مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۲۵، شماره ۱، سال ۱۳۸۸

ارزیابی تحمل به شوری در مرحله رشد رویشی و ریزغده‌زایی در چند رقم سیب‌زمینی در شرایط درون شیشه

In-Vitro Evaluation of Salinity Tolerance at Plantlet Growth Stage and Microtuberization in some Potato Cultivars

منصور سلجوقیان‌پور[۱]، منصور امیدی[۲]، اسلام مجیدی هروان[۳]، داریوش داودی[۳] و پریچهره احمدیان تهرانی[۲]

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، کرج
۲- به ترتیب دانشیار و استاد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، کرج
۳- به ترتیب استاد و استادیار، موسسه تحقیقات بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۸٦/۸/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/٤/۲۰

چکیده

سلجوقیان‌پور، م.، امیدی، م.، مجیدی هروان، ا.، داودی، د.، و احمدیان تهرانی، پ. ۱۳۸۸. ارزیابی تحمل به شوری در مرحله رشد رویشی و ریزغده‌زایی در چند رقم سیب‌زمینی در شرایط درون شیشه. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۲۵:** ۱۴۵ - ۱۲۹.

به منظور بررسی اثر تنش شوری بر رشد گیاهچه‌ها و تولید ریزغده، از ۱۲ رقم و لاین سیب‌زمینی به نام‌های Ranger-russet، AGB-69-1، MEX-32، Marine-28، Loman، Araucana-INTA، Surena-INTA، American-INTA، Aracy، FLS-5، Agria و Marphona استفاده شد. پس از کشت مریستم و تولید گیاهچه‌های کامل و تکثیر آن‌ها، به منظور بررسی اثر شوری در مرحله رشد رویشی اقدام به کشت ریز نمونه‌های تک گره ساقه (Uninodal microcutting) به طول ۱ تا ۲ سانتی‌متر در محیط کشت MS جامد با غلظت‌های شوری ۰، ۲۵، ۵۰ ، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مول در لیتر کلرید سدیم شد. پس از یک ماه، برای کلیه صفات مورد مطالعه، اختلاف معنی‌داری بین رقم‌ها و سطوح شوری و اثر متقابل آن‌ها وجود داشت (P<0.01). بعد از گذشت دو ماه از زمان کشت گیاهچه‌ها در تیمارهای شوری موردنظر، به جز صفت تعداد ریز غده و کوچک‌ترین اندازه ریزغده برای بقیه صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری بین رقم‌ها و سطوح شوری و اثر متقابل آن‌ها وجود داشت (P<0.01). نتایج نشان داد که شوری در تمام صفات به جز صفت وزن خشک ریشه و مساحت سطح برگ اثر کاهشی معنی‌داری داشته است. ارقام تجاری (رنجر- راست، مارفونا و اگریا) در شرایط بدون شوری از نظر صفات مورد ارزیابی بسیار برتر از ارقام غیر تجاری بودند ولی در مقایسه با ارقام غیر تجاری تحمل کمتری به شوری نشان دادند. به عبارت دیگر اثر کاهشی تنش شوری روی صفات اندازه‌گیری شده در ارقام غیرتجاری نسبت به ارقام تجاری کمتر بود. ارقام تجاری رنجر- راست و مارفونا نسبت به اگریا، و ارقام غیرتجاری سورنا، امریکن و مارین ۲۸ نسبت به دیگر ارقام غیر تجاری تحمل بیشتری به شوری نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: سیب‌زمینی، کشت بافت، ریزغده‌زایی، تحمل شوری.

نویسنده مسئول: mansoor_781@yahoo.com

مقدمه

سیب‌زمینی گسترش یافته‌ترین محصول در جهان و بعد از گندم، برنج، ذرت و جو پنجمین محصول مهم دنیا است. می‌توان شوری را به عنوان یک اصطلاح عمومی که بیانگر حضور مخلوط‌های متنوعی از نمک‌های خاک است در نظر گرفت (Flowers and Yeo, 1995؛ Flowers, 2004) حدود ۱۲ درصد از کل مساحت کشور (۱۹میلیون هکتار) به صورت کشت و آیش و به منظور تولید محصولات کشاورزی استفاده می‌شود. نزدیک به ۵۰ درصد از سطح زیر کشت موجود به درجات مختلف با مشکل شوری، قلیایی بودن و غرقابی بودن رو به رو است. پیش‌بینی می‌شود این میزان تا ۷۵ درصد کل اراضی فاریاب کشور پیشروی کند (Mirmohammady Maibody and Jafari, 1994؛ Ghareyazi, 2002). نتایج آزمایش‌های درون شیشه سیب‌زمینی نشان داده است که غلظت نمک مستقیماً در فرایند رشد دخالت می‌کند و مانع فرایند اسمزی و انتشار در گیاه می‌شود (Farhatullah and Raziuddin, 2002). با وجود مطالعه اثر شوری بر رشد و متابولیسم گیاهان در سطح وسیع توسط محققین، در این مورد دو دیدگاه متفاوت وجود دارد. برخی خسارت شوری بر گیاه را ناشی از کاهش پتانسیل رطوبت خاک به دلیل تجمع املاح (صدمه اسمزی) و ایجاد خشکی فیزیولوژیک در محیط ریشه و گروهی نیز سمیت یون‌ها را عامل خسارت شوری می‌دانند (Kalaji and Pietkiewicz, 1993). به طور کلی شوری اثر معنی‌داری روی تمام صفات در اکثر گیاهان دارد (Wang *et al.*, 2003). سازش به شوری با تحمل یا مقاومت گیاهان مرتبط است (Evers *et al.*, 2000). در شرایط شوری به ترتیب گیاه دچار زرد برگی ملایم تا شدید شده و غلظت پتاسیم و کلسیم در گیاه کاهش می‌یابد (Thomas *et al.*, 2004). ارزیابی تحمل به شوری گیاهان در سطح مزرعه و گلخانه مستلزم صرف هزینه و وقت زیادی است به همین منظور از روش کشت بافت استفاده می‌شود. اولین بار استوارد (Steward, 1951) موفق به استقرار کشت سیب‌زمینی در محیط کشت مصنوعی شد. وانگ و یو (Wang and Yeo, 1983) اولین بار تولید ریز غده در شرایط کنترل شده در سیب‌زمینی را گزارش کردند. این روش در سال ۱۹۹۲ توسط مرکز تحقیقات بین‌المللی سیب‌زمینی به صورت پروتکل تکثیر و گزارش شد. ارزیابی روش‌های متفاوت کشت بافت در شرایط آزمایشگاهی برای آزمون تحمل به شوری، در بسیاری از گونه‌های گیاهی زراعی و غیرزراعی انجام شده و یا در دست انجام است. خصوصیات رشد در چند گونه سیب‌زمینی در شرایط آزمایشگاهی توسط محققین مختلف ارزیابی شده است و پاسخ‌های متناظر در قبال اعمال تنش شوری با یک رفتار متفاوت برای هر گونه یا رقم گزارش شده است

(Martinez *et al.*, 1996؛ Evers *et al.*, 2000؛ Farhatullah and Raziuddin, 2002؛ Silvia *et al.*, 2001). فرهاتولا و رضی‌الدین (۲۰۰۲) اثر شوری را بر قدرت رشد گیاهچه‌های سیب‌زمینی در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی در پنج سطح شامل ۰، ۱، ۲، ۳ و ۴ درصد کلرید سدیم مورد مطالعه قرار داده و نشان دادند که قابلیت زنده‌مانی گیاهچه‌ها، طول ساقه، تعداد برگ، تعداد ریشه، تعداد ساقه ریشه‌دار و تشکیل ریشه در سطوح مختلف کلرید سدیم به طور معنی‌داری کاهش داشت. همچنین اثر تمام تیمارهای شوری روی تعداد ریشه و طول ریشه در هر گیاه خیلی شدید و معنی‌دار بود، به طوری که بالاترین سطح شوری (چهار درصد کلرید سدیم) تمام پارامترهای مورد مطالعه را به شدت تحت تأثیر قرار داد.

اگر چه شوری موجب ظهور دامنه‌ای از پاسخ‌های رشدی معین در سیب‌زمینی می‌شود، اما هنوز از اثر تنش شوری بر ریزغده‌زایی در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی اطلاعات کافی وجود ندارد (Heur and Nadler, 1998). القاء ریز غده در شرایط آزمایشگاهی همانند تشکیل غده‌ها در شرایط مزرعه ممکن است به سوالاتی که برای محققین در خصوص ویژگی‌های اساسی قابلیت ریزغده‌زایی که به وسیله شوری تحت تأثیر قرار گرفته است، پاسخ دهد (Silva *et al.*, 2001). عکس‌العمل به شوری در ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی تراریخته در شرایط آزمایشگاهی نیز اخیراً بررسی شده است (Turhan, 2005). بر اساس برخی پژوهش‌ها بیشترین سطح شوری (۱۰۰ میلی مول در لیتر کلرید سدیم) از نمو غده‌ها به طور کامل در تمام رقم‌ها جلوگیری می‌کند اما استولن‌ها به رشد ادامه می‌دهند. در غلظت ۱۰۰ میلی‌مول در لیتر کلریدسدیم روی قسمت انتهایی استولن‌ها حالت تورم شعاعی مشاهده شده است که این رویداد به عنوان یک گام ابتدایی در فرایند ریزغده‌زایی برشمرده می‌شود (Silva *et al.*, 2001؛ Zhang *et al.*, 2001؛ Wang *et al.*, 2003).

اثر منفی شوری بر ریزغده‌زایی سیب‌زمینی احتمالاً به دلیل کاهش پتانسیل اسمزی است که خود در نتیجه افزایش سطوح نمک در سلول‌ها و در هر دو اندام استولن و بافت ریز غده‌ها است و برای توضیح در افزایش وزن خشک ریزغده‌ها کافی است (Silva *et al.*, 2001؛ Shang *et al.*, 2001).

در ایران مطالعات زیادی در مورد عملکرد ارقام مختلف سیب‌زمینی، و خواص کمی و کیفی و تکثیر بذری آن‌ها انجام شده است (Mortazavi Bak and Raiesi, 2000؛ Mortazavi Bak and Aminpour, 2001) ولی در مورد اثر شوری بر غده‌زائی سیب‌زمینی تحقیقات محدودی انجام شده است. هدف از انجام این تحقیق بررسی اثرسطوح مختلف شوری بر روی رشد رویشی و ریزغده‌زایی در بعضی از ارقام تجاری و غیرتجاری سیب‌زمینی در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی و ارزیابی

تحمل در ارقام مورد مطالعه در این شرایط بود.

مواد و روش‌ها

غده‌های سالم و مطلوب از ۱۲ رقم و لاین سیب‌زمینی به نام‌های Ranger-russet، AGB-69-1، MEX-32، Marine-28، Loman، Araucana-INTA، Surena-INTA، American-INTA، Aracy، FLS-5، Agria و Marphona از بخش تحقیقات سیب‌زمینی، پیاز و حبوبات آبی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد. رنجر- راست، اگریا و مارفونا ارقام تجاری و بقیه ارقام غیرتجاری و بومی آمریکای جنوبی هستند. غده‌ها پس از شستشو با آب معمولی، به مدت ۲۰ تا ۲۵ دقیقه در محلول ضدعفونی‌کننده هیپوکلریت سدیم ۵ درصد فعال غوطه‌ور شدند و سپس با آب مقطر استریل شستشو شدند. غده‌ها در جعبه‌های چوبی حاوی ماسه مرطوب کاشته شده و در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران نگهداری شدند. آبیاری غده‌ها در دمای تقریبی ۲۵ درجه سانتی‌گراد گلخانه، هر ۳ الی ۴ روز یک بار انجام شد. به منظور تحریک رشد جوانه‌های جانبی و تولید انبوه شاخه‌های فرعی برای تهیه ریزنمونه، بوته‌های ۳۰ الی ۴۵ روزه سربرداری شدند. ساقه‌های در حال رشد پس از جدا شدن از بوته و شستشو با آب معمولی، به قطعاتی به طول ۶-۵ سانتی‌متر تقسیم شدند. این قطعات در محلول ضدعفونی کننده ۲/۵٪ هیپوکلریت سدیم به مدت ۲۰ دقیقه قرار داده شدند و سپس توسط آب مقطر استریل سه تا چهار بار شستشو شدند. مریستم انتهائی به اندازه ۰/۱ میلی متر، با استفاده از استریو میکروسکوپ و سوزن در شرایط کاملاً استریل، جدا و هر مریستم روی یک پل کاغذی در لوله آزمایش حاوی ۱۰ میلی‌لیتر محیط کشت مایع، قرار داده شد. محیط کشت مورد استفاده برای کشت اولیه مریستم، محیط پایه MS (Murashige and Skoog, 1962) حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر میو اینوزیتول، ۰/۴ میلی‌گرم در لیتر تیامین هیدروکلراید، ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر نیکوتینیک اسید، ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر پیریدوکسین، ۲ میلی‌گرم در لیتر گلایسین، ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر NAA، ۲/۵ میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید و ۳٪ ساکارز بود. ظروف پس از کشت در اتاقک رشد با دوره نوری ۱۶ ساعت نور با شدت ۳۰۰۰ لوکس و دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد و ۸ ساعت تاریکی با دمای ۱۷ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. واکشت نمونه‌ها هر چهار هفته یک‌بار و سه تا پنج نوبت انجام شد. انجام واکشت‌ها به منظور تحریک رشد مریستم‌ها به تولید ساقه و ریشه و به دست آوردن گیاهچه‌های کامل انجام شد. بعد از رشد مریستم‌ها و تولید گیاهچه‌های اولیه به ارتفاع ۵ تا ۷ سانتی‌متر، اقدام به پرآوری آنان شد. به این منظور از کشت تک گره‌های گرفته شده از هر رقم در محیط کشت MS به علاوه ۲/۵ میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید و ۲ میلی‌گرم در لیتر پنتوتنات کلسیم اقدام به

تکثیر گیاهچه‌های حاصل از کشت مریستم شد. بعد از ۳ تا ۵ واکشت هر واکشت به مدت چهار هفته، گیاهچه‌های زیادی از گیاهچه‌های اولیه حاصل از رشد مریستم تولید شدند که برای انجام مراحل بعدی آزمایش استفاده شدند.

برای بررسی اثر شوری بر رشد رویشی گیاهچه‌های سیب‌زمینی ارقام مورد مطالعه نسبت به شاهد، از آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار و هر تکرار که در حقیقت یک لوله آزمایش حاوی ۱۰ تا ۲۰ میلی لیتر محیط کشت پایه MS جامد با یک ریز نمونه تک گره بود استفاده شد. بدین صورت که گیاهچه‌های سیب‌زمینی تکثیر شده درون شیشه به محیط حاوی مقادیر ۰ ، ۲۵ ، ۵۰ ، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مول در لیتر کلرید سدیم منتقل و کشت شدند. برای متعادل کردن اثر سمی یون سدیم، کلرید کلسیم به نسبت ۰/۱ مقدار کلرید سدیم به محیط کشت اضافه شد. برای اجرای این آزمایش ابتدا محیط کشت پایه MS همراه با ۳۰ گرم در لیتر ساکارز و ۲/۵ میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید (GA_3) تهیه و سپس مقدار مورد نظر کلرید سدیم و کلرید کلسیم به محیط کشت اضافه شد. pH محیط کشت در سطح ۵/۸ تنظیم شد ودر نهایت ۷ گرم در لیتر آگار به محیط کشت افزوده شد. پس از کشت، ظروف به اتاقک رشد منتقل و در دمای ۱ ±۲۵ درجه سانتی‌گراد و طول روز ۱۶ ساعت روشنایی با شدت نور ۵۰۰۰ تا ۶۰۰۰ لوکس و ۸ ساعت تاریکی قرار گرفتند. پس از یک ماه صفات رشد شامل طول ساقه، طول ریشه، تعداد گره، طول گره، وزن تر ساقه، وزن تر ریشه، وزن خشک ساقه، وزن خشک ریشه، مساحت سطح برگ، تعداد شاخه فرعی و تعداد برگ اندازه‌گیری شدند. برای بررسی اثر شوری بر تولید ریز غده نسبت به شاهد، آزمایشی در قالب آزمایش فاکتوریل (شامل رقم و سطوح شوری) با طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار که هر تکرار شامل یک ظرف شیشه‌ای ۲۵۰ میلی‌لیتری بود انجام شد. برای اجرای این آزمایش ابتدا محیط کشت پایه MS مایع همراه با ۸۰ گرم در لیتر ساکاروز تهیه شد، سپس مقدار مورد نظر کلرید سدیم و مقدار ۵ میلی‌گرم در لیتر BA (۶- بنزیل آمینو پورین) به محیط کشت اضافه شد و pH محیط کشت در سطح ۵/۸ تنظیم شد. گیاهچه‌های تکثیر یافته از کشت مریستم در مراحل قبل به ظروف کشت مورد نظر منتقل و در هر ظرف حدود سه گیاهچه در شرایط کاملاً سترون، زیر لامینارفلو کشت شدند. ظروف کشت به اتاقک تاریک با دمای ۱ ± ۲۲ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. بعد از گذشت حدود دو ماه از زمان کشت آماربرداری بر اساس صفاتی همچون تعداد ریز غده، وزن تر ریزغده، تعداد چشم، اندازه ریزغده، وزن خشک ریز غده، کوچک‌ترین اندازه ریزغده، بزرگ‌ترین اندازه ریزغده، تعداد چشم ریزغده‌های کوچک و تعداد چشم ریزغده‌های بزرگ، در شرایط تنش شوری و شاهد انجام شد. آزمون فرضیات تجزیه واریانس برای داده‌های هر صفت به

صورت جداگانه انجام شد و سپس داده‌های مورد نظر با نرم‌افزارهای SAS و MSTATC تجزیه آماری شدند. در اندازه‌گیری ها واحد طول بر حسب سانتی‌متر، واحد وزن بر حسب میلی‌گرم و واحد مساحت بر حسب میلی‌مترمربع استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در مورد اثر شوری بر رشد رویشی ارقام سیب‌زمینی نشان داد که برای کلیه صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد برای ارقام و سطوح شوری و اثر متقابل آن‌ها وجود داشت. بررسی اثر سطوح شوری (جدول‌های ۱ و ۲) بر صفات طول ساقه، طول ریشه، تعداد گره، طول گره، وزن تر ساقه، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، تعداد شاخه فرعی و تعداد برگ نشان داد که شوری بر این صفات اثر کاهشی معنی‌داری گذاشته است، به طوری که با افزایش سطوح شوری میانگین این صفات به شدت کاهش یافتند. برای دو صفت وزن خشک ریشه و مساحت سطح برگ با افزایش سطوح شوری (به جز سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مول در لیتر کلرید سدیم که رشد گیاهچه‌ها کاملاً محدود شده بود) میانگین این صفات نه تنها کاهش نیافته بود بلکه افزایش نیز داشتند. این عدم کاهش و یا حتی افزایش را می‌توان به افزایش تجمع یون‌های سدیم و کلر در این گونه اندام‌ها نسبت داد. در این بررسی ریشه‌دهی و رشد ریشه فرایندهایی بودند که بیشترین اثر را از شوری گرفتند، به طوری که همبستگی بسیار بالا و معنی‌داری با تحمل به شوری در گیاه کامل، زمانی که گونه های تجاری و غیرتجاری مقایسه شدند، داشتند (شکل‌های ۱ و ۳). به طور کلی می‌توان گفت که کاهش در میانگین صفات اندازه‌گیری شده در مرحله رشد رویشی (رشد گیاهچه‌ها) به اثر متابولیکی منجر شده به وسیله تجمع یون‌های شوری در سلول‌ها، که نتیجه آن تنش اسمزی یا کاهش در جذب آب و همچنین سمیت یون است، مربوط است. سایر محققین نیز همین نتایج را به دست آورده‌اند و همگی بر این موضوع که شوری باعث محدود شدن رشد گیاهچه‌ها می‌شود تاکید داشتند (Zhang *et al.*, 2001؛ Silva *et al.*, 2001). همین نتایج روی گیاه گوجه‌فرنگی که هم خانواده سیب‌زمینی است نیز گرفته شد (Mercado *et al.*, 2000).

صفات مورد مطالعه در مورد اثر شوری روی ریزغده‌زایی ارقام سیب‌زمینی مورد آزمایش نشان داد که برای کلیه صفات مورد مطالعه، به جز دو صفت تعداد ریز غده و کوچک‌ترین اندازه ریزغده اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد برای ارقام و سطوح شوری و اثر متقابل آن‌ها وجود داشت. برای صفت تعداد ریز غده اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد برای ارقام و سطوح شوری وجود داشت ولی اثر متقابل برای صفت مزبور معنی‌دار نبود. همچنین برای صفت کوچک‌ترین

جدول ۱- مقایسه میانگین صفات مختلف مرتبط با رشد رویشی درون شیشه‌ای ارقام سیب‌زمینی در سطوح مختلف شوری

Table 1. Comparison of means of different *in-virto* growth characteristics of potato cultivars in different salinity levels

سطوح شوری Salinity levels (m mol l^{-1} NaCl)	تعداد گره Number of nodes	طول گره Nodal length (cm)	طول ساقه Shoot length (cm)	وزن تر ریشه Root fresh weight (mg)	وزن تر ساقه Shoot fresh weight (mg)	وزن خشک ریشه Root dry weight (mg)	وزن خشک ساقه Shoot dry weight (mg)	تعداد شاخه فرعی Number of branches	مساحت سطح برگ Leaf area (mm^2)	طول ریشه Root length (cm)	تعداد برگ Number of leaves
0	10.250a	1.0030a	9.533a	79.790a	229.00a	13.5900a	20.74abc	10.5000a	97.06bc	19.500a	19.890a
25	9.778a	0.7064b	7.039b	15.390b	190.90ab	3.0440b	15.28bc	1.6110b	70.150c	7.256b	11.580b
50	8.444b	0.5509c	5.017c	12.460bc	156.8abc	2.6750b	23.06ab	1.5830b	112.80b	6.811bc	10.83b
75	7.778b	0.4099d	3.383d	8.172bc	117.20bc	2.6000b	28.28a	0.8333b	172.90a	4.481c	9.139b
100	4.944c	0.2336e	1.764e	1.889c	91.98c	0.4278c	13.51c	0.4167b	30.83d	1.944d	5.694c

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ هستند (آزمون چند دامنه دانکن).

Means with similar letters in each column are not significantly different at 1% level (DMRT).

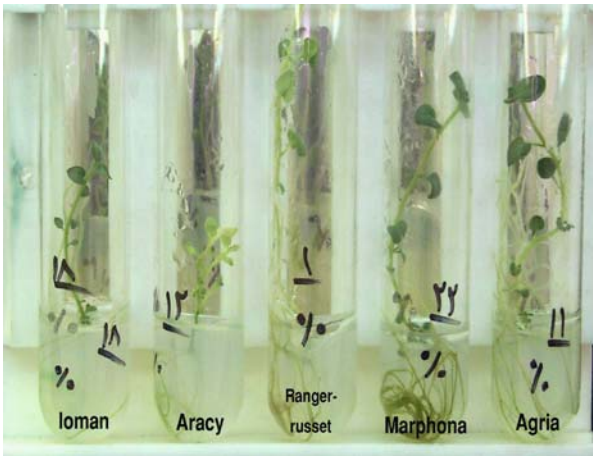
جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مختلف مرتبط با رشد رویشی درون شیشه‌ای در شرایط شوری در ارقام مختلف سیب‌زمینی

Table 2. Comparison of means of different *in-vitro* growth characteristics under salinity conditions in different cultivars of potato

Cultivar	تعداد گره Number of nodes	طول گره Nodal length (cm)	طول ساقه Shoot length (cm	وزن تر ریشه Root fresh weight (mg)	وزن تر ساقه Shoot fresh weight (mg)	وزن خشک ریشه Root dry weight (mg)	وزن خشک ساقه Shoot dry weight (mg)	تعداد شاخه فرعی Number of branches	مساحت سطح برگ Leaf area (mm^2)	طول ریشه Root length (cm)	تعداد برگ Number of leaves
Ranger-russet	9.867ab	0.9327a	9.233a	20.47b	210.70ab	6.340ab	31.92a	5.400a	165.00ab	12.030b	14.00a
Marphona	8.533abc	0.4257cd	3.973bc	32.69ab	229.20ab	4.793bc	22.10ab	2.667bcd	99.95cd	5.980def	13.400a
Aracy	9.600ab	0.3447cd	3.480c	35.09ab	195.60ab	3.947bc	18.17ab	1.267d	85.31cd	6.213cdef	12.00ab
FLS-5	7.400bc	0.4607cd	4.527bc	13.33b	71.33b	4.413bc	10.42b	4.733ab	19.55e	3.367f	10.800ab
Loman	5.867c	0.7455ab	4.987bc	15.00b	200.00ab	4.380bc	32.54a	3.667abc	140.00abc	8.967bcde	10.730ab
American-INTA	7.400bc	0.4607cd	4.527bc	13.33b	71.33b	4.413bc	10.42b	4.733ab	19.55e	3.367f	10.800ab
Surena- INTA	9.000ab	0.3414d	3.693c	13.33b	144.70ab	5.693abc	18.10ab	2.267cd	55.43de	4.633f	10.670ab
Agria	7.867abc	0.6969b	5.633bc	15.22b	169.20ab	2.100c	18.42ab	1.667cd	116.20bcd	9.353bcd	10.330ab
Marine-28	9.467ab	0.9305a	8.787a	36.00ab	248.00a	9.240a	31.24a	2.867bcd	195.60a	17.000a	13.800a
MEX-32	7.333bc	0.5359bcd	5.227bc	64.00a	101.50ab	4.580bc	11.39b	3.133bcd	55.04de	10.270bc	11.270ab
AGB-69-1	6.067c	0.5263bcd	3.553c	13.47b	166.00ab	2.873bc	25.07ab	2.200cd	127.30bc	9.667bcd	8.467b
Araucana-INTA	10.470a	0.5681bc	6.547ab	10.53b	78.80b	1.707c	12.31b	1.267d	81.79cde	5.133ef	10.87ab

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ هستند (آزمون چند دامنه دانکن).

Means with similar letters in each column are not significantly different at 1% level (DMRT).



شکل۱- رشد رویشی درون شیشه‌ای ارقام سیب‌زمینی اگریا، مارفونا، رنجر- راست، اراسی و لومان در شرایط بدون تنش شوری

Fig. 1. *In-vitro* growth of potato cultivars Agria, Marphona, Ranger-russet, Aracy and Loman under non-saline conditions (0 m mol l^{-1} NaCl)

شکل۲-ریزغده زایی در رقم غیرتجاری لومان درشرایط بدون تنش شوری

Fig. 2. Microtuberization of Loman potato cultivar in non-saline conditions (0 m mol l^{-1} NaCl)

انـدازه ریزغـده اخـتلاف معنـی‌داری در سـطح احتمـال یـک درصـد فقـط بـرای ارقـام وجـود داشت ولی برای سطوح شوری و اثر متقابـل آن اختلاف معنی‌داری در سطوح احتمال مورد نظـر وجـود نداشـت. بررسـی اثـر سـطوح شـوری (جـداول‌هـای ۳ و۴) بـر صـفات ریـز غـده‌زایـی همچون تعداد ریز غده، وزن تر ریزغـده، انـدازه ریزغـده، وزن خـشک ریـز غـده نـشان داد کـه شوری روی ایـن صـفات اثـر منفـی گذاشـته بـه طوری که با افزایش سطوح شوری میانگین ایـن صفات کاهش یافـت (شـکل‌هـای ۲ و ۴). بـرای صفات تعداد چشم، بزرگ‌ترین اندازه ریزغـده، تعداد چشم ریزغده‌های کوچک و تعداد چـشم ریزغده‌های بزرگ با افزایش سطوح شـوری در میانگین این صفات اختلافی مشاهده نشد و فقـط بین سطح شوری ۱۰۰ میلی مـول در لیتـر کلریـد سدیم با بقیـه سـطوح شـوری اخـتلاف معنـی‌دار وجود داشت. به نظر مـی‌رسـدکه در ایـن سـطح شوری ریزغده‌زایی به شدت محـدود مـی‌شـود. نتایج به دست آمده از سوی محققـین دیگـر نیـز حـاکی از آن اسـت کـه بیـشترین سـطح شـوری اعمال شده، ۱۰۰ میلی‌مول در لیتر کلرید سـدیم، کاملاً از نمـو غـده بـرای تمـام ارقـام جلـوگیری می‌کند ولی تاثیری بر رشد استولن‌هـا نـدارد. در این آزمایش در سطح شوری۱۰۰ میلـی مـول در لیتر کلرید سدیم محدودیتی در رشد اسـتولن‌هـا مشاهده نشد. نتایج نـشان داد کـه افـزایش سـطح شوری نه تنها از رشد استولن جلوگیری نمی‌کند بلکه باعث تحریک آن نیز شده اسـت. نتـایج بـه دست آمده در مورد تعداد زیادی از این صـفات با نتایج مطالعات بیشتر محققـین مطابقـت داشـت (Martinez *et al.*, 1990؛ Mercado *et al.*, 2000؛ Evers *et al.*, 2000؛ Silva *et al.*, 2001؛ Farhatullah and Raziuddin, 2002؛ Thomas *et al.*, 2004؛ Wang *et al.*, 2003). این نتایج حاکی از آن بود که اگر چه در شرایط تنش و عدم تنش شوری (شاهد) بین کلیـه ارقـام اختلاف وجود داشت اما ارقـام تجـاری (رنجـر- راست، مارفونـا و اگریـا) در شـرایط عـدم تـنش شوری از نظر صفات مورد ارزیابی بسیار برتـر از ارقام غیر تجـاری (غیرزراعـی) عمـل کردنـد در حالی که همین ارقام از نظر صفات مورد ارزیابی در شرایط تنش شوری نسبت به ارقام غیرتجاری خوب عمل نکرده و دارای تحمل کمتری نسبت به شوری بودند. در بین ارقام تجـاری، رقـم‌هـای رنجر- راست و مارفونا نـسبت بـه اگریـا تحمـل بیـشتری بـه شـوری داشـتند. همچنـین ارقـام غیرتجـاری سـورنا، امـریکن و مـارین نـسبت بـه دیگـر ارقـام غیـر تجـاری مـورد مطالعـه تحمـل بیـشتری بـه شـوری از خـود نـشان دادنـد. ایـن مشاهدات با نتـایج حاصـل از مطالعـات محققـین ذکـر شـده مبنـی بـر ایـن کـه ارقـام تجـاری سـیب‌زمینـی (*Solanum tubersum*) دارای تحمل کمی به تنش‌هـای غیرزنـده بـه خـصوص شوری هستند مطابقـت دارد (Khodadadi and Khodadadi and Masiha, 1996؛ Darabi, 2007). نتایج مطالعات انجام شده نشان داده اسـت کـه ارقـام

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مختلف مرتبط با ریزغده‌زائی درون شیشه‌ای ارقام سیب‌زمینی در سطوح مختلف شوری

Table 3. Comparison of means of different chacterristics related to *in-vitro* microtuberization of potato cultivars in different salinity levels

سطوح شوری Salinity levels (m mol l^{-1} NaCl)	تعداد ریز غده Number of microtuber	وزن تر ریزغده Microtuber fresh weight(mg)	وزن خشک ریز غده Microtuber dry weight(mg)	تعداد چشم Number of eye	اندازه ریزغده Microtuber diameter(mm^2)	بزرگ‌ترین اندازه ریزغده Maximum microtuber diameter(mm^2)	تعداد چشم ریزغده‌های بزرگ Number of eye on the large microtuber	تعداد چشم ریزغده‌های کوچک Number of eye on the small microtuber
0	8.4a	1738.0a	334.8a	4.7a	45.0a	69.35a	5.403a	4.000a
25	6.4b	1590.0a	302.4a	4.9a	45.0a	67.78a	5.583a	4.014a
50	5.9bc	1196.0b	214.0b	4.9a	43.0a	63.98a	5.611a	4.028a
75	5.1c	993.7bc	168.1bc	4.9a	40.0ab	57.47ab	5.722a	4.097a
100	3.6d	734.4c	124.5c	4.1b	31.5b	45.82b	4.722b	3.306b

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ هستند (آزمون چند دامنه دانکن).

Means with similar letters in each column are not significantly different at 1% level (DMRT).

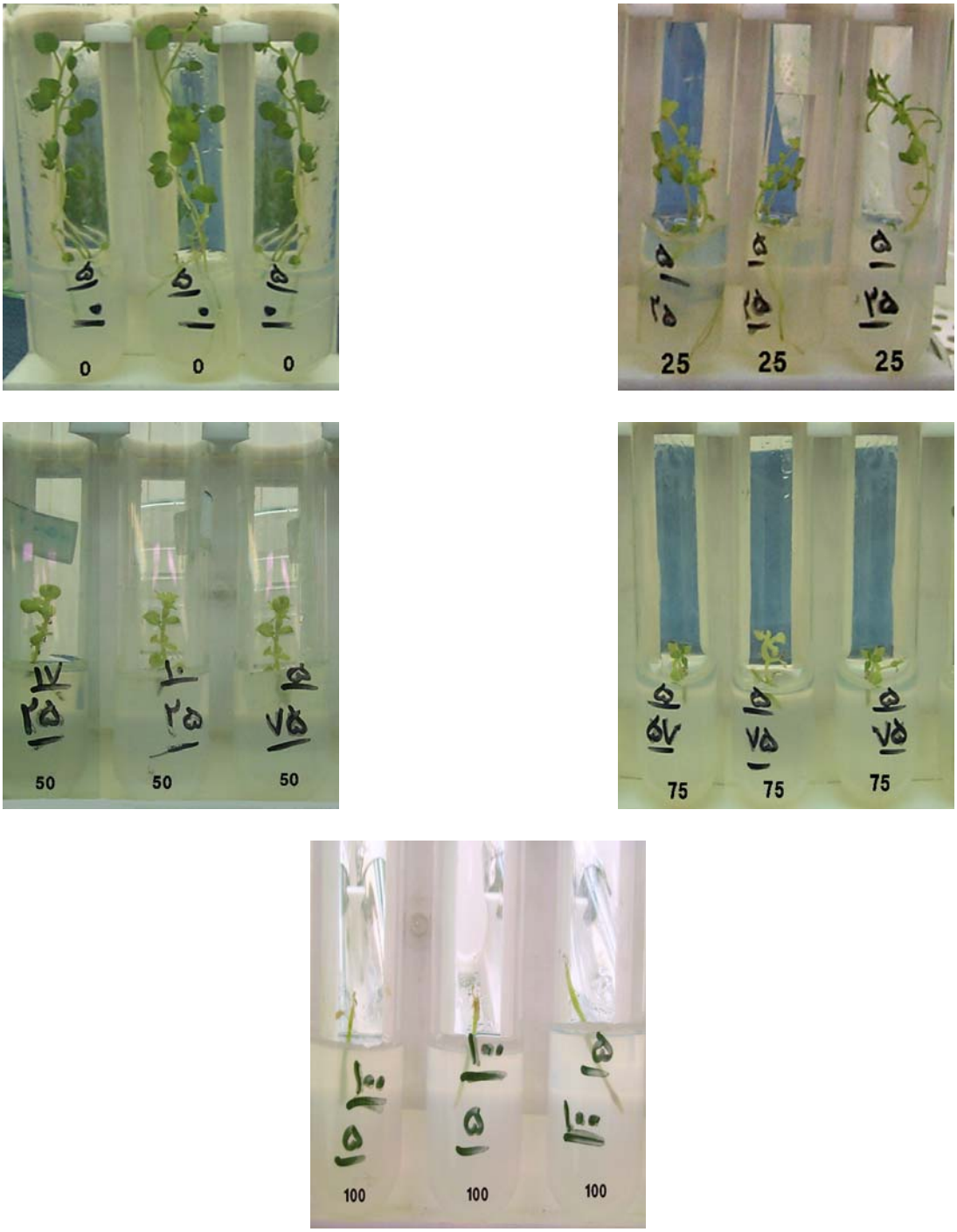
جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مختلف مرتبط با ریزغده‌زائی درون شیشه‌ای در شرایط شوری در ارقام مختلف سیب‌زمینی

Table 4. Comparison of means of different chacterristics related to *in-vitro* microtuberization under salinity conditions in different cultivars of potato

Cultivar	تعداد ریز غده Number of microtuber	وزن تر ریزغده Microtuber fresh weight(mg)	وزن خشک ریز غده Microtuber dry weight(mg)	تعداد چشم Number of eye	اندازه ریزغده Microtuber diameter(mm^2)	بزرگ‌ترین اندازه ریزغده Maximum microtuber diameter(mm^2)	کوچک‌ترین اندازه ریزغده Minimum microtuber diameter(mm^2)	تعداد چشم ریزغده های بزرگ Number of eye on the large microtuber	تعداد چشم ریزغده های کوچک Number of eye on the small microtuber
Ranger-russet	10.730a	1850.0a	338.5a	4.305cd	41.18ab	63.28abc	19.07abc	5.533abc	3.333bcd
Marphona	7.067b	1216.0bcd	219.6bcd	4.217cd	46.97ab	80.33a	13.610c	5.533abc	2.900d
Aracy	6.667b	1155.0bcd	223.4bcd	4.477bc	32.19b	51.01bc	13.360c	4.867bc	3.700abcd
FLS-5	6.467bc	1368.0abc	260.3abc	4.783abc	35.95b	60.15abc	11.75c	5.900ab	3.600abcd
Loman	6.267bcd	1393.0abc	263.8abc	4.567bc	45.56ab	67.07ab	24.06abc	5.200abc	3.800abcd
American-INTA	5.933bcd	1493.0ab	287.2ab	5.238ab	42.83ab	65.25abc	20.42abc	5.967ab	4.567a
Surena- INTA	5.333bcde	1181.0bcd	220.7bcd	5.221ab	42.83ab	52.75bc	22.46abc	5.833ab	4.600a
Agria	5.067bcde	799.1d	146.9d	4.600abc	29.89b	40.26c	19.51abc	5.100abc	4.000abc
Marine-28	4.533cde	1336.0bc	219.7bcd	4.899abc	42.01ab	58.62abc	25.39abc	5.367abc	4.333ab
MEX-32	4.333de	966.4cd	170.7cd	4.800abc	46.50ab	61.70abc	31.29a	5.167abc	4.367a
AGB-69-1	4.333de	1356.0abc	231.2bcd	5.389a	55.66a	81.50a	29.83ab	6.233a	4.467a
Araucana-INTA	3.733e	892.3cd	162.8cd	3.700d	32.64b	48.68bc	16.60bc	4.400c	3.000cd

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ هستند (آزمون چند دامنه دانکن).

Means with similar letters in each column are not significantly different at 1% level (DMRT).



شکل۳- واکنش رشد رویشی درون شیشه‌ای رقم تجاری مارفونا در سطوح شوری
(۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی مول در لیتر کلرید سدیم)

Fig. 3. *In-vitro* growth of Marphona potato cultivar under saline conditions
(0, 25, 50, 75 and 100 m mol l^{-1} NaCl)

شکل۴- ریزغده زایی رقم غیرتجاری سورنا در سطوح شوری
(۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی مول در لیتر کلرید سدیم)

Fig. 4. Microtuberization of Surena potato cultivar under saline conditions
(0, 25, 50, 75 and 100 m mol l^{-1} NaCl)

سیب‌زمینی غیرتجاری اندیگنا دارای تحمل خوبی برای رشد در شرایط نامطلوب هستند و تحمل بیشتری در مقابل افزایش سطوح شوری هستند (Martinez *et al.*, 1996). از طرف دیگر نتایج این بررسی با مطالعاتی که نشان دادند با افزایش سطح شوری، ریزغده‌زایی و رشد استولن در ارقامی که در سطح وسیع کشت می‌شوند در مقایسه با ارقام غیر تجاری، به شدت کاهش یافته است و ریزغده‌زایی و رشد ریزغده‌ها در سطوح بالای شوری کاملاً محدود شده است، مطابقت می‌کند (Silva *et al.*, 2001; Zhang *et al.*, 2001). با توجه به نتایج به دست آمده از سطح تحمل این ارقام به شوری در شرایط آزمایشگاهی پیشنهاد می‌شود که همین ارقام در شرایط گلخانه و مزرعه نیز مطالعه شوند و همبستگی نتایج حاصل با نتایج این مطالعه مقایسه شود تا با توجه به این همبستگی‌ها بهترین روش برای غربال کردن ارقام متحمل به شوری در سیب زمینی با صرف کمترین هزینه و زمان به دست آید.

سپاسگزاری

بدینوسیله ازهمکاری صمیمانه مسئولین موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به خصوص بخش سیب‌زمینی، پیاز و حبوبات آبی و همچنین از مسئولین بخش کشت بافت مؤسسه تحقیقات بیوتکنولوژی تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Darabi, A. 2007. Effect of autumn and winter planting and temperature stress on total yield, marketable yield and yield components of some potato cultivars. Seed and Plant 23: 273-286 (in Farsi).

Evers, D., Overney, S., Simon, P., Greppin, H., and Hausman, J. F. 2000. Salt tolerance of *Solanum tuberosum* L. Over expressing a heterologous osmotin-like protein. Biologia Plantarum. 42: 105-112.

Farhatullah, R., and Raziuddin, M. 2002. *In vitro* effect of salt on the vigor of potato (*Solanum tuberosm* L.) plantlets. Journal of Biotechnology 1: 73-77.

Flowers T. J., 2004. Improving crop salt tolerance. American Journal of Botany 55: 307-319.

Flowers, T. J. and Yeo, A. R. 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants, where next? Australian Journal of Plant Physiology 22: 875-884.

Heur, B., and Nadler, A. 1998. Physiological response of potato plants to soil salinity and water deficit. Plant Science 137: 43-51.

Jafari, M. 1994. The Face of Salinity and Salinities. Forest and Rangelands Research Institute. Publication, Tehran, Iran. 56 pp. (in Farsi).

Kalaji, M. H., and Pietkiewicz, S. 1993. Salinity effects on plant growth and other physiological processes. Physiologia Plantarum 15: 89-124.

Khodadadi, M., and Masiha, S. 1996. Effects of harvesting date and haulm defoliation on some agronomical and physiological characters of potato. Seed and Plant 12 (2): 21-29 (in Farsi).

Martinez, C. A., Maestri, M., and Lani, E. G. 1996. *In vitro* salt tolerance and proline accumulation in Andean potato (*Solanum* spp.) differing in frost resistance. Plant Science 116: 177-184.

Mercado, J. A., Sancho-Carrascosa, M. A., Silvia, J., Rosa, P., Fernando, P., and Quesada, M. A. 2000. Assessment of *in vitro* growth of apical stem sections and adventitious organogenesis to evaluate salinity tolerance in cultivated tomato. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 62: 101–106.

Mirmohammady Maibody, S. A. M., and Ghareyazie, B. 2002. Physiological Aspects and Breeding for Salinity Stress in Plants. Industrial University of Isfahan Publisher, Isfahan, Iran. 274 pp. (in Farsi).

Mortazavi Bak, A., and Aminpour, R. 2001. Effects of season and planting date on the yield characteristics of commercial potalo cultivars. Seed and Plant 17: 95-106 (in Farsi).

Mortazavi Bak, A., and Raiesi, F. 2000. Effect of irrigation deferment and harvesting time on quantitative and qualitative propertis of Moren and Cosima potato cultivars. Seed and Plant 16: 159-171 (in Farsi).

Murashige, T., and Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays of tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum 15: 473-497.

Silva, J., Otoni, W. C., Martinez, C. A., Dias, L. M., and Silva, M. A. P. 2001. Microtuberization of Andean potato species (*Solanum* spp.) as affected by salinity. HortScience 89: 91–101.

Steward, D. 1951. Potato tissue culture. American Journal of Botang 45: 709-713.

Thomas, E. S., and Dimassi, K. N. 2004. Response to increasing rates of boron and NaCl on shoot proliferation and chemical composition of *in vitro* kiwifruit shoot cultures. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 79: 285–289.

Turhan, H. 2005. Salinity Response of Transgenic potato genotypes expressing the oxalate oxidase gene. Turkish Journal of Agriculture 29: 187-195.

Wang, W. X., Vinocur, B., and Altman, A. 2003. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: Towards genetic engineering for stress tolerance. Planta 218: 1-14.

Wang, W. X., and Yeo, P. 1983. Tuberization in potato by *in vitro.* Planta 118: 1-14.

Zhang, Y., Abdulnour, J. E., Donelly, D. J., and Barthakur, N. N. 2001. Effects of NaCl stress on yield of potato plants derived from previously saline conditions. HortScience 36: 770–771.