دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

واکنش جوانه‌زنی و صفات گیاهچه‌ای ژنوتیپ‌های بومی عدس به تنش خشکی و شوری و تجزیه علیت وزن گیاهچه تحت شرایط آزمایشگاهی

ورهرام رشیدی

دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران (نویسنده مسوول: Rashidi.varahram@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۸

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر تنش‌های خشکی و شوری روی جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های بومی عدس، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار با استفاده از ۳ فاکتور (تنش خشکی، تنش شوری و ژنوتیپ‌های عدس) در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز اجرا شد. سطوح فاکتورهای آزمایش شامل: دو سطح تنش خشکی (شاهد با آب مقطر و تنش خشکی ۸- بار، القایی توسط محلول پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰)، سه سطح شوری (شاهد با آب مقطر، شوری ۲ و ٤ دسی زیمنس بر متر با استفاده از آب شور دریاچه ارومیه) و ۱۵ ژنوتیپ عدس بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش سه جانبه ژنوتیپ × تنش شوری × تنش خشکی برای کلیه صفات معنی‌دار بود که نشان‌دهنده تأثیر متفاوت اعمال توأم سطوح مختلف تنش شوری و خشکی روی ژنوتیپ‌ها می‌باشد. مقایسه میانگین صفات نشان داد که با افزایش سطوح خشکی و شوری از ارزش اکثر صفات جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای در ژنوتیپ‌ها کاسته شد، اما میزان کاهش در بین ژنوتیپ‌ها متفاوت بود، به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های کلیبر و شاوی ورزقان کمترین میزان کاهش صفات مربوط به گیاهچه را نشان دادند. نتایج تجزیه رگرسیونی و علیت برای وزن تر گیاهچه نشان داد که صفت طول ریشه‌چه با بیشترین اثرات مستقیم، نقش موثری در افزایش میزان وزن تر گیاهچه در شرایط تنش شوری و خشکی داشتند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه علیت، خشکی، شوری، عدس، رگرسیون

مقدمه

عدس (*Lens culinaris* Madik) به لحاظ استفاده آن در غذای انسان، علوفه دامی و حاصلخیزی خاک در نظام‌های زراعی در غرب آسیا و شمال آفریقا از اهمیت خاصی برخوردار است (۲۱). در ایران سطح زیر کشت عدس در مزارع دیم و آبی به ترتیب حدود ۲۰۰ و ۱۲ هزار هکتار است که در حدود ۹۴ درصد، کشت عدس به صورت دیم می‌باشد. میانگین تولید آن در مزارع دیم و آبی به ترتیب ۴۴۹ و ۱۲۵۳ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است .استان‌های اردبیل و آذربایجان شرقی از نظرسطح زیر کشت در رتبه اول و دوم کشوری قرار دارند (۱۲). در بسیاری از کشور های جهان از جمله ایران عده کثیری از مردم جهت تامین پروتئین مورد نیاز خود از حبوباتی نظیر نخود، عدس، لوبیا و ماش استفاده می‌کنند (۲۲). در بین حبوبات عدس از نظر اهمیت غذایی در رتبه سوم قرار دارد (۴). تنش‌های شوری و خشکی مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی هستند که رشد و نمو محصولات زراعی را کاهش می‌دهند (۳۰). به‌طوری‌که خشکی منجر به کاهش ۴۰ تا ۵۰ درصدی عملکرد گیاهان در سطح جهان می‌شود (۱) و تنش شوری از طریق کاهش پتانسیل اسمزی مانع جذب آب توسط گیاه می‌شود یا از طریق اثرات سمی یون‌هایی نظیر کلسیم و یا کلراید، جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه را تحت تاثیر قرار می دهد (۱۶). با توجه به گسترش تنش‌های شوری و خشکی در اکثر کشورهای جهان، تحقیقات اصلاح نباتات جهت تولید و توسعه ارقام متحمل به شوری و خشکی ضروری می‌باشد (۱۵). یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی تحمل به خشکی ارقام، سرعت جوانه‌زنی آنها می‌باشد، به گونه‌ای که ارقام با سرعت جوانه‌زنی بالا در شرایط تنش خشکی امکان سبز شدن سریعتری را نسبت به سایر ارقام دارند. به نظر می‌رسد عامل بیشتر بودن سرعت جوانه‌زنی در بعضی از ژنوتیپ‌ها سرعت بیشتر جذب آب و آماس بذر آنها است. بختیار و شایکرا (۶) با استفاده از پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ و اعمال تنش خشکی گزارش کردند که با کاهش پتانسیل اسمزی میزان جذب آب توسط بذور، درصد جوانه‌زنی و میزان رشد ریشه‌چه کاهش معنی داری نشان دادند، همچنین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه نیز کاهش نشان داد. یولحاق و همکاران (۲۶) گزارش کردند که با افزایش غلظت محلول پلی اتیلن گلایکول و به عبارتی با کاهش پتانسیل اسمزی، جوانه‌زنی بذور با تأخیر بوده و درصد جوانه‌زنی، بقاء گیاهچه و رشد گیاهچه نیز کاهش می‌یابد. در تحقیق کافی و همکاران (۱۳) کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه در اثر کاهش پتانسیل اسمزی ملاحظه شد و طول ساقه‌چه به دلیل حساسیت بالاتر نسبت به تنش خشکی، به‌عنوان بهترین صفت جهت ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌ها نسبت به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی معرفی گردید. تورک و همکاران (۲۵) نتیجه گرفتند که تحت تنش خشکی درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش یافت، که بیشترین میزان کاهش مربوط به سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک ساقه‌چه بود. به علاوه آنها گزارش کردند که بذور با اندازه درشت‌تر قدرت و سرعت جوانه‌زنی بالاتری در شرایط خشکی داشته و سیستم ریشه‌ای نافذتر و وزن تر و خشک بیشتری تولید کردند. تنش شوری بر تمام مراحل رشد و نموی گیاه تاثیر می‌گذارد ولی حساسیت یک مرحله از رشد نسبت به مرحله دیگر متفاوت است. تنش شوری باعث تاخیر در جوانه‌زنی، کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و کاهش رشد گیاهچه می‌شود. شوری پایین، جوانه‌زدن را به تاخیر می‌اندازد، اما شوری بالا

درصد جوانه‌زدن را کاهش می‌دهد. کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در شرایط شوری ممکن است به خاطر پتانسیل اسمزی پایین و ممانعت از جذب آب، سمیت یون‌ها و یا عدم تعادل عناصر غذایی باشد (۱۷). ال- مونم و شاراف (۱۰) گزارش کردند که افزایش شوری باعث تاخیر در جوانه‌زنی و کاهش جوانه‌زنی در تمامی ارقام عدس شد. همچنین با افزایش سطح شوری، مقدار صفاتی مانند درصد جوانه‌زنی، طول گیاهچه، وزن تر و خشک گیاهچه کاهش می‌یابد. سیسرالی (۸) در مطالعه تاثیر تنش شوری حاصل از کلرید سدیم بر روی دو رقم عدس، اظهار داشت که پارامترهای جوانه‌زنی مانند وزن تر و خشک گیاهچه، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در هر دو رقم کاهش یافته، به‌طوری‌که ساقه‌چه در مقایسه با ریشه‌چه بیشتر تحت تاثیر شرایط تنش قرار گرفت. با افزایش شوری، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و همچنین وزن خشک گیاهچه به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد کاهش می‌یابد (۱۷). تسفای و همکاران (۲۴) نیز گزارش کردند که مقدار-کلیه صفات مرتبط با جوانه‌زنی عدس با افزایش تنش شوری کاهش پیدا کرد اما این واکنش در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بود.

با توجه به مطالب فوق و اینکه تنش شوری و خشکی به عنوان مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی شناخته شده‌اند دستیابی به ژنوتیپ‌های متحمل به شرایط دشوار شور و خشک از اهمیت بالایی برخوردار است. لذا هدف از انجام این پژوهش ارزیابی ژنوتیپ‌های بومی عدس از نظر تحمل به تنش‌های توام خشکی و شوری در مرحله جوانه‌زنی بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر با بکارگیری ۳ فاکتور (سطوح تنش خشکی، سطوح تنش شوری و ژنوتیپ عدس) به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز در سال ۱۳۹۲ انجام شد. تنش خشکی، در ۲ سطح (شاهد با استفاده از آب مقطر و خشکی ۸- بار القایی توسط محلول پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰) و تنش شوری در ۳ سطح تنش (شاهد با استفاده از آب مقطر، شوری ۲ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر با رقیق‌کردن آب شور دریاچه ارومیه) روی ۱۵ ژنوتیپ عدس (جدول ۱) اعمال گردید.

جدول ۱- شماره و اسامی محل جمع‌آوری توده‌های بومی عدس

Table 1. Number and collection local of lentil landrace

شماره	نام	شماره	نام	شماره	نام
۱	کانادا	۶	اردبیل	۱۱	ورزقان
۲	اهر	۷	هوراند	۱۲	قره داغ دانه ریز
۳	کلیبر	۸	خاروانا	۱۳	علویق ورزقان
۴	کانادا دانه ریز	۹	هوراند دانه ریز	۱۴	شاوی ورزقان
۵	قره داغ	۱۰	داغ قیه قشلاقی	۱۵	لیملو اهر

در این آزمایش، اصول و روش‌های استاندارد ایستا به مورد اجرا گذاشته شد. بذور ضدعفونی شده تحت شرایط استریل زیر هود لامینار در پتری‌دیش‌ها استریل و لای کاغذ صافی کشت و در دستگاه ژرمیناتور در شرایط بدون نور با دمای ۱±۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۴ روز نگهداری گردیدند. بذرهایی جوانه‌زده تلقی شدند که در آنها طول ریشه چه و ساقه‌چه حدود ۲ میلی‌متر بود. صفات مورد ارزیابی عبارت بودند از: درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، طول گیاهچه، نسبت طول ساقه‌چه بر طول ریشه‌چه، وزن تر گیاهچه و وزن خشک گیاهچه. روی داده‌های خام درصد جوانه‌زنی تبدیل آرکسینوس اعمال گردید. قبل از تجزیه واریانس، مفروضات تجزیه واریانس مورد آزمون و تأیید قرارگرفت. تجزیه واریانس بر اساس آزمایش فاکتوریل و مقایسه و میانگین صفات براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام شد. اگرچه اثر متقابل سه جانبه در این تحقیق معنی‌دار بود اما اثر متقابل تنش‌های خشکی و شوری روی صفات هر یک از ژنوتیپ‌ها از نوع تغییر در مقدار بود و نه تغییر در ترتیب. بررسی اثرات اصلی دارای اشکال نخواهد بود(۲۸)، بنابراین بررسی روابط بین صفات را نیز می توان با استفاده از متوسط صفات هر ژنوتیپ انجام داد. از تجزیه رگرسیون و علیت به‌منظور بررسی صفات مؤثر و اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مؤثر بر متغیر وابسته استفاده گردید. برای تجزیه‌های آماری از نرم افزارهای MSTAT-C و SPSS استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر متقابل سه جانبه ژنوتیپ × تنش خشکی × تنش شوری برای کلیه صفات مورد مطالعه معنی دار بود (جدول ۲) که حاکی از واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد نظر در سطوح مختلف تنش خشکی و شوری می‌باشد. آنیاتول و همکاران (۳) در ارتباط با تنش خشکی و تسفای و همکاران (۲۴) در ارتباط با تنش شوری، اثر متقابل ژنوتیپ و تنش را معنی‌دار گزارش کردند. مقایسه میانگین اثر سه جانبه ژنوتیپ × تنش خشکی × تنش شوری برای صفات مورد مطالعه (جدول ۳) نشان داد که بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به ژنوتیپ‌های کلیبر، هوراند دانه ریز و شاوی ورزقان در ترکیب تیماری سطوح شاهد بود، بیشترین سرعت جوانه‌زنی نیز مربوط به ژنوتیپ شاوی ورزقان در ترکیب تیماری بدون اعمال خشکی و شوری بود، بیشترین میزان طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و طول گیاهچه از آن ژنوتیپ‌های کلیبر و شاوی ورزقان تحت شرایط بدون اعمال خشکی و شوری بود، بیشترین مقدار صفات وزن تر و خشک گیاهچه را ژنوتیپ‌های شاوی ورزقان و کلیبر تحت شرایط بدون اعمال خشکی و شوری به خود

اختصاص دادند. به‌طورکلی در تحقیق حاضر، با افزایش سطوح خشکی و شوری ارزش اکثر صفات در ژنوتیپ‌ها کاهش یافت و ترکیب تیماری سطح خشکی ۸- بار و سطح شوری ۴ دسی‌زیمنس بیشترین تأثیر را در کاهش میزان کلیه صفات مورد مطالعه داشت، اما درصد کاهش در بین ژنوتیپ‌ها متفاوت بود، به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های کلیبر و شاوی ورزقان کمترین درصد کاهش رشد صفات مرتبط با گیاهچه را نشان دادند. لذا به نظر می‌رسد که ژنوتیپ‌های کلیبر و شاوی ورزقان از تحمل بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برای جوانه‌زنی تحت شرایط تنش شوری و خشکی برخوردار می‌باشند (جدول ۳). شوری از طریق افزایش فشار اسمزی و در نتیجه کاهش جذب آب توسط بذرها (اعمال تنش خشکی مضاعف) و همچنین از طریق اثرات سمی یون‌های مختلف مانند سدیم و کلر، جوانه‌زنی بذرها را تحت تأثیر قرار داده می‌دهد. کاگان و همکاران (۱۴) گزارش کردند که ژنوتیپ‌های عدس واکنش‌های متفاوتی با افزایش غلظت نمک از نظر صفات مرتبط با جوانه‌زنی نشان می‌دهند. همچنین آنیاتول و همکاران (۳) در شرایط تنش خشکی القائی بوسیله پلی اتیلن گلایکول واکنش ژنوتیپ‌های عدس را از نظر صفات جوانه‌زنی با افزایش شدت تنش متفاوت یافتند. کاهش رشد اجزای گیاهچه (ریشه‌چه و ساقه‌چه) در شرایط تنش‌های خشکی و شوری در سایر تحقیقات در مورد بذور عدس (۲۵)، ماش (۹) و نخود فرنگی (۱۷) گزارش شده است. کاهش خصوصیات مختلف جوانه‌زنی را می‌توان به کاهش میزان و سرعت جذب آب (۷،۲) و همچنین تاثیر منفی پتانسیل‌های اسمزی کم حاصل از نمک و سمیت یون‌ها بر فرآیندهای هیدرولیز آنزیمی مواد ذخیره‌ای بذرها و ساخت بافت‌های جدید با استفاده از مواد هیدرولیز شده نسبت داد (۱۹). علاوه بر آن، شوری در مرحله جوانه‌زنی بذرها باعث آسیب دیدن غشاءهای سلولی، بویژه غشای سیتوپلاسمی و در نتیجه آن افزایش تراوایی غشاءها به دلیل جایگزینی Ca^{2+} به وسیله Na^{+} می‌گردد که در نتیجه آن تلفات K^{+} افزایش می‌یابد (۲۳). مطالعات انجام شده توسط کاگان و همکاران (۱۴) و اشرف و واحد (۵) بر روی جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس در سطوح مختلف شوری نشان داد که با افزایش شوری، درصد جوانه‌زنی تمام ارقام بطور معنی‌داری کاهش یافت. به‌طورکلی وقتی گیاهچه تحت تاثیر شوری و خشکی قرار می‌گیرد، فشار تورژسانس گیاهچه با خروج آب از سلول، به شدت دچار افت می‌شود و رشد سلول کاهش می‌یابد. با کاهش رشد سلول، اندازه اندام محدود گردیده و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم آبی ناشی از شوری آب یا خاک و خشکی بر روی گیاهان را می‌توان از روی اندازه کوچکتر ساقه‌چه‌های اولیه و یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد (۱۸).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های عدس در شرایط تنش‌های خشکی و شوری

Table 2. Analysis of variance germination traits in lentil landrace genotypes under drought and salinity stress

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	طول گیاهچه	نسبت طول ساقه‌چه به طول ریشه‌چه	وزن تر گیاهچه	وزن خشک گیاهچه
خشکی	۱	۳۰۰۰**	۵۲/۰۹۶**	۵۵۶۱/۹۵۴**	۶۳۴۵/۲۵۶**	۲۳۷/۹۵۲**	۰/۰۰۱	۰/۱۴۲**	۰/۰۵۹**
شوری	۲	۲۱۴۳/۷۲۵**	۴۴/۲۸۸**	۷۹۱۲/۱۱۱**	۵۴۴۱/۴۶۵**	۲۶۴/۶۹۹**	۰/۱۱۷**	۰/۱۵۲**	۰/۰۵۶**
ژنوتیپ	۱۴	۲۲۷۴/۳۷۶**	۸۷/۵۲۱**	۳۱۵۱/۳۵۶**	۳۲۴۳/۱۱۲**	۱۲۷/۳۸۷**	۰/۰۲۳**	۰/۱۲۳**	۰/۰۴۸**
خشکی×شوری	۲	۴۵۷/۷۱۸**	۲/۱۸۰**	۸۱۸/۹۰۵**	۱۲۵/۵۴۸**	۱۵/۵۰۱**	۰/۰۷۸**	۰/۰۱۸**	۰/۰۰۷*
خشکی×ژنوتیپ	۱۴	۱۷/۴۷۴	۰/۸۷۹**	۱۴/۶۲۹**	۱۳/۸۲۰*	۰/۵۳۲*	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲*	۰/۰۰۱۷
شوری×ژنوتیپ	۲۸	۳۰/۲۲۱**	۰/۹۴۳**	۳۰/۰۹۷**	۲۱/۴۳۹**	۰/۹۱۶**	۰/۰۰۶**	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۱۸*
× شوری×ژنوتیپ خشکی	۲۸	۲۵/۲۳۷*	۰/۶۵۸**	۱۸/۱۷۵**	۲۳/۱۸۹**	۰/۵۰۳**	۰/۰۰۶**	۰/۰۰۱۹**	۰/۰۰۱۸**
خطا	۱۸۰	۱۴/۳۲۲	۰/۲۵۸	۶/۹۶۰	۶/۸۹۱	۰/۲۶۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات (٪)	---	۶/۲۰	۵/۱۲	۴/۰۱	۳/۷۵	۳/۷۷	۴/۵۰	۴/۱۳	۳/۸۶

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات جوانه‌زنی در عدس تحت اثرات متقابل خشکی × شوری × ژنوتیپ

Table 3. Comparison of germination traits mean in lentils under drought × salinity × genotype interactions

اثرات متقابل	درصد جوانه‌زنی (٪)	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه (mm)	طول ساقه‌چه (mm)	نسبت طول ساقه‌چه به طول ریشه‌چه	طول گیاهچه (cm)	وزن تر گیاهچه (g)	وزن خشک گیاهچه (g)
$a_1 \times b_1 \times 1$	۶۰	۸/۳۳	۶۵/۱۵	۶۸/۵	۱/۰۵	۱۳/۳۷	۰/۱۶۱	۰/۱۲۵
$a_1 \times b_1 \times 2$	۵۳/۳۳	۷/۲۹	۵۹/۷۸	۶۴/۱۷	۱/۰۷	۱۲/۴	۰/۱۳۲	۰/۱۰۷
$a_1 \times b_1 \times 3$	۹۰	۱۴/۴۸	۱۰۴/۵	۱۱۰/۶	۱/۰۵	۲۱/۵۱	۰/۴۴۱	۰/۲۹۱
$a_1 \times b_1 \times 4$	۶۰	۸/۵۵	۶۸/۸	۶۹/۹	۱/۰۱	۱۳/۸۷	۰/۱۴۶	۰/۱۱۶
$a_1 \times b_1 \times 5$	۸۳/۳۴	۱۳/۴۹	۸۶/۴۵	۸۹/۴۵	۱/۰۳	۱۷/۵۹	۰/۳۴	۰/۲۱۴
$a_1 \times b_1 \times 6$	۶۶/۶۷	۹/۴۷	۷۱/۹	۷۳/۳۵	۱/۰۲	۱۴/۵۳	۰/۱۸۲	۰/۱۳۶
$a_1 \times b_1 \times 7$	۶۶/۶۷	۱۰/۱۸	۷۴	۷۵/۸۵	۱/۰۲	۱۴/۹۹	۰/۱۹۰	۰/۱۴۳
$a_1 \times b_1 \times 8$	۸۳/۳۴	۱۳/۶۱	۹۰/۳	۹۳/۲	۱/۰۳	۱۸/۳۵	۰/۳۸۵	۰/۲۳۹
$a_1 \times b_1 \times 9$	۹۰	۱۳/۸۵	۹۵/۹۳	۹۹/۰۵	۱/۰۳	۱۹/۵	۰/۴۱۸	۰/۲۶۳
$a_1 \times b_1 \times 10$	۷۶/۶۷	۱۳/۴۲	۸۱/۶	۸۵/۸	۱/۰۵	۱۶/۷۴	۰/۲۸۵	۰/۱۹۳
$a_1 \times b_1 \times 11$	۵۳/۳۳	۶/۷۳	۵۸/۹۳	۶۱/۵	۱/۰۴	۱۲/۰۴	۰/۱۱۶	۰/۰۸۹
$a_1 \times b_1 \times 12$	۶۶/۶۷	۹/۸۷	۷۱/۷۵	۷۴/۵	۱/۰۳	۱۴/۶۳	۰/۱۸۶	۰/۱۳۹
$a_1 \times b_1 \times 13$	۷۰	۱۱/۵۱	۷۶/۸۵	۷۹/۴۵	۱/۰۳	۱۵/۶۳	۰/۲۲۵	۰/۱۵۶
$a_1 \times b_1 \times 14$	۹۰	۱۷/۴۳	۱۰۲/۹	۱۰۶/۸	۱/۰۴	۲۰/۹۸	۰/۵۰۱	۰/۳۶۴
$a_1 \times b_1 \times 15$	۷۶/۶۷	۱۱/۶	۷۹/۵۵	۸۴/۳۵	۱/۰۶	۱۶/۳۹	۰/۲۵	۰/۱۸۲
$a_1 \times b_2 \times 1$	۵۰	۸/۰۳	۶۰	۶۴/۱۵	۱/۰۶	۱۲/۴۲	۰/۱۱۹	۰/۰۹۳
$a_1 \times b_2 \times 2$	۴۰	۶/۷۸	۵۳/۴۷	۵۹/۸۸	۱/۱۲	۱۱/۳۴	۰/۰۹۳	۰/۰۸
$a_1 \times b_2 \times 3$	۷۳/۳۳	۱۲/۸۶	۹۰/۶	۹۰/۱	۰/۹۹	۱۸/۰۷	۰/۲۹۴	۰/۲۰۱
$a_1 \times b_2 \times 4$	۵۳/۳۳	۸/۴۵	۶۳/۳۵	۶۷/۳۵	۱/۰۶	۱۳/۰۷	۰/۱۰۹	۰/۰۸۶
$a_1 \times b_2 \times 5$	۶۶/۶۷	۱۱/۵۸	۸۰/۳۵	۸۰/۴۵	۱/۰۰	۱۶/۰۸	۰/۲۳۴	۰/۱۵۵
a1×b2×6	۶۰	۸/۹	۶۶	۶۷/۶۵	۱/۰۲	۱۳/۳۷	۰/۱۲۶	۰/۱۰۵
$a_1 \times b_2 \times 7$	۶۰	۸/۸۳	۶۹	۷۲/۳	۱/۰۴	۱۴/۱۳	۰/۱۴۲	۰/۱۱۳
$a_1 \times b_2 \times 8$	۶۶/۶۷	۱۱/۸۴	۸۶/۳۵	۸۳	۰/۹۶	۱۶/۹۴	۰/۲۴۹	۰/۱۷۲
$a_1 \times b_2 \times 9$	۷۳/۳۳	۱۱/۷۳	۸۸/۷۵	۸۴/۳	۰/۹۵	۱۷/۳۱	۰/۲۷۱	۰/۱۸۷
$a_1 \times b_2 \times 10$	۶۶/۶۷	۱۱/۲۷	۷۷/۲۵	۷۸/۸۵	۱/۰۲	۱۵/۶۱	۰/۲۱۴	۰/۱۳۸
$a_1 \times b_2 \times 11$	۴۰	۶/۱۹	۴۹/۷۷	۵۶/۲۲	۱/۱۲	۱۰/۶	۰/۰۸۵	۰/۰۷۳
$a_1 \times b_2 \times 12$	۶۰	۹/۵۲	۶۵/۷۵	۶۸/۲	۱/۰۳	۱۳/۴	۰/۱۲۷	۰/۱۰۶
$a_1 \times b_2 \times 13$	۶۶/۶۷	۱۱/۰۷	۶۸/۷	۷۴/۷۵	۱/۰۸	۱۴/۳۵	۰/۱۴۹	۰/۱۱۹
$a_1 \times b_2 \times 14$	۷۶/۶۷	۱۲/۹۳	۹۲/۵۵	۹۶/۴۵	۱/۰۴	۱۸/۹	۰/۳۱۲	۰/۲۱۵
$a_1 \times b_2 \times 15$	۶۶/۶۷	۱۱/۲۱	۶۹/۱۵	۷۷/۳	۱/۱۱	۱۴/۶۵	۰/۱۸۹	۰/۱۲۸
$a_1 \times b_3 \times 1$	۴۳/۳۴	۷/۸۲	۴۴/۳۵	۴۹/۳۵	۱/۱۱	۹/۳۷	۰/۰۹۲	۰/۰۸۱
$a_1 \times b_3 \times 2$	۴۰	۶/۵۲	۴۱/۶۵	۴۶/۷	۱/۱۲	۸/۸۴	۰/۰۷۳	۰/۰۶۵
$a_1 \times b_3 \times 3$	۷۳/۳۳	۱۲/۴۱	۷۴/۸	۸۴/۸	۱/۱۳	۱۵/۹۶	۰/۲۷۲	۰/۱۹۰
$a_1 \times b_3 \times 4$	۴۶/۶۷	۸/۳۴	۴۸/۳	۵۲/۸۵	۱/۰۹	۱۰/۱۲	۰/۰۸۶	۰/۰۷۳
$a_1 \times b_3 \times 5$	۶۶/۶۷	۱۰/۹۸	۶۹/۵۵	۷۵/۸	۱/۰۹	۱۴/۵۴	۰/۲۱۳	۰/۱۵۰
$a_1 \times b_3 \times 6$	۵۶/۶۷	۸/۶۲	۵۲/۷۵	۵۹/۴	۱/۱۲	۱۱/۲۲	۰/۱۰۶	۰/۰۹۶
$a_1 \times b_3 \times 7$	۵۶/۶۷	۸/۶۲	۶۲/۴	۶۸/۹۵	۱/۱۰	۱۳/۱۴	۰/۱۲۸	۰/۱۰۶
$a_1 \times b_3 \times 8$	۶۶/۶۷	۱۱/۲۵	۷۱/۲	۷۸/۸۵	۱/۱۰	۱۵/۰۱	۰/۲۲۸	۰/۱۶۴
$a_1 \times b_3 \times 9$	۷۰	۱۱/۱۲	۷۱/۵۵	۸۱	۱/۱۳	۱۵/۲۶	۰/۲۴۹	۰/۱۷۹
$a_1 \times b_3 \times 10$	۶۶/۶۷	۱۰/۹۱	۶۶	۷۳/۹	۱/۱۲	۱۳/۹۹	۰/۱۹۰	۰/۱۳۱
$a_1 \times b_3 \times 11$	۴۰	۵/۸۸	۳۵/۷۳	۴۴/۵	۱/۲۵	۸/۰۲	۰/۰۶۴	۰/۰۵
$a_1 \times b_3 \times 12$	۵۶/۶۷	۹/۱۶	۵۳/۳	۵۹/۸۵	۱/۱۲	۱۱/۳۲	۰/۱۰۸	۰/۰۹۷
$a_1 \times b_3 \times 13$	۶۶/۶۷	۱۰/۳۶	۶۲/۱	۷۲/۰۵	۱/۱۶	۱۳/۴۲	۰/۱۳۳	۰/۱۱۲
$a_1 \times b_3 \times 14$	۷۳/۳۳	۱۲/۵۸	۷۶/۸	۹۱/۸۵	۱/۱۹	۱۶/۸۷	۰/۲۹۴	۰/۲۰۳
$a_1 \times b_3 \times 15$	۶۶/۶۷	۱۰/۷۱	۶۳/۹	۷۲	۱/۱۲	۱۳/۵۹	۰/۱۵۶	۰/۱۲
LSD٪۵	۶/۰۹	۰/۸۱	۴/۲۵	۴/۲۲	۰/۰۷	۰/۸۲	۰/۰۵	۰/۰۵

ادامه جدول ۳

Table 3 Continue

اثرات متقابل	درصد جوانه‌زنی (٪)	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه (mm)	طول ساقه‌چه (mm)	نسبت طول ساقه‌چه به طول ریشه‌چه	طول گیاهچه (cm)	وزن تر گیاهچه (g)	وزن خشک گیاهچه (g)
$a_2 \times b_1 \times 1$	۴۶/۶۷	۷/۸۹	۵۸/۰۵	۶۱/۷۵	۱/۰۶	۱۱/۹۸	۰/۱۲۳	۰/۰۹۹
$a_2 \times b_1 \times 2$	۴۰	۶/۷۱	۵۶/۱۵	۵۹/۱	۱/۰۵	۱۱/۵۳	۰/۰۹۷	۰/۰۸۵
$a_2 \times b_1 \times 3$	۷۶/۶۷	۱۲/۸۹	۹۱/۶۵	۹۰/۷۵	۰/۹۹	۱۸/۲۴	۰/۳	۰/۲۰۳
$a_2 \times b_1 \times 4$	۴۶/۶۷	۸/۳۸	۶۲/۰۵	۶۴/۶۵	۱/۰۴	۱۲/۶۷	۰/۱۱۲	۰/۰۹
$a_2 \times b_1 \times 5$	۷۰	۱۱/۶۱	۸۱	۸۱/۴	۱/۰۰	۱۶/۲۴	۰/۲۳۷	۰/۱۵۸
$a_2 \times b_1 \times 6$	۵۶/۶۷	۸/۸	۶۶/۲۵	۶۸/۷۵	۱/۰۳	۱۳/۵	۰/۱۳۴	۰/۱۱
$a_2 \times b_1 \times 7$	۵۳/۳۳	۸/۷۲	۶۹/۱۵	۷۲/۳۵	۱/۰۴	۱۴/۱۵	۰/۱۴۶	۰/۱۱۵
$a_2 \times b_1 \times 8$	۷۰	۱۱/۹۳	۸۷/۳	۸۳/۷	۰/۹۵	۱۷/۱	۰/۲۵۴	۰/۱۷۶
$a_2 \times b_1 \times 9$	۷۶/۶۷	۱۱/۸۲	۹۰/۰۵	۸۴/۶۵	۰/۹۴	۱۷/۴۷	۰/۲۷۸	۰/۱۹۱
$a_2 \times b_1 \times 10$	۶۶/۶۷	۱۱/۳۱	۷۷/۸	۷۹/۷	۱/۰۲	۱۵/۷۵	۰/۲۱۶	۰/۱۴۵
$a_2 \times b_1 \times 11$	۴۰	۶/۳۵	۵۱/۴۷	۵۴/۰۷	۱/۰۵	۱۰/۵۵	۰/۰۸۹	۰/۰۵۷
$a_2 \times b_1 \times 12$	۵۶/۶۷	۹/۴۱	۶۵/۷۵	۶۷/۸۵	۱/۰۳	۱۳/۳۶	۰/۱۳	۰/۱۰۸
$a_2 \times b_1 \times 13$	۶۶/۶۷	۱۱/۱۵	۶۷/۵۵	۷۵	۱/۱۱	۱۴/۲۶	۰/۱۵۳	۰/۱۲۲
$a_2 \times b_1 \times 14$	۸۰	۱۳	۹۳/۰۵	۹۵/۲	۱/۰۲	۱۸/۸۳	۰/۳۱۶	۰/۲۲
$a_2 \times b_1 \times 15$	۶۶/۶۷	۱۱/۲۷	۷۰/۳	۷۷/۷۵	۱/۱۰	۱۴/۸۱	۰/۱۹۶	۰/۱۳۲
$a_2 \times b_2 \times 1$	۴۳/۳۴	۶/۷۹	۴۲	۴۶/۷	۱/۱۱	۸/۸۷	۰/۰۸۸	۰/۰۷۴
$a_2 \times b_2 \times 2$	۴۰	۶/۵	۳۹/۲	۴۱/۸	۱/۰۶	۸/۱	۰/۰۶۴	۰/۰۵۵
$a_2 \times b_2 \times 3$	۷۰	۱۲/۱۸	۶۸/۴	۸۰/۰۵	۱/۱۷	۱۴/۸۵	۰/۲۵۲	۰/۱۸۱
$a_2 \times b_2 \times 4$	۴۳/۳۴	۷/۸۲	۴۴/۲	۴۸/۶۵	۱/۱۰	۹/۲۹	۰/۰۷۶	۰/۰۶۳
$a_2 \times b_2 \times 5$	۶۰	۱۰/۷۸	۶۴/۳	۷۰/۳۵	۱/۰۹	۱۳/۴۷	۰/۲۰۲	۰/۱۴۴
$a_2 \times b_2 \times 6$	۵۳/۳۴	۸/۱۸	۴۹/۲	۵۴/۱۵	۱/۱۰	۱۰/۳۴	۰/۰۹۷	۰/۰۸۳
$a_2 \times b_2 \times 7$	۵۳/۳۴	۸/۳۸	۵۷/۹	۶۳	۱/۰۸	۱۲/۰۹	۰/۱۱۸	۰/۰۹
$a_2 \times b_2 \times 8$	۶۰	۱۱/۰۳	۶۵/۴۵	۷۲/۳۵	۱/۱۰	۱۳/۷۸	۰/۲۱۴	۰/۱۵۶
$a_2 \times b_2 \times 9$	۷۰	۱۱/۰۶	۶۷/۴	۷۳/۵	۱/۰۹	۱۴/۰۹	۰/۲۳۴	۰/۱۶۹
$a_2 \times b_2 \times 10$	۶۰	۱۰/۶۳	۶۲/۷۵	۶۹	۱/۱	۱۳/۱۸	۰/۱۸۲	۰/۱۲۴
$a_2 \times b_2 \times 11$	۴۰	۵/۶۹	۳۱/۸	۳۸/۴۸	۱/۲۱	۷/۰۳	۰/۰۵۲	۰/۰۳۳
$a_2 \times b_2 \times 12$	۵۰	۸/۵۶	۵۰/۶	۵۴/۵۵	۱/۰۷	۱۰/۵۲	۰/۱۰۳	۰/۰۸۳
$a_2 \times b_2 \times 13$	۵۶/۶۷	۱۰/۱۱	۶۰/۶	۶۵/۴۵	۱/۰۸	۱۲/۶۱	۰/۱۲۹	۰/۱۰۵
$a_2 \times b_2 \times 14$	۷۳/۳۳	۱۲/۳۲	۷۶/۱	۸۹/۸	۱/۱۸	۱۶/۵۹	۰/۲۷۱	۰/۱۹
$a_2 \times b_2 \times 15$	۶۰	۱۰/۵۲	۶۲/۱۵	۶۷/۲۵	۱/۰۸	۱۲/۹۴	۰/۱۵۱	۰/۱۱۴
$a_2 \times b_3 \times 1$	۴۳/۳۴	۶/۶۸	۳۸/۴۵	۴۱/۷۵	۱/۰۸	۸/۰۲	۰/۰۷۴	۰/۰۶۴
$a_2 \times b_3 \times 2$	۴۳/۳۴	۶/۴۲	۳۵/۳۵	۳۷/۹۵	۱/۰۷	۷/۳۳	۰/۰۵۷	۰/۰۴۶
$a_2 \times b_3 \times 3$	۶۰	۱۱	۷۱/۳۵	۷۵/۷۵	۱/۰۶	۱۴/۷۱	۰/۲۳۱	۰/۱۷۱
$a_2 \times b_3 \times 4$	۵۰	۷/۴۱	۴۶/۹	۵۰/۳۵	۱/۰۷	۹/۷۳	۰/۰۶۵	۰/۰۵۶
$a_2 \times b_3 \times 5$	۶۳/۳۳	۱۰/۳۷	۶۲/۸	۶۶/۶۵	۱/۰۶	۱۲/۹۵	۰/۱۹	۰/۱۳۴
$a_2 \times b_3 \times 6$	۵۶/۶۷	۸/۱۱	۵۱/۱	۵۲/۶۵	۱/۰۳	۱۰/۳۸	۰/۰۸۲	۰/۰۷۴
$a_2 \times b_3 \times 7$	۵۳/۳۴	۸/۱۸	۵۹/۸	۵۹	۰/۹۸	۱۱/۸۸	۰/۰۹۲	۰/۰۸۳
$a_2 \times b_3 \times 8$	۶۳/۳۳	۱۰/۵۲	۶۶/۵	۶۹/۸۵	۱/۰۵	۱۳/۶۴	۰/۲۰۲	۰/۱۴۵
$a_2 \times b_3 \times 9$	۷۰	۱۰/۷۸	۶۹/۲۵	۷۱/۳۵	۱/۰۳	۱۴/۰۶	۰/۲۱۵	۰/۱۵۵
$a_2 \times b_3 \times 10$	۶۰	۱۰/۳۳	۶۲/۳	۶۵/۷	۱/۰۵	۱۲/۸	۰/۱۶۷	۰/۱۲
$a_2 \times b_3 \times 11$	۴۶/۶۷	۵/۳۹	۲۵/۵	۳۱/۲۷	۱/۳۵	۵/۶۸	۰/۰۴۵	۰/۰۲۷
$a_2 \times b_3 \times 12$	۵۳/۳۴	۸/۴۲	۵۱	۵۲/۹	۱/۰۳	۱۰/۳۹	۰/۰۸۵	۰/۰۷۵
$a_2 \times b_3 \times 13$	۵۶/۶۷	۹/۹۸	۵۳/۶	۶۲/۶	۱/۱۶	۱۱/۶۲	۰/۱۰۵	۰/۰۹۵
$a_2 \times b_3 \times 14$	۷۰	۱۱/۲۳	۷۲/۶	۷۹/۲۵	۱/۰۹	۱۵/۱۹	۰/۲۶۱	۰/۱۸۲
$a_2 \times b_3 \times 15$	۶۰	۱۰/۱۳	۵۹/۲۵	۶۴/۲	۱/۰۸	۱۲/۳۵	۰/۱۱۵	۰/۱۰۸
LSD٪۵	۶/۰۹	۰/۸۱	۴/۲۵	۴/۲۲	۰/۰۷۲	۰/۸۲	۰/۰۵	۰/۰۵

a_1 و a_2: به ترتیب بدون تنش و دارای تنش خشکی(bar -8)

b1، b2 و b3: به ترتیب بدون تنش شوری و دارای تنش ۲ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر

شماره ۱ تا ۱۵ ژنوتیپ‌های عدس

اگرچه اثر متقابل سه جانبه در این تحقیق معنی‌دار بود اما اثر متقابل تنش‌های خشکی و شوری در هر رقم از نوع تغییر در مقدار بود و نه تغییر در ترتیب. لذا با استفاده از متوسط صفات هر رقم روابط بین صفات برآورد گردید. ضرایب همبستگی ساده (جدول ۴) بین صفات مورد مطالعه، براساس میانگین داده‌ها نشان داد که بین کلیه صفات مورد بررسی بجز صفت نسبت طول ساقه‌چه به طول ریشه‌چه، همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد. صالحی و همکاران (۲۰) نیز در بررسی ژنوتیپ‌های عدس تحت شرایط تنش خشکی با استفاده از پلی اتیلن گلایکول، همبستگی مثبت و معنی‌دار بین صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه را برآورد کردند. وجود همبستگی مثبت و معنی دار بین صفات درصد جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه تحت شرایط شوری نیز توسط ولدیانی و همکارن (۲۷) گزارش شده است. در اصلاح گیاهان، درک و فهم روابط میان صفات و تعیین میزان همبستگی بین صفات در گزینش غیرمستقیم

برای صفاتی که به آسانی قابل اندازه‌گیری نمی‌باشند، یا صفاتی که وراثت‌پذیری کمی دارند، بسیار مهم است. ولی هنگامی‌که شمار متغیرهای مستقل مؤثر بر صفت وابسته زیاد می‌شود، میزان وابستگی صفات به یکدیگر محدود شده، در چنین شرایطی، همبستگی‌ها به تنهایی نمی‌توانند روابط اساسی متغیرها را توجیه کنند، لذا تجزیه رگرسیون و علیت انجام می‌گیرد (۲۹). تجزیه رگرسیون برای وزن تر گیاهچه به‌عنوان متغیر وابسته در مقابل بقیه صفات به‌عنوان متغیرهای مستقل انجام شد، تا صفاتی که نقش مهمتری در توجیه این صفت دارند مشخص شود. صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه چه و نسبت طول ساقه‌چه به طول ریشه‌چه در مدل رگرسیون نهایی باقی‌ماند و به‌عنوان اجزای موثر بر وزن تر گیاهچه محسوب شدند:

$$Y = -۱/۱۹۹ + ۰/۰۱۸X_1 - ۰/۰۱۱X_2 + ۰/۸۷۷\ X_3$$

که در این مدل X_1، X_2، X_3 و Y به ترتیب طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه و وزن تر گیاهچه می‌باشند. ضریب تبیین تصحیح شده R^2=۰/۹۵ نشان داد که بیش از ۹۰ درصد تغییرات وزن تر گیاهچه توسط این صفات قابل توجیه است. تجزیه علیت بر اساس صفات وارد شده به مدل نهایی رگرسیون صورت گرفت (جدول ۵).

جدول ۴- ضرایب همبستگی ساده بین صفات جوانه‌زنی در ژنوتیپ‌های عدس تحت شرایط تنش خشکی و شوری

Table 4. Simple correlation coefficient between germination traits in lentil genotypes under drought and salinity stress

	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	طول گیاهچه	نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه	وزن خشک گیاهچه	وزن تر گیاهچه
سرعت جوانه‌زنی	۰/۹۸**							
طول ریشه‌چه	۰/۹۷**	۰/۹۷**						
طول ساقه‌چه	۰/۹۷**	۰/۹۸**	۰/۹۹**					
طول گیاهچه	۰/۹۷**	۰/۹۸**	۰/۹۹**	۰/۹۹**				
نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه	-۰/۴۴	-۰/۴۲	-۰/۵۲*	-۰/۴۲	-۰/۴۷			
وزن تر گیاهچه	۰/۹۳**	۰/۹۴**	۰/۹۴**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	-۰/۳۹		
وزن خشک گیاهچه	۰/۹۳**	۰/۹۴**	۰/۹۴**	۰/۹۷**	۰/۹۷**	-۰/۴۱	۰/۹۹**	

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۵- تجزیه علیت وزن تر گیاهچه ژنوتیپ‌های عدس تحت شرایط تنش خشکی و شوری

Table 5. Path analysis of seedling fresh weight in lentil genotypes under drought and salinity stress

صفات وارد شده به مدل	اثر مستقیم	اثر غیرمستقیم از طریق			همبستگی
		طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه	
طول ریشه چه	۲/۹۲	---	-۱/۷۶	-۰/۱۹	۰/۹۶**
طول ساقه چه	-۱/۷۷	۲/۹۰	---	-۰/۱۶	۰/۹۶**
نسبت طول ساقه چه به ریشه چه	۰/۳۷	-۱/۵۳	۰/۷۶	---	-۰/۳۹
اثر باقی‌مانده	۰/۱۹				

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

بیشترین اثر مستقیم مثبت بر وزن تر گیاهچه به صفت طول ریشه‌چه (۲/۹۲۶) تعلق داشت، با این حال از طریق صفات طول ساقه‌چه و نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه باعث کاهش در وزن تر گیاهچه شده بود. طول ساقه‌چه علیرغم داشتن اثر مستقیم منفی بر وزن تر گیاهچه، از طریق طول ریشه‌چه بیشترین اثر غیر مستقیم مثبت (۲/۹۰۳) را بر وزن تر گیاهچه نشان داد. نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه به صورت مستقیم و نیز از طریق طول ساقه‌چه به صورت غیرمستقیم سبب افزایش وزن تر گیاهچه شده بود ولی از طریق طول ریشه‌چه اثر غیر مستقیم منفی بر وزن تر گیاهچه داشت. با توجه به نتایج تجزیه رگرسیون و علیت به نظر می‌رسد افزایش طول ریشه‌چه در شرایط تنش نقش موثری در میزان وزن تر گیاهچه دارد. غربی (۱۱) نیز گزارش کرد که در تجزیه رگرسیونی وزن تر گیاهچه گندم دوروم تحت شرایط توام خشکی و شوری صفات طول ریشه‌چه و سرعت جوانه‌زنی وارد مدل شدند و در تجزیه علیت آن طول ریشه‌چه اثر مستقیم مثبت و بالایی روی وزن گیاهچه داشت.

به‌طورکلی در تحقیق حاضر، با افزایش سطوح خشکی و شوری ارزش اکثر صفات در ژنوتیپ‌ها کاهش یافت، اما میزان کاهش در بین ژنوتیپ‌ها متفاوت بود، به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های کلیبر و شاوی ورزقان کمترین درصد کاهش رشد صفات مرتبط با گیاهچه را نشان دادند. لذا بنظر می‌رسد شوری از طریق افزایش فشار اسمزی و بالطبع کاهش جذب آب توسط بذرها (اعمال تنش خشکی مضاعف) و همچنین از طریق اثرات سمی یون‌های مختلف مانند سدیم و کلر، جوانه‌زنی بذرها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تجزیه‌های رگرسیون و علیت نشان داد که صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و نسبت طول ساقه‌چه به طول ریشه‌چه به عنوان اجزای مؤثر بر وزن ترگیاهچه می‌باشند که در این میان طول ریشه‌چه اثر مستقیم مثبت و بالایی روی وزن گیاهچه دارد.

بدین‌وسیله از زحمات خانم‌ها مهندس سمن چلبیانی، مهندس مهناز شریفی و آقای مهندس احمد بابازاده که در اجرای این تحقیق همکاری صمیمانه‌ای داشتند قدردانی می‌شود.

منابع

1. Ahmad, F., P. Gore and J. Croser. 2005. Chickpea (*Cicer arietinum* L.). In Genetic Resources, Chromosome Engineering and Crop Improvement – Grain Legumes, Vol. 1 (Singh, R. and Jauhar, P., eds). USA: CRC Press, 185-214 pp.
2. Allen, S.G., A.K. Dobrenz and P.G. Bartels. 1986. Physiological response of salt tolerant and non tolerant alfalfa to salinity during germination. Crop Science, 26: 1004-1008.
3. Aniatul-Haq, H., R. Vamil and R.K. Agnihotri. 2012. Effect of osmotic stress (PEG) on germination and seedling survival of lentil (Lens culinaris M.). Research Journal of Agricultural Sciences, 1: 201-202.
4. Asadi Chleshtari, C., A.E. Hasanzadeh Gorottapeh and A. Fayaz Moghaddam. 2007. Study of drought tolerance indices in lentil landraces in west Azarbayjan. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 13: 79-80 (In Persian).
5. Ashraf, M. and A. Waheed. 1990. Screening of local exotic of lentil (*Lens Culinaris* M.) for salt tolerance at two growth stages. Plant and Soil, 128: 167- 176.
6. Bakhtiar, B. and A. Shaykra. 1990. Drought tolerance in lentil. II differential genotypes response to drought. Journal of Agricultural Research, Lahore, 28:117-126.
7. Chadho, K. and G. Rajender. 1995. Advance in horticulture medicinal and aromatic plants. Maldorta Publisher. New Delhi, 11 pp.
8. Cicerali, I.N. 2004. Effect of salt stress on antioxidant defense systems of sensitive and resistant cultivars of lentil (*Lens culinaris* M.). M.Sc. Thesis, 90 pp.
9. De, F. and R.K. Kar. 1994. Seed germination and seedling growth of mung bean (*Vigna radiate*) under water stress included by PEG-6000. Seed Science and Technology, 23: 301-304.
10. El- Monem, A. and M. Sharaf. 2008. Tolerance of five genotypes of lentil to NaCl-salinity stress. New York Science Journal, 1: 70-80 pp.
11. Gharbi, A. 2012. Evaluation of durum wheat genotype for drought and salinity stress in lab and greenhouse conditions. Thesis of M. of Sc. In plant breeding, Islamic Azad University, Tabriz Branch, 97 pp (In Persian).
12. Hashemzadeh, J. and H. Monirifar. 2016. Agro-morphological traits variation in some lentil landrace cultivars from northwest of Iran. Journal of Crop Breeding, 8: 102-111 (In Persian).
13. Kafi, M., H. Hosseini, A. Masomi and A. Nezami. 2006. Physiological effects of drought stress induced of PEG on lentil genotypes germination. Journal of Iran Agronomic Researches, 3: 69-80.
14. Kagan, K., T. Karakoy, A. Bakoglu 3 and M. Akçura. 2010. Determination of salinity tolerance of some lentil (*Lens culinaris* M.) varieties. Journal of Food Agriculture & Envronment, 8: 140-14.
15. Mahajan, S. and N. Tutejan. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. Archives of Biochemistry and Biophysics, 444: 139-158.
16. Manchanda, G. and N. Garg. 2008. Salinity and its effects on the functional biology of legumes. Acta Physiologiae Plantarum, 30: 595- 618.
17. Okcu, G., M.D. Kaya and M. Atak. 2005. Effect of salt and drought stress on germination and seedling growth of pea (*Pisum aestivum* L.) Turkish journal of agriculture and forestry, 29: 237- 241.
18. Puppala, N., J.L. Poindexter and H.L. Bhardwaj. 1999. Evaluation of salinity tolerance of canola germination. In: J. Janick (ed.) Perspectives on new crops and new uses. ASHS Press, Alexardria, 251-253.
19. 19 Rehman, S., P.J.C. Harris, W.F. Bourne and J. Wikin. 1996. The effect of sodium chloride on germination and the potassium and calcium contents of Acacia seeds. Seed Science & Technology, 25: 45-57.
20. Salehi, M., F. Shekari and A. Hagnazari. 2008. Study of drought tolerance by use stability test of cell membrane and germination index in lentil genotypes. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 14: 39-50 (In Persian).
21. Sarker, A., A. Ayogan, S.H. Sabaghpour, I. Kusmnoglu, B. Sakr, W. Erskine and J. Muehlbauer. 2004. Lentil improvement for the benefit of highland farmers. In Proceedings of the 4th International Crop Science Congress. Brisbane, Australia, 271-278.
22. Soltani, A., F.R. Koie, K. Ghassemi and M. Moghaddam. 2001. A simulation study of chickpea crop response to limited irrigation in semi-arid environments. Agricultural Water Management, 49: 225-237.
23. Takel, A. 2000. Seedling emergence and growth of sorghum genotypes under variable soil moisture deficit. Agronomy Journal, 48: 95-102.
24. Tesfaye, A., Y. Petros and H. Zeleke. 2014. Screening some accessions of lentil (*Lens Culinaris* M.) for salt tolerance at germination and early seedling stage In Eastern Ethiopia. International Journal of Technology Enhancements and Emerging Engineering Research, 2: 106-113.
25. Turk, M.A., A.R.M. Tahawa and K.D. Lee. 2004. Seed germination and seedling growth of three lentil cultivars under moisture stress. Asian Journal of Plant Sciences, 3: 394-397.
26. Ul-Haq, A., R. Vamil and R. Agnihotri. 2010. Effect of osmotic stress (PEG) on germination and seedling survival of lentil (*Lens culinaris* M.). Research Journal of Agricultural Sciences, 1: 201-204.
27. Valadyani, A., A. Hasanzadeh and M. Tajbakhsh. 2006. Study of salinity stress effects on germination and seedling growths of new hi yields variety of canola. Journal of Researches and Construction (Agronomy and horticulture), 66: 23-31.
28. Valizadeh, M. and M. Moghaddam. 2009. Experimental designs in agriculture (4th Edition). Tabriz, Parivar press, 451 pp (In Persian).
29. Vanda, M., M. Khodambashi, S. Houshmand, B. Shiran and R. Amiri Fahliani. 2016. Relationship between grain yield and its components in two F3 lentil (*Lens Culinaris* Medik) populations. Journal of Crop Breeding, 8: 140-148 (In Persian).
30. Yagmur, M. and D. Kaydan. 2008. Early seedling growh and relative water content of-Triticale varieties under osmotic stress of water and NaCl. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 4: 767-772.

Germination Response and Seedling Traits of Lentil Landrace Genotypes to Drought and Salinity Stress and Path Analysis of Seedling Weight under Laboratory Conditions

Varahram Rashidi

Associate professor, of Department of Agronomy and Plant Breeding, Tabriz Brach, Islamic Azad University, Tabriz, Iran (Corresponding Author: Rashidi.varahram@gmail.com)
Receive: January 18, 2016 Accepted: February 26, 2017

Abstract

In order to evaluate of lentil landrace genotypes response via germination and seedling traits to drought and salinity stress, one factorial experiment with three factors (drought, salinity and genotypes) on bias Completely Randomized Design was conducted with three replications at the laboratory of agricultural faculty of Islamic Azad University of Tabriz branch. The levels of factors were including two level of drought stress (control and -8 bar by PEG_{6000}), three level of salinity (0, 2 and 4 ds/m by water of Oromyieh lake) and 15 landraces genotypes. Variance analysis result showed genotype×drought×salinity interaction was significant for all studied traits, which shows the different responses of genotypes to drought and salinity stress for all traits. Mean comparison of traits for interaction of genotype × drought × salinity showed that germination and seedling traits value in all genotypes was significantly reduced; however, this reduction was different in different genotypes. So Kaleybar and Shavi Varzeghan genotype expressed least reduction of these traits. The regression and path analysis for seedling weight showed length of root had the highest direct on seedling weight under drought and salinity stress.

Keywords: Drought, Lentil, Path analysis, Regression, Salinity