زیست‌شناسی گیاهی، سال چهارم، شماره دوازدهم، تابستان ۱۳۹۱، صفحه ۶۹-۸۲
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۱۰/۱۱
تاریخ بررسی مجدد: ۱۳۹۰/۰۵/۲۲
تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۰/۱۰/۲۰

بررسی تأثیر سالیسیلیک اسید بر کاهش تنش شوری در کلزا (*Brassica napus* L.)

خدیجه کیارستمی [۱*]، نسرین عبدالملکی [۱] و مرتضی حیدری [۲]
[۱] گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه الزهراء (س)، تهران، ایران
[۲] مرکز تحقیقات کشاورزی استان قم ، قم، ایران

چکیده

بذرهای دو رقم Y3000 و Hayola 420 (به ترتیب به عنوان ارقام حساس و نسبتاً مقاوم به شوری) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار سدر روستای حاجی‌آباد قم کشت شدند. در مرحله ۴ برگی پس از توسعه کامل برگ، سالیسیلیک اسید با غلظت‌های ۰، ۰/۵ و ۱/۰ میلی‌مولار در اوایل صبح روی برگ‌ها افشانه شد. تحلیل رشد در مراحل مختلف رویشی (۱۳۰ روزگی)، گل‌دهی (۱۶۰ روزگی) و رسیدگی کامل (۱۹۰ روزگی، مرحله برداشت) انجام شد. تیمار با سالیسیلیک اسید شاخص‌های رشدی رقم Hayola 420 را بیشتر تحت تأثیر قرار داد، اما وزن هزار دانه در رقم Y3000 افزایش بیشتری داشت. سالیسیلیک اسید بر میزان کاروتنوئیدها تأثیر معنی‌داری نداشت، اما غلظت ۰/۵ میلی‌مولار آن باعث افزایش معنی‌دار در میزان کلروفیل رقم Y3000 شد. این افزایش در رقم Hayola 420 در غلظت ۱/۰ میلی‌مولار محسوس‌تر بود. میزان پرولین در گیاهان تیمار شده نسب به گیاهان شاهد افزایش یافت، اما تفاوت معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد. میزان مالون‌دی‌آلدئید در رقم Hayola 420 کاهش معنی‌داری نشان داد. در رقم Y3000 با کاربرد سالیسیلیک اسید میزان سدیم در برگ افزایش و در ریشه کاهش یافت. در این رقم تغییرات میزان پتاسیم بر عکس بود. در رقم Hayola 420 میزان سدیم و پتاسیم برگ و میزان سدیم ریشه با غلظت ۰/۵ افزایش و با غلظت ۱/۰ کاهش یافت، اما میزان پتاسیم ریشه کاهش یافت. در مجموع، سالیسیلیک اسید با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار تأثیر تنش شوری را به ویژه در رقم Hayola 420 کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، رنگیزه‌های فتوسنتزی، سالیسیلیک اسید، کلزا، محتوای یونی

مقدمه

تنش شوری یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد و تولید گیاهان است (Sairan and Tyagi, 2004). مکانیسم تحمل به نمک در گیاهان، مکانیسم پیچیده‌ای است که در آن فرآیندهای بیوشیمیایی، فیزیولوژیک و مورفولوژیک وارد عمل می‌شوند (Greenway and Munns, 1980; Jacoby, 1999; Dash and Panda, 2001; Arshi *et al*., 2002; Ashraf, 2002).

*نویسنده مسؤول: نشانی پست الکترونیک: kiarostami@alzahra.ac.ir، شماره تماس: ۰۲۱۸۸۰۵۸۹۱۲

Archive of SID
www.SID.ir

در تحمل به نمک ترکیبات متعددی از قبیل قندها، اسیدهای آلی، پلی‌اُل‌ها و ترکیبات حاوی نیتروژن مانند آمینو اسیدها، آمیدها، ایمیدها و پروتئین‌ها به عنوان تنظیم‌کننده‌های اسمزی وارد عمل می‌شوند (Grumet *et al.*, 1985). این ترکیبات به حفظ تورژسانس و نگهداری حجم سلول کمک نموده، آثار تنش را کاهش می‌دهند (Ludlow and Mu-Chow, 1990). با وجود اینکه گونه‌های مختلف جنس کلم برای مقاومت به تنش نمک پرولین انباشته می‌کنند، از نظر تجمع سایر ترکیبات فعال اسمزی و تغییر نسبت جذب سدیم و پتاسیم تفاوت‌هایی را نشان می‌دهند. این تفاوت‌ها حتی در بین ژنوتیپ‌های مختلف یک گونه یا در مراحل مختلف زندگی یک گیاه نیز مشاهده شده است (Jain *et al.*, 1991; Luits *et al.*, 1999).

کاربرد برون‌زای برخی از ترکیبات از جمله تنظیم‌کننده‌های رشد با کاهش آثار تنش‌های محیطی به افزایش رشد و محصول گیاهان زراعی کمک می‌کند (مظاهری تیرانی و منوچهری کلانتری، ۱۳۸۶؛ Dat *et al.*, 1997; Ozmen *et al.*, 2003; Hajihashemi *et al.*, 2007).

سالیسیلیک اسید، تنظیم‌کننده رشد گیاهی با ماهیت فنلی است که در فرآیندهای فیزیولوژیک متعددی مانند مقاومت در برابر پاتوژن‌ها، ایجاد گرما در گل‌آذین شیپوری، القای گل‌دهی در برخی از گیاهان، کنترل جذب یون توسط ریشه و هدایت روزنه‌ای شرکت می‌کند (Raskin, 1992). گزارش‌های متعددی از نقش سالیسیلیک اسید در تعدیل تنش‌های غیر زیستی وجود دارد (Senaratna *et al.*, 2000)، از جمله می‌توان به تیمار دانه‌رُست‌های خردل با سالیسیلیک اسید برون‌زا اشاره کرد که تحمل آنها را به گرما افزایش می‌دهد (Dat *et al.*, 1998). همچنین، کاربرد سالیسیلیک اسید موجب افزایش مقاومت به خشکی در گوجه‌فرنگی (Berukova *et al.*, 2001)، مقاومت به سرما در ذرت (Janda *et al.*, 1999) و مقاومت به دمای پایین در لوبیا (Senaratna *et al.*, 2000) شده است.

سالیسیلیک اسید با تغییر در جذب مواد غذایی (Glass, 1975)، وظایف غشا (Glass and Dunlop, 1974)، روابط آب (Barkosky and Einhelling, 1993) اعمال روزنه‌ای (Lee, 1998)، جلوگیری از بیوسنتز اتیلن (Srivastava and Fletcher, 1992) و افزایش رشد (Rajasekaran *et al.*, 2002) باعث افزایش مقاومت به تنش شوری می‌شود.

کلزا یکی از گیاهان روغنی است که در مناطق مختلف ایران کشت می‌شود. قسمتی از سطح زیر کشت این گیاه در استان قم قرار دارد. به علت شوری طبیعی خاک در این مناطق، کشت این گیاه با محدودیت‌هایی همراه است. از جمله این محدودیت‌ها می‌توان به کاهش رشد و عملکرد گیاه و محدودیت در انتخاب ارقام اشاره کرد. در زمینه تأثیر تنش شوری بر جوانه‌زنی، شاخص‌های رشد، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه کلزا گزارش‌هایی وجود دارد (شمس‌الدین سعید و همکاران، ۱۳۸۶؛ Bandeh-hagh *et al.*, 2008)، اما در زمینه استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد به منظور کاهش دادن آثار تنش کارهای زیادی انجام نشده است، لذا در این پژوهش با هدف افزایش رشد و مقاومت کلزا به شوری خاک، تأثیر سالیسیلیک اسید بر کاهش اثر تنش شوری بر رشد و تغییرات بیوشیمیایی گیاه کلزا بررسی شد.

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای آزمایش

این آزمایش در روستای حاجی‌آباد قم با طول شرقی جغرافیایی ۵۱°۱'۶" و عرض شمالی ۳۴°۳۶'۳۸" و با ۹۲۰ کیلومتر ارتفاع از سطح دریا و با ۱۴۰ میلی‌لیتر میزان بارندگی متوسط سالیانه انجام شد. نمونه‌برداری از خاک برای تعیین هدایت الکتریکی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، در دو مرحله قبل از کاشت و هنگام برداشت محصول انجام شد. هدایت الکتریکی این زمین‌ها قبل از کاشت ۷/۵۱ ds/m و هنگام برداشت محصول ۱۱/۹ ds/m بود.

عملیات زراعی

در آبان‌ماه ۱۳۸۷، بذرهای دو رقم Y3000 و Hayola 420 کلزا در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار کاشته شدند. آبیاری ۲ نوبت پیش از دوره سرما و ۴ نوبت پس از دوره سرما انجام شد. کودهای استفاده شده پتاسیم سولفات، اوره و آمونیوم سولفات بود. پیش از کشت، کود پتاسیم سولفات ۱۰۰ کیلوگرم، اوره ۵۰ کیلوگرم و سولفات آمونیوم ۲۵۰ کیلوگرم (در هکتار) استفاده شد. پس از آبیاری دوم، ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره و در بهمن‌ماه ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره استفاده شد. هر کرت متشکل از ۲ ردیف ۳ متری به فاصله‌های ۵۰ سانتی‌متری بود که بین دو کرت مجاور یک خط نکاشت وجود داشت. علف‌های هرز با دست وجین شدند.

در مرحله ۴ برگی پس از توسعه کامل برگ، سالیسیلیک اسید با غلظت‌های ۰، ۰/۵ و ۱/۰ میلی‌مولار، یک بار روی برگ‌ها افشانه شد.

تحلیل رشد

تحلیل رشد در مراحل مختلف رویشی (۱۳۰ روزگی)، گل‌دهی (۱۶۰ روزگی) و رسیدگی کامل (۱۹۰ روزگی، مرحله برداشت) انجام شد.

در دو مرحله رویشی و گل‌دهی، طول ریشه و بخش‌های هوایی گیاه، وزن تر و خشک بخش های هوایی و ریشه، و در مرحله برداشت محصول، طول ساقه و ریشه، وزن تر کل گیاه، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد خورجین، طول خورجین و وزن هزار دانه محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری طول از خط‌کش میلی‌متری و برای توزین از ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌گرم استفاده شد. وزن تر بلافاصله پس از برداشت تعیین شد. برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد خشک شدند.

سنجش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل و کارتنوئیدها)

۰/۲ گرم برگ در ۴ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به خوبی ساییده شد و پس از رساندن به حجم ۸ میلی‌لیتر و سانتریفیوژ به مدت ۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور، جذب روشناور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۷ و ۴۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر Philips UV-visible مدل PU 8620 خوانده شد.

غلظت رنگیزه‌ها با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد:

$$Chl\ a = 12.25\ A_{663} - 2.79\ A_{647}$$
$$Chl\ b = 12.21\ A_{647} - 5.1\ A_{663}$$
$$Chl\ T = Chl\ a + Chl\ b$$
$$C_{X+C} = (1000\ A_{470} - 1.82\ Chl\ a - 85.02\ Chl\ b)\ /198$$

در این فرمول‌ها، Chl a، Chl b، Chl T و C_{X+C} به ترتیب غلظت کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها هستند. غلظت‌های به دست آمده بر حسب

Archive of SID
www.SID.ir

میکروگرم در میلی‌لیتر عصاره است (Lichtenthaler, 1994).

سنجش پرولین

۰/۵ گرم برگ تر در ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک اسید ۳ درصد همگن شد. همگنای حاصل به مدت ۵ دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. ۲ میلی‌لیتر از روشناور حاصل به همراه ۲ میلی‌لیتر معرف نین هیدرین اسید و ۲ میلی‌لیتر استیک اسید گلاسیال در یک لوله آزمایش در حمام آب‌جوش (دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد) قرار گرفت. پس از یک ساعت، واکنش در حمام یخ پایان یافت. ۴ میلی‌لیتر تولوئن به مخلوط واکنش اضافه، سپس به مدت ۱۵-۲۰ ثانیه ورتکس شد.

جذب فاز تولوئن با دستگاه اسپکتروفتومتر UV-visible UV-Philips مدل 8620 PU در طول موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد.

برای رسم منحنی استاندارد از محلول‌هایی با غلظت‌های صفر تا ۶۰ میکرومولار پرولین استفاده شد (Bates *et al*., 1973).

سنجش میزان عناصر

۱۰ میلی‌گرم از نمونه‌های خشک و پودر شده برگ‌های بالغ و ریشه توسط ۴ میلی‌لیتر پرکلریک اسید در دمای ۲۰۰ درجه سانتیگراد به کمک حرارت هضم شدند. حجم محلول باقیمانده با آب مقطر ۲ بار تقطیر به ۲۵ میلی‌لیتر رسید. از محلول حاصل برای سنجش غلظت کاتیون‌های سدیم و پتاسیم، با استفاده از دستگاه فلیم فوتومتر Jenway مدل PFP7 استفاده شد.

برای رسم منحنی استاندارد سدیم و پتاسیم به ترتیب از نمک سدیم کلرید با غلظت‌های صفر تا ppm ۲۰۰ و پتاسیم کلراید با غلظت‌های صفر تا ppm ۵۰۰ استفاده شد (Walinga *et al*., 1989).

سنجش غلظت مالون‌دی‌آلدئید (MDA)

۰/۵ گرم ماده تر در ۲/۵ میلی‌لیتر تیوباربیتوریک اسید (TBA) ۰/۱ درصد تا یکنواخت شدن کامل ساییده شد. محلول حاصل به مدت ۵ دقیقه در ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. ۴ میلی‌لیتر تری‌کلرواستیک اسید (TCA) ۲۰ درصد حاوی تیوباربیتوریک اسید (TBA) ۰/۵ درصد به یک میلی‌لیتر از روشناور اضافه شد.

محلول حاصل، ۳۰ دقیقه در بن‌ماری ۹۵ درجه سانتیگراد قرار گرفت و بلافاصله روی یخ سرد شد. سپس به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. جذب روشناور درطول موج‌های ۵۳۲ نانومتر و ۶۰۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر Philips UV-visible مدل 8620 PU خوانده شد. جذب غیر اختصاصی در ۶۰۰ نانومتر از جذب در ۵۳۲ نانومتر تفریق شد.

محتوای مالون‌دی‌آلدئید (MDA) بر اساس ضریب خاموشی $155\ mM^{-1}cm^{-1}$ و بر حسب واحد میکرومول در گرم وزن تر و با توجه به فرمول زیر محاسبه شد (Heath and Packer, 1968):

$$A= £\ bc$$
$$A= OD_{532} - OD_{600}$$

£= ضریب خاموشی

b= ۱ سانتی‌متر (طول کووت)

c= غلظت مالون‌دی‌آلدئید (MDA)

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج

تحلیل رشد

کاربرد برون‌زای سالیسیلیک اسید در مراحل رویشی و گل‌دهی بر شاخص‌های رشد گیاه تأثیر معنی‌داری نداشت. تنها غلظت ۱/۰ mM آن در هر دو رقم طول ریشه را کاهش داد.

در مرحله برداشت در رقم Y3000 کاربرد سالیسیلیک اسید با غلظت ۱/۰ mM ارتفاع گیاه را افزایش داد، در حالی که در رقم Hayola 420 در حضور سالیسیلیک اسید ارتفاع گیاه کاهش یافت. سالیسیلیک اسید بر سایر شاخص‌های رشد یعنی طول ریشه، تعداد شاخه فرعی، طول و تعداد خورجین آثار متفاوتی داشت و کاربرد آن با کاهش طول ساقه و انشعابات فرعی، افزایش وزن کل، تعداد خورجین و وزن هزار دانه همراه بود (جدول‌های ۱، ۲ و ۳).

جدول ۱- تأثیر سالیسیلیک اسید در مرحله رویشی

رقم	غلظت سالیسیلیک اسید (mM)	ارتفاع گیاه (cm/plant)	طول ریشه (cm/plant)	وزن تر بخش‌های هوایی (g/plant)	وزن تر ریشه (g/plant)	وزن خشک بخش‌های هوایی (g/plant)	وزن خشک ریشه (g/plant)
Y3000	۰	۲/۷۶±۰/۴۳۲ b	۱۱/۷±۰/۴۸۵ a	۰/۹۴۲±۰/۳۴۶ b	۰/۲۱۰±۰/۰۷۱ a	۰/۱۳۳±۰/۰۴۶ b	۰/۰۶۰±۰/۰۲۵ a
	۰/۵	۲/۷۴±۰/۷۶ b	۱۱/۰۸±۱/۲۴۵	۰/۹۵۲±۰/۱۰۵ b	۰/۲۰۰±۰/۵۷ a	۰/۱۱۱±۰/۰۳۸ b	۰/۰۴۹±۰/۰۱۳ a
	۱/۰	۳/۵۸±۰/۷۱۵ b	۸/۲۶±۰/۰۳۷ b	۱/۶۹۹±۰/۱۴۹ b	۰/۱۷±۰/۰۱۸ a	۰/۱۰۸±۰/۰۱۲ b	۰/۰۴۵±۰/۰۰۵ a
Hayola 420	۰	۳/۰۰±۰/۸۳۸ a	۱۰/۸۱±۲/۱۸۲ a	۱/۵۲۷±۰/۶۰۹ a	۰/۲۲۸±۰/۰۸۳ a	۰/۱۵۸±۰/۰۵۳ a	۰/۰۵۹±۰/۰۲۳ a
	۰/۵	۳/۰۰±۰/۴۲۳ a	۱۰/۰۳±۲/۱۹۹ a	۱/۸۴۳±۰/۲۵۰ a	۰/۲۴۴±۰/۰۳۱ a	۰/۲۰۷±۰/۲۰۷ a	۰/۰۶۵±۰/۰۱۷ a
	۱/۰	۳/۲۲±۰/۶۸۱ a	۱۱/۰۶±۰/۵۳۲ b	۱/۹۵±۰/۰۶۱ a	۰/۲۳۸±۰/۰۱۵ a	۰/۲۱۱±۰/۰۱۱ a	۰/۰۶۰±۰/۰۰۹ a

جدول ۲- تأثیر سالیسیلیک اسید در مرحله گل‌دهی

رقم	غلظت سالیسیلیک اسید (mM)	طول گیاه (cm/plant)	طول ریشه (cm/plant)	وزن تر بخش‌های هوایی (g/plant)	وزن تر ریشه (g/plant)	وزن خشک بخش‌های هوایی (g/plant)	وزن خشک ریشه (g/plant)
Y3000	۰	۲۴/۵±۱/۵ b	۸/۵±۰/۵ b	۴/۹۹±۱/۹۸ b	۰/۳۰۴±۰/۰۸۱ b	۰/۶۵۷±۰/۲۹۵ b	۰/۱۰۰±۰/۳۳ b
	۰/۵	۲۶/۵۶±۰/۲۱۱ b	۷/۸±۰/۲ b	۳/۶۵±۰/۷۸ b	۰/۱۹۶±۰/۰۴۶ b	۰/۴۶۳±۰/۱۰۹ b	۰/۰۶۳±۰/۰۱۴ b
	۱/۰	۳۰/۰۰±۱/۲ b	۹/۵±۱/۵ a	۲/۲۸۷±۱/۱۴۳ b	۰/۱۷۶±۰/۱۱۲ b	۰/۳۳۸±۰/۲۰۰ b	۰/۰۶۱±۰/۰۳۷ b
Hayola 420	۰	۴۰/۰۰±۱/۱۱ a	۱۴/۷±۱/۶۸ b	۷/۳۸۹±۱/۴۹۸ a	۰/۴۹۹±۰/۰۷۵ a	۰/۹۸۴±۰/۱۱۱ a	۰/۱۵۵±۰/۰۲۳ a
	۰/۵	۴۰/۹۳±۱/۷۸ a	۱۰/۸۱±۱/۶ b	۸/۷۵۸±۲/۹۵۹ a	۰/۴۶۵±۰/۱۰۷ a	۱/۲۱۳±۰/۲۸۵ a	۰/۱۳۹±۰/۰۲۴ a
	۱/۰	۴۱/۵±۱/۵ a	۱۱/۵±۰/۵ a	۹/۴۵۱±۴/۱۱۲ a	۰/۵۹۹±۰/۲۶۵ a	۱/۲۷۵±۰/۵۹۶ a	۰/۱۹۴±۰/۰۸۷ a

Archive of SID

www.SID.ir

بررسی‌های بیوشیمیایی

در رقم Y3000 تیمار با سالیسیلیک اسید به ویژه با غلظت ۰/۵ mM موجب افزایش میزان انواع کلروفیل شد. در رقم Hayola 420 تنها غلظت ۱/۰ mM آن میزان کلروفیل را افزایش داد، در حالی که غلظت ۰/۵ mM موجب کاهش میزان کلروفیل شد.

کاربرد سالیسیلیک اسید بر میزان کاروتنوئیدها و پرولین تأثیر محسوسی نداشت، در حالی که میزان مالون‌دی‌آلدئید را در رقم Hayola 420 کاهش داد.

تأثیر سالیسیلیک اسید بر محتوای سدیم و پتاسیم برگ و ریشه در دو رقم متفاوت بود به نحوی که در رقم Y3000 سدیم برگ را افزایش و سدیم ریشه را کاهش داد. تغییرات پتاسیم در برگ و ریشه عکس تغییرات سدیم بود. در رقم Hayola 420 افزایش پتاسیم برگ با کاهش سدیم همراه بود. پتاسیم ریشه با هر دو غلظت کاهش یافت. غلظت ۰/۵ mM سالیسیلیک اسید سدیم ریشه را افزایش داد و غلظت ۱/۰ mM آن با کاهش سدیم ریشه همراه بود (جدول‌های ۴، ۵ و ۶).

جدول ۳- تأثیر سالیسیلیک اسید در مرحله برداشت

رقم	غلظت سالیسیلیک اسید (mM)	طول ساقه (Cm/plant)	طول ریشه (cm/plant)	وزن کل (g/plant)	تعداد شاخه فرعی	طول خورجین (cm)	تعداد خورجین	وزن هزار دانه (g)
Y3000	۰	۱۴/۵±۰/۵ a	۱۲/۵±۰/۵ ab	۲۳/۰۰±۲ b	۵/۵±۰/۵ a	۶/۱±۰/۳ a	۳۲/۰۰±۹ a	۴/۰۰±۰/۴ a
	۰/۵	۱۴±۲/۰۰ a	۱۰/۴±۱/۹ a	۱۷/۳±۰ ab	۶/۳±۱ a	۶/۴±۰/۴ a	۴۱/۰۰±۱۷ ab	۴/۶±۰/۲۳ a
	۱/۰	۲۲/۴±۱ b	۱۲/۵±۰/۵۶ ab	۱۷/۱±۰ ab	۶/۰۰±۱ a	۵/۸±۰/۶ a	۳۰/۰۰±۰ a	۴/۶±۰/۲۳ a
Hayola 420	۰	۳۲/۴±۰/۷ c	۱۴/۰۰±۱ ab	۱۰/۰±۱/۶ a	۴/۰۰±۰/۵ a	۶/۲±۰/۱ a	۳۵±۲/۳ ab	۳/۸±۰/۴۷ a
	۰/۵	۲۶/۸±۷/۳ bc	۱۶/۶±۲/۱ ab	۱۳/۷±۰/۴ab	۳/۸±۰/۲ a	۶/۷±۰/۴ a	۳۹/۶±۳/۱ ab	۴/۰۰±۰/۴ a
	۱/۰	۲۷/۴±۰/۶ bc	۱۹/۸8±۱/۴۴ b	۱۶/۰±۰ a	۲/۹±۰/۷ a	۵/۹±۰/۲ a	۳۵/۵±۰/۵ ab	۴/۰۰±۰/۴ a

جدول ۴- تأثیر سالیسیلیک اسید بر رنگیزه‌ها

رقم	غلظت سالیسیلیک اسید (mM)	کلروفیل a (mg/g leaf)	کلروفیل b (mg/g leaf)	کلروفیل کل (mg/g leaf)	کاروتنوئیدها (mg/g leaf)
Y3000	۰	۱۲/۹۵۸±۲/۰۰۶ ab	۷/۵۳۷±۱/۱۲۹ ab	۲۰/۵۳۱±۳/۱۲۵ ab	۲/۲۵۳±۰/۲۴۱ a
	۰/۵	۱۹/۶۱۹±۲/۱۵۸ c	۱۲/۴۵۹±۰/۹۹۹ c	۳۲/۰۷۸±۳/۱۵۰ c	۲/۵۲۱±۰/۱۰۳ a
	۱/۰	۱۴/۶۷۷±۱/۹۵۷ b	۹/۱۰۹±۱/۲۶۳ b	۲۳/۷۸۶±۳/۲۲۱ b	۲/۳۸۱±۰/۶۰۰ a
Hayola 420	۰	۱۲/۶۸۶±۰/۲۷۲ a	۷/۲۸۳±۰/۳۸۱ ab	۱۹/۹۶۹±۰/۶۵۳ ab	۲/۲۱۳±۰/۰۱۸ a
	۰/۵	۹/۲۳۹±۲/۲۶۱ ab	۵/۸۴۷±۲/۱۳۲ a	۱۵/۰۸۶±۴/۳۸۳ a	۱/۷۹۱±۰/۳۶۵ a
	۱/۰	۱۵/۹۲۹±۰/۶۳۲ b	۹/۵۲۳±۰/۱۱۲ b	۲۵/۴۵۲±۰/۷۴۳ b	۲/۵۱۰±۰/۲۹۶ a

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- تأثیر سالیسیلیک اسید بر مالون‌دی‌آلدئید و پرولین

رقم	غلظت سالیسیلیک اسید (mM)	پرولین (µmol/g leaf)	مالون‌دی‌آلدئید (nmol/g leaf)
Y3000	۰	۰/۱۰۹±۰/۰۰۱ a	۰/۰۰۴۷±۰/۰۰۰۴ a
	۰/۵	۰/۱۲۴±۰/۰۱۰ a	۰/۰۰۴۷±۰/۰۰۰۲ a
	۱/۰	۰/۱۲۶±۰/۰۰۶ a	۰/۰۰۴۲±۰/۰۰۰۶ a
Hayola 420	۰	۰/۱۲۰±۰/۰۰۶ a	۰/۰۰۴۳±۰/۰۰۰ a
	۰/۵	۰/۱۶۱±۰/۰۲۲ a	۰/۰۰۲۶±۰/۰۰۰۱ b
	۱/۰	۰/۱۲۳±۰/۰۱۳ a	۰/۰۰۳۱±۰/۰۰۰۷ b

جدول ۶- تأثیر سالسیلیک اسید بر سدیم و پتاسیم

رقم	غلظت سالیسیلیک اسید (mM)	سدیم برگ (mg/g leaf)	سدیم ریشه (mg/g leaf)	پتاسیم برگ (mg/g leaf)	پتاسیم ریشه (mg/g leaf)
Y3000	۰	۶۶/۳۳۵±۵/۳۵۴ a	۶۳/۳۳۵±۲/۹۴۴ c	۲۹/۰۹±۳/۳ c	۸/۴۲۴±۰/۴۷۱ c
	۰/۵	۷۲/۳۳۵±۷/۱ a	۴۰/۰۰۱±۷/۳۶۴ b	۱۱/۷۵۷±۲/۹۴۴ b	۹/۷۵۷±۱/۶۳۳ a
	۱/۰	۷۵/۰۰۳±۶/۲۳۶ a	۲۶/۰۰۱±۲/۳۵۷ a	۱۴/۸۰۲±۲/۳۹۴ b	۱۵/۰۹۰±۲/۰۵۵ ab
Hayola 420	۰	۱۴۰/۸۳۶±۱۴/۵۵۷ b	۴۹/۶۷۰±۱/۲۴ b	۲۱/۰۵۹±۴/۲۴۹ a	۳۶/۰۵۹±۴/۲۴۹ bc
	۰/۵	۱۵۰/۴±۱۷ b	۵۹/۰۰±۶/۰۰ c	۲۷/۷۲۶±۵/۱۳۷ a	۲۴/۳۹۳±۲/۰۴۱ c
	۱/۰	۱۲۰/۵۰۳±۳/۷ b	۴۰/۸۳۶±۶/۱۲۴ b	۲۲/۷۲۶±۴/۷۱۴ a	۲۱/۸۹۳±۶/۱۲۴ bc

بحث

شوری با کاهش محتوای نسبی آب، کاهش هدایت روزنه‌ای و کاهش فتوسنتز موجب کاهش رشد در گیاهان تحت تنش می‌شود. احتمال دارد کاهش تعداد شاخه‌های فرعی در گیاهان تحت تنش به علت اختلال در فعالیت جوانه‌های جانبی باشد. کاربرد برون‌زای تنظیم‌کننده‌های رشد به ویژه سالیسیلیک اسید موجب تعدیل آثار ناشی از تنش شوری می‌شود. Hossein و همکاران (۲۰۰۷) و Khodary (۲۰۰۴) در گزارشاتی افزایش تحمل به شوری در گیاهان ذرت تیمار شده با سالسیلیک اسید را به افزایش وزن تر و خشک و همچنین، افزایش طول ریشه و ساقه مرتبط می‌دانند. مطالعات انجام شده توسط Gunes و همکاران (۲۰۰۷) نیز نشان داد که کاربرد برون‌زای سالیسیلیک اسید درگیاهان تحت شرایط شور و یا غیرشور، به طور معنی‌داری رشد را افزایش می‌دهد. به گزارش Arfan و همکاران (۲۰۰۶) کاربرد برون‌زای سالیسیلیک اسید در افزایش رشد و محصول گندم تحت تنش شوری مؤثر است. همچنین، کاربرد برگی سالیسیلیک اسید بر رشد گیاه خیار اثر مثبت دارد (Yildirim *et al*., 2008).

در مطابقت با این یافته‌ها، کاربرد سالیسیلیک اسید با بهبود رشد و میزان محصول به ویژه در رقم Hayola 420 همراه بود و طول ریشه بیشتر از سایر شاخص‌های بررسی شده تحت تأثیر قرار گرفت.

Archive of SID

www.SID.ir

بنابراین، تیمار با سالیسیلیک اسید اثر تنش نمک در کلزا را کاهش داد و بر رقم مقاوم به شوری Hayola 420 مؤثرتر بود. تیمار با سالیسیلیک اسید بر افزایش انواع کلروفیل در رقم Y3000 نسبت به رقم Hayola 420 مؤثرتر بوده است.

گزارش‌های متعددی از کاهش میزان فتوسنتز، محتوای کلروفیل و کاروتنوئید و ریزش و زرد شدن برگ‌های پیر تحت تأثیر تنش شوری وجود دارد (Hernandezn *et al*., 1995; Lin and Kao, 1995; Gadallah, 1999; Sultana *et al*., 1999; Agastion *et al*., 2000; Kaya *et al*., 2001; Kaya *et al*., 2002). این کاهش می‌تواند به علت افزایش فعالیت کلروفیلاز باشد (Sultana *et al*., 1999).

برخی از محققان تغییر در متابولیسم نیتروژن و سنتز ترکیباتی مانند پرولین، کاهش ضخامت تیغه‌های تیلاکوئید و تخریب کلروپلاست‌ها را علت کاهش محتوای کلروفیل ذکر کردند (ناظم بکایی و فهیمی، ۱۳۷۸). در ارقام مقاوم توت کلروفیل کمتر تجزیه می‌شود (Kummar *et al*., 2003). در مقایسه ۱۸ رقم، کلروفیل‌های a و b به طور یکسان تحت تأثیر شوری قرار نمی‌گیرند، زیرا کلروفیل a تجزیه‌پذیرتر است (پوستینی و همکاران، ۱۳۸۲). مطالعات انجام شده توسط Zhao و همکاران (۱۹۹۵) نشان داد که مقدار رنگیزه‌ها در گیاهان سویای تیمار شده با سالیسیلیک اسید افزایش می‌یابد. همچنین، مقدار کلروفیل و کاروتنوئیدها در برگ‌های ذرت افزایش می‌یابد (Sinha *et al*., 1993). Khodary (۲۰۰۴) نیز در گیاهان ذرت تحت تنش شوری و تیمار شده با سالیسیلیک اسید نتایج مشابهی به دست آورد. بر اساس نتایج این تحقیق نیز تیمار با سالیسیلیک اسید اثر نامطلوب نمک بر رنگیزه‌ها را کاهش داد، این کاهش با افزایش میزان کلروفیل به خصوص در رقم حساس به شوری همراه بود. میزان کلروفیل شاخصی از میزان فتوسنتز است و افزایش آن به ویژه در گیاه حساس به شوری Y3000 می‌تواند موجب افزایش فتوسنتز و بهبود رشد شود (Xu *et al*., 2008).

پرولین یکی از مهم‌ترین ترکیباتی است که در واکنش‌های دفاعی گیاهان نسبت به شوری عمل می‌کند. افزایش پرولین در گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک اسید موجب افزایش تحمل به نمک می‌شود. درگیاهان ذرت تحت تنش و تیمار شده با سالیسیلیک اسید، مقدار پرولین افزایش یافت (Hossein, 2007) که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. بر اساس یافته‌های Hamada (۲۰۰۰) در تنش آب، میزان پروتئین محلول و پرولین در ریشه‌ها و میزان پرولین و آمینواسیدهای دیگر در نوشاخه‌ها افزایش می‌یابد، اما در حضور ویتامین‌ها یا آسپرین، آثار تنش کاهش می‌یابد. تنش شوری با افزایش رادیکال‌های آزاد همراه است. رادیکال‌های آزاد با خارج کردن H^+ از فسفولیپیدها موجب تشکیل رادیکال فعال اسید چرب می‌شوند که در حضور اکسیژن با تولید پراکسید اسید چرب، ضمن تخریب پروتئین‌ها و چربی‌ها، رادیکال بیشتری تولید می‌کند (نصیبی، ۱۳۸۲؛ Hernandezn, 1995). با پراکسیداسیون لیپید میزان مالون‌دی‌آلدئید افزایش یافته، از نشت غشا جلوگیری می‌کند (Dionisio and Tobita, 1998). افزایش

Archive of SID

www.SID.ir

پراکسیداسیون غشا در تنش شوری موجب تخریب آن می‌شود (Katsuhara *et al*., 2005). در ارقام مقاوم به شوری با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان تحمل به تنش اکسیداتیو افزایش و میزان مالون‌دی‌آلدئید کاهش می‌یابد (Esfandiari *et al*., 2007). پاسخ گیاهان به تنش اکسیداتیو به ژنوتیپ وابسته است. در ارقام گندم حساس به شوری میزان مالون‌دی‌آلدئید با افزایش شوری افزایش یافته، اما در ارقام مقاوم تغییر زیادی نشان نداده است (Esfandiari *et al*., 2007). در رقم‌های مقاوم به شوری جو و توتون میزان مالون‌دی‌آلدئید کاهش می‌یابد (Liang *et al*., 2004; Ruiz *et al*., 2005).

سالیسیلیک اسید با کاهش میزان مالون‌دی‌آلدئید، به ویژه در رقم Hayola 420 و با غلظت ۰/۵ mM، به کنترل تنش کمک کرد، با این وجود، تغییرات اندک در محتوای مالون‌دی‌آلدئید نشان می‌دهد که سیستم‌های دفاعی دیگری نیز مانند فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌توانند به کنترل تنش کمک کنند. اثر مثبت سالیسیلیک اسید بر کاهش پراکسیداسیون لیپیدها توسط محققان دیگر در برگ‌های کدو گزارش شده است (Radwan *et al*., 2006).

محتوای پرولین در گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک اسید افزایش اندکی نشان داد و در رقم Hayola 420 و با غلظت ۰/۵ mM محسوس‌تر بود. تجمع پرولین در برگ مکانیسم سازشی مهمی برای تحمل به نمک است. پرولین یک اسمولیت است و با کاهش پتانسیل اسمزی جذب یون‌های سمّی را کاهش می‌دهد (Hare *et al*., 1998).

در خاک‌های تحت تنش شوری، سدیم بیشتری در برگ‌های Hayola 420 جمع می‌شود، اما در حضور سالیسیلیک اسید جذب پتاسیم افزایش می‌یابد. در این رقم، سالیسیلیک اسید با تأثیر بر جذب انتخابی سدیم و پتاسیم و انتقال بیشتر پتاسیم به برگ به کنترل تنش کمک می‌کند. چنین آثاری در سایر گیاهان نیز مشاهده شده است (Liang *et al*., 1999). در رقم حساس Y3000 وضعیت متفاوت بوده، میزان سدیم برگ افزایش یافته است. لذا در این رقم افزایش میزان سدیم به جذب آب و حفظ تورژسانس گیاه کمک می‌کند.

از آن جایی که رقم Hayola 420 نسبتاً به شوری مقاوم است، افزایش میزان پرولین و کاهش میزان مالون‌دی‌آلدئید آثار تنش را کاهش می‌دهد. در رقم حساس Y3000، کلروفیل بیشتر تحت تأثیر قرار گرفت که می‌تواند با بهبود فتوسنتز همراه باشد. در نهایت، سالیسیلیک اسید بر هر دو رقم تأثیر مثبت داشت ولی این اثر در رقم Hayola 420 و با غلظت ۰/۵ mM سالیسیلیک اسید بارزتر بود.

تشکر و قدردانی

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه الزهراء (س) به خاطر تأمین اعتبار این پژوهش قدردانی می‌شود.

منابع

پوستینی، ک.، مجنون، ن.، طالعی، ع. ر. و خواجه احمد عطاری، ا. (۱۳۸۲) واکنش‌های فیزیولوژیکی ارقام کلزا در مرحله رویشی نسبت به تنش شوری. مجله علوم کشاورزی ایران ۲۶(۲): ۵۷-۶۳.

Archive of SID

www.SID.ir

شمس‌الدین سعید، م.، فرح‌بخش، ح. و مقصودی مود،ع. (۱۳۸۶) اثرات تنش شوری بر جوانه‌زنی، رشد رویشی و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی ارقام کلزای پائیزه. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۱(۴۱): ۱۹۱-۲۰۲.

مظاهری تیرانی، م. و منوچهری کلانتری، خ.(۱۳۸۶) بررسی اثر سالیسیلیک اسید بر برخی پارامترهای رشد و بیوشیمیایی گیاه کلزا تحت تنش خشکی. مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم پایه) ۲۸(۲): ۵۵-۶۶.

ناظم بکایی، ز. و فهیمی، ح. (۱۳۷۸) بررسی تأثیر متقابل شوری و هورمون‌های گیاهی (اکسین و ژیبرلین) بر رویش بذر گیاه باقلا. پژوهش و سازندگی ۲۲: ۴۵-۵۰.

نصیبی، ف. (۱۳۸۲) اثر باندهای مختلف اشعه ماورا بنفش بر برخی از پارامترهای رشد و القای تنش اکسیداتیو در گیاه کلزا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران.

Agastian, P., Kinysloy, S. J. and Vivekanandan, M. (2000) Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. Photosynthetica 38: 287-290.

Arfan, M., Athar, H. R. and Ashraf, M. (2006) Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress? Journal of Plant Physiology 164(6): 685-694.

Arshi, A., Abdin, M. Z. and Iqbal, M. (2002) Growth and metabolism of senna as affected by salt stress. Biologia Plantarum 45: 295-298.

Ashraf, M. (2002) Salt tolerance of cotton some new advances-CRC. Critcal Review in Plant Sciences 21: 1-30.

Bande-hagh, A., Toorchi, M., Mohammadi, A., Chaparzadeh, N., Hosseini salekdeh, G. and Kazemnia, H. (2008) Growth and osmotic adjustment of canola genotypes in response to salinity. Journal of Food, Agricultur and Environment 6(2): 201-208.

Barkosky, R. R. and Einhelling, F. A. (1993) Effect of salicylic acid on plant water relationship. Journal of Chemical Ecology 19: 237-247.

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

Berukova, M. V., Sakhabutdinova, R., Farkhutdinowa, R. A., Kyldiarov, I. and Shakirova, F. (2001) The role of hormonal changes in protective action of salicylic acid on growth of wheat seedlings under water deficit. Agrochemiya 2: 51-54.

Dash, M. and Panda, S. K. (2001) Salt stress induced changes in growth and enzyme activities in germinating *Phaseolus mungo* seeds. Biologia Plantarum 44: 587-589.

Dat, J. F., Lopes Delgado, H., Foyer, Ch. and Scot, I. M. (1998) parallel changes in H_2O_2 and catalase during thermotolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in mustard seedlings. Plant physiology 116: 1351-1357.

Datta, K. S., Varma, K. S., Angrish, R., Kumar, B. and Kumari, P. (1997) Alleviation of salt stress by plant growth regulators in *Triticum aestivum*. Biologia Plantarum 40(20): 269-275.

Dionisio-Sese, M. L. and Tobita, S. (1998) Antioxidant response of rice seedling to salinity stress. Plant Science 135: 1-9.

Esfandiari, E., Shekari, F. and Esfandiari, M. (2007) The effect of salt stress on antioxidant ezymes activity and lipid peroxidation on the wheat seedling. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 35(1): 48-55.

Gadallah, M. A. A. (1999) Effect of proline and glycine betaine on *Vicia faba* response

Archive of SID

www.SID.ir

to salt stress. Biologia Plantarum 42: 249-257.

Glass, A. D. M. and Dunlop, J. (1974) Influence of phenolic acids on ion uptake IV depolarization of membrane potentials. Plant Physiology 54: 855-858.

Glass, A. D. M. (1975) Inhibition of phosphate uptake in barley roots by hydroxyl-benzoic acids. Phytochemistry 14: 2127-2130.

Greenway, H. and Munns, R. (1980) Mechanisms of salt tolerance in non halophyts. Annual Review in Plant Physiology 31: 149-190.

Grumet, R., Isleib, T. G. and Hanson, A. D. (1985) Genetic control of glycinebetaine level in barley. Crop Science 25: 618-622.

Gunes, Y. A., Inal, M., Alpaslan, F., Eraslan, E., Bagci, G. and Cicek, G. 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(4): 728-736.

Hajihashemi, Sh., Kiarostami, Kh., Saboora, A. and Enteshari, Sh. (2007) Exogenosely applied paclobutrazol modulates growth in salt-stressed wheat plants. Plant growth Regulation 53: 117-128.

Hamada, A. M. (2000) Amelioration of drought stress by ascorbic acid, thiamin and aspirin in wheat plants. Indian Journal of Plant Physiology 5: 358-364.

Hare, P., Cress, W. A. and Van Staden, J. (1998) Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress. Plant, Cell and Environment 21: 535-553.

Heath, R. L. and Packer, L. (1968) Photoperoxidation in isolated chloroplasts: kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archives of Biochemistry and Biophysics 125: 189-198.

Hernandezn, J. A., Olmos, E., Corpas, F. J., Sevilla, F. and Riol, A. (1995) Salt induced oxidative stress in chloroplasts of pea plants. Plant Science 105: 151-167.

Hossein, M. M., Balbaa, L. K. and Gaballah, M. S. (2007) Salicylic acid and salinity effects on growth of maize Plants. Research Journal of Agriculture and Biological Science 3(4): 321-328.

Jacoby, B. (1999) Mechanisms involved in salt tolerance of plants. In: Handbook of plant and crop stress (ed. Pessark, M.) 97-123. 2nd Ed, Marcel Dekker, New York.

Jain, S., Nainawatce, H. S., Jain, K. and Chowdhury, J. B. (1991) Proline status of genetically stable salt-tolerance *Brassica japonica* L. somaclones and their parent cv. Parkash. Plant Cell Reports 9: 684-687.

Janda, T., Szalai, G., Tari, I. and Paldi, E. (1999) Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effect of chilling injury in maize plants. Planta 205: 175-180.

Katsuhara, M., Otsuka, T. and Ezaki, B. (2005) Salt stress induced lipid peroxidation is reduced by glutation S-transferase but this reduction of lipid peroxides is not enough for a recovery of root growth in *Arabidopsis*. Plant Science 169: 369-373.

Kaya, C., Higges, D. and Krinak, H. (2001) The effect of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorous and potassium on physiology and nutrition development of spinach. Bulgarian Journal of Plant Physiology 27(3-4): 47-59.

Kaya, C. H., Krinak, H., Higgs, D. and Satali, K. (2002) Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. Scientia Horticulturae 93: 65-74.

Khodary, S. E. A. (2004) Effect of salicylic acid on growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. International Journal of Agriculture and Biology 6: 5-8.

Kummar, S. G., Matta Reddy, A. and Sudhakar, C. (2003) Nacl effects on proline metabolism in two high yielding genotypes

Archive of SID

www.SID.ir

of mulberry with contrasting salt tolerance .Plant Science 165: 1245-1251.

Lee, J. S. (1998) The mechanism of stomatal closing by salicylic acid in *Commelina communis* L. Journal of Plant Biology 41(2): 97-102.

Liang, Y. C. (1999) Effect of silicon on enzyme activity and sodium, potassium and calcium concentration in barely under salt stress. Plant and Soil 209: 217-224.

Liang, Y., Chen, Q., Zhang, W. and Ding, R. (2004) Exogenous silicon increases antioxidant enzyme activity and reduced lipid peroxidation in roots of salt stressed barely. Journal of Plant Physiology 160(10): 1157-1164.

Lichtentaler, H. K. (1994) Chlorophyll and carotenoids pigments of photosynthetic biomembranes. Method in Enzymology 148: 350-382.

Lin, C. C. and Kao, C. H. (1995) NaCl stress in rice seedlings; Starch mobilization and the influence of gibberellic acid on seedling growth. Botanical Bulletin of Academia Sinica 36: 169-173.

Ludlow, M. M. and Mu-Chow, R. C. (1990) A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. Advance in Agronomy 43: 107-152.

Luits, S., Majenus, V. and Kinet, J. M. (1999) NaCl effects on proline metabolism in rice seedling. Physiologia Plantarum 105: 450-458.

Ozmen, A. D., Ozdmir, F. and Turkan, I. (2003) Effect of paclobutrazol on response of two barley cultivars to salt stress. Biologia Plantarum 46(2): 263-268.

Radwan, D. E. M., Fayez, K. H. A., Mahmoud, S. U., Hamad, A. and Lua, G. (2006) Salicylic acid alleviates growth inhibition and oxidative stress caused by zucchini yellow mosaic virus infection in *Cucurbita pepo* leaves. Physiological and Molecular Plant Pathology 69: 172-181.

Rajasekaran, L. R., Stiles, A. and Caldwell, C. D. (2002) Stand establishment in processing carrots. effect of various temperature regimes on germination and the role of salicylates in promoting germination at low temperatures. Canadian Journal of Plant Science 82: 443-450.

Raskin, I. (1992) Role of salicylic acid in plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 43: 439-463.

Ruiz, J. M., Blasco, B., Rivero, R. M. and Romero, L. (2005) Nicotine free and salt tolerant tobacco plants obtained by grafting to salinity resistant rootstocks of tomato. Physiologia Plantarum 124: 425-475.

Sairam, R. K. and Tyagi, A. (2004) Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. Current Science 86: 407-412.

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

Sinha, S. K., Srivastava, H. S. and Tripathi, R. D. (1993) Influence of some growth regulators and cations on inhibition of chlorophyll biosynthesis by lead in Maize. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 51: 241-6.

Srivastava, H. S. and Fletcher, R. A. (1992) Triadimenol increases nitrate levels and nitrate reductase activity in canola leaves. Journal of Experimental Botany 43: 1267-1271.

Sultana, N., Ikeda, T. and Itoh, R. (1999) Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. Journal of Experimental Botany 42: 211-220.

Walinga, I., Van Vark, W., Houba, V. J. G. and Van der Lee, J. (1989) Plant analysis procedures (soil and plant analysis, part 7). Wageningen University, Netherlands.

Archive of SID

www.SID.ir

Xu, X., Xu, H., Wang, Y., Wang, X., Qiu, Y. and Xu, B. (2008) The effect of salt stress on the chlorophyll level of the main sand-binding plants in the shelterbelt along the Tarim Desert Highway. Chinese Science Bulletin 53: 109-111.

Yildirim, E., Turan, M. and Guvenc, I . (2008) Applications on growth, chlorophyll, and mineral content of cucumber grown under salt stress. Journal of Plant Nutrition 31(3): 593-612.

Zhao, H. J., Lin, X. W., Shi, H. Z. and Chang, S. M. (1995) The regulating effects of phenolic compounds on the physiological characteristics and yield of soybeans. Acta Agronomica Sinica 21: 351-255.

Archive of SID

www.SID.ir

The effect of salicylic acid on salt stress reduction in Canola (*Brassica napus* L.)

Khadijeh Kiarostami [1], Nasrin Abdolmaleki [1] and Morteza Heidari [2]

[1] Department of Biology, Faculty of Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran
[2] Agriculture and Natural resourses research center of Qom, Qom, Iran

Archive of SID

Abstract

The seeds of two salt sensitive (Y3000 and Hayola 420) and relatively salt tolerant cultivars of canola were cultivated as a completely randomized block in a split plot. The experiment was conducted in Haji Abad village, Qom, Iran. Salicylic acid (SA) treatment was carried out with 0, 0.5 and 1.0 mM of SA solution in the early morning when the plants fourth leaf completely expanded. The samples were taken at 130 (vegetative phase), 160 (flowering phase) and 190 (harvesting phase) days after germination for analysis. The growth parameters of Hayola 420 was more affected by SA treatment, whereas 1000 seed weight increased much more in Y3000 SA did not influence carotenoids content in the treated plants. A significant increase in chlorophyll content was observed in Y3000 by the level of 0.5 mM SA, however in Hayola 420, the level of 1.0 mM SA was the most effective. Proline content tended to increase in SA treated plants but no significant difference was observed as compared with the control plants. MDA content decreased significantly in Hayola 420. SA application reduced Na^+ and K^+ content in roots and leaves of Y3000 respectively. In contrast, the level of Na^+ was increased in leaves and decreased in roots. SA by the level of 0.5 mM increased the rate of Na^+ and K^+ in Hayola 420. In brief, the level of 0.5 mM SA was the most effective level and its application reduced the damaging action of salinity on canola plants especially in Hayola 420.

Key words: Salt stress, Photosynthetic pigments, Salicylic acid, Canola (*Brassica napus* L.), Ionic content

* Corresponding Author: kiarostami@alzahra.ac.ir

www.SID.ir