علوم و تحقیقات بذر ایران
سال دوازدهم/ شماره اول/ ۱۴۰۴ (۲۶ - ۱۷)
مقاله پژوهشی
DOI: 10.22124/jms.2025.8802

جوانه‌زنی، استقرار اولیه و عملکرد چهار رقم سیب‌زمینی در مواجه با تنش شوری

امیرهوشنگ جلالی*[۱]، مجید جعفرآقایی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱/۲۶

چکیده

برای ارزیابی جوانه‌زنی و استقرار اولیه چهار رقم سیب‌زمینی پژوهشی با استفاده از طرح کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در ایستگاه تحقیقات شوری رودشت اصفهان انجام شد. کرت‌های اصلی شامل دو سطح شاهد و تنش شوری (شوری خاک و آب به ترتیب ۷/۰۲ و ۸/۵ دسی زیمنس بر متر) و کرت‌های فرعی شامل چهار رقم سیب‌زمینی (آگریا، بانبا، کلومبا و ساگیتا) بود. زمان کاشت تا سبز شدن ارقام نسبت به تیمارهای شاهد ۱۰ تا ۱۵ روز تأخیر داشت ولی نهایتاً همه ارقام جوانه زدند. تأثیر تنش شوری بر تعداد ساقه تولیدشده از غده مادری معنی‌دار بود. برخلاف انتظار تعداد ساقه تولیدشده از غده مادری در شرایط تنش شوری ۴/۱ عدد و در شرایط شاهد ۱/۷ عدد بود. در شرایط تنش درصد رطوبت نسبی برگ نسبت به تیمار شاهد ۲۴/۷ درصد کاهش یافت. نسبت پتاسیم به سدیم برگ در شرایط تنش شوری ۳۷/۳ درصد کم‌تر بود اما این نسبت در رقم ساگیتا به‌طور معنی‌دار بیش‌تر از سایر ارقام بود. شاخص پایداری غشاء در شرایط شاهد در ارقام آگریا، کلومبا، بانبا و ساگیتا به ترتیب ۴۵، ۴۳،۴۴ و ۴۵ درصد و در شرایط تنش شوری به ترتیب برابر ۳۰، ۳۰، ۲۵ و ۳۸ درصد بود. عملکرد غیرقابل فروش در تیمار تنش شوری تقریباً ۳/۷ برابر عملکرد قابل‌فروش بود. در شرایط تنش شوری تأخیر در جوانه‌زنی و استقرار اولیه (نه افت درصد جوانه‌زنی) و نبود رشد کافی اندام‌های رویشی جهت حمایت از رشد غده‌ها عامل محدودکننده برای تولید ارقام آزمایش‌شده بود.

واژه‌های کلیدی: شاخص پایداری غشا، عملکرد قابل فروش، محتوای نسبی آب برگ

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران. Jalali51@yahoo.com
۲- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران. maja1341@gmail.com
*نویسنده مسئول: Jalali51@yahoo.com

مقدمه

سیب‌زمینی غنی از کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، ویتامین‌ها، مواد معدنی، فیبرهای غذایی و آنتی‌اکسیدان‌ها است و نقش مهمی در امنیت غذایی جهان ایفا می‌کند. کشت این محصول در بیش از ۱۲۵ کشور جهان رواج دارد و در بسیاری از کشورهای در حال توسعه یک محصول کلیدی در تناوب‌های زراعی است. مصرف سرانه این محصول در کشور بیش از ۴۵ کیلوگرم در سال بوده و به‌سرعت در حال افزایش است و با توجه به روند رو به رشد جمعیت و گرانی سایر منابع غذایی، نیاز به تولید بیشتر این محصول اجتناب‌ناپذیر است (FAO, 2024).

شوری آب و خاک یکی از عوامل محدودکننده اصلی در کشاورزی دنیا محسوب می‌شود. در ایران ۶/۸ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی کشور از درجات مختلف شوری رنج می‌برد (Moameni, 2010). تنش شوری وضعیت آب درون گیاه را تحت تأثیر قرار داده و سبب کمبود آب در بافت‌های گیاهی (مشابه تنش‌های خشکی و گرمایی) شده و با ایجاد گونه‌های اکسیژن فعال و ایجاد تنش اکسیداتیو به سلول‌ها آسیب وارد می‌نماید (Farid *et al.*, 2016). نسبت پتاسیم به سدیم در برگ‌های گیاه ازجمله شاخص‌های تعیین حساسیت ارقام به تنش شوری بوده و با بروز تنش این نسبت کاهش می‌یابد. ژنوتیپ‌های مقاوم سعی می‌کنند با جذب کم‌تر سدیم، نسبت پتاسیم به سدیم بافت‌ها را در سطح بالاتری حفظ نمایند (Sanwal *et al.*, 2022). از اولین علائم تنش شوری در شرایط مزرعه کاهش جوانه‌زنی و درصد سبز شدن است. اگرچه برخی پژوهش‌ها کاهش درصد جوانه‌زنی و سبز شدن سیب‌زمینی در واکنش به تنش شوری را گزارش کرده‌اند (Ghosh *et al.*, 2001)، اما برخلاف بسیاری از محصولات زراعی که تنش شوری جوانه‌زنی بذر آن‌ها را به‌شدت کاهش می‌دهد، غده‌های بذری سیب‌زمینی در واکنش به تنش شوری غالباً تأخیر در سبز شدن را نشان می‌دهند. به‌عنوان مثال پژوهشی در کره نشان داد در تیمارهای ۱/۶ دسی زیمنس بر متر، ۳/۲ دسی زیمنس بر متر و ۴/۸ دسی زیمنس بر متر به ترتیب جوانه‌زنی و سبز شدن ۴-۳، ۱۰-۶ و ۱۳-۷ روز به تأخیر افتاد در حالی که حتی در شوری ۴/۸ دسی زیمنس بر متر جوانه‌زنی صورت پذیرفت (Kim *et al.*, 2013). در شرایط شور با از بین رفتن غلبه انتهایی غده مادری، تعداد زیادی ساقه ایجاد می‌شود که در ادامه تأثیرات شوری مانع از رشد آن‌ها شده و عملاً تعادل بخش‌های هوایی و زیرزمینی به هم خورده و در نتیجه غده‌های ریز که از نظر اقتصادی مناسب نیستند تولید می‌شود (Sánchez and Ortega, 2011). این رشد چند جوانه روی غده در سطوح شوری بالا اصطلاحاً حالت چند جوانه‌ای[1] نامیده می‌شود. مرحله رشد زایشی سیب‌زمینی نیز از تنش شوری متأثر می‌گردد. کاهش عملکرد غده سیب‌زمینی به دلیل تنش شوری در مکزیک باعث کاهش ۶۰ درصدی سطح زیر کشت سیب‌زمینی و افت عملکرد به ۱۴ تن در هکتار شده است (Bernal *et al.*, 2013).

استان اصفهان در منطقه خشک مرکزی ایران قرار دارد. از مجموع ۱۰۵۰۰۰ کیلومترمربع مساحت این استان ۵۰۰۰ کیلومترمربع برای تولید محصولات زراعی و میوه استفاده می‌شود. شوری خاک و آب مهم‌ترین محدودیت برای دستیابی به عملکرد بهینه محصول است (Fathi and Rezaei, 2013). بخش قابل‌توجهی از سطح زیر کشت سیب‌زمینی استان اصفهان در نواحی مرکزی این استان قرارگرفته است. در این نواحی جریان رودخانه زاینده‌رود صرفاً در مواقع خاصی از سال میسر بوده و برخلاف گذشته معمولاً آبیاری‌ها وابسته به چاه‌های کشاورزی است که بعضاً شوری‌های نامتعارف دارند. شوری خاک نیز مشکل مضاعفی است که می‌تواند شرایط نامساعد را تشدید کند. گاهی به اجبار باید کشت در شرایط تنش شوری انجام شود و پس از آن در چند مرحله از آب زاینده‌رود (بدون محدودیت شوری) استفاده نمود. در چنین شرایطی بررسی تأثیر شوری بر جوانه‌زنی و استقرار اولیه سیب‌زمینی از اهمیت ویژه برخوردار است؛ بنابراین این پژوهش با هدف بررسی تأثیر شوری آب و خاک بر جوانه‌زنی، استقرار اولیه و عملکرد چهار رقم سیب‌زمینی در استان اصفهان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۴۰۳-۱۴۰۲ در ایستگاه تحقیقات شوری رودشت اصفهان (طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی) با ارتفاع ۲۲۳۰ متر از سطح دریا انجام

[1] Multiple budding

شد. برای انجام پژوهش از طرح کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار استفاده شد. پلات‌های اصلی شامل دو سطح یعنی کرت‌های دارای تنش شوری (شوری آب ۸/۵ دسی زیمنس بر متر) و شاهد و کرت‌های فرعی شامل چهار رقم سیب‌زمینی (آگریا، بانبا، کلومبا و ساگیتا) بودند. با توجه به این که در شرایط مزرعه‌ایجاد شرایط بدون تنش شوری (آب و خاک) به‌صورت مزرعه‌ای ممکن نبود از هرکدام از ارقام برابر با تراکم مزرعه‌ای هر رقم، غده‌هایی در سطل‌های بزرگ با ۸۰ سانتی‌متر طول و قطر ۴۰ سانتی‌متر به‌عنوان شرایط بدون تنش (تیمار شاهد) در نظر گرفته شد. هر کرت مزرعه‌ای شامل چهار خط کشت به طول چهار متر بود که به ترتیب فاصله بین و روی ردیف در آن ۷۵ و ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آبیاری به‌صورت جوی و پشته‌ای بود. به‌جز دو آبیاری اول و دوم (فاصله ۵ روز) تقریباً در هر ۸ روز یک‌بار آبیاری انجام شد. قبل از هر آبیاری شوری آب آبیاری اندازه‌گیری شد. تقریباً در تمام مراحل شوری آب آبیاری معادل ۸/۵ دسی زیمنس بر متر بود (۰/۱ دسی زیمنس بر متر واریانس در حد پایین و بالا وجود داشت). کشت در زیر محل داغ آب و نزدیک به کف جوی انجام شد تا از اثرات شوری کاسته گردد.

برخی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش (از نوع لومی رسی) در جدول ۱ نشان داده‌شده است. با توجه به نتایج آزمون خاک انجام‌شده در آزمایشگاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (از نوع سولفات) و ۲۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار (از نوع سوپر فسفات تریپل) و ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار قبل از کشت به خاک اضافه شد. غده‌ها در اوایل شهریورماه کشت شدند. صفات درصد سبز شدن اولیه (۵۰ درصد سبز در هر کرت)، تعداد روز تا سبز شدن (۵۰ درصد سبز در هر کرت)، تعداد ساقه تولید شده از جوانه‌های غده مادری، نسبت پتاسیم و سدیم برگ پس از ظهور برگ‌های حقیقی، محتوای نسبی آب برگ[2] و شاخص پایداری غشاء[3] در این پژوهش اندازه‌گیری شدند.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Soil physical and chemical properties of experimental field

عمق خاک cm	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dS m^{-1})	روی Zinc (mg kg^{-1})	آهن Iron (mg kg^{-1})	نیتروژن Nitrogen (%)	پتاسیم Potassium (mg kg^{-1})	فسفر Phosphorus (mg kg^{-1})	مواد آلی Organic matter (%)	اسیدیته pH
0-30	7.02	0.62	3.00	0.06	281	5.87	0.58	7.46
30-60	6.78	0.64	5.04	0.02	269	6.74	0.16	7.40

برای اندازه‌گیری این صفت برگ‌های نمونه از سه بوته انتخاب شدند. نمونه‌ها سریعاً توزین شدند و سپس به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر در دمای یخچال نگه‌داری شدند تا آماس کامل پیدا نمایند و سپس از آب خارج و آب اضافی آن‌ها توسط دستمال‌کاغذی گرفته و توزین گردید و سپس نمونه‌ها در داخل پاکت کاغذی و در داخل آون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت و پس از خشک شدن نمونه‌ها مجدداً توزین گردید و محتوای نسبی آب برگ یا آماس نسبی برگ اندازه‌گیری شد (Sairam *et al.*, 2002).

رابطه (۱) $\text{محتوای نسبی آب برگ} = (FW-DW)/(TW-DW) \times 100$

که در آن FW وزن تازه، DW وزن خشک و TW وزن آماس نمونه می‌باشد. شاخص پایداری غشاء یا تراوایی غشاء: از طریق اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیت‌های برگ ارزیابی شد. برای این منظور نمونه‌های برگ درون آب مقطر با حجم ۲۰ میلی‌لیتر منتقل و به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق نگه‌داری شد. سپس میزان هدایت الکتریکی آب مقطر همراه نمونه به‌عنوان نشت اولیه اندازه‌گیری شد. نشت ثانویه نیز از طریق اندازه‌گیری میزان هدایت الکتریکی نمونه‌ها پس از حرارت دادن آن‌ها به مدت یک ساعت و در ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. نهایتاً شاخص پایداری غشاء از طریق رابطه زیر محاسبه شد (Sairam *et al.*, 2002):

رابطه (۲) $\text{شاخص پایداری غشا} = \{1 - (C1/C2)\} \times 100$

در این رابطه C_1 و C_2 به ترتیب هدایت الکتریکی نشت اولیه (پس از ۲۴ ساعت نگه‌داری در یخچال) و هدایت الکتریکی پس از یک ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد است. عملیات سرزنی اندام‌های هوایی جهت ضخیم شدن

[2]Relative water content

[3]Membrane stability index

پوست غده و جلوگیری از صدمات هنگام برداشت یک هفته قبل از برداشت انجام گردید. جهت برآورد عملکرد، دو متر از ردیف‌های وسط هر کرت برداشت شد. غده‌های دارای شکاف، غده‌های پوسیده، بدشکل و دارای رشد ثانویه، غده‌هایی که دارای بیش از چهار جوش اسکب بر روی پوست بودند و هم‌چنین غده‌های با قطر کم‌تر از ۳۵ میلی‌متر به‌عنوان غده‌های غیرقابل‌فروش در نظر گرفته شدند. برای تجزیه داده‌ها از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن (در سطح احتمال ۵ درصد) استفاده شد.

نتایج و بحث

جوانه‌زنی، استقرار و ویژگی‌های فیزیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۲ ارائه‌شده است. تأثیر تنش شوری، رقم و برهمکنش رقم و تنش شوری بر درصد سبز شدن از نظر آماری معنی‌دار نبود. نکته قابل‌توجه در این رابطه عدم تأثیر معنی‌دار تنش شوری بر درصد جوانه‌زنی غده‌های بذری باوجود بکارگیری سطوح بالای تنش شوری است. دلیل اصلی چنین نتیجه‌ای آن است که برخلاف اکثر محصولات زراعی که از بذر (اندام جنسی) جهت تکثیر استفاده می‌شود برای سیب‌زمینی از اندام رویشی یعنی غده‌ها استفاده می‌شود. در برخی از پژوهش‌های دیگر نیز تأثیر تیمارهای شوری بر درصد جوانه‌زنی غده‌های بذری سیب‌زمینی معنی‌دار نبوده است (Kim *et al.*, 2013). البته پژوهش‌هایی نیز وجود دارد که تنش شوری بر جوانه‌زنی غده‌های بذری تأثیر منفی گذاشته است (Ghosh *et al.*, 2001) و عمدتاً این نتایج به حساسیت ارقام نسبت داده‌شده است.

برخلاف درصد جوانه‌زنی، برهمکنش تعداد روز تا سبز شدن و رقم تحت تأثیر معنی‌دار تنش شوری قرار گرفت (جدول ۲). در شرایط بدون تنش فاصله زمانی کاشت تا سبز شدن ۱۵ تا ۱۷ روز بود و بین ارقام هم تفاوت معنی‌داری از این نظر وجود نداشت (شکل ۱)، اما در شرایط تنش فاصله زمانی کاشت تا سبز شدن ۲۵ تا ۳۲ روز بود که نسبت به تیمارهای شاهد تفاوت معنی‌دار (۱۰ تا ۱۵ روز) داشت. رقم آگریا باوجود تیمار شوری نسبت به سایر ارقام آزمایشی زودتر سبز شد (۲۵ روز از کاشت) و دلیل این امر ماهیت غده‌های رقم آگریا است که نسبت به سایر ارقام آزمایشی غده‌های درشت‌تری دارد. در سایر پژوهش‌ها نیز بیش‌ترین تأکید بر تأخیر زمان سبز شدن غده‌ها بوده ولی نهایتاً جوانه‌زنی صورت پذیرفته است (Kim *et al.*, 2013). به نظر می‌رسد برخلاف برخی محصولات که جوانه‌زنی آن‌ها حاصل بذر حقیقی است و به‌شدت در شوری‌های بالا آسیب می‌بیند، غده بذری سیب‌زمینی (منشأ ساقه) چنین حساسیتی نداشته و فقط زمان سبز شدن به تأخیر می‌افتد و نهایتاً غده‌ها جوانه می‌زنند. این تأخیر در رشد نه‌تنها در مناطق با طول دوره رشد محدود مسئله‌ساز است بلکه در برخی شرایط زمان غده دهی محصول را نیز با شرایط نامساعد محیطی مواجه کرده و موجب افت عملکرد می‌شود (Jalali *et al.*, 2020).

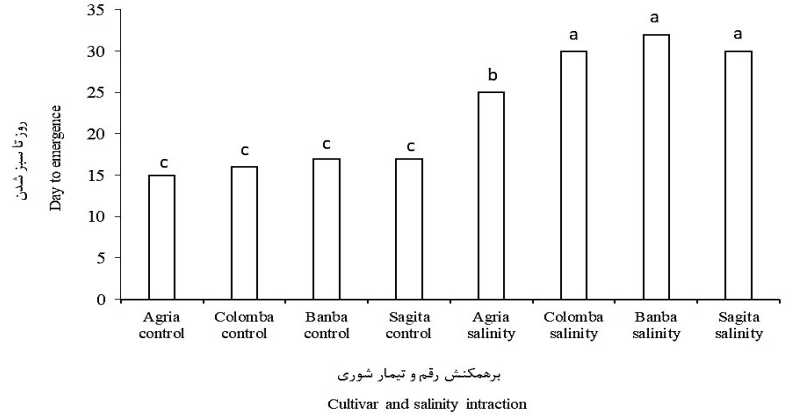
جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات تیمارهای تنش شوری و رقم بر صفات درصد سبز شدن، روز تا سبز شدن، تعداد ساقه تولید شده از غده مادری، محتوای نسبی آب برگ، نسبت پتاسیم به سدیم برگ و شاخص پایداری غشا

Table 2. Analysis of variance (mean square) of salinity stress and cultivars on germination percent, day to emergence, tuber stem number, water relative content, leaf (K/Na) ratio and membrane stability index

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares							
		درصد سبز شدن Germination percent	روز تا سبز شدن Day to emergence	تعداد ساقه تولیدی از غده Tuber stem number	محتوای نسبی آب برگ Leaf relative water content	نسبت پتاسیم به سدیم برگ Leaf (K/Na) ratio	شاخص پایداری غشا Membrane stability index	عملکرد قابل‌فروش Salable yield	عملکرد غیرقابل‌قبول Non-salable yield
تکرار Block	3	0.02 $^{n's}$	0.10 $^{n's}$	1.90 $^{n's}$	1.06 $^{n's}$	0.17 $^{n's}$	0.15 $^{n's}$	1.86 $^{n's}$	0.06 $^{n's}$
شوری Salinity (T)	1	0.47$^{n's}$	4. 2 **	3.63**	2.83*	2.80 *	1.70*	12.12 **	15.04 **
خطا Error (a) a	3	0.89	1.22	1.04	2.18	2.40	1.09	5.97	9.95
رقم Cultivar (C)	3	0.11 $^{n's}$	0.92 $^{n's}$	1.89*	3.32 *	3. 32 *	1. 81 *	6.71*	8.61*
شوری× رقم (C × T)	3	0.08 $^{n's}$	1.88 *	1.71 $^{n's}$	2.95 $^{n's}$	1.81 $^{n's}$	2. 72 *	4.00 $^{n's}$	9.00 $^{n's}$
خطا Error(b) b	18	0. 32	0.90	2.00	1.09	1.85	1.04	4.90	7.09
ضریب تغییرات CV (%)		6.98	8.20	9.22	7.98	9. 52	11.03	13.45	12.58

n's ، * و **: به ترتیب نبود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

n's, * and ** indicating not significant, the significant differences at 5 and 1 percent probability levels, respectively



شکل ۱- تأثیر برهمکنش رقم و تیمار شوری بر تعداد روز تا سبز شدن غده سیب‌زمینی

Figure 1. Effect of the interaction of cultivar and salinity treatment on the number of days until potato tuber emergence

جدول ۳- مقایسه تأثیر تیمارهای شوری و رقم بر صفات تعداد ساقه تولیدی از غده، درصد رطوبت نسبی برگ و نسبت پتاسیم به سدیم برگ سیب‌زمینی

Table 3. Comparison of the effects of salinity treatments and cultivars on the traits of number of stems produced from tubers, water relative content percentage, and (K/Na) ratio of potato leaves

تیمارها Treatments	تعداد ساقه تولیدی از غده Tuber stem number	محتوای نسبی آب برگ Leaf relative water content (percent)	نسبت پتاسیم به سدیم برگ Leaf (K/Na) ratio
شوری Salinity	4.50 a	61.00 b	11.10 b
شاهد Control	1.70 b	81.00 a	17.72 a
رقم Cultivar			
آگریا Agria	5.20 a	73.00 b	16.23 b
کلومبا Colomba	3.85 b	70.00 b	15.85 b
بانبا Banba	4.05 b	75.00 b	16.25 b
ساگیتا Sagita	2.62 c	84.00 a	18.22 a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

The means with the same letters in columns are not significantly different according to Duncan test (5%)

تأثیر تنش شوری بر تعداد ساقه تولید شده از غده مادری معنی‌دار بود و ارقام نیز از این نظر تفاوت معنی‌دار داشتند. تعداد ساقه ایجادشده از غده مادری در شرایط تنش شوری و شاهد به ترتیب ۴/۵ و ۱/۷ عدد بود (جدول ۳). به عبارت ساده برخلاف انتظار تیمارهای شوری باعث افزایش تعداد ساقه تولیدی از غده مادری شده‌اند. در شرایط شوری با از بین رفتن غلبه انتهایی غده مادری تعداد زیادی ساقه ایجاد می‌شود که در ادامه رشد این ساقه‌ها تولید غده‌های کوچکی می‌کنند که تأثیرات شوری مانع از رشد آن‌ها شده و عملاً بافت‌های هوایی نیز قادر نیستند حمایت لازم برای رشد این غده‌ها را داشته باشند (Sánchez and Ortega, 2011). رشد چند جوانه روی غده در سطوح شوری‌های بالا اصطلاحاً حالت چند جوانه‌ای نامیده می‌شود؛ بنابراین در سطوح شوری بالا اگر عملکردی هم تولید شود غالباً به‌صورت عملکرد غیر قابل‌فروش هدر خواهد رفت. به عبارت بهتر بیدار شدن جوانه‌های روی غده در شرایط معمول فرایند مضری محسوب نمی‌شود ولی وقتی شرایط تنش شوری در ادامه رشد گیاه وجود داشته باشد این ساقه‌های اضافی، رشد کافی نداشته و عملاً توانایی تولید غده را نخواهند داشت. به نظر می‌رسد مثل غلات که گاهی پنجه‌ها با رشد ناکافی حالت انگل برای گیاه پیدا می‌کند در اینجا نیز این ساقه‌ها نیز حالت انگلی دارند. در بین ارقام آزمایشی بیش‌ترین تعداد ساقه را رقم آگریا (۵/۲) و کم‌ترین تعداد ساقه را رقم ساگیتا (۲/۶۲) تولید نمود (جدول ۳). این امر بیان‌گر آن است که تعداد ساقه می‌تواند در ارقام مختلف متفاوت باشد و بنابراین تأثیر تنش شوری می‌تواند در ارقام

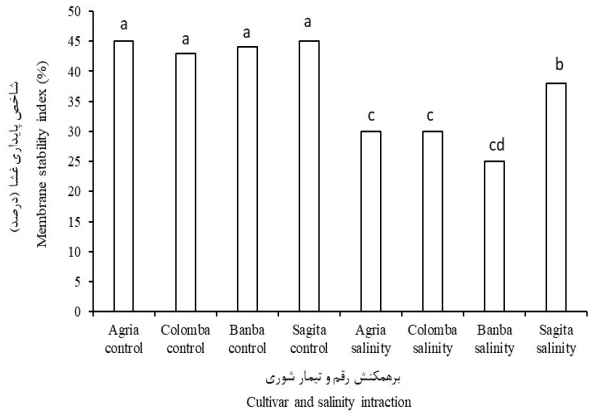
مختلف اثرات متفاوتی داشته باشد. به‌عنوان مثال در پژوهشی ۵۳ کلون سیب‌زمینی تحت تأثیر تنش شوری ۶ دسی زیمنس بر متر آب آبیاری قرار گرفت و نتایج نشان داد تعداد ساقه در شرایط تنش دامنه‌ای از ۱/۹۳ تا ۶/۸۷ عدد و در شرایط شاهد دامنه‌ای از ۲ تا ۷/۳۳ عدد داشته است (Sanwal *et al.*, 2022). در مطالعه‌ای دیگر برخی ویژگی‌های زراعی ۱۸ رقم سیب‌زمینی در شوری خاک ۱، ۴ و ۸ دسی زیمنس بر متر موردبررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد تعداد ساقه تحت تأثیر تنش شوری (۱، ۴ و ۸ دسی زیمنس بر متر خاک) قرار نگرفت (Im *et al.*, 2016).

تأثیر تنش شوری بر درصد رطوبت نسبی برگ نیز معنی‌دار بود (جدول ۲). در شرایط تنش درصد رطوبت نسبی برگ نسبت به تیمار شاهد ۲۴/۷ درصد کاهش یافت (جدول ۳). در بین ارقام استفاده‌شده در پژوهش نیز رقم ساگیتا با درصد رطوبت نسبی ۸۴ درصد نسبت به سایر ارقام رطوبت نسبی برگ بیش‌تری داشت. آب نقش مهمی در فیزیولوژی گیاهان ایفا می‌کند و حفظ مقادیر بالاتر آب برگ، بهترین راهکار برای کاهش تنش شوری است. این صفت معمولاً به‌عنوان نشان‌گر فیزیولوژیکی برای غربالگری تحمل تنش شوری استفاده می‌شود. برگ ارقام متحمل به شوری نسبت به ارقام حساس دارای مقادیر بیش‌تری رطوبت در سلول‌های خود بوده و این توانایی به آن‌ها کمک می‌کند فتوسنتز خود را در سطح مناسبی حفظ نمایند (Jalali *et al.*, 2020). در مطالعه‌ای دامنه کاهش رطوبت نسبی در ارقام حساس و ارقام متحمل به شوری سیب‌زمینی در شوری ۶ دسی زیمنس بر متر ، به ترتیب ۵/۶۸ تا ۱۳/۲۲ و ۲/۰۰ تا ۶/۴۷ درصد گزارش شد (Sanwal *et al.*, 2022). در مقایسه ۱۹ رقم سیب‌زمینی در شوری آب ۵ دسی زیمنس بر متر ۹۰ روز پس از کاشت رقم لیدی کلایر با رطوبت نسبی برگ ۸۳/۰۰ درصد بیش‌ترین و رقم گرانولا با رطوبت نسبی ۴۳/۲۰ درصد کم‌ترین مقدار رطوبت را داشتند (Aydoğan and Turhan, 2020). به این نکته نیز باید توجه شود که با کاهش جذب آب در شرایط تنش شوری و کاهش مقدار رطوبت در برگ‌ها، یکی از اولین واکنش‌ها مربوط به سلول‌های محافظ روزنه خواهد بود که با بسته شدن خود جذب دی‌اکسید کربن و نهایتاً فتوسنتز را سبب می‌شوند (Gupta and Goyal, 2017).

تأثیر تنش شوری بر نسبت پتاسیم به سدیم برگ معنی‌دار بود و ارقام آزمایش‌شده نیز از این نظر متفاوت بودند (جدول ۲). در شرایط تنش شوری نسبت پتاسیم به سدیم برگ ۳۷/۳ درصد کم‌تر بود (جدول ۳). نسبت پتاسیم به سدیم برگ در رقم ساگیتا برابر ۱۸/۲۲ بود که به طور معنی دار بیش از سایر ارقام بود. سدیم و پتاسیم ازجمله عناصری هستند که در تنش شوری تغییرات شدیدی دارند. این تغییرات در تمام بافت‌های سیب‌زمینی اتفاق می‌افتد (Jalali *et al.*, 2020). شعاع هیدراته دو یون سدیم و پتاسیم مشابه هم است و در شرایط تنش شوری با حضور مقادیر بالای سدیم این عنصر جذب سلول شده و با آسیب به غشاء موجب عدم تعادل یونی و نهایتاً تخریب سامانه غشایی می‌شود. در چنین شرایطی با به هم خوردن تعادل یون پتاسیم به سدیم در سلول، فعالیت آنزیم ها و در نتیجه فعالیت سوخت و ساز سلولی دچار اختلال می شود (Daneshmand *et al.*, 2010). تغییر نسبت پتاسیم به سدیم در برگ به رقم استفاده‌شده نیز بستگی دارد. در پژوهشی ۱۶ ژنوتیپ سیب‌زمینی موردبررسی قرار گرفت و مشخص شد نسبت پتاسیم به سدیم اندام‌ها در اثر تنش شوری کاهش تدریجی داشت اما این کاهش در ژنوتیپ های حساس بیش‌ترین مقدار را داشت. ژنوتیپ های مقاوم سعی می‌کنند با جذب کم‌تر سدیم، نسبت پتاسیم به سدیم بافت ها را در سطح بالاتری حفظ نمایند (Sanwal *et al.*, 2022).

تأثیر برهمکنش تیمار شوری و رقم بر صفت شاخص پایداری غشاء معنی دار بود (جدول ۲). این شاخص در شرایط شاهد در ارقام آگریا، کلومبا، بانبا و ساگیتا به ترتیب ۴۵، ۴۳،۴۴ و ۴۵ درصد بود در حالی که این اعداد در شرایط تنش شوری به ترتیب برابر ۳۰، ۳۰، ۲۵ و ۳۸ درصد بود (شکل ۲). شاخص پایداری غشا رقم ساگیتا در شرایط تنش شوری نسبت به سه رقم دیگر به طور معنی‌دار بیش‌تر بود. در پژوهشی شاخص پایداری غشاء سلولی ارقام حساس به تنش شوری در مواجه با تنش در ارقام متحمل ۱۳ درصد و در ارقام حساس ۲۲ درصد کاهش یافت (Sanwal *et al.*, 2022). در پژوهشی تأثیر تنش‌های شوری ۰/۳ (شاهد) ، ۵، ۸ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر بر شاخص پایداری غشاء سیب‌زمینی رقم آگریا نشان داد که با افزایش سطح شوری مقاومت غشا سلولی کاهش یافت (از ۶۰ درصد در تیمار شاهد تا ۲۰ درصد در تیمار شوری ۸ دسی زیمنس

بر متر) (Kafi *et al.*, 2019). تخریب سامانه غشایی سلول به دلیل اثرات مضر سدیم و تنش اکسیداتیو ناشی از شوری منجر به تجمع گونه‌های اکسیژن فعال مانند اکسیژن منفرد، سوپراکسیدها و رادیکال‌های هیدروکسی می‌شود که با ایجاد پراکسیداسیون لیپیدی در نهایت به غشای سلولی آسیب رسانده و عملکرد طبیعی سلول را تغییر می‌دهند (Geremew *et al.*,2007).



شکل ۲- تأثیر برهمکنش رقم و تیمار شوری بر شاخص پایداری غشاء

Figure 2. Effect of the interaction of cultivar and salinity treatment on membrane stability index

عملکرد قابل‌فروش و غیرقابل فروش

تأثیر تیمار شوری بر عملکرد قابل‌فروش و غیرقابل فروش از نظر آماری در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). ارقام استفاده‌شده در این پژوهش نیز از نظر عملکرد قابل‌فروش و غیرقابل فروش تفاوت معنی دار داشتند. عملکرد قابل‌فروش حاصل از تیمارهای شوری تقریباً ناچیز بود (۱۰۵۰ کیلوگرم در هکتار) و علیرغم پایین بودن عملکرد کل، عملکرد غیرقابل فروش تقریباً ۳/۷ برابر عملکرد قابل‌فروش بود (جدول ۴). کاهش عملکرد سیب‌زمینی به دلیل تنش شوری مسئله‌ای شناخته‌شده است. به‌عنوان مثال شور شدن اراضی در مکزیک باعث کاهش ۶۰ درصدی سطح زیر کشت سیب‌زمینی و افت عملکرد به ۱۴ تن در هکتار شده است (Bernal *et al.*, 2013). در شرایط شور با از بین رفتن غلبه انتهایی غده مادری تعداد زیادی ساقه ایجاد می‌شود که در ادامه رشد این ساقه‌ها تولید غده‌های کوچکی می‌کنند که تأثیرات شوری مانع از رشد آن‌ها شده و عملاً بافت های هوایی نیز قادر نیستند حمایت لازم برای رشد این غده‌ها را داشته باشند (Sánchez and Ortega, 2011). افزایش غلظت نمک باعث غده‌زایی دیررس، رشد ناقص برگ، سرعت کند پر شدن غده و غده‌زایی ثانویه می‌شود که نهایتاً باعث تولید سیب‌زمینی‌های کوچک می‌گردد (Bernal *et al.*, 2013).

جدول ۴- مقایسه تأثیر تیمارهای شوری و رقم بر صفات عملکرد قابل‌فروش و عملکرد غیرقابل فروش

Table 4. Comparison of the effects of salinity treatments and cultivars on the traits salable yield and non-salable yield

تیمارها Treatments	عملکرد قابل‌فروش(کیلوگرم در هکتار) Salable yield (kg ha^{-1})	عملکرد غیرقابل فروش(کیلوگرم در هکتار) Non-salable yield (kg ha^{-1})
Salinity **شوری**	1050.50 b	3890.00 b
Control **شاهد**	35700.20 a	1650.00 a
Cultivar **رقم**		
Agria **آگریا**	31700.20 b	4650.00 a
کلومبا	41500.85 a	1730.00 b
Banba **بانبا**	42650.05 a	1890.00 b
Sagita **ساگیتا**	35500.62 ab	1130.00 c

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

The means with the same letters in columns are not significantly different according to Duncan test (five percent probability)

اقداماتی که ممکن است تأثیر تنش شوری را بر گیاه و محصول تولیدی را کاهش دهد می‌تواند شامل جوانه‌دار کردن غده‌ها برای استقرار سریع‌تر بوته و استفاده از آب آبیاری باکیفیت بهتر در اوایل فصل به‌ویژه در هنگام ظهور ساقه و القای غده دهی باشد. اگر بتوان آبیاری با آب‌شور را به اواخر فصل به تعویق انداخت، تأثیر بر عملکرد ممکن است به نسبت کم‌تر باشد (Jalali *et al.*, 2020).

در بین ارقام آزمایشی رقم آگریا کم‌ترین عملکرد قابل‌فروش و بیش‌ترین عملکرد غیرقابل فروش را داشت ولی سه رقم دیگر از نظر عملکرد قابل‌فروش تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۴). اگرچه وجود تفاوت بین عملکرد ارقام به تعامل بین زمینه ژنتیکی و الگوهای وراثت اپی ژنتیکی (اثرات غیر ژنتیکی در بیان ژن) نسبت داده شده است (Zhang *et al*., 2008) ولی به نظر می‌رسد رقم آگریا به‌عنوان رقمی دیررس تر از سایر ارقام، فرصت کافی برای حجیم کردن غده‌ها را نداشته و به همین دلیل عملکرد غیرقابل فروش بیش‌تری داشته است.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج به دست آمده از این پژوهش واکنش ارقام سیب‌زمینی به تنش شوری می‌تواند از برخی جنبه‌ها با سایر گیاهان متفاوت باشد. در هر چهار رقم آزمایش‌شده تأخیر در جوانه‌زنی (و نه کاهش درصد جوانه‌زنی) در مواجه با تنش شوری مشاهده شد. برخلاف انتظار، تعداد ساقه اولیه تولید شده از غده بذری در شرایط تنش شوری به دلیل بیدار شدن تعداد بیش‌تری از جوانه‌های روی غده به شکل قابل‌توجهی افزایش یافت. در تیمار تنش شوری عملکردهای قابل فروش بدست آمده بسیار اندک بود و علاوه بر این بخش اعظم این عملکرد به صورت غده‌های ریز و غیر قابل فروش درآمد. با توجه به نتایج بدست آمده اجرای آزمایش به صورت وجود تنش شوری ابتدای فصل رشد و سپس استفاده از منبع آب معمول در نیمه دوم رشد قابل پیشنهاد است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان برای همکاری و هم‌چنین از شرکت دانش‌بنیان نانو واحد صنعت پرشیا به جهت تأمین بخشی از اعتبار لازم پروژه با کد مصوب سپاس‌گزاری نماید.

.

منابع

Aydoğan, Ç. and Turhan, E. 2020. Evaluation of nineteen potato cultivars for salt tolerance and determination of reliable parameters in tolerance. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(2):365-383. https://dergipark.org.tr/en/pub/bursauludagziraat/issue/57889/729555. **(Journal)**

Bernal, E.I.S., Escobar, M.A.C., León, A.R. and Escobar, H.M.O. 2013. Physiological behavior of potato cv. Tollocan at diverse types of salinity. Journal of Plant Studies, 2(1): p.120. Doi.org/10.5539/jps. v2n1p120. **(Journal)**

Daneshmand, F., Arvin, M.J. and Kalantari, K.M. 2010. Physiological responses to NaCl stress in three wild species of potato in vitro. Acta Physiologiae Plantarum, 32: 91-101. Doi.org/10.1007/s11738-009-0384-2. **(Journal)**

FAO (Food and Agriculture Organization).2024. FAOSTAT, Retrieved January 12, 2023, Available at: http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx. **(Website)**

Faried, H.N., Ayyub, C.M., Amjad, M. and Ahmed, R. 2016. Salinity impairs ionic, physiological and biochemical attributes in potato. Pakistan journal of agricultural sciences, 53(1):17-25. DOI: 10.21162/PAKJAS/16.4766. **(Journal)**

Fathi, M. and Rezaei, M. 2013. Soil salinity in the central arid region of Iran: Esfahan Province. Developments in Soil Salinity Assessment and Reclamation: Innovative Thinking and Use of Marginal Soil and Water Resources in Irrigated Agriculture, pp.141-153. Doi: 10.1007/978-94-007-5684-7. **(Journal)**

Geremew, E.B., Steyn, J.M. and Annandale, J.G. 2007, Evaluation of growth performance and dry matter partitioning of four processing potato (*Solanum tuberosum*) cultivars. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 35(3):385-393. Doi.org/10.1080/01140670709510204. **(Journal)**

Ghosh, S.C., Asanuma, K.I., Kusutani, A. and Toyota, M. 2001. Effect of salt stress on some chemical components and yield of potato. Soil science and plant nutrition, 47:467-475. Doi.org/10.1080/00380768.2001.10408411. **(Journal)**

Gupta, S.K. and Goyal, M.R. 2017. Soil Salinity management in agriculture: technological advances and applications. CRC Press. 232pp. https://www.routledge.com/Soil-Salinity-Management-in-Agriculture-Technological-Advances-and-Applications/Gupta-Goyal/p/book/ **(Book)**

Im, J.S., Cho, J.H., Cho, K.S., Chang, D.C., Jin, Y.I., Yu, H.S. and Kim, W.Y. 2016. Effect of salinity stress on growth, yield, and proline accumulation of cultivated potatoes (*Solanum tuberosum* L.). Horticultural Science and Technology, 34(6):818-829. http://www.horticulture.or.kr. **(Journal)**

Jalali, A.H., Hassanpanah, D., and Mousapour Gorji, A. 2020. Environmental stresses and their management in potato production. Ministry of Jihad-e-Agriculture Agricultural Research, Education and Extension Organization Seed and Plant Improvement Institute. 214pp. https://www.researchgate.net/publication /347994836 _Environmental_Stresses_and_their_Management. (In Persian)**(Book)**

Kafi, M., Nabati, J., Saadatian, B., Oskoueian, A. and Shabahang, J. 2019. Potato response to silicone compounds (micro and nanoparticles) and potassium as affected by salinity stress. Italian Journal of Agronomy, 14(3):162-169. Doi.org/10.4081/ija.2019.1182. **(Journal)**

Kim, S., Yang, C.H., Jeong, J.H., Choi, W.Y., Lee, K.S. and Kim, S.J. 2013. Physiological response of potato variety to soil salinity. Korean Journal of Crop Science, 58(2): 85-90. Doi:10.7740/KJCS.2013.58.2.085. **(Journal)**

Moameni, A. 2010. Geographical distribution and salinity levels of soil resources of Iran. Journal of Soil Research. Doi.10.22092/IJSR.2011.126633. (In Persian)**(Journal)**

Sairam, R.K., Rao, K.V. and Srivastava, G.C. 2002.Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Science, 163(5):1037-1046. Doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00278-9. **(Journal)**

Sánchez, B. E., and Ortega, E. M.2011. Emergence of potato tuber sprouts in salinity conditions. Terra Latino Americana, 29:153-160. https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v29n2/2395-8030-tl-29-02-00153.pdf. **(Journal)**

Sanwal, S.K., Kumar, P., Kesh, H., Gupta, V.K., Kumar, A., Kumar, A., Meena, B.L., Colla, G., Cardarelli, M. and Kumar, P. 2022. Salinity stress tolerance in potato cultivars: evidence from physiological and biochemical traits. Plants, 11(14): p.1842 Doi.org/10.3390/plants11141842 **(Journal)**

Zhang, X., Shiu, S., Cal, A. and Borevitz, J.O. 2008. Global analysis of genetic, epigenetic and transcriptional polymorphisms in Arabidopsis thaliana using whole genome tiling arrays. PLoS genetics, 4(3), p.e1000032. Doi.org/10.1371/journal.pgen.1000032. **(Journal)**

Germination, initial establishment and yield of four potato cultivars in salinity stress condition

Amir Hooshang Jalali*[1], Majid Jafaraghaei[2]

Received: February 22, 2025 Accepted: April 15, 2025

Abstract

To evaluate germination and initial establishment of four potato cultivars, a study was conducted using a split-plot design in a randomized complete block design with four replications at the Rudasht Salinity Research Station in Isfahan. The main plots included two control levels and salinity stress (soil and water salinity were 7.02 and 8.5 dSm^{-1}, respectively) and the subplots included four potato cultivars (Agria, Banba, Columba, and Sagita). The time from planting to emergence of the cultivars was 10 to 15 days later than in the control treatments, but all cultivars eventually germinated. The effect of salinity stress on the number of shoots produced from the mother tuber was significant. Contrary to expectations, the number of shoots produced from the mother tuber in the stress and control treatments was 4.1 and 1.7, respectively. The ratio of potassium to sodium in the leaves was 37.3% lower under salt stress conditions, but this ratio was significantly higher in the Sagita cultivar than in the other cultivars. The membrane stability index in the control conditions in the Agria, Columba, Banba and Sagita cultivars was 45, 43, 44 and 45%, respectively, and under stress conditions was 30, 30, 25 and 38%, respectively. The non-marketable yield in the salt stress treatment was approximately 3.7 times the marketable yield. Under stress conditions, delayed germination and initial establishment (not a decrease in germination percentage) and the lack of sufficient growth of vegetative organs to support tuber growth were the limiting factors for the production of the tested cultivars.

Keywords: Leaf relative water content; Membrane stability index; Salable yield

How to cite this article

Jalai, A.H. and Jafaraghaei, M. 2025. Germination, initial establishment and yield of four potato cultivars in the face of salinity stress. Iranian Journal of Seed Science and Research, 12(1): 17-26. (In Persian)**(Journal)**
DOI: 10.22124/jms.2025.8802

COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research

The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit http://jms.guilan.ac.ir/

1. Research Assistant Professor, Agricultural and Horticultural Sciences Research Department, Isfahan Province Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran. Jalali51@yahoo.com
2. Research Assistant Professor, Agricultural and Horticultural Sciences Research Department, Isfahan Province Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran. maja1341@gmail.com
*Corresponding author: Jalali51@yahoo.com