

بررسی اثر پیش‌تیمار سالیسیلیک اسید بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه دانه‌رست *Bromus tomentellus* Boiss. در شرایط تنش کادمیوم

علی طویلی^۱، مرتضی صابری^{۲*}، علیرضا شهرباری^۲ و محمد حیدری^۱

^۱ کرج، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی

^۲ زابل، دانشگاه زابل، دانشکده منابع طبیعی

تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۱۲

تاریخ دریافت: ۸۸/۴/۲۲

چکیده

گیاهان در مراحل مختلف زندگی با شرایط تنشی گوناگونی مواجه هستند. این شرایط توسط عوامل زنده یا غیر زنده ایجاد می‌شود و بر جوانه‌زنی و رشد گیاهان اثر می‌گذارد. وجود فلزات سنگین در خاک یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی محسوب می‌شود که می‌تواند منجر به کاهش رشد و تولید انواع اکسیژن‌های واکنش‌گر گردد. سالیسیلیک اسید یک هورمون گیاهی برای کاهش اثرات مضر بسیاری از تنش‌ها شناخته شده است. در تحقیق حاضر اثر پیش‌تیمار بذر با سالیسیلیک اسید به مدت ۱۰ ساعت در سطوح ۱۰۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر، بر روی جوانه‌زنی و رشد بذر *B. tomentellus* تحت شرایط تنش با کادمیوم در سطوح ۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم در لیتر مطالعه شد. نتایج مبین کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه در اثر حضور کادمیوم بود. به طوری که طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه در غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر محلول کادمیوم کمترین مقدار را نشان داد. در مقابل، سالیسیلیک اسید درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه را در شرایط تنش با کادمیوم و غیر تنش افزایش داد. درصد جوانه‌زنی در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و برای طول ریشه‌چه در غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر محسوس‌تر بود.

واژه‌های کلیدی: کادمیوم، سالیسیلیک اسید، جوانه‌زنی، *Bromus tomentellus*، تنش

* نویسنده مسئول، تلفن تماس: ۰۹۱۵۹۵۴۴۷۶۰، پست الکترونیکی: m_saberi63@yahoo.com

مقدمه

دو صورت جذب فعال و غیر فعال است. سه مرحله مختلف در جذب و انتقال کادمیوم از محلول خاک به گیاه وجود دارد، در اولین مرحله که در عرض چند ساعت به وقوع می‌پیوندد این عنصر بر رشد و متابولیسم ریشه تأثیر می‌گذارد (۱۹). طبق گزارش‌های (۲۲) میزان معمول کادمیوم در گیاه ۱-۰/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم است و مقدار زیادی از کادمیوم جذب شده در مواضع تبدالی ریشه نگهداری می‌شود. بیشتر خاک‌های غیر آلوده دارای کادمیوم کمتر از یک میلی‌گرم در لیتر می‌باشند (۵).

کادمیوم یک عنصر فوق‌العاده سمی است که تأثیر منفی عمده‌ای روی سیستم‌های آنزیمی سلول دارد. در بین فلزات سنگین کادمیوم دارای اهمیت ویژه‌ای است زیرا به راحتی توسط سیستم ریشه گیاه جذب شده و سمیت آن برای گیاه ۲۰-۲ برابر سایر فلزات سنگین است. عوامل خاکی و گیاهی متعددی بر قابلیت جذب کادمیوم توسط گیاه تأثیر دارند که از مهم‌ترین آنها می‌توان به مقدار کل کادمیوم، منشاء کادمیوم خاک، pH، قدرت اکسیداسیون و احیاء، ظرفیت تبدالی کاتیونی، مقدار و نوع رس و گونه گیاهی اشاره کرد (۵). جذب فلزات سنگین توسط گیاه به

دارد (۸). سالیسیلیک اسید و مشتقات آن از جمله ترکیبات جدیدی هستند که به عنوان فیتوهورمون در برخی گیاهان عمل می‌کنند و اخیراً مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند. سالیسیلیک اسید یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید به گروهی از ترکیبات فنلی تعلق دارد که به عنوان یک مولکول مهم برای تعدیل پاسخهای گیاه به تنشهای محیطی شناخته شده است (۲۷). مشخص شده است که سالیسیلیک اسید در شکوفا شدن جوانه‌ها، نفوذپذیری غشاء، تنفس میتوکندری، بسته شدن روزنه‌ها، انتقال مواد، فتوسنتز، سرعت رشد و جذب یونها تأثیر گذار است. اثر سالیسیلیک اسید در جلوگیری از تنشهای زیستی (۶)، و غیر زیستی نیز مورد توجه قرار گرفته است (۳۱). به علاوه، سالیسیلیک اسید بر فتوسنتز و رشد گیاه تحت شرایط تنش، اثر مثبت دارد (۱۳).

Bromus tomentellus در مناطق کوهستانی البرز و زاگرس و رشته کوههای مرکزی در ناحیه رویشی ایران و تورانی گستره بسیار زیادی دارد. این گونه در خاک بدون شوری و قلیائیت، نیمه عمیق تا عمیق رویش داشته و خاکهای با بافت متوسط را ترجیح می‌دهد (۳). تجدید حیات از طریق بذر صورت می‌گیرد. قوه رویانی بذرها نسبتاً سریع پایین می‌آید و پس از ده سال به حدود ۱۰ درصد کاهش می‌یابد. *B. tomentellus* بدون شک از بهترین علفهای کوهستانی برای اصلاح و توسعه مراتع بیلاقی است که می‌توان با مدیریت و استفاده صحیح از آن چراگاههای دائمی و مرغوبی به وجود آورد (۴).

جوانه‌زنی و رشد و نمو دانه‌رسته‌ها مراحل مهمی از زندگی گیاه کامل و همچنین حساس‌ترین مراحل زندگی گیاه نسبت به تغییرات محیط پیرامون هستند. بنابراین مطالعه مهار این مراحل در گیاهانی که در معرض آلاینده‌ها قرار گرفته‌اند راه مناسبی برای درک اثرات سمی آنها بر گیاهان محسوب می‌شود. به این منظور در تحقیق حاضر واکنش جوانه‌زنی بذرها *B. tomentellus* به تنش کادمیوم و

کادمیوم به طور عمده با تشکیل مخلوطی از ترکیبات آلی که باعث جلوگیری از فعالیتهای ضروری می‌شوند بسیاری از نقشهای سلولی را بر هم می‌زند. انباشته شدن فلزات سنگین از جمله کادمیوم در محیط ریشه سبب کاهش جذب آب و مواد غذایی، کاهش انتقال آب و بر هم خوردن تعادل آب، مهار فعالیت آنزیمها، کاهش متابولیسم سلولی، کاهش فتوسنتز، تنفس و تعرق، فقدان نیتروژن و فسفر و در نتیجه مهار رشد، تسریع پیری و حتی مرگ گیاه می‌گردد (۱۱ و ۲۶).

گونه‌ها و واریته‌های مختلف گیاهی دامنه وسیعی از مقاومت در برابر کادمیوم بروز می‌دهند. اغلب گونه‌های گیاهی درجه بالایی از حساسیت را نسبت به سمیت کادمیوم نشان می‌دهند به گونه‌ای که انبوهی از فنوتیپهای حساس در مقابل بعضی گیاهان عالی مقاوم وجود دارند (۲۱). فلزات به طور طبیعی با مقادیر مختلف در پوسته زمین وجود دارند. هنگامی که فلزات سنگین توسط گیاهان جذب شده و در بافتهای آنها تجمع می‌یابند اغلب به دو صورت باعث سمیت می‌شوند: ۱- به صورت غیر مستقیم از طریق رقابت با سایر عناصر غذایی ضروری و قرارگیری به جای آنها در ساختمان رنگدانه‌ها یا آنزیمها و تخریب عملکرد آنها. برای نمونه Kupper و همکاران در سال ۱۹۹۹ مشاهده کردند جایگزینی Hg, Cu, Cd, Ni, Zn, Pb در کلروفیل به جای Mg منجر به کاهش چشمگیر فتوسنتز می‌گردد (۱۷). ۲- مستقیم با تخریب ساختار سلول. حضور فلزات سنگین باعث ایجاد تنش اکسیداتیو می‌شود که به نوبه خود باعث ایجاد اثرات سمی مختلف در گیاهان نظیر کاهش رشد، کاهش محتویات کلروفیل و فتوسنتز، مهار فعالیتهای آنزیمی، آسیب به مولکولهای زیستی نظیر لیپیدها، پروتئینها و نوکلئیک اسیدها به خصوص DNA می‌گردد (۱۰ و ۲۴).

چندین سال است که تلاش برای استفاده از پیش تیمارها برای بهبود درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر در طبیعت ادامه

امکان بهبود جوانه‌زنی در شرایط تنش با کاربرد سالیسیلیک اسید مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر سالیسیلیک اسید و کادمیوم بر صفات مورد مطالعه بذور *B.tomentellus*

صفات	منابع تغییر	SS	df	MS	F
درصد جوانه‌زنی	بین گروهها	۱۶۸۵/۵	۹	۱۸۷/۲۷	۵/۲۶**
	درون گروهها	۱۰۶۸/۰	۳۰	۳۵/۶	-
	کل	۲۷۵۳/۵	۳۹	-	-
سرعت جوانه‌زنی	بین گروهها	۴۱۷/۴۷	۹	۴۶/۳۸	۱/۰۰۹ ^{ns}
	درون گروهها	۱۳۷۹/۸۴	۳۰	۴۵/۹۹	-
	کل	۱۷۹۷/۳۲	۳۹	-	-
طول ریشه‌چه	بین گروهها	۳/۵	۹	۰/۳۹	۱۱۳/۰۷۳**
	درون گروهها	۰/۱۰۳	۳۰	۰/۰۰۳	-
	کل	۳/۶۱	۳۹	-	-
طول ساقه‌چه	بین گروهها	۵/۴۶	۹	۰/۶۰۷	۸۲/۷۸۸**
	درون گروهها	۰/۲۲	۳۰	۰/۰۰۷	-
	کل	۵/۶۸	۳۹	-	-
طول گیاهچه	بین گروهها	۱۶/۲۹	۹	۱/۸۱	۱۸۹/۶۵۴**
	درون گروهها	۰/۲۸۶	۳۰	۰/۰۱	-
	کل	۱۶/۵۸	۳۹	-	-
شاخص بنیه‌بذر	بین گروهها	۶۲۲۶۴/۰۷	۹	۶۹۱۸/۲۳	۳۵/۵۳۹**
	درون گروهها	۵۸۴۰/۰۳۷	۳۰	۱۹۴/۶۶	-
	کل	۶۸۱۰۴/۱۱	۳۹	-	-

* وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارها در سطح ۱٪، ^{ns} عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارها.

مواد و روشها

خشک شدن درون ظروف پتری با ابعاد ۹ سانتیمتری بر روی کاغذ صافی Watman شماره یک، جهت قرار گرفتن در شرایط تنش با محلول کادمیوم قرار گرفتند. قبل از قرار دادن بذرها، ابتدا ظروف پتری مورد نیاز در آون استریل شدند. تست جوانه‌زنی در آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار (۲۵ عدد بذر در هر تکرار) در محلولهای کادمیوم (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی گرم در لیتر) در ژرمیناتور و دمای ۲۵ درجه سانتی گراد انجام شد. طی یک دوره ۱۰ روزه هر روز بذره‌های جوانه زده که طول ریشه‌چه آنها بیشتر از ۱ میلی متر بود شمارش گردید و درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه آنها اندازه‌گیری شد. درصد جوانه‌زنی (۹) و سرعت جوانه‌زنی (۱۸) بر اساس روابط زیر محاسبه شدند:

$$GP = \frac{\sum G}{N} \times 100 \quad (۱) \text{ درصد جوانه‌زنی}$$

این آزمایش به منظور بررسی تأثیر پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی و رشد اولیه بذور *B.tomentellus* در شرایط تنش با محلول کادمیوم انجام شد. برای این منظور ابتدا بذور مورد استفاده از مراتع شهرستان طالقان در تابستان ۱۳۷۸ جمع‌آوری گردید. قبل از اجرای آزمایش ابتدا بذرها به وسیله محلول ۱۰ درصد هیپو کلریت سدیم ضدعفونی و سپس چندین بار با استفاده از آب مقطر شستشو داده شدند. این عمل برای جلوگیری از حمله قارچها صورت گرفت. سپس بذرها به مدت ۱۰ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد با سالیسیلیک اسید ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی گرم در لیتر پیش تیمار شدند و همزمان از آب مقطر به عنوان شاهد استفاده شد. پس از پایان دوره خیساندن، تمامی بذرها با آب مقطر شسته شدند و پس از

نتایج

GP: درصد جوانه‌زنی G: تعداد بذور جوانه زده

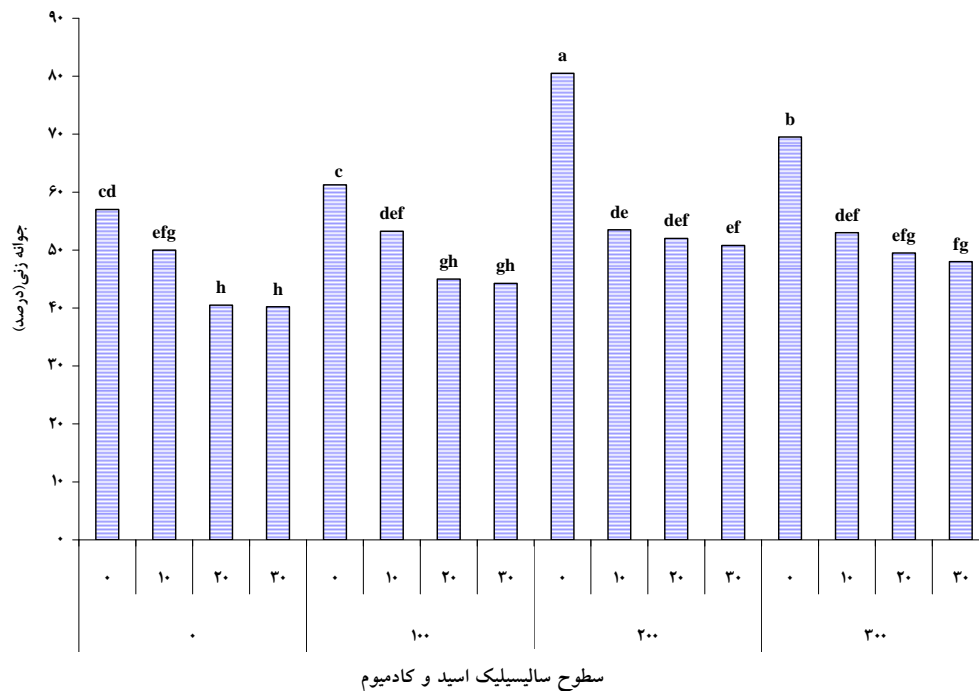
N: تعداد کل بذور

$$GR = \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{D_i} \quad (2) \text{ سرعت جوانه‌زنی}$$

S_i: تعداد بذور جوانه‌زده در هر شمارش، D_i: تعداد روز

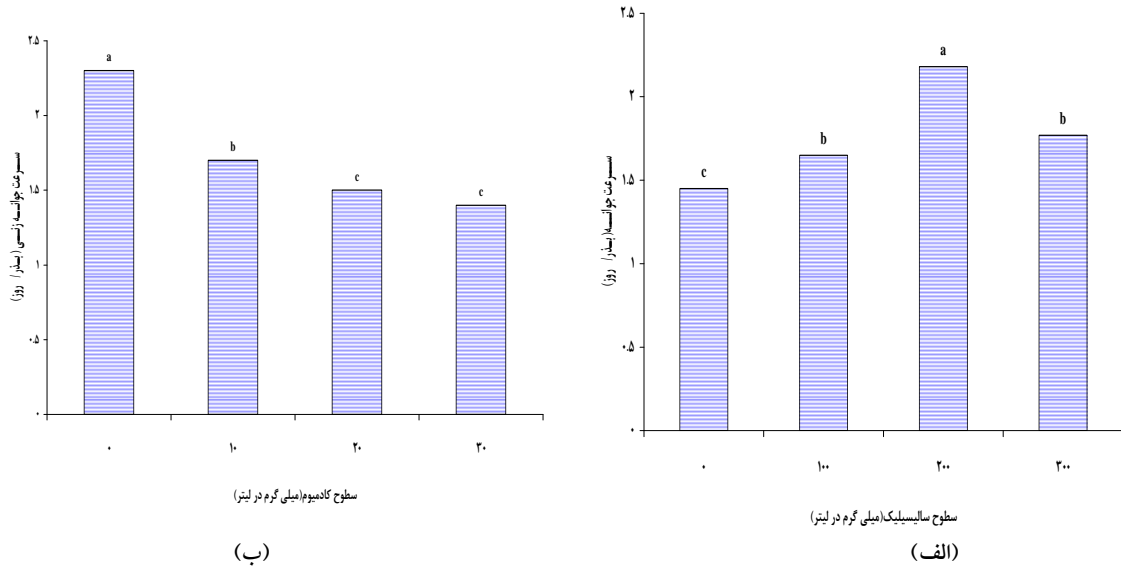
تا شمارش n ام، n: دفعات شمارش.

داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم افزار MSTAT-C تجزیه واریانس شدند و مقایسه میانگینها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

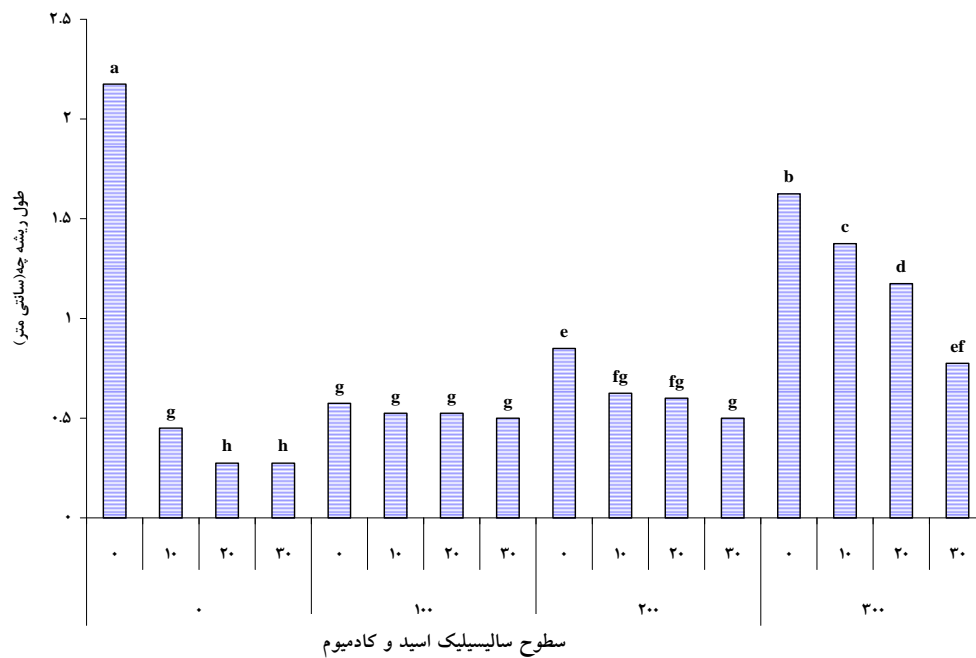
شکل ۱- اثر متقابل سطوح مختلف سالیسیلیک اسید و کادمیوم بر جوانه‌زنی بذور *B. tomentellus*

مقابل سالیسیلیک اسید درصد جوانه‌زنی را افزایش داد به گونه‌ای که در هر سه غلظت افزایش درصد جوانه‌زنی بذور گونه *B. tomentellus* در اثر پیش تیمار با سالیسیلیک اسید مشاهده شد که بیشترین افزایش درصد جوانه‌زنی با کاربرد غلظت ۲۰۰ میلی گرم در لیتر این پیش تیمار به دست آمد (شکل ۱). سالیسیلیک اسید درصد جوانه‌زنی را تحت هر دو شرایط تنش و غیر تنش بهبود بخشد.

درصد و سرعت جوانه‌زنی: اثر متقابل سالیسیلیک اسید و کادمیوم نشان داد که درصد جوانه‌زنی بذرهایی که در معرض غلظتهای مختلف کادمیوم قرار گرفته بودند در مقایسه با بذر های شاهد اختلاف آماری معنی‌داری داشتند. کادمیوم باعث کاهش درصد جوانه‌زنی بذور گونه *B. tomentellus* از ۵۷ درصد در شاهد به ۴۰ درصد در غلظت ۳۰ میلی گرم در لیتر محلول کادمیوم گردید. در



شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف سالیسیلیک اسید (الف) و کادمیوم (ب) بر سرعت جوانه‌زنی بذور *B. tomentellus*



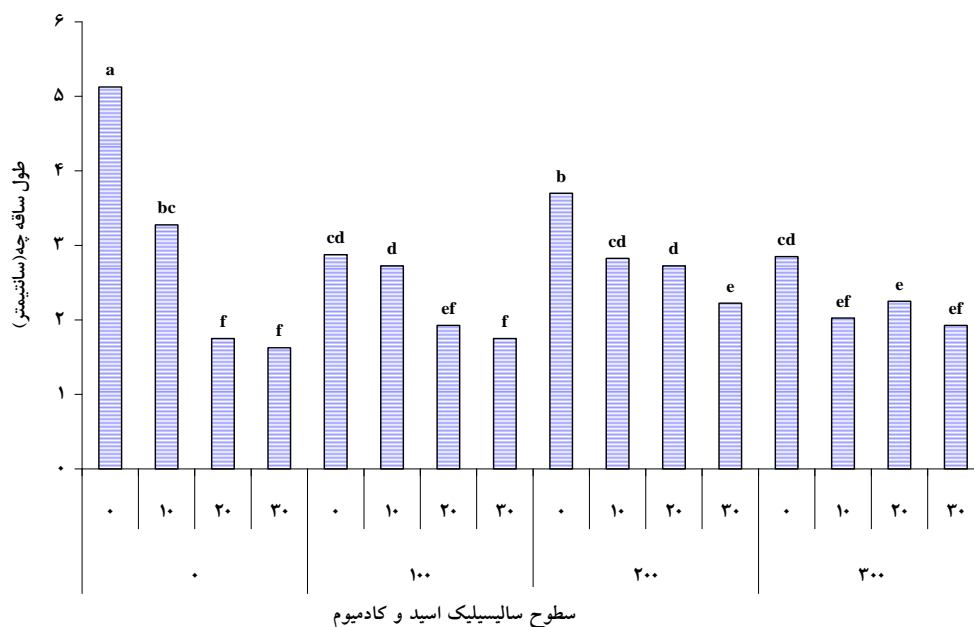
شکل ۳- اثر متقابل سطوح مختلف سالیسیلیک اسید و کادمیوم بر طول ریشه‌چه بذور *B. tomentellus*

بذور نسبت به تیمار شاهد گردید. بالاترین سرعت جوانه‌زنی در اثر استفاده از غلظت ۲۰۰ میلی گرم در لیتر سالیسیلیک اسید حاصل شد. اثر متقابل سالیسیلیک اسید و کادمیوم بر روی سرعت جوانه‌زنی معنی دار نبود (شکل ۲).

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد تنش کادمیوم باعث کاهش سرعت جوانه‌زنی بذور گونه *B. tomentellus* شد که اختلاف بین تیمار شاهد و غلظت‌های مختلف کادمیوم معنی دار بود ولی بین غلظت‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی گرم در لیتر محلول کادمیوم اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. در مقابل سالیسیلیک اسید باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی

اثر متقابل سالیسیلیک اسید و کادمیوم بر طول ساقه‌چه نیز معنی دار بود. بالاترین طول ساقه‌چه در شرایط غیرتنش مشاهده گردید. کادمیوم موجب کاهش طول ساقه‌چه گیاهچه‌های *B. tomentellus* گردید. در مقابل سالیسیلیک اسید در غلظت‌های ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی گرم در لیتر موجب افزایش طول ساقه‌چه در شرایط تنش کادمیوم گردید ولی در شرایط غیرتنش تأثیری بر طول ساقه‌چه گیاهچه‌های *B. tomentellus* نداشت. اثر متقابل سالیسیلیک اسید و کادمیوم نشان می‌دهد که سالیسیلیک اسید موجب بهبود طول ساقه‌چه در شرایط تنش با کادمیوم می‌گردد (شکل ۴).

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه: اثر متقابل سالیسیلیک اسید و کادمیوم بر طول ریشه‌چه معنی دار بود. بالاترین طول ریشه‌چه در تیمار شاهد به دست آمد. سالیسیلیک اسید در شرایط غیرتنش تأثیری بر طول ریشه‌چه نداشت ولی تحت شرایط تنش کادمیوم هر سه سطح سالیسیلیک اسید باعث افزایش طول ریشه‌چه گیاهچه‌های *B. tomentellus* شدند. این افزایش در غلظت ۳۰۰ میلی گرم در لیتر سالیسیلیک اسید بیشتر از غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر بود. نتایج حاکی از آن است که کاربرد سالیسیلیک اسید باعث بهبود طول ریشه‌چه به ویژه کاربرد غلظت ۳۰۰ میلی گرم در لیتر این محلول در شرایط تنش کادمیوم می‌گردد (شکل ۳).



شکل ۴- اثر متقابل سطوح مختلف سالیسیلیک اسید و کادمیوم بر طول ریشه‌چه بذور *B. tomentellus*

بحث و نتیجه‌گیری

اسید از درجه اهمیت بالایی برای کاهش اثرات منفی ناشی از اثر فلزات سمی به ویژه در مرحله رشد گیاه برخوردار است. افزایش رشد در حضور سالیسیلیک اسید در برخی گونه‌های گیاهی گزارش شده است (۲۹). سالیسیلیک اسید به عنوان یک مولکول القایی در سیستم دفاعی گیاهان مطرح است (۶ و ۲۸). نتایج مطالعات انجام شده نشان می‌دهد سالیسیلیک اسید سبب کاهش اثرات منفی برخی تنشهای

وجود تنشهای محیطی و غیر محیطی، سبب پیدایش یک سری واکنشها در گیاهان می‌شود. یک بخش از تنشهای محیطی، فلزات سمی موجود در خاک هستند که سبب اختلال در چرخه حیات و فعال شدن تعدادی از واکنشهای بیوشیمیایی می‌گردند. مطالعات نشان می‌دهند سالیسیلیک

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد سالیسیلیک اسید نقشی کلیدی در کاهش تنش ناشی از کادمیوم بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های *B. tomentellus* ایفاء می‌کند. همچنین نتایج آزمایشات مشخص نمود که غلظت فلز سمی کادمیوم در ریشه‌چه خیلی بیشتر از ساقه‌چه می‌باشد به طوری که با ظهور برگچه‌ها و رشد آنها به شدت از طول ریشه‌چه کاسته شد. سوختگی و خشک شدگی ریشه‌چه که در روزهای پایانی آزمایش مشاهده شد، این نظر را تأیید می‌کند. این یافته با نتایج (۱۴) مطابقت دارد.

پیش تیمار بذر با سالیسیلیک اسید قبل از جوانه‌زنی نشان می‌دهد که این اسید به درون بذر انتقال یافته و بعضی فرآیندها را باعث می‌شود که دائماً توسعه دانه‌رستها و پایداری در برابر کادمیوم را تحت تأثیر قرار داده است. بنابراین یک رابطه متقابل مستقیم بین سالیسیلیک اسید و کادمیوم وجود دارد. یک دلیل برای چنین ادعایی جلوگیری از اثر بازدارنده کادمیوم بر صفات مورد مطالعه با کاربرد سالیسیلیک اسید می‌باشد. سالیسیلیک اسید به طور معنی داری نشت یونی و تجمع یونهای سمی در گیاهان را کاهش می‌دهد ضمن آنکه سبب افزایش سیتوکینین می‌شود.

به طور کلی نتایج حاصل از تحقیقات گذشته، که در بالا به برخی از آنها اشاره شد، و همچنین نتایج حاصل از تحقیق حاضر، مبین آن است که سالیسیلیک اسید از طریق سازماندهی مکانیسمهای دفاعی آنتی‌اکسیدان، تغییر تعادل هورمونی، افزایش بعضی از هورمونهای گیاهی شامل اکسینها و سیتوکینینها، تجمع پرولین، بی‌حرکی یونهای کادمیوم و خروج این فلز سمی از فرآیندهای متابولیک، کاهش اثر سمیت کادمیوم را علی‌رغم افزایش غلظت آن در پی دارد.

غیرزنده مثل تنش گرمایی (۱۲)، خسارت سرما (۱۶ و ۳۰) و تنش فلزات سنگین (۲۳) در زندگی گیاه می‌شود. بنابر گزارش دولت‌آبادیان و همکاران (۱) استفاده از سالیسیلیک اسید موجب افزایش رشد طولی ساقه‌چه و ریشه‌چه و وزن خشک دانه‌رست *Triticum aestivum* در شرایط تنش شوری شده است در حالی که بدون حضور اسید مذکور غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار نمک کلرید سدیم در مقایسه با شاهد تا ۱۷/۵ درصد باعث کاهش درصد جوانه‌زنی گونه مذکور شد. از جمله علل کاهش اثرات ناشی از تنشها بدین دلیل است که سالیسیلیک اسید باعث افزایش بعضی از هورمونهای گیاهی مانند اکسینها و سیتوکینینها (۲۹) و کاهش نشت یونی از سلولهای گیاهی می‌گردد (۷، ۱۵ و ۲۰). همچنین سالیسیلیک اسید از طریق توسعه واکنشهای ضد تنشی نظیر افزایش تجمع پرولین باعث تسریع در بهبود رشد پس از رفع تنش می‌شود (۲۹). گزارش شده است که سالیسیلیک اسید به عنوان یک مولکول پیامبر و القایی در دفاع گیاهان است به طوری که در نتیجه شکست سالیسیلیک اسید در گیاهان ترانس ژنتیک، این گیاهان علائم دفاعی را از خود بروز نداده و در نتیجه به پاتورژنها آسیب‌پذیر بوده اند (۲).

علاوه بر تأثیری که سالیسیلیک اسید در افزایش رشد گیاهان در شرایط تنشی دارد نتایج تحقیق حاضر اهمیت این ترکیب فنلی را در مرحله جوانه‌زنی بذر هنگام مواجهه با تنش ناشی از فلزات سنگین نیز نشان داد. در تحقیق حاضر پیش تیمار بذور با سالیسیلیک اسید کاهش جوانه‌زنی و رشد را که در حضور کادمیوم ایجاد شده بود بهبود بخشید. عمل حفاظتی سالیسیلیک اسید در حضور فلزات سنگین موجب پایداری غشای سلول (۲۵)، تغییر تعادل هورمونی (۲۹)، و بی‌حرکی یونهای کادمیوم می‌شود (۲۳).

منابع

- ۱- دولت‌آبادیان، آریا، سید علی محمد مدرس ثانوی، فاطمه اعتمادی، ۱۳۸۷. اثر ژیش تیمار اسید سالیسیلیک بر جوانه‌زنی بذر گندم (*Triticum aestivum*) در شرایط تنش شوری، مجله زیست‌شناسی ایران، ۲۱ (۴): ۷۰۲-۶۹۲.
- ۲- فرآورده، لیلا، عذرا ربانی چادگانی، مرضیه یوسف مصبوغ، ۱۳۸۶. اثر سالیسیلیک اسید بر شکست آنزیم پلی‌ADP-ریبوز پلیمرز و قطعه قطعه شدن DNA در سلولهای برگ سیب زمینی، مجله زیست‌شناسی ایران، ۲۰ (۲): ۲۵۶-۲۴۷.
- 3- قربانی، اردوان، ۱۳۷۴. بررسی برخی از ویژگی‌های اکولوژیک گونه‌های *Bromus tomentellus* و *Psathrostachys fragilis* در حوزه آبخیز تهران. پایان نامه کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- ۴- مقیمی، جواد، ۱۳۸۴. معرفی برخی گونه‌های مهم مرتعی. انتشارات آرون.
- 5- Alloway, B. J. 1990. Heavy metals in soils. Blakie and sons Ltd. London.
- 6-Alvarez, M. 2000. Salicylic acid in the machinery of hypersensitive cell death and disease resistance. *Plant mol. Biol.* 44:429-442.
- 7-Borsani, O., Valpuesta, V., and Botella, M. N. 2001. Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in *Arabidopsis* seedling. *Plant Physiol.* 126: 1024-1030.
- 8-Bradford, K. J. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *HortScience.* 21 (5): 1105-1111.
- 9-Camberato, J. and Mccarty, B. 1999. Irrigation water quality: part I. Salinity. South Carolina Turfgrass Foundation New. 6 (2):6-8.
- 10-Chaoui, A., Ferjani, E. 2005. Effects of cadmium and copper on antioxidant capacities, lignification and auxin degradation in leaves of Pea (*Pisium sativum* L.) seedlings. *Comptes Rendus Biologies.* 328:23-31.
- 11-Cheng, S., Huang, C. 2006. Influence of cadmium on growth of root vegetable and accumulation of cadmium in the edible root. *International journal of Applied Science and Engineering.* 3: 243-252.
- 12-Dat, J. F., Foyer, C. H., and Scott, I. M. 1998. Changes in salicylic acid and antioxidants during induced thermotolerance in mustard seedlings. *Plant Physiol.* 118: 1455-1461.
- 13-El-tayeb, M. A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation.* 45: 215-224.
- 14-Felicite, O. M., Xiong, Z. T., Qiu, H. J. 2007. Salicylic acid alleviate the cadmium toxicity in Chinese cabbages (*Brassica chinensis*). Pakistan
- Journal of Biological Sciences. 10(18): 3065-3071.
- 15-Ghoulam, C. F., Ahmed, F. and Khalid, F. 2001. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental and Experiment Botany.* 47: 139-150.
- 16-Kang, H. M., and Saltveit, M.E. 2002. Chilling tolerance of maize, cucumber and rice seedlings leaves and roots are differently affected by salicylic acid. *Physiol. Plantarum.* 115: 571-576.
- 17-Kupper, H., Zhao, F. J., McGrath, S. 1999. Cellular compartmentation of zinc in leaves of the hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens*. *Plant Physiology.* 119: 305-311.
- 18-Maguirw, I. D. 1962. Speed of germination _ arid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crops Sci.* 2:176-177
- 19-Marchiol, L., Leita, L., Martin, M., Perssotti, A. and Zerbi. G. 1996. Physiological response of tow soybean cultivars to cadmium, J. of Environ. Qual. 25: 562-566.
- 20-Maria, E.B., Jose, D.A, Maria, C.B. and Francisco, P. A. 2000. Carbon partitioning and sucrose metabolism in tomato plants growing under salinity. *Physiol. Plantarum.* 110: 503-511.
- 21-Mc Grath, S., Lombi, E. and Zhao, F. J. 2001. what's new about cadmium hyper accumulation. *New Phytol.* 149:2-3.
- 22-Mengel, K. and E.A. Kirkboy. 1987. Principles of plant nutrition. 4th ed. International Potash Instiure, Bem. Sweitizerland.
- 23-Metwally, A., Finkemeier, I., Georgi, M., D ietz, K.-J. 2003. Salicylic acid alleviates the

- cadmium toxicity in barley seedling. *Plant Physiol.* 132:272-281.
- 24-Mishra S., Srivastava S., Tripathi, P. D. 2006. Phytochelatin synthesis and response of antioxidants during cadmium stress in *Bacopa monnieri* L. *Plant Physiology and Biochemistry.* 44: 25-37.
- 25-Mishra, A., Choudhuri, M. 1999. Effects of salicylic acid on heavy metal-induced membrane degradation mediated by lipixygenase in rice. *Biol.* 42: 409-415
- 26-Pandey N., Sharma C. P. 2002. Effect of heavy metals Co_2^+ , Ni^{2+} and Cd^{2+} on growth and metabolism of cabbage. *Plant Science.* 163: 753-758.
- 27-Senaratna, T., Touchel, D., Bumm, E., and Dixon, K. 2000. Acetyl salicylic acid induces multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regul.* 30: 157-161.
- 28-Shah, J. 2003. The salicylic acid loop in plant defense. *Curr Opin Plant Biol.* 2003 Aug, 6, 365-371.
- 29-Sharikova, F., Sakhabutdinova, A., Bezrukova, M., Fatkhutdinova, R., Fatkhudinova, D. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedling induced by salicylic acid and salinity. *Plant Sci.* 164: 317-322.
- 30-Tasgin, E., Atic, O., and Nalbantoglu, B. 2003. Effect of salicylic acid on freezing tolerance in winter wheat leaves. *Plant Growth Regul.* 41: 231-236.
- 31-Tissa, S., Darren, T., Eric, B., Kinsley, D. 2000. Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regul.* 30: 157-161.

Salicylic acid effect on *Bromus tomentellus* germination and initial growth properties under cadmium stress

Tavili A.¹, Saberi M.², Shahriari A.² and Heidari M.¹

¹ Natural Resources Faculty, University of Tehran, Karaj, I.R. of IRAN

² Natural Resources Faculty, University of Zabol, Zabol, I.R. of IRAN

Abstract

Plants deal with different stresses including biotic and abiotic stresses during their life. The stresses affect germination and growth of plants. Heavy metals such as cadmium in soil could decrease seed germination and growth of plants. It has been found that salicylic acid is able to reduce negative effects of the heavy metals on different aspects of plant life. The current research was carried out to evaluate probable positive effects of salicylic acid on germination and initial growth properties of *B. tomentellus* when facing with cadmium stress. For this purpose, an experiment including *B. tomentellus* seeds pretreatment with 0, 100, 200 and 300 mg/L levels of salicylic acid for 10 hours was conducted. Also, stress condition was prepared using cadmium levels of 0, 10, 20 and 30 mg/L. Results indicated that cadmium decrease germination percentage, rate of germination, radicle and plumule length while using salicylic acid inhibit negative effects of cadmium. Germination percentage and radicle length showed the highest one when 200 and 300 mg/L of salicylic acid was used, respectively.

Keywords: Cadmium, Salicylic acid, Germination, *Bromus tomentellus*, Stress.