نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸، ص. ۱۸۰-۱۶۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.2, Summer 2019, P. 169-180
ISSN: 2008 - 4730

اثر تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلایکول بر جوانه‌زنی و برخی صفات بذور توده‌های گیاه دارویی شنبلیله (*Ttigonella foenum- graecum* L.)

حسن فرهادی[۱] - مجید عزیزی[۲*] - سید حسین نعمتی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۰۴

چکیده:

تنش‌های محیطی به ویژه خشکی، از مهمترین عوامل کاهش رشد در مراحل رشد و نمو گیاه مخصوصاً مرحله جوانه‌زنی گیاه می‌باشد. بدین منظور در این آزمایش عکس العمل هشت توده بومی شنبلیله از اصفهان، تبریز، همدان، ساری، چالوس، آمل، مشهد و یاسوج به تنش خشکی در طی مراحل جوانه‌زنی در سطوح خشکی صفر، ۳-، ۶- و ۹- بار که با استفاده محلول پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ (PEG 6000) اعمال شده بود، در آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط کنترل شده در آزمایشگاه تحصیلات تکمیلی گروه علوم باغبانی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۳ بررسی شد. صفات مورد بررسی شامل: درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، وزن خشک گیاهچه و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه بودند. بین کلیه توده‌ها و سطوح مختلف تنش برای کلیه صفات تفاوت معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) مشاهده گردید و اثر متقابل برای تمامی صفات به جز طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه معنی‌دار بود. توده‌های مختلف پاسخ‌های متفاوتی به خشکی نشان دادند به طوری‌که متحمل‌ترین آن‌ها توده‌های اصفهان، مشهد و چالوس بودند که در اکثر صفات اندازه گیری شده برتر بودند و توده‌های آمل و ساری در رده‌های بعد و توده‌های تبریز، همدان و یاسوج نسبت به شش توده دیگر حساسیت بیشتری به تنش خشکی نشان دادند. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، به نظر می‌رسد بتوان از این سه توده برای اصلاح توده‌هایی با پتانسیل عملکرد زیاد در مناطق خشک استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: توده بذر، درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی، کمبود آب

مقدمه

خشکی یک رویداد هواشناختی است که به دلیل عدم وقوع بارندگی در یک دوره زمانی اتفاق می‌افتد. با وقوع تنش خشکی، آب قابل دسترس خاک کاهش یافته ولی تلفات آب از طریق تبخیر و تعرق به طور مداوم افزایش می‌یابد (۱۵). تنش خشکی از عمده ترین عوامل غیر زیستی محدود کننده رشد و عملکرد محصولات زراعی در اکثر مناطق دنیا می‌باشد و در ایران نیز به جز سواحل دریای خزر و قسمت‌های کوچکی از شمال غربی کشور، بقیه مناطق تماماً جزو مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شوند (۲۸). گزارش شده است که گیاهان حداقل در قسمتی از دوره رشدی خود در اثر ائتلاف بیش از حد آب یا کاهش جذب آب و یا هر دو مورد، از تنش خشکی متأثر می‌شوند (۱).

اولین مرحله‌ای که گیاه ممکن است با خشکی مواجه شود، جوانه زنی است. از آنجایی‌که جوانه‌زنی با جذب آب آغاز می‌شود، کمبود آب در این مرحله بر حسب طول مدت و شدت تنش موجب عدم جوانه زنی و یا کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی می‌گردد (۲۷). تعاریف مختلفی برای جوانه‌زنی تعریف شده است، متخصصین فیزیولوژی جوانه‌زنی را به صورت خروج ریشه‌چه از پوسته بذر تعریف کرده‌اند (۲۵). جوانه‌زنی از مراحل مهم و حساس چرخه زندگی گیاهان و یک فرآیند کلیدی در سبزشدن گیاهچه به شمار می‌رود (۵). تنش آب از مهمترین عوامل ناتوانی بذور برای جوانه‌زنی است زیرا این تنش سرعت و درصد جوانه‌زنی را به تدریج کاهش می‌دهد و در نهایت استقرار گیاهچه را به تأخیر می‌اندازد (۲۴). توانایی جذب آب توسط بذر نیز بستگی به پتانسیل آب در خاک دارد. چنان چه پتانسیل آب خاک منفی‌تر باشد بذر به سختی آب جذب می‌کند و این مسئله می تواند به جوانه‌زنی و سبز شدن گیاه آسیب جدی وارد کند. فرآیند جوانه زنی توسط عوامل محیطی و هورمونی کنترل می‌شود و در بین عوامل

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استاد و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
(*- نویسنده مسئول: (Email: azizi@um.ac.ir
DOI: 10.22067/jhorts4.v0i0.47670

محیطی نور، اکسیژن، درجه حرارت و دسترسی بـه آب نقـش مهمـی دارند (۱۱). ذخیره آب خاک یکی از مهمترین عوامل محیطی می‌باشد که جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه را کنترل می‌کند (۱۰). توانـایی جوانـه زنی بذرها تحت شرایط تنش رطوبتی شـانس اسـتقرار بیشـتر گیـاه و تراکم بالاتر را در پی دارد که در نتیجه منجر به افزایش عملکـرد مـی شود (۲).

به دلیل ناهمگون بودن خـاک در مزرعـه و عـدم امکـان کنتـرل عوامـل محیطـی در شـرایط مزرعـه از جملـه تـنش خشـکی، انجـام تحقیقات آزمایشگاهی در زمینه تنش در شرایط آزمایشگاه مورد توجـه قرار گرفته است. از جمله این روش‌ها می‌توان به بررسی واکنش توده ها به محلول‌های حاصل از مواد اسموتیکوم نظیر پلی اتیلن گلایکول اشاره داشت (۳). پلی اتیلن گلایکول یکی از مواد با جرم مولکولی بالا است که به دلیل ایجاد محلولی بـا شـرایط مشـابه طبیعـی بیشـترین کاربرد را در تحقیقات تحمل به تنش خشکی پیدا کـرده اسـت. پلـی اتیلن گلایکول ماده‌ای غیر سمی است که در بافت‌های گیاه نفوذ نمی کند لذا برعکس موادی همچون کلرید سدیم، مانیتول و ساکارز باعث صدمه به گیاه نمی‌شوند (۹).

شنبلیله[1](*Trigonalla foenum-graecum* L.)، یک گیاه علفـی یکساله، متعلق به تیره نیامداران (*Fabaceae*)، دارای خواص دارویـی متعدد نظیر اثر تقویتی، ملین، اشتها آور، خلط آور، ضـد تـب، افـزایش میزان شـیر در دوران شـیردهی و کـاهش دهنـده قنـد خـون اسـت. همچنین، شنبلیله دارای اسید نیکوتینیک یا نیاسین می‌باشد کـه ایـن ویتامین باعث جلوگیری از بیماری پلاگر می‌گردد. شـنبلیله دارای اثـر گشاد کنندگی بر عروق خونی بوده و از بـروز سـکته قلبـی جلـوگیری می‌کند (۲۲).در مورد برخـی زمینـه‌هـای زراعـی شـنبلیله، تحقیقـاتی صورت گرفته است، اما تا کنون تحقیقی در خصوص اثـر خشـکی بـر جوانه‌زنی بذر شنبلیله و شاخصهای رشد اولیـه گـزارش نشـده اسـت. بنابراین با توجه به پتانسیل دارویی این توده‌ها، تحقیق حاضر با هدف ارزیابی تحمل به تنش خشکی هشـت تـوده‌بـومی شـنبلیه در مرحلـه جوانه‌زنی انجام شد. اثرات تنش خشکی بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچـه در گیاهان مختلف توسط محققین گـزارش شـده اسـت (۱۶). هاکـل (۱۳) گزارش کرد که سرعت و درصد جوانه‌زنی ارقام لوبیا بـا افـزایش تنش خشکی کاهش می‌یابد کـه درصـد کـاهش سـرعت جوانـه‌زنـی نسبت به درصد جوانه‌زنی بیشتر بود. مطالعه حاضر با هدف بررسـی و مطالعه صفات مربوط به جوانه زنی تـوده‌هـای بـومی شـنبلیله تحـت شرایط تنش خشکی و شناسایی توده‌های متحمل بود. مطالعه حاضـر با هدف بررسی و مطالعه صفات مربوط به جوانه‌زنی توده‌هـای بـومی شنبلیله تحت شرایط تنش خشکی و شناسایی توده‌های متحمل بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر خصوصـیات جوانـه‌زنـی و رشد گیاهچه تـوده‌هـای بـومی شـنبلیله آزمایشـی در سـال ۱۳۹۳در آزمایشگاه تحصیلات تکمیلی گروه علوم باغبـانی دانشـگاه فردوسـی مشهد، به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا گردیـد. تیمارهای آزمایشی شامل هشت توده بومی شنبلیله از اصفهان، تبریـز، همدان، ساری، چالوس، آمل، مشهد و یاسـوج بـا چهـار سـطح تـنش خشکی (شامل پتانسیل‌هـای آبـی صـفر، ۳-، ۶- و ۹- بـار) در سـه تکرار بودند. در این آزمایش برای شبیه‌سـازی تـنش خشـکی از پلـی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ (PEG 6000) استفاده شد و مقدار لازم از ایـن ماده جهت ایجاد هر یک از سطوح تنش با استفاده از فرمول میشـل و کافمن (۱۹) برآورد شد. برای ایجاد سطح تنش صفر (تیمار شـاهد) از آب مقطر استفاده شد. بذر توده‌های شنبلیله از سازمان جهاد کشاورزی شهرهای اصفهان، تبریـز، همـدان، سـاری، چـالوس، آمـل، مشـهد و یاسوج خریداری شده و قبل از شروع آزمایش با محلـول هیپوکلریـت سدیم سه درصد (وایتکس) به مدت دو دقیقه ضدعفونی و سپس سـه مرتبه با آب مقطر شستشو شدند. ظروف پتری، پـنس، پیپـت و کاغـذ صافی‌ها در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت دو ساعت در اتوکلاو حرارت داده شده تا ضدعفونی شوند. بعد از انجام عمـل ضـدعفونی و اتیکت گذاری ظرف پتری، تعداد ۳۵ عدد بذر ضدعفونی شده در داخل پتری دیش‌هایی (به قطر ۹ سانتی‌متر و ارتفاع ۱/۵ سـانتی‌متـر) کـه حاوی دو عدد کاغذ واتمن شماره یک بودنـد قـرار داده شـده و بـرای اعمال سطوح تنش خشکی مقدار پنج میلی‌لیتر از محلول مورد نظر به هر پتری دیش اضافه گردید. سپس به منظور ممانعت از تغییر سـطوح تنش تعیین شده در اثر تبخیر آب از سطح پتـری دیـش، تمـام پتـری دیش‌ها در درون یک نایلون شفاف قرار گرفته و سپس داخل دستگاه جوانه‌زنی (اتاقک کشت) با دمای ۲۵/۲۲ درجه سانتیگراد (شـب/ روز) و ۱۶/۸ ساعت نور (تاریکی/ روشـنایی) و رطوبـت نسـبی ۶۰ درصـد قرارگرفتند. هر زمان که محیط کشت نیاز به محلول داشت به تکرارها به اندازه مساوی محلول اضافه شد. عمل شمارش بذور جوانه زده بـه صورت روزانه و تا ثابت شدن جوانه‌زنی (۱۲ روز) ادامـه یافـت. معیـار جوانه‌زنی در این آزمایش ظهور ریشه‌چه به اندازه دو میلی‌متر (۲۱) در نظر گرفته شد. درصد جوانه‌زنی بذرها از طریق فرمـول زیـر محاسـبه گردید:

درصد جوانه‌زنی = (تعداد کل بذرها / تعداد بذر جوانه‌زده تا روز آخر) × ۱۰۰

برای اندازه‌گیری سرعت جوانه‌زنی از روش مـاگوئیر (۱۹۶۲) و از معادله ۱ استفاده گردید. در این فرمول R_s سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر جوانه‌زده در روز اندازه‌گیری)، S_i تعداد بذر جوانه‌زده در هر شـمارش و

1- *Trigonalla foenum-graecum* L.

D_i تعداد روز در هر شمارش تا روز آخر (n) بود.

$$R_s = \sum_{i=1}^{n} \frac{S_i}{D_i} \quad (۱)$$

در پایان روز دوازدهم، بذرها از پتری خارج و صفاتی چون طول ریشه‌چه و ساقه‌چه اندازه‌گیری و سپس به منظور تعیین وزن خشک هر یک از اجزاء، نمونه‌های مربوط به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد درون آون قرار داده شدند و پس از آن نمونه‌های ریشه و ساقه با استفاده از ترازو با حساسیت ۰/۰۰۱ گرم توزین گردید. تجزیه و تحلیل آماری نتایج آزمایش با استفاده از برنامه آماری SAS 9.1 صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و با آزمون LSD انجام شد. برای رسم نمودارها نیز از برنامه Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

۱- تجزیه واریانس اثر توده و تنش خشکی روی درصد جوانه‌زنی

اثرات ساده و متقابل عوامل آزمایشی از نظر درصد جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس خصوصیات جوانه‌زنی مربوط به تأثیر سطوح مختلف خشکی در هشت توده شنبلیله

Table 1- ANOVA for the effect of different levels of drought on germination characteristics of the fenugreek landraces

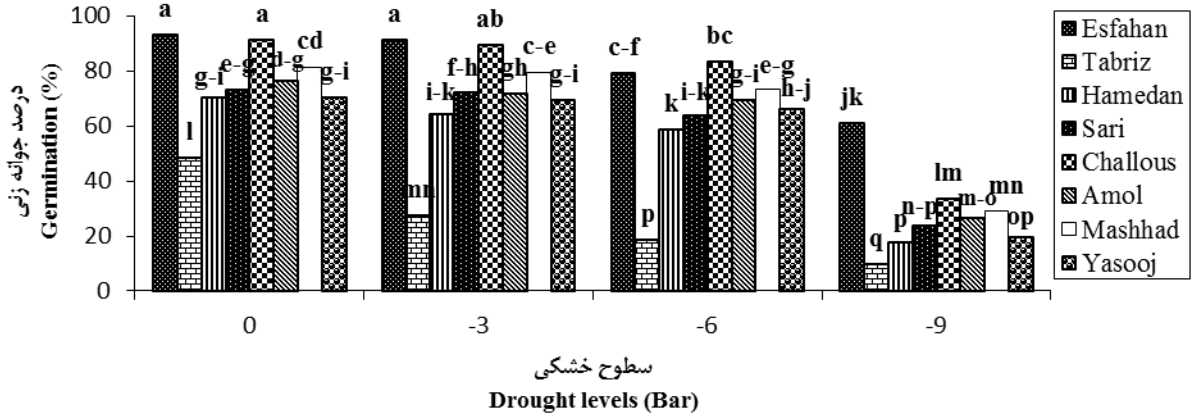
منابع تغیرات S.O.V	درجه آزادی Df	درصد جوانه‌زنی Percentage of germination	سرعت جوانه زنی Rate of germination	طول ریشه‌چه Length of radicle	طول ساقه‌چه Length of plumule	وزن خشک ریشه چه Radicle dry weight	وزن خشک ساقه چه plumule dry weight	وزن خشک گیاهچه Shoot dry weight	نسبت طول ریشه چه به ساقه چه Root shoot ratio
توده Landrace	7	3272.90**	150.69**	828.53**	833.51**	3.78**	13.50**	30.16**	0.38**
تنش Stress	3	11339.79**	921.87**	9587.66**	2829.57**	5.85**	15.68**	39.07**	0.71**
تنش×توده Landrace×Stress	21	141.98**	15.45**	13.74ns	18.46ns	0.08**	0.25**	0.50**	0.10**
خطا Error	64	18.55	1.54	12.78	11.94	0.006	0.02	0.04	0.009
ضریب تغییرات C.V (%)		10.23	7.64	12.44	5.65	7.05	7.41	7.63	10.03

* و **؛ به ترتیب معنی‌داری در سطح یک درصد و پنج درصد و ns عدم معنی‌داری آماری را نشان می‌دهد.

* ,** ؛ Significant at 1% and 5% level probability, respectively and ns not statistically significant

در بررسی اثر متقابل توده و خشکی میزان کاهش درصد جوانه‌زنی توده‌های بومی شنبلیله اصفهان، تبریز، همدان، ساری، چالوس، آمل، مشهد و یاسوج در سطح آخر خشکی (۹- بار) نسبت به شاهد (۰ بار) به ترتیب ۳۴/۴۱، ۸۰/۰۱، ۷۵، ۶۷/۴۵، ۶۳/۴۴، ۶۵/۱۶، ۶۴/۴۴، ۷۲/۱۶ درصد بودند. همانطورکه مشاهده می‌شود توده اصفهان از نظر درصد جوانه‌زنی از ثبات بیشتری ناشی از تغییرات سطوح خشکی برخوردار بوده است به‌طوری‌که درصد جوانه‌زنی مربوط به این توده در سطح آخر خشکی نسبت به سطح شاهد کمترین کاهش را نسبت به سایر توده‌ها داشته است (شکل ۱). مقایسه میانگین‌های اثرات ساده نشان داد که درصد جوانه‌زنی در توده‌های مورد بررسی از ۲۵/۹۷ الی ۸۱/۱۰ درصد به ترتیب مربوط به توده‌های تبریز و اصفهان متغیر بوده است. در ضمن توده‌های چالوس، مشهد، آمل، ساری، یاسوج و همدان در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. بنابراین توده اصفهان نسبت به سایر توده‌های مورد آزمایش متحمل‌ترین توده در برابر خشکی از نظر درصد جوانه‌زنی می‌باشد. البته در بین توده‌های ساری، چالوس و یاسوج از نظر آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). طی پژوهشی ایراکی و همکاران (۱۴) نشان دادند که علت کم شدن درصد جوانه‌زنی در شرایط کم آبی و پتانسیل اسمزی منفی، در نتیجه تأثیر اسمزی محیط و عدم تعادل یونی است. همچنین پلی اتیلن گلایکول با ایجاد تنش خشکی باعث کاهش هیدرولیز مواد اندوخته‌ای دانه و در نتیجه کاهش درصد جوانه‌زنی می‌شود. با کاهش پتانسیل آب درصد جوانه‌زنی روند کاهشی حاصل نموده است، به-

طوری‌که این صفت در تیمار شاهد و تیمار تنش شدید به ترتیب بین ۷۵/۴۵ و ۲۷/۵۴ درصد متغیر بوده است، همچنین چهار سطح خشکی به چهار گروه آماری تفکیک گردیدند (جدول ۳). طی پژوهشی توبه و همکاران (۲۹) بیان نمودند که دانه‌ها برای انجام فرآیند جوانه‌زنی، بایستی به اندازه کافی آب جذب نمایند، مواد موجود در محیط کشت از جمله PEG سبب کاهش جذب آب توسط دانه و متعاقب آن تأخیر و یا توقف جوانه‌زنی می‌شوند. تنش خشکی و محدویت جذب آب توسط دانه، از طریق تأثیر بر انتقال ذخایر دانه و سنتز پروتئین‌ها در جنین احتمال اصلی کاهش میزان جوانه‌زنی است (۶).



شکل ۱- اثر متقابل توده × خشکی بر درصد جوانه زنی بذر گیاه شنبلیله

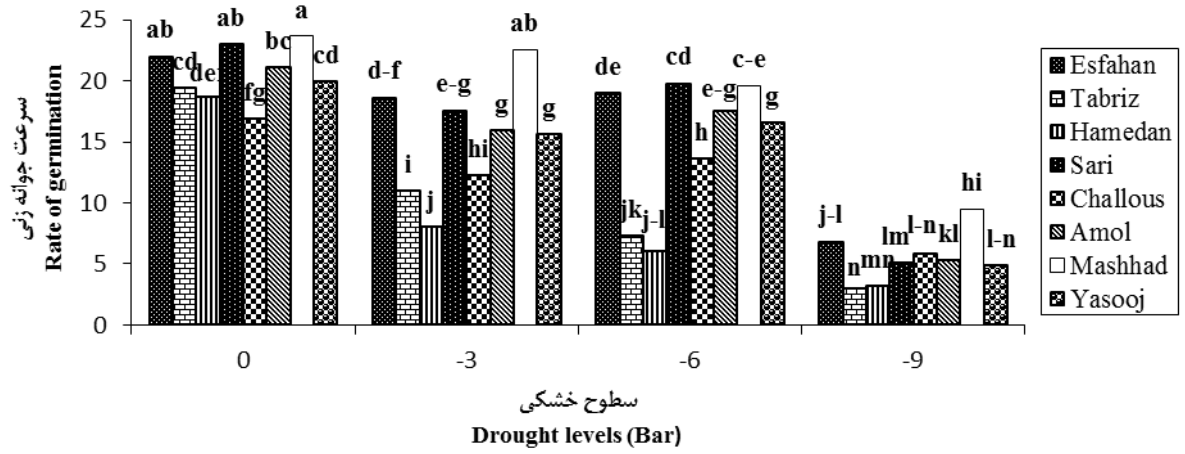
Figure 1- Interaction effect of landrace × drought on germination (%) of Fenugreek seed

۲- اثر توده و تنش خشکی روی سرعت جوانه‌زنی

طبق نتایج تجزیه واریانس، تمامی اثرهای ساده و متقابل در مورد صفت سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بررسی اثر متقابل توده و خشکی نشان داد که توده مشهد در تیمار شاهد (۰ بار) با میانگین (۲۳/۷۳ بذر در روز) در سطح ۳- بار با میانگین (۲۲/۵۶ بذر در روز) در سطح ۶- بار با میانگین (۱۹/۵۸ بذر در روز) و در سطح ۹- بار با میانگین (۹/۵۲ بذر در روز) بیشترین سرعت جوانه‌زنی را در تمامی سطوح تنش داشت. برای این صفت در تنش شدید (۹- بار) نسبت به تیمار شاهد (۰ بار) توده تبریز بیشترین (۸۴/۵۲ درصد) کاهش را نشان داد. توده‌های اصفهان، چالوس، آمل، یاسوج، ساری و همدان از نظر سرعت جوانه‌زنی در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند به‌طوری‌که در سطح آخر خشکی (۹- بار) نسبت به شاهد (۰ بار) به ترتیب ۶۹/۰۳، ۶۵/۵۲، ۷۵/۱۳، ۷۵/۴۲، ۷۷/۷۳، ۸۲/۷۱ درصد کاهش نشان دادند (شکل ۲). مقایسه میانگین‌های اثرات ساده نشان داد که صفت سرعت جوانه‌زنی در توده‌های مورد بررسی از ۸/۹۸ الی ۱۹/۵۹ بذر در روز به ترتیب مربوط به توده‌های همدان و مشهد متغیر بوده است، در ضمن توده‌های اصفهان، ساری، آمل، یاسوج، چالوس و تبریز در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. بنابراین توده مشهد نسبت به سایر توده‌های مورد آزمایش متحمل‌ترین توده در برابر خشکی از نظر سرعت جوانه‌زنی می‌باشد. البته بین توده‌های اصفهان و ساری و توده های آمل و یاسوج از نظر آماری تفاوت معنی‌داری از نظر سرعت جوانه‌زنی مشاهده نشد (جدول ۲). مایر و پولجاکوف (۱۸) بیان نمودند که علت کاهش سرعت جوانه‌زنی و ایجاد گیاهچه‌های غیر طبیعی، عدم و جود انتقال برای شروع فرآیندهای مربوط به جوانه‌زنی است. با افزایش سطوح خشکی صفت سرعت جوانه‌زنی روند کاهشی پیدا کرده است، به طوری‌که این صفت در تیمار شاهد (۰ بار) و تیمار تنش شدید (۹- بار) به ترتیب بین ۲۰/۶۵ و ۵/۷۰ بذر در روز متغیر بود و در بین تیمارهای ۳- و ۶- بار از نظر آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. تیمار تنش شدید کمترین میانگین سرعت جوانه‌زنی را به خود اختصاص داد و میانگین این صفت به میزان ۷۲/۳۹ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داد که در مقایسه با سایر صفات بیشترین درصد کاهش را نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۳). کاهش فرآیند جوانه‌زنی در اثر تنش خشکی می‌تواند به کاهش جذب آب توسط بذرها ارتباط داشته باشد. اگر جذب آب توسط بذر دچار اختلال شود و یا جذب آب به کندی صورت گیرد فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی در داخل بذر به کندی صورت خواهد گرفت و در نتیجه زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش و از این رو سرعت جوانه‌زنی نیز کاهش می‌یابد (۱۲).

۳- اثر توده و تنش خشکی روی طول ریشه‌چه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر توده و خشکی بر صفت طول ریشه‌چه معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) شد ولی اثر متقابل توده در خشکی از نظر آماری معنی‌دار نشد (جدول ۱).



شکل ۲- اثر متقابل توده × خشکی بر سرعت جوانه زنی بذر گیاه شنبلیله

Figure 2- Interaction effect of landrace × drought on germination rate of Fenugreek seed

مقایسه میانگین‌های اثرات ساده نشان داد که طول ریشه‌چه در توده‌های مورد بررسی از ۲۶/۷۸ الی ۵۰/۲۹ سانتی‌متر به ترتیب مربوط به توده‌های تبریز و مشهد متغیر بوده است، در ضمن توده‌های اصفهان، چالوس، آمل، ساری، یاسوج و همدان در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. بنابراین توده مشهد نسبت به سایر توده‌های مورد آزمایش متحمل‌ترین توده در برابر خشکی از نظر طول ریشه‌چه می‌باشد (جدول ۲). با افزایش سطوح خشکی صفت طول ریشه‌چه روند کاهشی حاصل نموده است، به‌طوری‌که این صفت در تیمار شاهد (۰ بار) و تیمار تنش شدید (۹- بار) به ترتیب بین ۶۴/۶۷ و ۱۷/۳۱ سانتی‌متر متغیر بوده است. میانگین این صفت در سطح ۹- بار به میزان ۷۳/۲۳ درصد نسبت به تیمار شاهد (۰ بار) کاهش نشان داد که در مقایسه با سایر صفات بیشترین درصد بود (جدول ۳). طی مطالعه‌ای پهلوان پور (۲۳) نشان داد، علت کاهش طول ریشه می‌تواند محدودیت فشار تورگر باشد. ایجاد استحکام و سختی در دیواره سلول‌های برگ‌های در حال رشد می‌توانند برای زنده ماندن و بقاء رشد گیاهان در شرایط کمبود آب سودمند باشد. نهایتا سخت شدن دیواره سلول در طولانی مدت سبب ایجاد گیاهان کوچکتر می‌شود و سبب کاهش فتوسنتز می‌شود (۲۳).

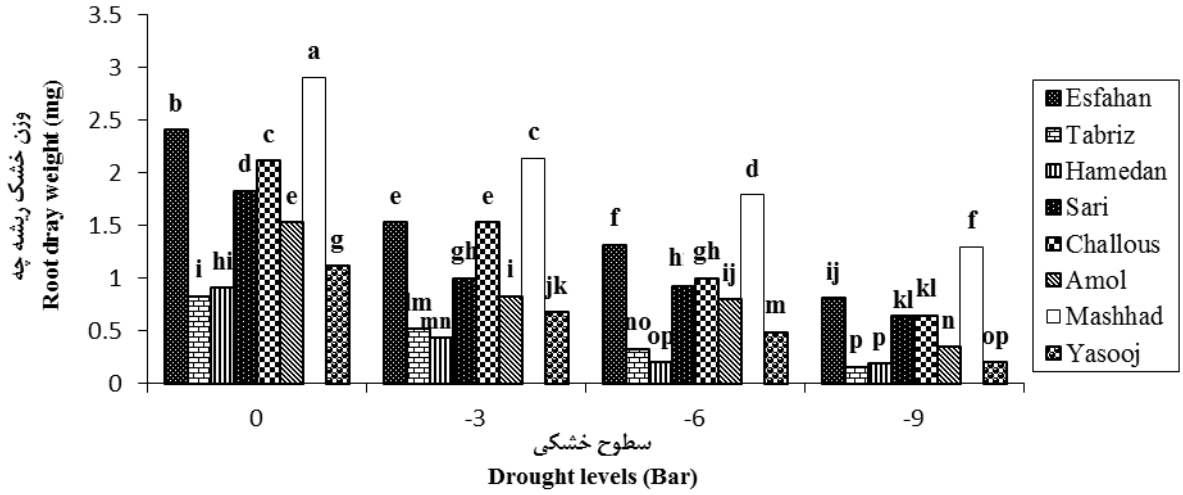
۴- اثر توده و تنش خشکی روی طول ساقه‌چه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تغییرات طول ساقه‌چه همانند طول ریشه‌چه تحت تأثیر توده و خشکی معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) شد، ولی در مورد اثر متقابل توده در خشکی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های اثرات ساده نشان داد که صفت طول ساقه‌چه در توده‌های مورد بررسی از ۲۱/۷۴ الی ۴۳/۳۱ سانتی‌متر به ترتیب مربوط به توده‌های تبریز و مشهد متغیر بوده است، در ضمن توده‌های چالوس، اصفهان، ساری، آمل، یاسوج و همدان در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. بنابراین توده مشهد نسبت به سایر توده‌های مورد آزمایش متحمل‌ترین توده در برابر خشکی از نظر طول ساقه‌چه می‌باشد. البته بین توده‌های تبریز و همدان و بین توده‌های اصفهان و چالوس تفاوت معنی‌داری از نظر این صفت مشاهده نشد (جدول ۲). آزمایشات مختلف بیانگر این مطلب است که در شرایط تنش، میزان تجمع ماده خشک در بافت ساقه‌چه گیاهچه‌های متحمل افزایش می‌یابد و توده‌هایی که بتوانند در شرایط تنش رطوبتی طول ساقه‌چه خود را بیشتر افزایش دهند یا افت طول ساقه‌چه در آنها با افزایش تنش خشکی کم باشد، گیاهچه‌های مقاوم در برابر تنش خشکی به شمار می‌آیند (۸). با افزایش سطوح خشکی صفت طول ساقه‌چه روند کاهشی پیدا کرده است، به طوری‌که این صفت در تیمار شاهد (۰ بار) و تیمار تنش شدید (۹- بار) به ترتیب بین ۳۹/۹۵ و ۱۶/۳۹ سانتی‌متر متغیر بوده است. تیمار تنش شدید کمترین میانگین طول ساقه‌چه را به خود اختصاص داد و میانگین این صفت به میزان ۵۸/۹۷ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داد که در مقایسه با سایر صفات به جز نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه کمترین درصد بود (جدول ۳). ماکار و همکاران (۱۷) در بررسی اثر تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلایکول بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) دریافتند که با افزایش پتانسیل آب طول ساقه‌چه و ریشه‌چه به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.

۵-اثر توده و تنش خشکی روی وزن خشک ریشه‌چه

طبق نتایج تجزیه واریانس، تمامی اثرهای ساده و متقابل در مورد

صفت وزن خشک ریشه‌چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار (P≤۰/۰۱) شد (جدول ۱). بررسی اثر متقابل توده و خشکی نشان داد که توده مشهد در سطح شاهد (۰ بار) با میانگین (۲/۹۱ گرم)، در سطح ۳- بار با میانگین (۲/۱۴ گرم)، در سطح ۶- بار با میانگین (۱/۷۹ گرم) و در سطح ۹- بار با میانگین (۱/۳۰ گرم) بیشترین وزن خشک ریشه‌چه را در تمامی سطوح تنش داشت. برای این صفت در تنش شدید (۹- بار) نسبت به تیمار شاهد (۰ بار) توده یاسوج بیشترین (۸۲/۱۴ درصد) کاهش را نشان داد. توده‌های ساری، اصفهان، چالوس، آمل، همدان و تبریز از نظر وزن خشک ریشه‌چه در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند به طوری‌که در سطح آخر خشکی نسبت به شاهد به ترتیب ۶۴/۴۸، ۶۶/۳۹، ۶۹/۳۳، ۷۷/۱۲، ۷۹/۱۲، ۸۰/۷۲ درصد کاهش نشان دادند (شکل ۳). مقایسه میانگین‌های اثرات ساده نشان داد که صفت وزن خشک ریشه‌چه در توده‌های مورد بررسی از ۰/۴۳ الی ۲/۰۳ گرم به ترتیب مربوط به توده‌های همدان و مشهد متغیر بوده است، در ضمن توده‌های اصفهان، چالوس، ساری، آمل، یاسوج و تبریز در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. بنابراین توده مشهد نسبت به سایر توده‌های مورد آزمایش متحمل‌ترین توده در برابر خشکی از نظر وزن خشک ریشه چه می‌باشد. البته بین توده‌های تبریز و همدان از نظر آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). با افزایش سطوح خشکی صفت وزن خشک ریشه‌چه روند کاهشی پیدا کرده است، به‌طوری‌که این صفت در تیمار شاهد و تیمار تنش شدید به ترتیب بین ۱/۷۰ و ۰/۵۳ گرم متغیر بوده است. تیمار تنش شدید کمترین میانگین وزن خشک ریشه‌چه را به خود اختصاص داد و میانگین این صفت به میزان ۶۸/۸۲ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داد که در مقایسه با سایر سطوح تنش بیشترین کاهش را نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۳). طی آزمایشی ایسنتانت (۷) نشان دادند که دلیل تفاوت در وزن خشک ریشه‌چه می‌تواند به علت تفاوت در محتوای غذایی در بذور باشد، به گونه‌ای که بذور بزرگتر مقدار بیشتری از مواد غذایی را در اختیار ریشه‌چه قرار می‌دهند. البته با توجه به وزن هزار دانه شنبلیله و نتایج بدست آمده از این آزمایش در هیچ مورد نمی توان رابطه مستقیم بین اندازه بذرها و میزان مقاومت به تنش ذکر کرد.



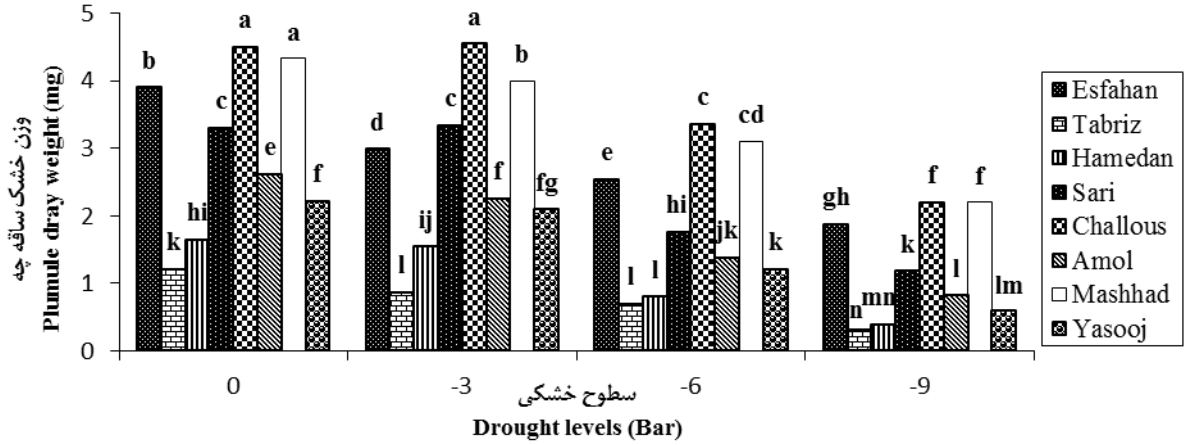
شکل ۳- اثر متقابل توده × خشکی بر وزن خشک ساقه‌چه گیاه شنبلیله

Figure 3- Interaction effect of landraces × drought on radicle dry weightof Fenugreek

۶-اثر توده و تنش خشکی روی وزن خشک ساقه‌چه

اثرات ساده و متقابل عوامل آزمایشی از نظر وزن خشک ساقه‌چه اختلاف معنی‌داری (P≤۰/۰۱) در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۱). در بررسی اثر متقابل توده و خشکی میزان کاهش وزن خشک ساقه‌چه توده‌های بومی شنبلیله اصفهان، تبریز، همدان، ساری، چالوس، آمل، مشهد و یاسوج در سطح آخر خشکی (۹- بار) نسبت به شاهد (۰ بار) به ترتیب ۵۱/۹۱، ۷۴/۵۹، ۷۵/۹۰، ۶۴/۰۴، ۵۰/۹۹، ۶۸/۳۲، ۴۹/۱۹، ۷۲/۶۴ درصد بودند. همانطورکه مشاهده می‌شود توده مشهد از ثبات وزن خشک ساقه‌چه بیشتری ناشی از تغییرات سطوح خشکی برخوردار بوده است به طوری‌که وزن خشک ساقه‌چه مربوط به این توده در سطح آخر خشکی نسبت به شاهد کمترین کاهش را نسبت به سایر توده‌ها داشته است (شکل۴). مقایسه میانگین‌های اثرات ساده نشان داد که وزن خشک ساقه‌چه در توده‌های مورد بررسی از ۰/۷۷ الی ۳/۶۶ گرم به ترتیب مربوط به توده‌های تبریز و چالوس متغیر بوده است. در ضمن توده‌های مشهد، اصفهان، ساری، آمل، یاسوج و همدان در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. بنابراین توده چالوس نسبت به سایر توده‌های مورد آزمایش متحمل‌ترین توده در برابر خشکی از نظر وزن خشک ساقه‌چه می‌باشد

(جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها برای سطوح مختلف تنش نشان داد که بیشترین مقدار وزن خشک ساقه‌چه مربوط به تیمار شاهد بوده است. با افزایش سطح تنش، به‌طور معنی‌داری از میزان این صفت کاسته شد و در نهایت منجر به کاهش ۵۹/۵۹ درصدی در بالاترین سطح تنش نسبت به شاهد گردید (جدول ۳). به نظر می‌رسد که یکی از دلایل کاهش وزن خشک ساقه‌چه در پتانسیل‌های آب پایین، تحرک کم مواد غذایی و انتقال کمتر آنها از لپه‌ها به محور جنینی باشد. قابل ذکر است عواملی که سرعت رشد محور جنینی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، می‌توانند بر تحرک مواد غذایی و انتقال آنها از لپه‌ها به محور جنینی تأثیر بگذارند (۲۶). علاوه بر آن رابطه مستقیمی بین میزان تجمع ماده خشک و رشد ساقه‌چه گیاهان متحمل نیز مشاهده شده است (۲۰).

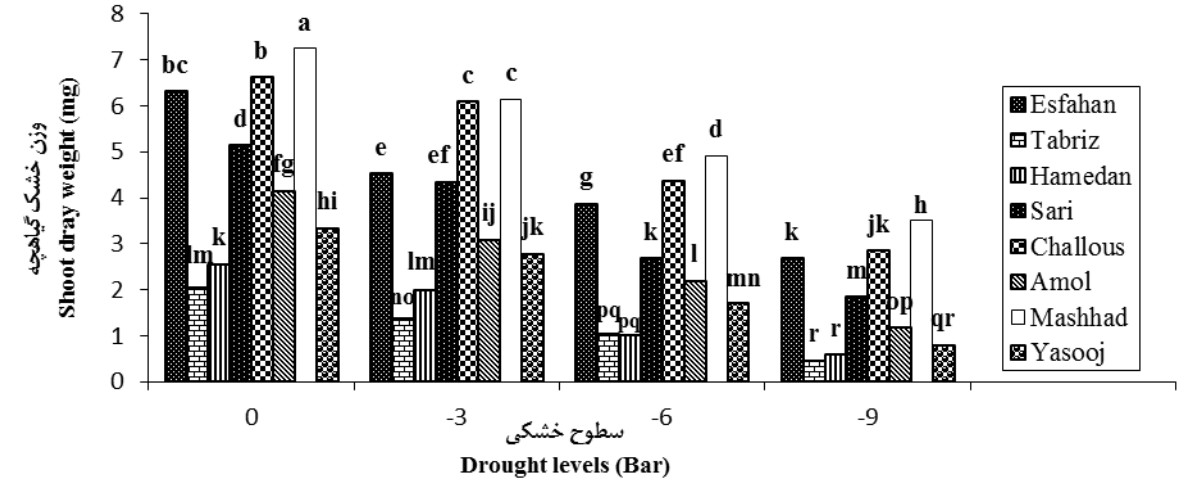


شکل ۴- اثر متقابل توده × خشکی بر وزن خشک ساقه‌چه گیاه شنبلیله

Figure 4- Interaction effect of landraces × drought on plumule dry weight of Fenugreek

۷- اثر توده و تنش خشکی روی وزن خشک گیاهچه

بین پتانسیل‌های آبی، توده‌ها و اثرات متقابل آنها از نظر وزن خشک گیاهچه تفاوت معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۱$) مشاهده شد (جدول ۱). وزن خشک گیاهچه نیز روندی مشابه وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه نشان داد (جدول‌های ۲ و۳). کاهش وزن خشک گیاهچه در اثر تنش خشکی در اغلب گیاهان زراعی و باغی گزارش شده است، دی و کار (۴) در گیاه لوبیا به نتایج مشابه این تحقیق رسیدند. در شرایط تنش خشکی مقدار پروتئین‌های دیواره که در طویل شدن و رشد سلول نقش دارند کاهش می‌یابند و در توضیع بعضی از ترکیبات پکتینی که سبب نرم شدن دیواره سلول می‌شوند افزایش می‌یابند و در نهایت سبب کاهش وزن خشک گیاهچه می‌شوند (۱۴).

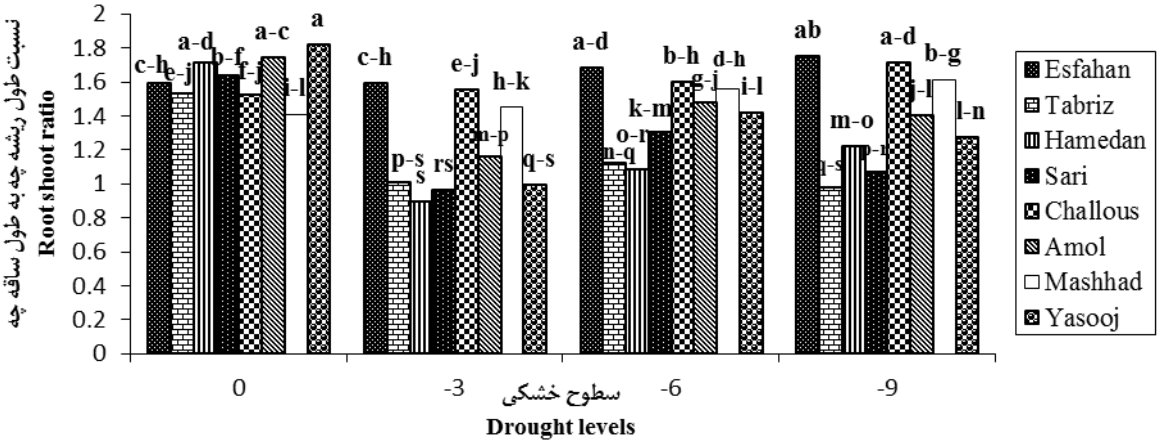


شکل ۵- اثر متقابل توده × خشکی بر وزن خشک گیاهچه شنبلیله

Figure 5- Interaction effect of landraces × drought on shoot dry weight of Fenugreek

۸-اثر توده و تنش خشکی روی نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه

اثرات ساده و متقابل عوامل آزمایشی از نظر نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۱). اثر متقابل توده و خشکی بر صفت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه در توده‌های شنبلیله اصفهان، چالوس و مشهد با کاهش سطوح پتانسیل اسمزی روند افزایشی را نسبت به شاهد نشان داد در حالی که این نسبت در توده‌های شنبلیله تبریز، همدان، ساری، آمل و یاسوج کاهش یافت. البته بین توده‌های اصفهان، آمل، مشهد و چالوس از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری در مورد این نسبت مشاهده نشد (شکل ۶). آزمون مقایسه میانگین نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه تحت تأثیر تنش‌های مختلف خشکی نشان داد (جدول ۳) که با کاهش پتانسیل اسمزی محیط این نسبت از سطح صفر بار (شاهد) تا ۳- بار کاهش و از سطح ۳- بار تا ۶- بار افزایش و از سطح ۶- بار تا ۹- بار کاهش می‌یابد. کمترین مقدار این نسبت مربوط به پتانسیل ۳- بار بود. البته بین پتانسیل ۶- و ۹- بار تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). یکی از پارامترهایی که تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه است (۲۶). آزمایشات مختلف بیانگر این مطلب است که در اثر تنش خشکی طول ریشه‌چه و ساقه‌چه هر دو کاهش ولی نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه افزایش می‌یابد. دلیل افزایش این نسبت به این خاطر است که در شرایط تنش خشکی توده‌های مقاوم در مراحل اولیه تنش از سرعت رشد ریشه بالاتری برخوردارند، در نتیجه نسبت طول ریشه به ساقه در آنها زیاد می‌شود (۴).



شکل ۶- اثر متقابل توده × خشکی بر نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه گیاه شنبلیله

Figure 6- Interaction effect of landraces × drought on ratio of radicle length to plumule length of Fenugreek

۹- همبستگی صفات مورد بررسی

ضرایب همبستگی نشان دهنده میزان تغییرات مشترک دو صفت می‌باشد. ضرایب همبستگی ساده صفات مورد ارزیابی در جدول ۴ درج شده است. همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود کلیه صفات مورد بررسی همبستگی مثبت و بالایی با یکدیگر داشتند. با افزایش درصد بذور جوانه‌زده کلیه مؤلفه‌های جوانه‌زنی به طور معنی‌داری افزایش یافت. وزن خشک ساقه‌چه بیشترین همبستگی مثبت را با وزن خشک گیاهچه (۹۷ درصد) داشت. همچنین بین وزن خشک ریشه‌چه با وزن خشک ساقه‌چه همبستگی مثبت و معنی‌دار (۹۴ درصد) وجود داشت.

نتیجه‌گیری نهایی

با افزایش تنش خشکی درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرهای شنبلیله کاهش یافت اما سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی بیشتر از درصد جوانه‌زنی حساسیت نشان داد. از آنجا که حساسیت سرعت جوانه‌زنی به تنش خشکی بیشتر از درصد جوانه‌زنی بود. بنابراین می‌توان از این عامل به عنوان معیار مناسبی برای تعیین متحمل‌ترین توده‌ها به خشکی در مرحله جوانه‌زنی در گیاه شنبلیله استفاده کرد. طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه با افزایش تنش خشکی در تمامی توده‌ها کاهش یافت ولی صفت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه با افزایش تنش خشکی در توده‌های اصفهان، چالوس و مشهد افزایش یافت در حالی‌که این نسبت در توده‌های تبریز، همدان، ساری، آمل و یاسوج کاهش یافت، که این تفاوت نشان دهنده تحمل بیشتر توده‌های اصفهان، چالوس و مشهد به تنش خشکی می‌باشد. به نظر می‌رسد بتوان از این سه توده برای اصلاح توده‌هایی با پتانسیل عملکرد زیاد

در مناطق خشک استفاده کرد. البته گیاهان در مراحل مختلف رشد خود عکس العمل متفاوتی به خشکی از خود نشان می‌دهند و قدرت یک بذر برای جوانه زدن و تولید گیاهچه در شرایط خشکی نشانگر این است که گیاه دارای پتانسیل تحمل به خشکی می‌باشد ولی الزاماً بدین معنی نیست که گیاهچه‌ای که در شرایط خشکی شروع به رشد کرده، بتواند رشد خود را در همان شرایط ادامه دهد. بنابراین آزمایشات زیادی برای تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد لازم است تا بتواند با توجه به این آزمایشات متحمل‌ترین توده را انتخاب کند.

جدول ۲- خصوصیات جوانه‌زنی توده‌های مختلف گیاه دارویی شنبلیله

Table2- Germination characteristics of different landraces of medicinal plant fenugreek

توده Landrace	درصد جوانه‌زنی Germination (%)	سرعت جوانه زنی Rate of germination (Seeds per day)	طول ریشه‌چه Length of radicle (mm)	طول ساقه‌چه Length of plumule (mm)	وزن خشک ریشه چه Radicle dry weight (mg)	وزن خشک ساقه چه plumule dry weight (mg)	وزن خشک گیاهچه Shoot dry weight (mg)	نسبت طول ریشه چه به ساقه چه Root shoot ratio
اصفهان Esfahan	81.10^{a}	16.59^{b}	44.57^{b}	37.26^{b}	1.51^{b}	2.83^{c}	4.35^{c}	1.65^{a}
تبریز Tabriz	25.97^{g}	10.28^{e}	26.78^{e}	21.74^{e}	0.46^{g}	0.77^{h}	1.24^{h}	1.16^{b-d}
همدان Hamedan	52.59^{f}	8.98^{f}	28.34^{e}	22.26^{e}	0.43^{g}	1.10^{g}	1.54^{g}	1.22^{bc}
ساری Sari	58.24^{e}	16.36^{b}	34.61^{d}	27.13^{c}	1.10^{d}	2.40^{d}	3.50^{d}	1.24^{b}
چالوس Challous	74.22^{e}	11.88^{d}	44.20^{b}	38.07^{b}	1.32^{c}	3.66^{a}	4.99^{b}	1.59^{a}
آمل Amol	60.83^{d}	14.96^{c}	38.20^{c}	26.07^{cd}	0.87^{e}	1.77^{e}	2.65^{e}	1.44^{a}
مشهد Mashhad	65.79^{c}	19.59^{a}	50.29^{a}	43.31^{a}	2.03^{a}	3.41^{b}	5.44^{a}	1.50^{b}
یاسوج Yassooj	56.20^{e}	14.24^{c}	33.36^{d}	23.72^{de}	0.62^{f}	1.54^{f}	2.16^{f}	1.38^{a}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار بر مبنای آزمون LSD نمی باشند.

Means in each treatment and for each column, Followed by the same letter are not significantly different based on LSD test

جدول ۳- تأثیر سطوح مختلف خشکی بوسیله پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ بر خصوصیات جوانه‌زنی گیاه دارویی شنبلیله

Table 3- Seed germination properties of fenugreek landraces effected by different levels of drought by PEG 6000

سطوح خشکی Drought levels (Pascal or bar)	درصد جوانه‌زنی Percentage of germination (%)	سرعت جوانه زنی Rate of germination (Seeds per day)	طول ریشه‌چه Length of radicle (mm)	طول ساقه‌چه Length of plumule (mm)	وزن خشک ریشه چه Radicle dry weight (mg)	وزن خشک ساقه چه plumule dry weight (mg)	وزن خشک گیاهچه Shoot dry weight (mg)	نسبت طول ریشه چه به ساقه چه Root shoot ratio
0	75.45^{a}	20.65^{a}	64.67^{a}	35.95^{a}	1.70^{a}	2.97^{a}	4.68^{a}	1.62^{a}
-3	70.57^{b}	15.19^{b}	37.96^{b}	37.35^{b}	1.08^{b}	2.71^{b}	3.79^{b}	1.20^{c}
-6	63.91^{c}	14.91^{b}	30.24^{c}	26.09^{c}	0.85^{c}	1.86^{c}	2.72^{c}	1.40^{b}
-9	27.54^{d}	5.70^{c}	17.31^{d}	16.39^{d}	0.53^{d}	1.20^{d}	1.74^{d}	1.38^{b}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار بر مبنای آزمون LSD نمی باشند.

Means in each treatment and for each column, Followed by the same letter are not significantly different based on LSD test

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین صفات مرتبط با سطوح مختلف خشکی در گیاه دارویی شنبلیله

Table 4- The value of correlation coefficients associated with different levels of drought in the medicinal plant fenugreek

1	2	3	4	5	6	7	8	
صفات Traits	درصد جوانه‌زنی Percentage of germination	سرعت جوانه زنی Rate of germination	طول ریشه‌چه Length of radicle	طول ساقه-چه Length of plumule	وزن خشک ریشه چه Radicle dry weight	وزن خشک ساقه چه plumule dry weight	وزن خشک گیاهچه Shoot dry weight	نسبت طول ریشه چه به ساقه چه Root shoot ratio
1	1							
2	0.75**	1						
3	0.73**	0.82**	1					
4	0.80**	0.74**	0.81**	1				
5	0.69**	0.75**	0.85**	0.84**	1			
6	0.79**	0.64**	0.75**	0.88**	0.88**	1		
7	0.78**	0.69**	0.81**	0.89**	0.94**	0.97**	1	
8	0.40**	0.41**	0.50**	0.39**	0.46**	0.40**	0.43**	1

* و **؛ به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد را نشان می‌دهد.

*, ** ؛ Significant at 1% and 5% level probability, respectively statistically significant

منابع

1. Ashraf M., and Waheed A. 1990. Screening of local exotic of lentil (*Lens culinaris Medic*.) for salt tolerance at two growth stages. *Journal of Plant Soil*. 128: 167-176.
2. Baalbaki R. Z., Zurayk R. A., Blelk M. M., and Tahouk S. N. 1999. Germination and seedling development of drought tolerant and susceptible wheat under moisture stress. *Journal of Seed Science Technology*. 7: 291-302.
3. Bukhtiar B., and Shakra A. 1990. Drought tolerance in lentil. II: Differential genotypic response to drought. *Journal of Agriculture – Research Lahore*. 28: 117– 126.
4. De F., and Kar R. K. 1994. Seed germination and seedling growth of mung bean (*Vigna radiate*) under water stress included by PEG-6000. *Journal of Seed Science and Technology*. 23: 301-304.
5. Devilliers A. J., VanRoyan M. W., and Theron G. K. 1994. Germination of three namaqual and pioneer species as influenced by salinity, temperature and light. *Journal of Seed Science and Technology*. 22:427-433.
6. Dodd G. L., and Donovan L. A. 1999. Water potential and ionic effects on germination and seedling growth of two cold desert shrubs. *Journal of Annals of Botany*. 86: 1146-1153.
7. Eissenstat D. M., Whaley E. L., and Volder A. 1999. Recovery of citrus surface roots following prolonged exposure to dry soil. *Journal of Experimental Botany*. 50: 1845-1854.
8. El-Sharkawi H. M., Farghali K. A., and Sayed S. A. 1989. Interactive Effects of Water Stress, Temperature and Nutrients in Seed Germination of Tree Desert Plants. *Academic Press of Egypt.*
9. Emmerich W. E., and Hardegree S. P. 1991. Seed germination in polyethylen glycol solution. Effect of filter paper exclusion and water vapor loss. *Journal of Crop Science*. 31: 454-458.
10. Falleri E. 1994. Effect of water stress on germination in six provenances of Pinus pinaster. Ait. *Journal of Seed Science Technology*. 22: 59-559.
11. Finch-Savage W. F., Phelps J. R. A., Whalley W. R., and Rowse H. R. 2001. Seed reserve-dependent growth responses to temperature and water potential in carrot (*Daucus carota* L.). *Journal of Experimental Botany*, 52: 2187-2197.
12. Hosseini H., and Rezvani Moghadam P. 2006. Effect of water and salinity stress in seed germination on Isabgol (*Plantago ovata*). *Iranian Journal of Field Crop Research*, 4: 15-22. (In Persian)
13. Hucl P. 1993. Effects of temperature and moisture stress on the germination of diverse common bean genotypes. *Journal of Plant Science*. 73:697-702.
14. Iraki S. N., Bressan R. A., and Carpita N. C. 2006. Cell walls of tobacco cells and changes in composition saaocited With reduced growh upon updation to water and slain stress. *Journal of Plant Physiology*. 91: 48 -53.
15. Jaleel C. A., Manivannan P., Wahid A., Farooq M., Jasim H., Somasundaram R., and Pannerselvam R. 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal*

of Agriculture & Biology.11:100-105.
16. Longenberger P. S., Smith C. W., Thaxton P. S., and McMichael B. L. 2006. Development of a Screening Method for Drought Tolerance in Cotton Seedlings. *Journal of Crop Science Society of America*. 46: 2104–2110.
17. Macar T. K., Turan O., and Ekmekci Y. 2009. Effects of water deficit induced by PEG and NaCl on chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars and lines at early seedling stages. G.U. *Journal of Crop Science*. 22: 5-14.
18. Maye, A. M., and Poljakoff-Mayber A. 1989. The germination of seeds. 4ed. Oxford: *ergamon Press*.
19. Michel B. E., and Kaufmann M. R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Journal of Plant Physiology*. 51: 914-916.
20. Nagashiro C., and Shibata W. F. 1995. Influence of flooding and drought conditions on herbage yield and quality of phases bean (*Macroptilium lathyroides*). *Journal of Grassland Science*. 41: 218-225.
21. Odoemena C. S. 1988. Breaking of seed coat dormancy in a medicinal plant Tetrapleura tetraptera. *Cambridge Journal of Agricultural Science*. 111: 393 – 394.
22. Omid baigi R. 2004. Production and processing of medicinal plants. *Astane Ghodse Razavi Publication*. 149: 3-397. (In Persian).
23. Pahlevanpor A. 1995. Phsiological effects of por irrigation condition on snail medics. *Msc thesis of Shiraz University*. (In Persian).
24. Prisco J. T., Baptista C. R., and Pinheiro J. L. 1992. Hydration seed Pre-treatment and its effects on germination under water stress condition. *Journal of Revta Brasil Botany*. 15: 31-35.
25. Sarmadnia G. h. 1997. Seed thechnology. (translate). *Jahad Daneshgahi-e-Mashhad press*. (In Persian).
26. Singh K. B., and Saxena M. C. 1993. Breeding for Stress Tolerance in Cool-Season Food Legumes. The Hague, The Netherlands: Martinus Nijhoff/Junk.
27. Smithson J. b., Thompson J. A., and Summerfield R. j. 1985. *Chickpea in grain Legume crops*. 312-390.
28. Soltani A., Gholipoor M., and Zeinali E. 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. *Journal of Experimental Botany*. 55: 195- 200. (In Persian).
29. Tobe K., Zhang L., Qiu G. Y., and Shimizu H. 2001. Characteristics of seed germination in five non-halophytic Chinese desert shrub species. *Journal of Arid Environments*. 47: 191-20126.

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.2, Summer 2019, P. 169-180
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸، ص. ۱۸۰-۱۶۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Investigating the Effects of Drought Stress Induced by Polyethylene Glycol on Germination of some Indigenous Fenugreek Landraces (*Trigonella foenum- graecum* L.)

H. Farhadi[1]- M. Azizi[2]*- S. H. Nemati[3]

Received: 12-07-2015
Accepted: 25-06-2019

Introduction: Drought is an event that happens due to lack of rainfall in a period of time. The occurrence of drought, reduces available soil water, but water losses through evaporation and transpiration is constantly increasing. The first stage of the plant, which may be faced with drought, is germinating. Since Germination begins with water uptake, lack of water at this stage in terms of duration and intensity of the stress causes or reduce germination percentage and germination rate. Because of the heterogeneity of soils in the field and lack of control of the environmental factors such as drought, laboratory research on the stress is considered. Some of these methods can be used to study the reaction of the landraces to the solutions from materials polyethylene glycol. This study aimed to investigate the characteristics of the native population of fenugreek germinating rate under drought stress conditions and identify landrace was incurred.

Materials and Methods: To investigate the effect of drought stress on germination and seedling growth characteristics of native landrace fenugreek, an experiment was conducted in a Completely Randomized Design with three replications in Seed Laboratory of University of Mashhad in 2014. The experiment treatments consisted of eight landraces of fenugreek of Esfahan, Tabriz, Hamedan, Sari, Challous, Amol, Mashhad and Yassooj on polyethylene glycol 6000 (PEG 6000) at four levels: (0, 3, 6 and 9 Bar) were replicated three times. The stress test for the simulation of polyethylene glycol 6000 was used and the amount of material needed to create each of the stress levels using the formula Michel and Kaufmann respectively. For control treatment distilled water was used. Landraces seed of fenugreek of Esfahan, Tabriz, Hamedan, Sari, Challous, Amol, Mashhad and Yassooj purchased. Before the start of the experiment, the seeds disinfest with a three percent solution of hypochlorite for two minutes to disinfect and then were washed three times with distilled water on the twelfth day, seeds and traits such as root length and root out the Petri measure.

Results and Discussion: In the study the interactions between landrace and drought, the rate of decline in most of the traits was related to native populations of fenugreek, Tabriz, Hamadan, Sari, Challous, Amol, Yasuj and Mashhad, respectively (-9 Bar) compared to control (0 Bar). As can be seen, the Isfahan landrace was more stable in most of the traits due to changes in drought levels. On the other hand, as the drought stress increased, the percentage and rate of germination of fenugreek seeds decreased. Fenugreek seed germination rate and percentage with increased drought stress the germination rate under drought stress signifcantly was higher than the percentage of germinating. The plants grow in different stages react differently to drought show seed germination and seedling production and a dry condition indicates that the plant is a potential for drought tolerance but that does not mean that the seedlings start to grow in dry conditions, can continue to grow in the same conditions.

Keywords: Seed landrace, Germination percentage, Germination rate, Water limitation

1, 2 and 3- M.Sc. Student, Professor and Assistant Professor Department of Horticultural Science, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: azizi@um.ac.ir)