به زراعی کشاورزی
دوره ۱۵ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۲
صفحه‌های ۱۱۷-۱۰۷

اثر تنش شوری بر برخی شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد رویشی ژنوتیپ‌های عدس (*Lens culinaris* Medik.)

لطفعلی صادقی‌آذر[۱]، شهاب مداح حسینی*[۲]، اصغر رحیمی[۳]، علی‌اکبر محمدی میریک[۴]

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان، رفسنجان ـ ایران
۲. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان، رفسنجان ـ ایران
۳. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان، رفسنجان ـ ایران
۴. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان، رفسنجان ـ ایران

تاریخ وصول مقاله: ۹۲/۰۲/۲۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۲/۰۹/۱۱

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش شوری بر برخی شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد رویشی ژنوتیپ‌های عدس، ۲ آزمایش در آزمایشگاه و گلخانهٔ پژوهشی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان انجام شد. در آزمایش اول ۹ ژنوتیپ عدس تحت اثر ۳ سطح شوری (هدایت الکتریکی ۱، ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر) قرار گرفتند و شاخص‌های جوانه‌زنی آن‌ها پس از ۷ روز بررسی شد. در آزمایش دوم همان ژنوتیپ‌ها تحت تأثیر سطوح شوری در خاک گلدان قرار گرفتند. پس از ۴ هفته مادهٔ خشک و سطح برگ آن‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که درصد جوانه‌زنی، نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه، سطح برگ و مادهٔ خشک بوته با افزایش شوری کاهش معنی‌داری یافت، اما به‌جز در مورد درصد جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر شوری نبود. از سوی دیگر تنوع ژنوتیپی چشمگیری از نظر واکنش به شوری میان ژنوتیپ‌ها وجود داشت؛ اما همبستگی معنی‌داری بین میزان بردباری نسبت به شوری در مرحلهٔ جوانه‌زنی و رشد رویشی وجود نداشت. در شرایط این آزمایش، میزان آسیب شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر به شاخص‌های رشد رویشی و جوانه‌زنی عدس به‌طور نسبی بیش از شوری ۴ بود.

کلیدواژه‌ها: درصد جوانه‌زنی، سطح برگ، شوری، عدس، مادهٔ خشک.

* نویسنده مسئول Email: shahab.mhoseini@vru.ac.ir

۱. مقدمه

شوری خاک از عوامل محدودکنندهٔ عملکرد محصولات در سرتاسر جهان به‌شمار می‌رود، این مسئله به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، از اساسی‌ترین مشکلات بخش کشاورزی است [۱۴]. بیش از نیمی از زمین‌های قابل کشت (حدود ۲۷ میلیون هکتار) از خاک‌های شور و سدیمی تشکیل شده است [۱۸]. شوری به‌دلیل کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک، سبب آشفتگی در تعرق و تنفس می‌شود و از سوی دیگر با برهم‌زدن تعادل یونی در محیط خاک، گیاهان را از نظر تغذیه‌ای و فرآیند متابولیکی دچار مشکل می‌کند [۱۵]. تنش شوری سبب ایجاد تنش خشکی نیز می‌شود که پیامد آن تغییر در وضعیت آبی گیاه کاهش رشد اولیه و محدودیت تولید می‌شود [۸].

هرچند عدس در مقایسه با دیگر گیاهان خانوادهٔ بقولات بالاترین کارایی‌های مصرف آب را دارد، از لحاظ تحمل شوری، یکی از حساس‌ترین گیاهان زراعی است، به‌گونه‌ای که در EC=۱ عملکرد آن ۲۰ تا ۳۰ درصد و در EC=۳ تا ۹۰ درصد کاهش می‌یابد [۳]. با وجود این، تعداد زیادی از بقولات به شوری حساس‌اند که شاید به سبب نامحدودبودن گل‌دهی آن‌ها باشد. دوام گل‌دهی، آسیب شوری به رشد زایشی را افزایش می‌دهد [۱۰]. نتیجهٔ یک پژوهش گسترده و درازمدت با چند گیاه زراعی این بوده است که عدس در گروه گیاهان حساس به شوری (در کنار نخود) قرار دارد [۱۱]. اگرچه گزارشی هم وجود دارد که عدس نسبت به نخود تحمل بیشتری به شوری دارد [۱۳].

به‌طور عمده، بیشترین حساسیت گیاهان به تنش شوری که بیشتر پیامد وجود سدیم و کلر بیش از حد در محلول خاک است، در مرحلهٔ جوانه‌زنی بذر و ابتدای رشد گیاهچه است؛ چون شوری جذب آب از طریق بذر را کند می‌کند و در نتیجه باعث کاهش جوانه‌زنی می‌شود. درصد و سرعت جوانه‌زنی از مهم‌ترین عوامل تأثیرپذیر از شرایط تنش شوری هستند [۱۷]. در پژوهشی دیگر که در آن اثر شوری بر ۵ ژنوتیپ عدس در مرحلهٔ جوانه‌زنی بررسی شد نشان داده شد که شوری به‌طور معنی‌داری سبب کاهش درصد جوانه‌زنی بذور شد [۱]. هم وزن خشک و طول ساقه‌چه و هم وزن خشک و طول ریشه‌چه تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرند، اما در مجموع اندام هوایی نسبت به ریشه به شوری حساس‌تر است و به همین دلیل، عمق کشت بذر در خاک‌های شور باید کمتر باشد [۲۰]. گزارش شده است که درصد و سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس با افزایش شوری از صفر تا ۸ دسی‌زیمنس بر متر کاهش می‌یابد. اما گوناگونی ژنوتیپی چشمگیری در واکنش به شوری وجود داشت [۱۳]. از سوی دیگر، در بررسی واکنش ۳ گونه از دال عدس دریافتند که گوناگونی ژنوتیپی در واکنش به شوری در گام‌های پایانی رشد گیاه یا رسیدگی بیشتر از گیاهچه‌ای و جوانه‌زنی نمود دارد [۲۳].

رشد گیاهچه‌ای عدس نیز از شوری تأثیر می‌پذیرد. سریع‌ترین واکنش در مقابله با تنش شوری، کاهش توسعهٔ سطح برگ است و به دنبال آن با افزایش شدت تنش، رشد و توسعهٔ سطح برگ متوقف می‌شود. در صورت خفیف‌بودن شدت تنش، رشد و توسعهٔ برگ‌ها پس از رهایی از تنش دوباره آغاز می‌شود [۲۵]. یکی از بارزترین تأثیرات شوری، کاهش رشد گیاه از جمله کاهش سطح برگ است. بدین صورت که اگر میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ نیز تغییر نکند، میزان رشد به‌دلیل کاهش میزان فتوسنتز در کل گیاه کاهش خواهد یافت که دلیل آن کاهش سطح برگ فتوسنتزکننده است [۲]. در بررسی واکنش ۱۳۰ نمونه عدس به شوری در جوانه‌زنی و رشد رویشی مشخص شد که هرچند گوناگونی ژنوتیپی شایان توجهی در هر دو مرحله وجود داشت، همبستگی روشنی به لحاظ تحمل به شوری بین این دو وجود نداشت [۳]. به همین ترتیب، در بررسی گونه‌های حساس عدس به شوری

همبستگی روشنی بین سطح برگ، تنظیم اسمزی و عملکرد در واکنش به تنش شوری نبود [۱۱]. هدف این پژوهش بررسی اثر شوری بر شاخص‌های رشدی جوانه‌زنی و رشد رویشی در گستره‌ای از ژنوتیپ‌های عدس و ارتباط احتمالی تحمل به شوری در این دو گام با یکدیگر بود.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. آزمایش اول: آزمون جوانه‌زنی

این آزمایش در چارچوب طرح کاملاً تصادفی به‌صورت فاکتوریل ۲ عاملی در ۳ تکرار انجام شد. عامل اول ژنوتیپ در ۹ سطح دربرگیرندهٔ ۲ رقم به نام‌های گچساران و کیمیا و ۷ لاین با شماره‌های ILL-6038، ILL-100، ILL-7940، A3-X96، A6-X96، A13-FLIP96 و A15-FLIP200 بود که همگی از مرکز تحقیقات دیم سرارود کرمانشاه تهیه شده بودند و به‌ترتیب G۱ تا G۹ نام‌گذاری می‌شوند. عامل دوم شوری در ۳ سطح دربرگیرندهٔ هدایت الکتریکی ۱، ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر بود که به روش کاربرد کلرید سدیم در آب مقطر به‌دست آمد. ابتدا، بذرها با محلول هیپوکلریت سدیم (۵ درصد) گندزدایی شد و در پتری‌دیش‌های دارای آب با هدایت الکتریکی تعیین‌شده جای‌گذاری شدند. بذرهای جوانه‌زده در یک بازهٔ زمانی ۷ روزه (تا ثابت‌شدن شمار بذرهای جوانه‌زده) شمرده شدند. سپس، سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی با کمک فرمول‌های زیر برآورد شدند:

درصد جوانه‌زنی= S/T×۱۰۰

سرعت جوانه‌زنی= N۱/D۱+N۲/D۲+…+Ni/Di

که در آن S تعداد بذور جوانه‌زده، T تعداد کل بذور و Ni تعداد بذور جوانه‌زده در روز Di است. همچنین، در پایان آزمون جوانه‌زنی وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه نیز اندازه‌گیری و برآورد شدند.

۲.۲. آزمایش دوم: رشد رویشی

این آزمایش در چارچوب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۲ عامل ژنوتیپ و شوری مانند آزمایش اول و ۳ تکرار به‌صورت گلدانی در گلخانهٔ دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان در یک بازهٔ زمانی ۳۰ روزه انجام شد. بذرهای گندزدایی‌شده در گلدان‌های پلاستیکی دارای ۵ کیلوگرم خاک با بافت میانه (لوم رسی ـ شنی) و اسیدیتهٔ ۷/۵ و شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر کشت شدند. دمای روزانهٔ گلخانه ۲۸ درجه و دمای شبانهٔ آن ۲۰ درجهٔ سلسیوس بود. ابتدا، در هر گلدان ۱۲ عدد بذر کشت شد و پس از سبزشدن و رشد گیاهچه‌ها، ۶ بوتهٔ سالم نگه داشته و دیگر بوته‌ها حذف شدند.

۳.۲. کاربرد تنش شوری

برای تیمارهای شوری ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر از محلول نمک‌های کلرید سدیم، کلرید کلسیم و کلرید منیزیم به‌ترتیب با غلظت‌های ۲۷، ۳/۵ و ۱/۵ میلی‌مول بر لیتر استفاده شد، به‌گونه‌ای که نسبت جذب سدیم حاصل حدود ۱۲ باشد. تبدیل غلظت نمک‌های به‌کاررفته به هدایت الکتریکی عصارهٔ خاک اشباع با استفاده از فرمول تجربی $TDS_{(mg/lit)}=۰/۶۴۰\times EC_{(ds/m)}$ انجام شد. آبیاری تمام گلدان‌ها تا مرحلهٔ ۴ برگی، با آب مقطر و پس از آن در گلدان‌های تیمار شوری، با آب شور انجام شد. برای این کار، میزان رطوبت خاک گلدان‌ها در حد ظرفیت زراعی محاسبه شد و پس از آن، گلدان‌ها با آب دارای مقدار معین نمک هر ۳ روز یک‌بار تا حد ظرفیت زراعی آبیاری شدند. بدین ترتیب، زه‌آب در زیر گلدانی مشاهده نشد. برای جلوگیری از تأثیرات منفی کاربرد تنش شوری ناگهانی بر بوته‌ها، در مرحلهٔ اول آبیاری با آب شور، میزان نمک به یک‌سوم کاهش یافت و در طی ۳ مرحلهٔ شوری به گیاه اعمال شد و پس از این مرحله، تیمارهای شوری همه با آب مقطر آبیاری شدند.

۴.۲. صفات مورد بررسی

در این آزمایش، برخی ویژگی‌های رویشی گیاهچه‌های ۳۰ روزه ژنوتیپ‌های عدس از جمله سطح برگ بوته و وزن خشک بوته اندازه گرفته شد. سطح برگ با دستگاه سنجش سطح برگ مدل CID-202, USA اندازه‌گیری شد.

۵.۲. برآوردهای آماری

داده‌های به‌دست‌آمده از این ۲ آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل شدند. مقایسهٔ میانگین تیمارها در سطح ۵ درصد به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد و همبستگی بین صفات آزمایش اول و دوم با کمک آزمون همبستگی پیرسون انجام شد.

۳. نتایج و بحث

۱.۳. آزمایش اول: آزمون جوانه‌زنی

۱.۱.۳. درصد جوانه‌زنی

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که شوری و ژنوتیپ اثر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس داشتند، اما اثر متقابل این دو عامل معنی‌دار نبود (جدول ۱). با افزایش شوری درصد جوانه زنی نیز کاهش یافت؛ به طوری که در سطح شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر کمترین درصد جوانه‌زنی مشاهده شد (جدول ۲). ممکن است کاهش درصد جوانه‌زنی به سبب اثر سمی یون‌های کلر و سدیم بر متابولیسم بذر و یا کاهش جذب آب باشد [۱۶]. از سوی دیگر شوری سبب القای خواب در بذور بعضی از گیاهان نیز می‌شود [۶]. گزارش شده است که کاربرد شوری‌های ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر درصد جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های ارقام مختلف ماش و عدس را به‌طور معنی‌داری کاهش داده است [۱۲]. در آزمایشی دیگر که بر روی ۵ ژنوتیپ عدس انجام شد، نتیجه گرفته شد که اعمال شوری در سطوح مختلف (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی مولار کلرید سدیم) سبب کاهش معنی دار درصد جوانه زنی شد، به‌گونه‌ای که کمترین درصد جوانه زنی در غلظت ۲۵۰ میلی‌مولار مشاهده شد [۱]. کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور عدس تا شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر نیز گزارش شده است [۱۳].

جدول۱. نتایج تجزیهٔ واریانس اثر شوری بر برخی صفات جوانه‌زنی ۹ ژنوتیپ عدس

منبع تغییر	درجهٔ آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	نسبت وزن ریشه‌چه به ساقه‌چه
شوری	۲	۸۱۳۳/۶۴**	۱۰۴/۱۶**	۳۰۵۶/۰۹**	۳۱۰۷/۳**	۰ /۲**
ژنوتیپ	۸	۱۴۸/۴۵*	۲/۱۲**	۱۲۰۲/۱۰**	۱۹۶۲/۵**	۰/۷*
شوری*ژنوتیپ	۱۶	۸۰/۸۶^{ns}	۱/۱۹**	۱۱۱/۶۰^{ns}	۵۴/۲۹^{ns}	۰/۰۴^{ns}
خطا	۲۶	۵۳/۰۸	۰/۱۷	۹۲/۷۷	۵۶/۹۱	۰/۰۳
ضریب تغییر		۱۲/۱۱	۱۰/۴۸	۱۲/۱۵	۱۱/۱۳	۱۸/۵۸

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns بدون معنی. اعداد داخل جدول، میانگین مربعات هستند.

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه (mm)، نسبت ریشه به اندام هوایی، سطح برگ (cm^2) و وزن خشک بوته (g) در شوری‌های مختلف خاک و در ژنوتیپ‌های آزمایش

EC($ds.m^{-1}$)	درصد جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	نسبت ریشه به اندام هوایی	سطح برگ	وزن خشک
۱	۸۵ /۷۴ a	۸۰ /۷ a	۷۸ /۳ a	۰/۹۵۸ a	۲۳ /۰۶ a	۰/۰۹۲۱ a
۴	۶۲/۹۷ b	۶۵/۰۳ b	۶۸ /۳ b	۰/۸۶۶ b	۱۷/۹۷ b	۰/۰۷۳۷ b
۷	۵۱/۶۷ c	۵۶/۹۰ c	۵۶ /۸ c	۰/۷۸۹ b	۱۶/۰۱ b	۰/۰۶۹۷ b
ژنوتیپ						
گچساران	۷۲/۲ ab	۷۲/۸ bc	۸۲/۷ a	۰/۶۷ c	۲۵/۲ a	۰/۰۷۵ bc
کیمیا	۶۳/۹ c	۶۳/۵ ed	۳۹/۳ e	۰/۵۲ d	۱۹/۲ bc	۰/۰۹۰ a
ILL 6038	۷۳/۹ a	۸۷/۶ a	۸۷/۵ a	۰/۴۹ d	۱۹/۳ bc	۰/۰۶۸ c
ILL 100	۶۵/۶ bc	۷۸/۸ ab	۷۳/۹ b	۱/۰۹ b	۱۸/۸ bc	۰/۰۸۸ a
ILL-7940	۶۶/۷ bc	۵۱/۶ f	۶۹/۵ bc	۰/۸۲ c	۱۹/۸ b	۰/۰۸۹ a
A3-X96	۶۳/۹ c	۷۱/۴ bcd	۵۲/۸ d	۱/۰۶ b	۱۸/۶ bcd	۰/۰۷۴ b
A6-X96	۶۶/۱ bc	۵۶/۷ ef	۶۲/۶ c	۱/۱۳ ab	۱۵/۱ d	۰/۰۶۸ c
A13-FLIP96	۶۷/۸ abc	۶۸/۱ cd	۶۸/۶ bc	۰/۸۰ c	۱۹/۱ bc	۰/۰۷۲ bc
A15-FLIP 200	۶۱/۱ c	۵۷/۲ ef	۷۳/۱ b	۱/۲۶ a	۱۵/۹ cd	۰/۰۸۳ ab

حروف مقایسهٔ میانگین برای مقایسهٔ میانگین‌های تأثیرات اصلی (شوری و ژنوتیپ) به‌صورت جداگانه است ($p\leq ۰/۰۵$).

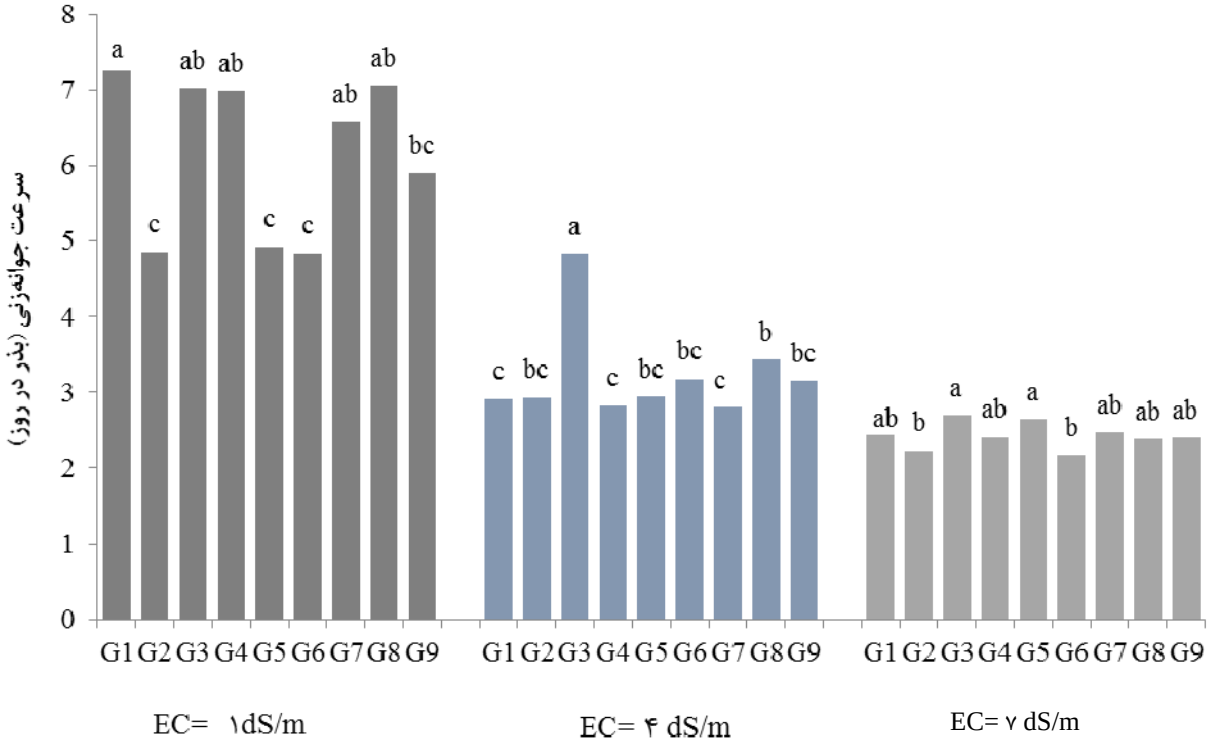
۲.۱.۳. سرعت جوانه‌زنی

با توجه به نتایج تجزیهٔ واریانس اثر متقابل شوری در ژنوتیپ بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود، بدین معنی که ژنوتیپ‌ها، واکنش متفاوتی به اعمال شوری داشتند (جدول ۱). سرعت جوانه‌زنی در شاهد به‌طور کلی بیش از شوری‌های ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر بود. همچنین، کمترین سرعت جوانه‌زنی در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (شکل ۱). از سوی دیگر، هرچند در شوری شاهد تفاوت شایان توجهی به لحاظ سرعت جوانه‌زنی وجود داشت، به‌تدریج در سطوح ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت در سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. با مقایسهٔ جدول ۱ و شکل ۱، ژنوتیپ ۳ (ILL۶۰۳۸) با توجه درصد جوانه‌زنی قابل توجه و همچنین، سرعت جوانه‌زنی بالاتر نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها، به‌ویژه در هدایت الکتریکی ۴ دسی‌زیمنس بر متر، تا حدودی تحمل به شوری نشان می‌دهد.

احتمال دارد کاهش سرعت‌جوانه‌زنی به سبب اختلال در جذب آب توسط بذر و کندی فعالیت‌های آنزیمی درون بذر باشد که در نهایت، سبب می‌شود زمان لازم برای خروج ریشه‌چه افزایش یابد و یا به عبارت دیگر سرعت جوانه‌زنی کاهش نشان دهد. مشاهده شده است که سرعت جوانه‌زنی یکی از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی ارقام در

تحمل به تنش است، به‌گونه‌ای که ارقام با سرعت جوانه‌زنی بالا در شرایط تنش شوری، امکان سبزشدن سریع‌تری نسبت به سایر ارقام دارند [۹]. همچنین، ممکن است سرعت جوانه‌زنی به مقاومت پوستهٔ بذر در کنترل و جذب آب و به نوع ژنوتیپ نیز بستگی داشته باشد. برای نمونه با بررسی تأثیرات شوری بر ۴ ژنوتیپ نخود در سطوح شوری (۰، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۵ و ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر) مشاهده شد که با افزایش شوری خاک سرعت جوانه‌زنی تمامی ارقام کاهش یافت، اگرچه بعضی از ژنوتیپ‌ها با افزایش شوری، کاهش شدیدتری نشان دادند [۵]. در بررسی اثر سطوح مختلف تنش خشکی (۴-، ۸-، ۱۲- و ۱۶- بار) که با پلی‌اتیلن گلیکول اعمال شده بود، مشاهده کردند که تمامی سطوح تنش سرعت جوانه‌زنی ارقام مختلف عدس را به‌صورت معنی‌داری کاهش دادند، اما شدت کاهش در سطوح ۱۲- و ۱۶- به‌صورت معنی‌داری بیش از ۴- و ۸- بود [۹].

آزمون همبستگی (جدول ۳) نشان داد که سرعت و درصد نهایی جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس این پژوهش همبستگی مثبت و قابل توجهی با یکدیگر دارند و به نظر می‌رسد ساز و کارهایی که سبب افزایش واکنش‌های آنزیمی جوانه‌زنی می‌شوند، در پایان سبب افزایش شمار بذور جوانه‌زده نیز می‌شوند.



شکل ۱. مقایسهٔ سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس در شوری‌های مختلف. در هر سطح شوری، میانگین‌های دارای حرف مشترک از لحاظ آماری با یکدیگر تفاوتی ندارند (P≤۰/۰۵). ژنوتیپ‌ها به‌ترتیب از G1 تا G9 عبارتند از: گچساران، کیمیا، ILL-6038، ILL-100، ILL-7940، A3-X96، A6-X96، A13-FLIP96 و A15-FLIP 20

جدول ۳. نتایج آزمون همبستگی بین برخی صفات رویشی و جوانه‌زنی ۹ ژنوتیپ عدس در شوری‌های گوناگون خاک

	مادهٔ خشک	سطح برگ	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	نسبت ریشه به اندام هوایی
مادهٔ خشک	-						
سطح برگ	۰/۰۵۶ ns	-					
درصد جوانه‌زنی	-۰/۵۱۸ ns	۰/۶۲۱ns	-				
سرعت جوانه‌زنی	۰/۶۱۵ ns	۰/۱۶۶ ns	۰/۷۶۵ **	-			
طول ریشه‌چه	-۰/۳۵۰ ns	۰/۳۶۵ ns	۰/۶۰۴ ns	۰/۶۶۰ *	-		
طول ساقه‌چه	-۰/۳۰ ns	۰/۳۰۲ns	۰/۶۵۳ *	۰/۸۱۲ **	۰/۴۲۱ns	-	
نسبت ریشه به اندام هوایی	۰/۰۴۵ ns	- ۰/۵۹۸ ns	-۰/۶۶۷ *	-۰/۲۶۷ ns	۰/۳۹۵ns	۰/۰۴۴ ns	-

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns بدون معنی.

۳.۱.۳. طول ریشه‌چه

نتایج تجزیهٔ واریانس حاکی از آن است که اثر شوری و ژنوتیپ بر طول ریشه‌چه معنی‌دار بود (جدول ۱) به‌گونه‌ای که طول ریشه‌چه با افزایش شوری در تمام ژنوتیپ‌ها کاهش یافت. بیشترین طول ریشه‌چه در ژنوتیپ شمارهٔ ۳ (ILL6038) مشاهده شد (جدول ۲) این ژنوتیپ افزون بر طول ریشه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه (نتایج نشان داده نشده است)، درصد و سرعت جوانه‌زنی بالایی نیز داشت. به نظر می‌رسد که در این ژنوتیپ مادهٔ پروردهٔ شایان توجهی به ریشه‌چه اختصاص داده می‌شود که شاید در شرایط تنش شوری ویژگی ارزشمندی باشد.

۴.۱.۳. طول ساقه‌چه

طول ساقه‌چه نیز همانند طول ریشه‌چه بر اثر شوری تغییر کرد و بین ژنوتیپ‌ها نیز تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱). کمترین طول ساقه‌چه در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر بود. همچنین، بین ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ‌های ۱ (کیمیا) و ۳ (ILL6038) بیشترین طول ساقه‌چه را داشتند (جدول ۲). ژنوتیپ شمارهٔ ۳ بیشترین وزن خشک ساقه‌چه را نیز داشت (نتایج نشان داده نشده است). با بازگشت به نتایج بخش‌های پیشین می‌توان ژنوتیپ ILL6038 را به لحاظ جوانه‌زنی، در شرایط شوری، مناسب دانست. مشاهده شد که یکی از دلایل کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از لپه‌ها به جنین است. علاوه بر آن، کاهش جذب آب از طریق بذر در شرایط تنش باعث کاهش ترشح هورمون‌ها و فعالیت آنزیم‌ها و در نتیجه اختلال در رشد گیاه‌چه (ساقه‌چه و ریشه‌چه) می‌شود [۹]. نتایج آزمایشی دیگر بر روی عدس نشان داد که با کاربرد تنش شوری که در سطوح ۰، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر انجام شد، طول ساقه‌چه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و کمترین طول ساقه‌چه در شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد [۷].

۵.۱.۳. نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه

نتایج نشان داد که شوری و ژنوتیپ اثر معنی‌داری بر نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه عدس داشتند، اما

برهم‌کنش این ۲ عامل معنی‌دار نبود (جدول ۱). با افـزایش سطح شوری، نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چـه نیـز کاهش یافت اما تفاوتی بین سطوح ۴ و ۷ دسی‌زیمـنس بـر متر وجـود نداشـت (جـدول ۲). از سـوی دیگـر، در بـین ژنوتیـپ‌هـای مختلـف، ژنوتیـپ شـمارهٔ ۲ (کیمیـا) و ۳ (ILL6038) کمترین و ژنوتیپ‌های شمارهٔ ۷ (A6-X96) و ۹ (A15-Flip 200) بیشترین نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه را نشان دادند. ژنوتیپ شمارهٔ ۳ که بالاترین درصد جوانه‌زنی، طـول ریـشه‌چـه و طـول سـاقه‌چـه را داشـت، کمترین نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه را نشان داد (جـدول ۲). همچنـین، همبـستگی منفـی معنـی‌داری بـین درصد جوانه‌زنی و نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه به‌دست آمد (جدول ۳). اگر بالابودن درصد جوانه‌زنـی در شرایط شور شناسهٔ مهمی در ارزیـابی یـک ژنوتیـپ باشـد نتایج بخش‌های پیشین و آزمون همبستگی نشان می‌دهد که بالابودن نسبت وزن خشک ریشه‌چه بـه انـدام هـوایی کـه بیشتر به‌عنوان ویژگی مورد پسند به‌ویژه در شرایط تنش در نظر گرفته می‌شود، همگام بـا افـزایش درصـد جوانـه‌زنـی نیست. اگرچه پژوهش‌گران بر این باورند که رشد ساقه‌چه بیش از رشد ریشه‌چه به شوری حـساس اسـت [۲۰]. امـا کاهش نسبت وزن خشک ریشه‌چه به اندام هوایی همگام با افزایش شدت شوری در ژنوتیپ‌های این آزمایش، ممکـن است به سبب آسیب بیشتر شوری به ریـشه‌چـه باشـد کـه اولین بافتی اسـت کـه از بـذر در حـال جوانـه‌زدن خـارج می‌شود و شاید تا پس از خروج ساقه‌چه گیاهچه تا حـدی بردباری به تأثیرات سمی و اسـمزی کلریـد سـدیم کـسب کرده باشد. البته ممکن است واکنش گیاهچه یا گیـاه کامـل در خاک به شوری با واکنش آن در گام جوانه‌زنی متفـاوت باشد.

۲.۳. آزمایش دوم: رشد رویشی

۱.۲.۳. سطح برگ

سطح برگ بوتهٔ ژنوتیپ‌های این آزمایش تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند. همچنـین، بـر اثـر شـوری سـطح بـرگ کاهش یافت. اگرچه بین سطح شوری ۴ و ۷ دسی‌زیمـنس بر متر تفـاوت معنـی‌داری وجـود نداشـت (جـدول ۱، ۲). چنین به نظر می‌رسد که بیشترین تأثیرات کاهندهٔ شوری تا سطح ۴ دسی‌زیمنس بر متر اعمال می‌شود. همچنین، بیان شد که شاید کاهش سطح برگ، اولین عکس‌العمل گیاه به شوری باشد که به دلیل کاهش جذب نور، تولید شیرهٔ پرورده در گیاه کاهش می‌یابد و رشد گیاه به تعویق می‌افتد [۲۲] در پیوند بـا همین یافته، گزارش شده است که کاربرد شوری به میزان ۳/۱ دسی‌زیمنس بر متر، سبب کـاهش ۵۰ درصـدی سـطح بـرگ عدس نسبت به سطح ۰/۷دسـی‌زیمـنس بـر متـر شـد [۱۰]. همچنین، کاهش شدید سطح برگ سـویا نیـز بـر اثـر اعمـال سطوح مختلف شوری گزارش شده است که دلیل احتمالی آن افزایش میزان آبسیزیک اسید در برگ همگام با افزایش شوری دانسته شده است که موجب بسته‌شـدن روزنـه‌هـا و کـاهش اتلاف آب می‌شود و در نهایت، کاهش میزان فتوسنتز کـاهش رشد برگ را به دنبال دارد [۲۴].

نتیجـهٔ آزمـون همبـستگی نـشان داد کـه همبـستگی معنی‌داری بین سطح برگ بوتـه و وزن خـشک آن در بـین ژنوتیپ‌های این آزمایش وجود ندارد. بنـابراین، حـدود ۳۰ روز پس از کاشت ظاهراً تجمع مادهٔ خشک با سطح بـرگ (قدرت منبع) ارتباط نزدیکی ندارد ممکن است در مراحـل پسین رشد به‌ویژه پس از گل‌دهی این رابطه تغییر کند. نبود تفاوت معنـی‌دار بـین سـطح بـرگ در شـوری‌هـای ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر نشان از گونه‌ای تحمـل بـه شـوری تـا سطح ۷ دسی‌زیمنس اسـت کـه مـی‌توانـد در برنامـه‌هـای به‌نژادی در نظر گرفته شود به‌ویژه اگـر نتـایج وزن خـشک بوته نیز در این راستا باشد.

۲.۲.۳. وزن خشک اندام هوایی

نتایج نشان داد که همانند سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی گیاهچه‌های ۳۰ روزهٔ عدس تحت تأثیر کاربرد شوری کاهش یافت؛ اگرچه تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر وجود نداشت. بین ژنوتیپ‌ها نیز تفاوت قابل توجهی وجود داشت (جدول ۱، ۲). برای نمونه وزن خشک اندام هوایی رقم کیمیا در مجموع حدود ۲۵ درصد بیش از ژنوتیپ شمارهٔ ۳ [LIL 6038] بود که بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی را داشت. دلیل کاهش وزن خشک ساقه و برگ و طول ریشه و ساقه عدس بر اثر شوری کاهش سطح فتوسنتزکننده و مصرف بیش از حد انرژی برای کم‌کردن تأثیرات تنش و حفظ آماس سلولی دانسته شده است [۴]. از دیدگاهی دیگر، کاهش میزان پتاسیم در گیاه با افزایش شوری و سمیت یون سدیم و با اختلال در نسبت سدیم به پتاسیم محتوای بافت گیاهی، یکی از دلایل کاهش رشد می‌تواند باشد [۲۱].

۳.۳. تحلیل همبستگی

آزمون همبستگی نتایج شایان توجهی در برداشت. وزن خشک بوته به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم تحمل به شوری با هیچ‌یک از صفات همبستگی نداشت. به‌ویژه نبود رابطهٔ معنی‌دار با درصد و سرعت جوانه‌زنی نشان از نبود رابطه بین میزان تحمل در گام جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای داشت. این نتیجه با آزمایش Ashraf & Waheed (1990) همخوانی دارد [۳]. البته ممکن است در مراحل پایانی رشد گیاه به‌ویژه پس از گل‌دهی این پیوند دگرگون شود. از سوی دیگر نبود رابطهٔ معنی‌دار بین سطح برگ و وزن خشک گیاهچه ژنوتیپ‌ها نیز، نشان از اهمیت دیگر سازه‌ها به‌ویژه جذب ریشه‌ای دارد. همچنین، گزارش شده است که در بین ژنوتیپ‌های حساس عدس به شوری همبستگی روشنی بین سطح برگ و وزن خشک گیاهچه وجود نداشت [۱۹، ۱۱].

۴.۳. نتیجه‌گیری

کاربرد شوری‌های ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر بر ژنوتیپ‌های عدس سبب کاهش تمام شناسه‌های جوانه‌زنی و رشد رویشی ژنوتیپ‌های عدس در این آزمایش شد. اگرچه در مورد صفات سطح برگ، وزن خشک بوته و نسبت ریشه‌چه به اندام هوایی تفاوت معنی‌داری بین سطح ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر نبود. اگر وزن خشک گیاهچه را بتوان شناسه‌ای از میزان تحمل به شوری دانست، اما نبود همبستگی معنی‌دار بین وزن خشک، سطح برگ و درصد جوانه‌زنی در ژنوتیپ‌های این آزمایش نشان از تفاوت سازوکارهای مقابله با تنش شوری در گام جوانه‌زنی و رشد رویشی دارد. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، رقم کیمیا و نمونه‌های ILL100 و ILL-7940 به لحاظ مادهٔ خشک برترین‌ها بودند؛ اما به نظر می‌رسد در خاک‌های شور با مشکل جوانه‌زنی رو به رو خواهند شد.

پیشنهادها

پیشنهاد می‌شود این آزمایش با بررسی صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد این ژنوتیپ‌ها در شرایط مزرعه‌ای و بررسی همبستگی آن‌ها با تحمل در مرحلهٔ جوانه‌زنی و رشد رویشی ادامه یابد.

منابع

1. Abd El, Monem A and Sharaf M [2008] Tolerance of five genotypes of lentil to NaCl salinity stress. New York Journal Science, 1: 70-80.
2. Ahmad S [2002] Salt tolerance of cotton [*Gossypium hirsutum* L.]. Asian Journal of Plant Science. 6: 715-719.
3. Ashraf M and Waheed A [1990] Screening of local/exotic accessions of lentil [*Lens culinaris Medic*.] for salt tolerance at two growth stages. Plant and Soil. 128: 167-176.

4. Bandeoglu E, Eyidogan F, Yucel, M, and Oktem H. A. [2004]. Antioxidant responses of shoots and roots of lentil to NaCl salinity stress. Plant Growth Regulation. 42: 69–77.

5. Behboodian B, Lahooti M and Nezam A. [2005]. Investigation on impact of salinity stress on germination of chickpea [*Cicer arietinum* L.] genotypes. Iranian Journal of Agronomical Research. 28: 127-137.

6. Gill P K, Sharma A D, Singh, P. and Bnullar S.[2003]. Changes in germination growth and soluble sugar contents of *[Sorghum bicolor* Moench.] seeds under various abiotic stresses. Plant Growth Regulation. 40: 157-162.

7. Govahi, M & Shajii, A. [2005]. Investigation on effects of different salinity levels on germination and primary growth of local variety of lentil. Journal of Environmental Stresses in Plant Science. 13: 522- 524. [In Farsi[

8. Hageman M and Murata N [2003] Glucosylglycerol, a compatible solute sustains cell division under salt stress. Plant Physiology. 131: 1628–1637.

9. Kaafi M, Nezaami A, Hosseini H and Masoumi A [2005] Physiological effects of drought stress induced by PEG on germination of lentil [*Lens culinaris* Medic.] genotypes. Iranian Journal of Agronomical Research. 3: 69-79.

10. Katerji N, Van Hoorn J W, Hamdy A, Mastrorilli M Oweis T and Erskine W [2001]. Response of two varieties of lentil to soil salinity. Agriculture Water Management. 47: 179–190.

11. Katerji N, Van Hoorn J, Hamdy A and Mastrorilli M [2003]. Salinity effect on crop development and yield, analysis of salt tolerance according to several classification methods. Agricultural Water Management. 62: 37-66.

12. Kazerooni Monfared A [2005] Physiological effects of salinity and drought stress on germination and seedling growth of mungbean [*Vigna anguifolia* L.] and Lentil [*Lens culinaris Medic*.] genotypes. Journal of Modern Agricultural Sciences. 1: 445-448.

13. Mamo T, Richter C and Heiligtag B [1996] Salinity effects on the growth and ion contents of some chickpea *[Cicer arietinum* L.] and lentil *[Lens culinaris* Medic.] varieties. Journal of Agronomy and Crop Science. 176: 235-247.

14. Munns R and Tester M [2008] Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review Plant Physiology. 59: 651-681.

15. Naeini M, Khoshgoftarmanesh A H and Fallahi E [2006] Partitioning of chloride, sodium and potassium and shoot growth of three pomegranate cultivars under different levels of salinity. Journal of Plant Nutrition. 29: 1835–1843.

16. Okcu G, Kaya M D and Atak M [2005] Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea [*Pisum sativum* L.]. Turkish Journal Agricultural Forestry. 29: 237-242.

17. Rajabi R and Postini K [2005] Effects of NaCl on thirty cultivars of bread wheat seed germination. Journal of Agricultural Science and Technology. 27: 29-45.

18. Rezvani Moghaddam P and Koocheki A [2001] Research history on salt affected lands of Iran

present and future prospects of halophytic ecosystem. Plant and Soil. 50: 103-111.

19. Sudhakar C, Reddy P S and Veeranjaneyulu K [1993] Effect of salt stress on enzymes of proline synthesis and oxidation in green gram [*Phaseolus aureus* L.] seedlings. Journal of Plant Physiology. 141: 621-623.

20. Tobe K, and Omasa K. [2002]. Effects of sodium, magnesium and calcium salts on seeds tolerance in crop plants. Plant and Soil. 6,15-40.

21. Vicente A and Monica B O [2004] Responses to salt stress in the halophyte plantago crassifolia [*Plantago inaceae* L.]. Journal of Arid Environments. 58:463-481.

22. Volkmar K M, and Stephun H [1998] Physiological responses of plants to salinity. Canadian Journal of Plant Science. 78: 19-27.

23. Waheed A, Hafiz I A, Qadir G, Murtaza G, Mahmood T and Ashraf, M [2006] Effect of salinity on germination, growth, yield, ionic balance and solute composition of pigeon pea [*Cajanus cajan* L]. Pakistan Journal of Botany. 38: 1103-1109.

24. Wang Y and Nil N [2000] Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in [*Amaranthus tricolor* L.] leaves during salt stress. Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 75: 623–627.

25. Zhu J S, Kinet J M and Lutts S [2001] Characterization of rice [*Oryza sativa* L.] F-3 populations selected for salt resistance physiological behavior during vegetative growth. Euphytica, 221: 25 1- 263.