاظت از غشاء تیلاکوئیدی در اثر تنش شوری، نقش مثبت خود را ایفا می‌کند و این اثر را

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-13]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.4.7]

احتمالا با کاهش میزان پراکسیدهیدروژن انجام می‌دهد (Borsani *et al*., 2001). از سوی دیگر علت کاهش پراکسیداسیون لیپیدها در بوته‌های جو را می‌توان در نتیجه استفاده از اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک آنتی اکسیدان غیرآنزیمی در حذف رادیکال‌های فعال اکسیژن دانست.



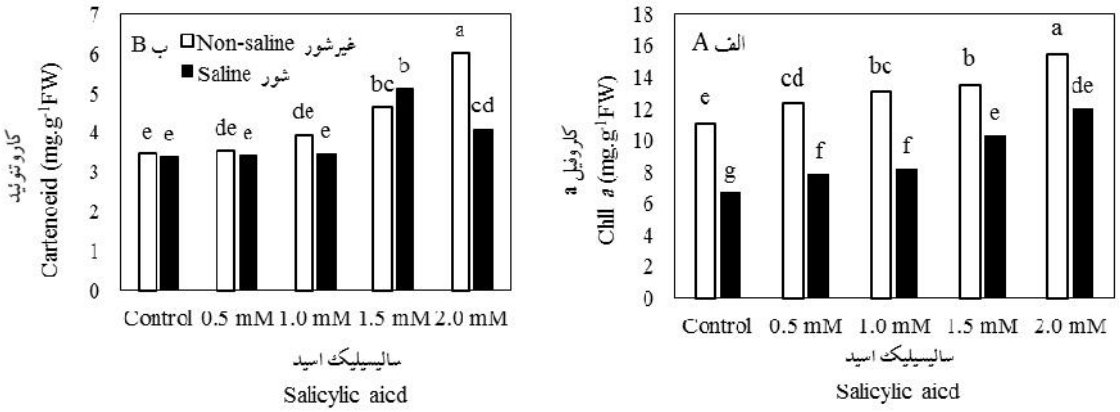
شکل ۲- اثر تیمارهای اسید سالیسیلیک بر محتوای مالون دی‌آلدئید (الف) و شاخص پایداری غشاء (ب) برگ پرچم جو در شرایط غیرشور و شور. ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Fig. 2. Effect of salicylic acid treatments on malon dialdehyde (MDA) (A) and membrane stability index (MSI) (B) of flag leaf of barley under non-saline and saline conditions. Columns with similar letter(s) are not significantly different at 1% probability level, using LSD test

اثر شوری بر محتوای کلروفیل a و b، اثر اسید سالیسیلیک بر محتوای کلروفیل‌های a و b و کاروتنوئیدها و برهمکنش آنها بر محتوای کلروفیل a معنی‌دار بود. اگرچه تنش شوری میزان هر دو نوع کلروفیل a و b را کاهش داد، ولی میزان کاهش این دو نوع کلروفیل باهم متفاوت بود (کلروفیل a: ۳۱/۴ درصد و کلروفیل b: ۵۹/۳ درصد)(به ترتیب شکل ۳ الف و جدول ۴). تنش شوری با افزایش غلظت تنظیم کننده‌های رشد مانند اسید آبسیزیک و اتیلن باعث تحریک آنزیم کلروفیلاز شده و بر اثر آن کلروفیل‌ها تجزیه می‌شوند (Orabi *et al*., 2010). تجمع یون‌های سدیم و کلر در برگ‌ها در شرایط شوری نیز بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی اثر منفی دارد (Stepien and Klobus, 2006). در هر دو شرایط غیرشور و شور محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک باعث افزایش محتوای رنگیزه‌های کلروفیل a و کاروتنوئیدها شد (شکل ۳). افزایش محتوای کلروفیل a در کلیه غلظت‌های اسید سالیسیلیک و برای کاروتنوئیدها تنها در غلظت‌های بالا (۱/۵ و ۲/۰ میلی‌مولار) مشاهده شد. بیشترین میزان کلروفیل a (شکل ۳الف) و کاروتنوئیدها (شکل ۳ب) در تیمار محلول‌پاشی ۲/۰ میلی‌مولار در شرایط غیرشور (به ترتیب ۱۵/۵ و ۶/۰ میلی‌گرم در گرم وزن تر) به دست آمد. گزارش شده است که تنش شوری با اختلال در جذب برخی عناصر دخیل در سنتز کلروفیل مانند آهن و منیزیم، باعث کاهش محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدها در برگ می‌شود. این کاهش می‌تواند با تخریب ساختار کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی، فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها، تخریب پیش ماده‌های سنتز کلروفیل و جلوگیری از بیوسنتز کلروفیل‌های جدید و فعال شدن آنزیم‌های تجزیه کننده کلروفیل از جمله

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-13]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.4.7]

کلروفیلاز و اختلالات هورمونی مرتبط باشد (Neocleous and Vasilakakis, 2007). اسید سالیسیلیک با جلوگیری از تخریب ساختار کلروپلاست در شرایط شور (Khodary, 2004)، باعث بهبود متابولیسم‌های گیاه و افزایش تحمل آن به تنش شوری می‌شود. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در غلظت‌های ۱/۵ و ۲/۰ میلی مولار باعث افزایش معنی‌دار کلروفیل b گردید و بیشترین میزان (۱۱/۷ میلی‌گرم درگرم وزن تر) در تیمار ۲/۰ میلی مولار به دست آمد (جدول ۴). اثر مثبت اسید سالیسیلیک در افزایش محتوای کلروفیل a در جو (El-Tayeb, 2005)، گندم (Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2012) و ذرت (Khodary, 2004) گزارش شده است. این اثر می‌تواند به نقش اسید سالیسیلیک‌اسید در افزایش سبزمانی گیاه (Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2016) و جلوگیری از تخریب کلروپلاست‌ها (Khodary, 2004) نسبت داده شود. اگرچه محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار باعث افزایش محتوای کاروتنوئیدها شد، ولی افزایش غلظت محلول‌پاشی تا سطح ۲/۰ میلی‌مولار باعث کاهش محتوای کاروتنوئیدها شد (شکل ۳ب). این موضوع احتمالا ناشی از برهمکنش منفی بین تنش شوری با غلظت‌های بالای اسید سالیسیلیک است. گزارش شده است که اسید سالیسیلیک در غلظت‌های پایین به دلیل تحریک سیستم آنتی اکسیدانی گیاه، نقش افزایش تحمل به شوری را ایفا می‌کند، ولی در غلظت‌های بالاتر به عنوان آنتی اکسیدان غیرآنزیمی با آنزیم‌های آنتی اکسیدان برهمکنش ایجاد می‌کند (Ashraf *et al.*, 2010). این موضوع که غلظت‌های پایین و متوسط سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش فعالیت‌های آنتی اکسیدانی گیاه و بهبود تحمل آن به شوری شده و در غلظت‌های بالا با ایجاد تداخل در سیستم آنتی اکسیدانی اثر منفی دارد، در سایر پژوهش‌ها نیز گزارش شده است (Shakirova, 2007; Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2015; Ranjbar *et al.*, 2017



شکل ۳- اثر تیمارهای اسید سالیسیلیک بر محتوای کلروفیل a (الف) و کاروتنوئیدها (ب) در برگ پرچم جو در شرایط غیرشور و شور. ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

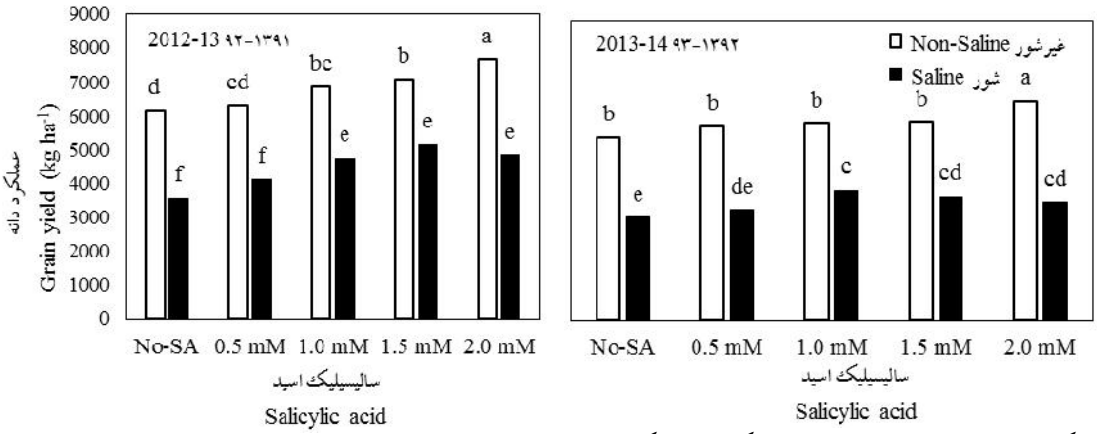
Fig. 3. Effect of salicylic acid treatments on chlorophyll *a* (A) and carotenoids (B) content of flag leaf of barley under non-saline and saline conditions. Columns with similar letter(s) are not significantly different at 1% probability level, using LSD test

اثر شوری، اسید سالیسیلیک و برهمکنش آن‌ها و همچنین اثر سال بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. تنش شوری باعث کاهش عملکرد دانه در سال‌های اول و دوم (به ترتیب ۳۴/۲ و ۴۰/۹ درصد) شد (شکل ۴). در

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-13]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.4.7]

سال دوم به دلیل کاهش میزان آبیاری و افزایش دمای هوا (جدول ۲) آسیب تنش شوری تشدید شد. در شرایط غیرشور، محلول‌پاشی تا بالاترین غلظت اسید سالیسیلیک (۲/۰ میلی‌مولار) اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت، ولی در شرایط شور بیشترین عملکرد دانه در سال اول در غلظت ۱/۵ میلی مولار (بدون تفاوت معنی‌دار با غلظت‌های ۱/۰ و ۲/۰ میلی مولار) و در سال دوم در غلظت ۱/۰ میلی مولار ، مشاهده شد. از دلایل افزایش عملکرد دانه جو در تیمار اسید سالیسیلیک در شرایط شور، می‌توان به نقش آن در حفاظت از دستگاه فتوسنتزی و محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، افزایش هدایت روزنه‌ای، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیداسیونی وهمچنین کاهش نشت یونی در اثر افزایش یکپارچگی غشاهای زیستی، و در شرایط غیر شور به افزایش میزان فتوسنتز و فعالیت آنزیم روبیسکو و همچنین بهبود متابولیسم نیتروژن و تغذیه معدنی گیاه اشاره کرد (Stevens *et al*., 2006; Korkmaz *et al*., 2007; Popova *et al*., 2009; Pirasteh-Anosheh *et al*., 2016). برخی از این سازوکارها مانند حفاظت از رنگیزه‌های فتوسنتزی و بهبود ساختار غشاهای سلولی در پژوهش حاضر نیز نشان داده شد. نتایج تجزیه همبستگی نیز این موضوع را تایید کرد (جدول ۵). ضرایب همبستگی نشان داد که عملکرد دانه با محتوای مالون دی‌آلدئید و نشت یونی همبستگی منفی و معنی‌دار و با محتوای کلروفیل a، کلروفیل b و شاخص پایداری غشا همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت.



شکل ۴- اثر تیمارهای اسید سالیسیلیک بر عملکرد دانه جو در شرایط غیرشور و شور (۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳- ۱۳۹۲)
ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Fig. 4. Effect of salicylic acid treatments on grain yield of barley under non-saline and saline conditions (2012-2014).
Columns with similar letter(s) are not significantly different at 1% probability level, using LSD test

اثر منفی تنش شوری بر عملکرد دانه در اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک تعدیل شد. کمترین کاهش عملکرد در اثر تنش شوری در سال اول و دوم به ترتیب در غلظت‌های ۱/۵ و ۱/۰ میلی‌مولار (به ترتیب ۲۷/۳ و ۳۳/۸ درصد) بدست آمد. نتایج نشان داد که تشدید شوری در سال دوم بر تاثیر مثبت و تعدیل کنندگی اسید سالیسیلیک نیز اثر منفی داشت (شکل ۴). اگرچه در سایر تحقیقات، اثر تعدیل کنندگی اسید سالیسیلیک مورد پذیرش کلی قرار گرفته است، ولی هنوز در مورد غلظت بهینه برای محلول‌پاشی آن اتفاق‌نظر وجود ندارد (Ashraf *et al*., 2010; Pirasteh-Anosheh *et al*., 2016) و برای دستیابی به بهترین عملکرد جو در شرایط شور، غلظت‌های متفاوتی پیشنهاد شده است. به‌عنوان مثال

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-13]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.4.7]

غلظت‌های ۱/۰ تا ۱/۵ میلی‌مولار (Pakar *et al*., 2016)، ۲/۰ و ۱/۴۱ میلی‌مولار به ترتیب در شرایط غیرشور و شور (Pirasteh-Anosheh *et al*., 2015) و ۱/۰۵ و ۰/۷۰ میلی‌مولار به ترتیب در شرایط غیرشور و شور (Ranjbar *et al*., 2017) گزارش شده است.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات بیوشیمیایی با عملکرد دانه جو در تیمارهای اسید سالیسیلیک در شرایط غیرشور و شور

Table 5. Correlation coefficients between chemical traits with grain yield of barley in salicylic acid treatments under non-saline and saline conditions

	پروتئین‌های کل محلول TSP	پرولین آزاد FP	مالون دی‌آلدئید MDA	کلروفیل a Ch-a	کلروفیل b Ch-b	کاروتنوئیدها Car	نشت یونی EL	شاخص پایداری غشا MSI
عملکرد دانه GY	-0.249^{ns}	-0.506^{ns}	-0.854^{**}	0.904^{**}	0.744^{*}	0.511^{ns}	-0.894^{**}	0.894^{**}

ns غیرمعنی‌دار؛ * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد. از میانگین دو ساله داده‌ها استفاده شده است

ns: Not significant, * and **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively. Average of two years was used for correlation coefficient analysis

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که تنش شوری با ایجاد تغییرات فیزیولوژیک نظیر افزایش پروتئین‌های محلول، محتوای پرولین، مالون دی‌آلدئید و نشت یونی و کاهش شاخص پایداری غشا و محتوای کلروفیل‌ها، باعث افت عملکرد دانه جو شد. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک این تغییرات فیزیولوژیک ناشی از اثر سوء تنش شوری را کاهش داده و اثر منفی شوری بر عملکرد دانه را نیز کاهش داد. بر اساس نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که در شرایط شور، محلول‌پاشی با غلظت کمتری از اسید سالیسیلیک مورد نیاز باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک از طریق تعدیل اثر منفی تنش شوری بر فیزیولوژی گیاه جو، باعث بهبود تحمل آن به شوری خواهد شد.

منابع مورد استفاده

References

Ahmed, B., H. Abidi, F. Manaa, A. M. Hajer and Z. Ezzeddine. 2009. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters in tomato grown under salinity. In Proceeding of 16th International Plant Nutrition, 12 April, Davis. USA.

Ashraf, M., N. A. Akram, R. N. Arteca and M. R. Foolad. 2010. The physiological, biochemical and molecular roles of brassinosteroids and salicylic acid in plant processes and salt tolerance. Crit. Rev. Plant Sci. 29:162–190.

Bandurska, H. and A. Stroinski. 2005. The effect of salicylic acid on barley response to water deficit. Acta Physiol. Plant. 27: 379–386.

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

Borsani, O., V. Valpuestan and M. A. Botella. 2001. Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in Arabidopsis seedlings. Plant Physiol. 126: 1024-1030.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-13]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.4.7]

Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytic. Biochem. 72: 248-254.

Candan, N. and L. Tarhan. 2003. The correlation between antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation levels in *Mentha pulegium* organs grown in Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} and Mn^{2+} stress conditions. Plant Sci. 163: 769-779.

Demiral, T. and I. Turkan. 2005. Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. Environ. Exp. Bot. 53: 247-257.

El-Tayeb M. A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regul. 45: 215–224.

Health, R. L. and L. Packer. 1969. Phytoperoxidation in isolate chloroplast .I. kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Arch. Bioch. Biophys. 125:189-198.

Kafi, M. and M. A. Khan. 2008. Crop and Forage Production Using Saline Waters. Daya Publishers, New Delhi, India.

Khodary, S. E. A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. Int. J. Agric. Biol. 6: 5-8.

Korkmaz, A., M. Uzunlu and A. R. Demirkairan. 2007. Treatment with acetylsalicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. Acta Physiol. Plant. 29: 503-508.

Kuznetsov, V. and N. I. Shevyakova. 1999. Proline under stress, biological role, metabolism and regulation. Rus. J. Plant Physiol. 46: 274-287.

Lichtenthaler, H. and A. R. Wellburn. 1983. Determination of total carotenoids and chlorophylls *a* and *b* in leaf extracts in different solvents. Biochem. Soc. Trans. 603: 591-592.

Munns, R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. New Phytol. 167: 645-63.

Munns, R. and M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Ann. Rev. Plant Biol. 59: 651-681.

Neocleous, D. and M. Vasilakakis. 2007. Effects of NaCl stress on red raspberry (*Rubus idaeus* L. "Autumn Bliss"). Sci. Hort. 112: 282-289.

Orabi, S. A., S. R. Salman and A. F. Shalaby. 2010. Increasing resistance to oxidative damage in cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants by exogenous application of salicylic acid and paclobutrazol. World J. Agric. Sci. 6: 252- 259.

Pakar. N., H. Pirasteh-Anosheh and Y. Emam. 2014. The effect of different concentrations of salicylic acid on barley qualitative and quantitative characteristics under salt stress conditions. J. Crop Prod. Proc. 14: 191-201. (In Persian with English abstract).

Pakar, N., H. Pirasteh-Anosheh and Y. Emam. 2016. Barley growth, yield, antioxidant enzymes and ion accumulation as affected by PGRs under salinity stress conditions. J. Plant. Nutr. 39(10): 1372-1379.

Pirasteh-Anosheh, H., Y. Emam, M. Ashraf and M. R. Foolad. 2012. Exogenous application of salicylic acid

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-13]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.4.7]

and chlormequat chloride alleviates negative effects of drought stress in wheat. Adv. Stud. Biol. 11: 501-520

Pirasteh-Anosheh, H., M. J. Rousta and Y. Emam. 2014. Different methods of plants treatment with salicylic acid in salinity research. Publication of National Salinity Research Center, Yazd, Iran. (In Persian).

Pirasteh-Anosheh, H., Y. Emam and A. R. Sepaskhah. 2015. Improving barley performance by proper foliar applied salicylic-acid under saline conditions. Int. J. Plant Prod. 9 (3): 467-486.

Pirasteh-Anosheh, H., G. Ranjbar, H. Pakniyat and Y. Emam. 2016. Physiological Mechanisms of Salt Stress Tolerance in Plants; an Overview. p. 141-160. *In:* Azooz, M. M. and P. Ahmad (Eds.). Plant-Environment Interaction: Responses and Approaches to Mitigate Stress. John Wiley & Sons, London.

Popova, L. P., L. T. Maslenkova, R. Y. Yordanova, A. P. Ivanova, A. P. Krantev, G. Szalai and T. Janda. 2009. Exogenous treatment with salicylic acid attenuates cadmium toxicity in pea seedlings. Plant Physiol. Biochem. 47: 224-231.

Ranjbar. G. and H. Pirasteh-Anosheh. 2015. A glance to the salinity research in Iran with emphasis on improvement of field crops production. Iran. J. Crop Sci. 17(2): 165 -178. (In Persian with English abstract).

Ranjbar. G., H. Pirasteh-Anosheh and N. Besharat. 2017. Determination of the optimum concentration and time of salicylic acid foliar application for improving barley growth under non-saline and saline conditions. J. Crop Prod. 22: 61-73

Sairam, R. K., K. V. Rao and G. C. Srivastava. 2002. Differential response of wheat genotypes to longterm salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Sci. 163: 1037–1046.

Sairam, R. K. 1994. Effect of moisture stress on physiological activities of two contrasting wheat genotypes. Ind. J. Exp. Bio. 32: 584-593.

Shakirova, F. M. 2007. Role of Hormonal System in the Manifestation of Growth Promoting and Anti-Stress Action of Salicylic Acid. *In:* Hayat, H. and A. Ahmad (Eds.) Salicylic Acid, A Plant Hormone. Springer, Dordrecht.

Shakirova, F. M., A. R. Sakhabutdinova, M. V. Bezrukova, R. A. Fatkhutdinova and D. R. Fatkhutdinova. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Sci. 164: 317–322.

Stepien, P. and G. Klobus. 2006. Water relations and photosynthesis in *Cucumis sativus* L. leaves under salt stress. Biol. Plant. 50(4): 610-616.

Stevens, J., T. Senaratna and K. Sivasithamparam. 2006. Salicylic acid induces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma): associated changes in gas exchange, water relations and membrane stabilization. Plant Growth Regul. 49: 77-83.

Tasgin, E., O. Atici, B. Nalbantoglou and L. P. Popova. 2006. Effects of salicylic acid and cold treatments on protein levels and on the activities of antioxidants enzymes in the apoplast of winter wheat leaves. Phytochemistry. 67: 710-15.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-13]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.4.7]

Effect of salicylic acid on biochemical attributes and grain yield of barley (*Horedum vulgare* L. cv. Nosrat) under saline conditions

Pirasteh-Anosheh, H.[1], Y. Emam[2], M. J. Rousta[3] and S. E. Hashemi[4]

ABSTRACT

Pirasteh-Anosheh, H., Y. Emam, M. J. Rousta and S. E. Hashemi. 2017. Effect of salicylic acid on biochemical attributes and grain yield of barley (*Hordeum vulgare* L. cv. Nosrat) under saline conditions. **Iranian Journal of Crop Sciences. 18(3): 232-244. (In Persian).**

Although role of salicylic acid (SA) in enhancement of salinity tolerance of plants has been well shown, more researches are needed for better understanding of its physiological mechanisms. In this experiment, the effect of different SA concentrations (0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 mM) was examined on biochemical attributes and grain yield of barley cv. Nosrat under non-saline and saline conditions (2 and 12 $dS.m^{-1}$, respectively) during 2012-13 and 2013-14 growing seasons at the National Salinity Research Center, Yazd, Iran. Salt stress enhanced soluble proteins content, free proline, malondialdehyde and electrolyte leakage by 22.1%, 147.7%, 87.2% and 102.9%, respectively. However, membrane stability index as well as concentrations of chlorophyll *a* and *b* reduced by 33.2%, 31.4% and 59.3%, respectively. Salt stress also decreased grain yield by 34.2% and 40.9% in the first and second year, respectively. Salicylic acid reduced the negative effect of salt stress on grain yield, therefore, SA foliar application decreased the rate of grain yield reduction under saline condition from 42.1 in no-SA to 27.3% in 1.5 mM in the first year and from 43.7% in no-SA to 33.8% in 1.0 mM in the second year. This mitigation could be related to biochemical attributes, as SA at different concentration levels enhanced soluble proteins content, free proline, concentration of chlorophyll *a* and *b* and carotenoids as well as membrane stability index, and reduced malondialdehyde and electrolyte leakage. It can be concluded that SA had better effect up to 2.0 and 1.0 mM under non-saline and saline conditions, respectively. In Genral, SA with reducing negative impact of salt stress on biochemical attributes could improve salinity tolerance and increase grain yield of barely cv. Nosrat.

Key words: Barley, Chlorophyll, Malondialdehyde, Proline, Salt stress and Soluble proteins.

Received: July 2016 **Accepted: December 2017**

1-Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran (Corresponding author) (Email: h.pirasteh.a@gmail.com)
2-Professor, Shiraz University, Shiraz, Iran
3-Associate Professor, Fars Agricultural and Natural Resources Education, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran
4- Graduated MSc Student, Shiraz University, Shiraz, Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-09-13]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.4.7]