نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، ص. ۶۰-۴۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 1, Spring 2017, P. 49-60
ISSN: 2008 - 4730

بررسی خصوصیات جوانه‌زنی توده‌های گیاه دارویی شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) تحت تأثیر تنش شوری و خشکی

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۰۲

چکیده

مرحله جوانه‌زنی گیاهان یکی از مراحل مهم در طول دوره رشد آن‌ها می‌باشد که اغلب تحت تأثیر تنش‌های محیطی به ویژه شوری و خشکی قرار می‌گیرد. به منظور بررسی اثر تنش‌های شوری و خشکی دو آزمایش جداگانه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار بر روی بذر توده‌های بومی شنبلیله آمل، تبریز، ساری و مشهد در آزمایشگاه تحصیلات تکمیلی گروه علوم باغبانی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. تیمارهای شوری به ترتیب (صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌مولار نمک کلرید سدیم) و تیمارهای خشکی (شاهد، ۳-، ۶- و ۹- بار پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰) بودند. نتایج نشان داد که با افزایش سطوح شوری و منفی تر شدن پتانسیل اسمزی درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه به طور معنی‌داری ($P\leq ۰/۰۱$) در کلیه‌ی توده‌های مورد بررسی نسبت به شاهد کاهش یافت. میزان کاهش این صفات در تنش شوری نسبت به تنش خشکی بیشتر بود که نشان دهنده حساسیت بیشتر توده‌های شنبلیله به تنش شوری نسبت به تنش خشکی است. بین توده‌ها، توده‌های مشهد و آمل متحمل‌ترین و توده‌های تبریز و ساری حساس‌ترین توده‌ها به شوری و خشکی بودند. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، به نظر می رسد بتوان از توده‌های مشهد و آمل برای اصلاح توده‌هایی با پتانسیل عملکرد زیاد در مناطق شور و خشک استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: پلی اتیلن گلایکول، تنش‌های محیطی، توده بذر، کلرید سدیم

مقدمه

شنبلیله [۴](*Trigonalla foenum-graecum* L.)، یک گیاه علفی یکساله، متعلق به تیره نیامداران (Fabaceae)، دارای خواص دارویی متعدد نظیر کاهش دهنده قند خون، اثر تقویتی، ملین، اشتها آور، خلط آور، ضد تب و افزایش میزان شیر در دوران شیردهی است (۲۵).

از جمله مهمترین مشکلات مناطق خشک و نیمه خشک، کمبود آب و خشکی می‌باشد که بر روی رشد و نمو گیاهان اثر منفی می گذارد. کشور ایران سرزمینی خشک و نیمه خشک با نزولات جوی بسیار کم است به طوری‌که میانگین بارش سالانه آن در حدود ۲۷۴ میلی‌متر می‌باشد. در مقاسه با میانگین بارش در سطح کره زمین (حدود ۸۶۰ میلی‌متر)، این مقدار بسیار کم بوده و نشان دهنده آن است که خشکی در ایران یک واقعیت اقلیمی است (۱). کمبود آب در ایران همواره به عنوان یکی از عوامل محدود کننده کشت و پرورش گیاهان زراعی و دارویی مطرح بوده است (۱۸). به جز سواحل دریای خزر و قسمت‌های کوچکی از شمال غربی کشور بقیه مناطق جزو مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شوند. این در حالی است که مناطق خشک کشور نسبت به مناطق نیمه خشک آن از وسعت بیشتری برخوردار است (۷). تنش خشکی زمانی در گیاه حادث می‌شود که میزان آب دریافتی گیاه کمتر از تلفات آن باشد. این امر ممکن است به علت اتلاف بیش از حد آب یا کاهش جذب و یا وجود هر دو مورد باشد (۱۷). تنش خشکی بر جنبه‌های مختلف رشد گیاه اثر گذاشته و موجب کاهش و به تأخیر افتادن جوانه‌زنی، کاهش رشد اندام هوایی و کاهش تولید ماده خشک می‌گردد و از آنجائیکه رشد و نمو گیاهان از جوانه‌زنی شروع می‌شود و برای ادامه حیات باید بذور جوانه بزنند تا بتوانند خود را با شرایط محیطی تطبیق دهند و در خاک مستقر گردند و با توجه به اینکه حساسترین مرحله زندگی یک گیاه مرحله جوانه‌زنی بذر است، گذارندن موفقیت آمیز این دوره نقش مهمی در مراحل دیگر استقرار گیاه خواهد داشت (۲۹). یکی دیگر از

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: azizi@um.ac.ir
DOI: 10.22067/jhorts4.v0i0.40470
۴- *Trigonalla foenum-graecum* L

مهم ترین عوامل محدود کننده جوانه‌زنی، که در بیشتر مناطق خشک و نیمه خشک حادث می‌شود تنش شوری است (۳۲). افزایش غلظت نمک و در نتیجه شوری حاصل از املاح، منجر به کاهش جوانه‌زنی و تأخیر در فرآیندهای آن می‌گردد، آنچنان که ممکن است غلظت‌های بالای نمک باعث توقف کامل این مرحله از رشد شود (۵). همچنین تنش شوری جذب و تجمع عناصر ضروری و مورد نیاز گیاه را با ایجاد رقابت توسط یون‌های سدیم و کلر دچار مشکل می‌نماید (۳۲).

در رابطه با تأثیر تنش‌های خشکی و شوری بر خصوصیات جوانه-زنی انواع گیاهان دارویی آزمایش‌های متعددی انجام شده است. در این زمینه حسینی و همکاران (۱۳) با بررسی بذر اسفرزه، برومندزاده و همکاران (۴) با مطالعه بذر زنیان، رازیانه و شوید و گواهی و همکاران (۱۰) نیز با مطالعه بذور سیاهدانه تحت تأثیر تنش خشکی و شوری نشان دادند که با افزایش این دو تنش به طور معنی‌داری از سرعت و درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه کاسته شد. حسنی (۱۱) نیز طی پژوهشی در گیاهچه ریحان نشان داد که با کاهش پتانسیل آب، درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن تر دانه رست کاهش یافت.

جوانه‌زنی بذر بخصوص در زمان مواجهه با تنش‌های محیطی، یکی از بحرانی‌ترین مراحل زندگی گیاه به شمار می‌رود. به نظر می-رسد که در صورت عبور بذر از مرحله جوانه‌زنی در شرایط تنش، گیاهچه‌های حاصل فرصت بیشتری برای ادامه رشد و توسعه داشته و توانایی بالاتری جهت تحمل و غلبه بر شرایط نامساعد محیطی خواهند یافت. این امر به میزان زیادی به ساختارهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی توده‌های بذری بستگی دارد به طوری‌که تفاوت‌های چشمگیری در بین توده‌ها از لحاظ تحمل به تنش‌های محیطی مشاهده می‌شود (۲۲). لذا ضروری است که در رابطه با دامنه تحمل گیاهان به تنش‌های شوری و خشکی به خصوص در مراحل اولیه رشد و نمو مطالعاتی صورت گیرد، در راستای این اهداف، تحقیق حاضر روی چهار توده بومی شنبلیله از آمل، تبریز، ساری و مشهد در رابطه با تحمل به تنش‌های شوری و خشکی در مرحله جوانه‌زنی صورت گرفت تا بتوان توده‌های متحمل را شناخته و در آینده بتوان جهت اصلاح و احیاء مناطق خشک و شور معرفی کرد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر تنش‌های شوری و خشکی بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه توده‌های بومی شنبلیله دو آزمایش جداگانه در سال ۱۳۹۳ در آزمایشگاه تحصیلات تکمیلی گروه علوم باغبانی دانشگاه فردوسی مشهد، به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل چهار توده بومی شنبلیله از آمل، تبریز، ساری و مشهد هر کدام با چهار سطح تنش شوری (۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ میلی‌مولار) ناشی از غلظت‌های مختلف کلرید سدیم و پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ (PEG 6000) در چهار سطح (۰ ، ۳-، ۶- و ۹- بار) با سه تکرار بودند. در این آزمایش برای شبیه‌سازی تنش خشکی از پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ استفاده شد و مقدار لازم از این ماده جهت ایجاد هر یک از سطوح تنش با استفاده از فرمول میشل و کافمن (۲۰) برآورد شد. برای ایجاد سطح تنش صفر (تیمار شاهد) از آب مقطر استفاده شد. بذر توده‌های شنبلیله از سازمان جهاد کشاورزی شهرهای آمل، تبریز، ساری و مشهد خریداری شده و قبل از شروع آزمایش با محلول هیپوکلریت سدیم سه درصد (وایتکس) به مدت دو دقیقه ضدعفونی و سپس سه مرتبه با آب مقطر شستشو شدند. ظروف پتری، پنس، پیپت و کاغذ صافی‌ها در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت دو ساعت در اتوکلاو ضدعفونی شدند. بعد از انجام عمل ضدعفونی و علامت‌گذاری ظرف پتری، تعداد ۳۵ عدد بذر ضدعفونی شده در داخل پتری‌دیش‌هایی (به قطر ۹ سانتی‌متر و ارتفاع ۱/۵ سانتی‌متر) که حاوی دو عدد کاغذ واتمن شماره یک بودند قرار داده شده و برای اعمال سطوح تنش شوری و خشکی مقدار پنج میلی‌لیتر از محلول مورد نظر به هر پتری‌دیش اضافه گردید. سپس به منظور ممانعت از تغییر سطوح تنش تعیین شده در اثر تبخیر آب از سطح پتری‌دیش، تمام پتری‌دیش‌ها در درون یک نایلون شفاف قرار گرفته و سپس داخل دستگاه جوانه‌زنی (اتاقک کشت) با دمای ۲۵/۲۲ درجه سانتیگراد (شب/ روز) و ۱۶/۸ ساعت نور (تاریکی/ روشنایی) و رطوبت نسبی ۶۰ درصد قرار گرفتند. هر زمان که محیط کشت نیاز به محلول داشت به اندازه مساوی محلول به هر تکرار اضافه شد. عمل شمارش بذور جوانه‌زده به صورت روزانه و تا ثابت شدن جوانه‌زنی (۱۲ روز) ادامه یافت. معیار جوانه‌زنی در این آزمایش ظهور ریشه‌چه به اندازه دو میلی‌متر (۲۴) در نظر گرفته شد. درصد جوانه‌زنی بذرها از طریق فرمول زیر محاسبه گردید:

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

برای اندازه‌گیری سرعت جوانه‌زنی از روش ماگوئیر (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 شمارش و D_i تعداد روز در هر شمارش تا روز آخر(n) بود.

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

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

تنش شوری

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- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات جوانه‌زنی مربوط به تأثیر سطوح مختلف شوری در گیاه دارویی شنبلیله

Table 1- Analysis of variance of the effect of different levels of salinity on germination characteristics of the medicinal plant fenugreek

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 گیاهچه Shoot dry weight
توده Population	3	3843.38**	16.07**	3509.69**	984.25**	63.09**
شوری Salinity	3	5812.59**	1143.00**	6607.26**	2750.13**	29.38**
شوری×توده Salinity× Population	9	100.63**	1.31*	121.03**	51.37**	1.97**
خطا Error	32	16.32	0.62	37.57	17.61	0.07
ضریب تغییرات C.V (%)		7.23	7.36	10.02	10.41	7.35

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

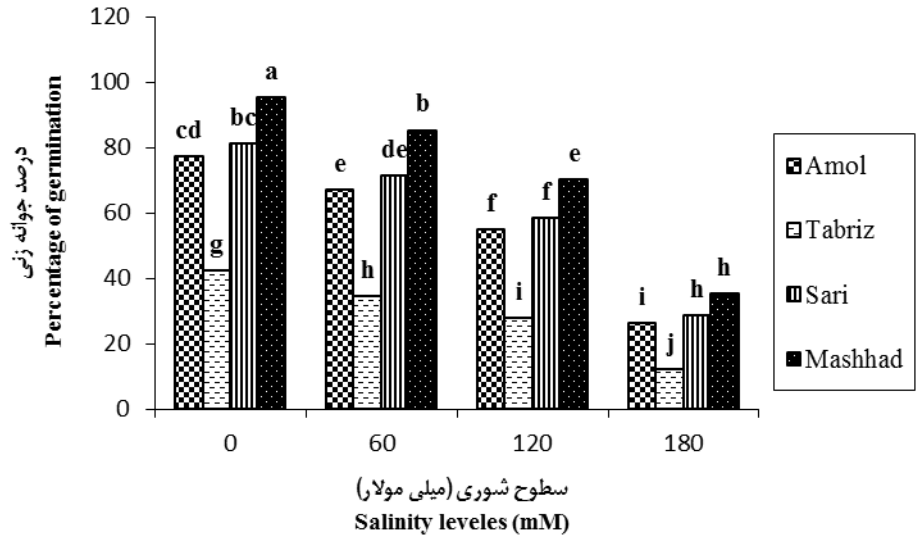
*, **؛ Significant at 1% and 5% level probability, respectively

نتایج مقایسه میانگین مربوط به اثر متقابل توده و شوری نشان داد که در تمامی توده‌های شنبلیله با تشدید تنش شوری از درصد جوانه‌زنی کاسته شد. کمترین درصد جوانه‌زنی، در تنش شوری ۱۸۰ میلی‌مولار در توده تبریز (۱۲/۰۴ درصد) مشاهده شد، در حالی‌که بیشترین درصد جوانه‌زنی در توده مشهد (۹۵/۲۶ درصد) در سطح شوری صفر میلی‌مولار (شاهد) به دست آمد. در سایر سطوح تنش شوری نیز توده مشهد از درصد جوانه‌زنی بالاتری برخوردار بود (شکل ۱). قاسمی فیروزآبادی (۹) با مطالعه تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی و شوری نشان داد که با افزایش تنش مقدار جوانه‌زنی کاهش می‌یابد، زیرا در این شرایط فشار اسمزی محلول زیاد می‌شود. این امر باعث بهم خوردن تعادل یونی می‌شود که روی فعل و انفعالات حیاتی بذر اثر می‌گذارد و موجب جلوگیری از جوانه‌زنی بذر می‌شود.

سرعت جوانه‌زنی

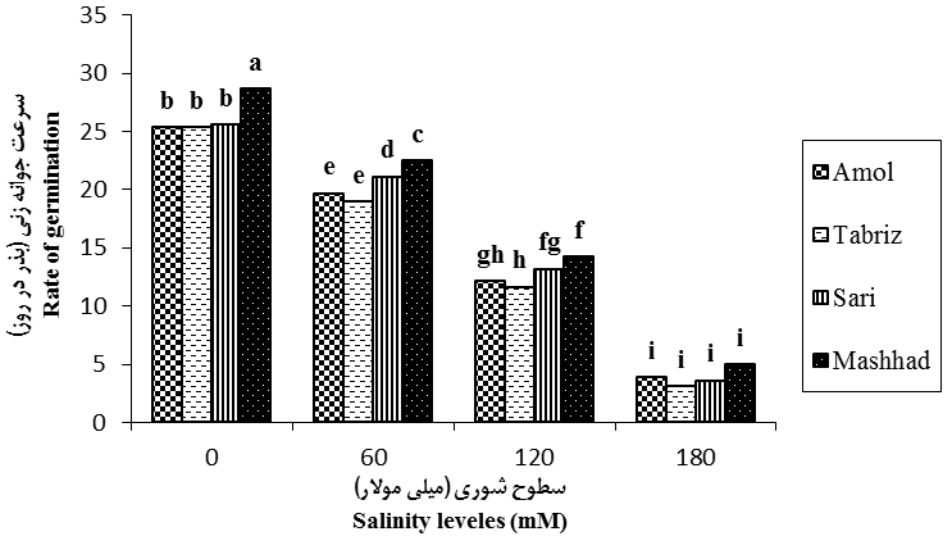
اثرات ساده و متقابل عوامل آزمایشی بر سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در توده‌های شنبلیله آمل، تبریز، ساری و مشهد در سطح شوری ۱۸۰ میلی‌مولار کاهش سرعت جوانه‌زنی نسبت به شاهد (صفر میلی‌مولار) به ترتیب ۸۴/۶۲، ۸۷/۸۰، ۸۵/۹۳، ۸۲/۵۹ درصد بودند. همانطورکه مشاهده می‌شود توده مشهد و در مرحله بعد توده آمل از نظر سرعت جوانه‌زنی از ثبات بیشتری ناشی از تغییرات سطوح شوری برخوردار بوده است به طوری‌که سرعت جوانه‌زنی مربوط به این توده‌ها در سطح آخر شوری نسبت به سطح شاهد کمترین کاهش را نسبت به سایر توده‌ها داشته است. بنابراین توده مشهد و آمل نسبت به سایر توده‌های مورد آزمایش متحمل‌ترین توده در برابر شوری از نظر سرعت جوانه‌زنی می‌باشد (شکل ۲). خمری و همکاران (۱۶) در مورد ریحان و کنگر فرنگی و حسینی و همکاران (۱۳) در بررسی اسفرزه گزارش کردند که سطوح مختلف شوری، سرعت جوانه‌زنی را کاهش داد. تنش شوری از طریق کاهش سرعت جذب آب در نتیجه‌ی اثر اسمزی و یا افزایش خروج یون‌ها با تغییر فعالیت‌های هورمونی و آنزیمی، سرعت جوانه

زنی بذور را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۲).



شکل۱- بررسی اثر متقابل توده و شوری بر درصد جوانه‌زنی گیاه دارویی شنبلیله

Figure 1- Interaction effect of population and salinity on germination percentage of Fenugreek



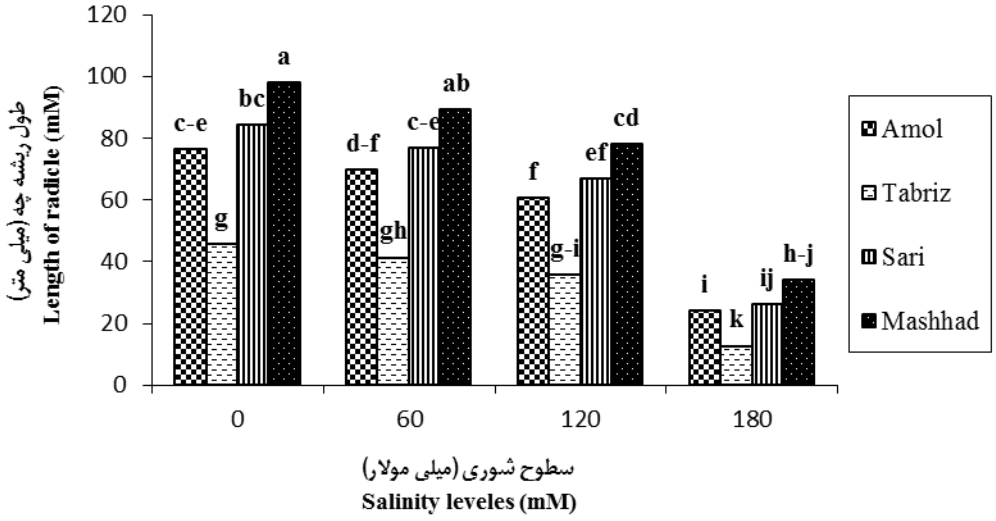
شکل۲- اثر متقابل توده و شوری بر سرعت جوانه‌زنی گیاه دارویی شنبلیله

Figure 2- Interaction effect of population and salinity on germination rate of Fenugreek

طول ریشه‌چه

نتایج تجزیه واریانس حاصل از این تحقیق نشان داد که تیمارهای مربوط به اثر متقابل توده و شوری در سطح پنج درصد و سایر تیمارها در سطح یک درصد بر طول ریشه‌چه اثر معنی‌داری داشته است (جدول ۱). کاهش طول ریشه‌چه توده‌های شنبلیله آمل، تبریز، ساری و مشهد در سطح آخر شوری (۱۸۰ میلی‌مولار) نسبت به شاهد (صفر میلی‌مولار) به ترتیب ۶۸/۶۳، ۷۲/۱۲، ۶۹/۰۸، ۶۵/۲۶ درصد بودند. همانطورکه مشاهده می‌شود (شکل ۳) توده مشهد و آمل از نظر طول ریشه‌چه از ثبات بیشتری ناشی از تغییرات سطوح شوری برخوردار بوده‌اند به‌طوری‌که طول ریشه‌چه مربوط به این توده‌ها در سطح آخر شوری نسبت به سطح شاهد کمترین کاهش را نسبت به سایر توده‌ها داشته است. بنابراین توده مشهد و در مرتبه بعد توده آمل

نسبت به سایر توده‌های مورد آزمایش متحمل‌ترین توده در برابر شوری از نظر طول ریشه‌چه می‌باشند. کاهش طول ریشه‌چه در اثر افزایش تنش شوری توسط سایر محققان (۱۰و ۱۳) نیز گزارش شد. به طور معمول کاهش طول ریشه‌چه در محلول کلر و سدیم به دلیل سمیت یون‌ها و اثر منفی آن بر غشای سلول است (۲۷). تنش شوری با کاهش جذب آب و با ایجاد اختلال در ترشح آنزیم‌هایی از جمله آمیلاز و لیپاز مانع از تجزیه مواد اندوخته بذر شده و در نتیجه انرژی لازم جهت خروج ریشه‌چه و رشد آن کمتر فراهم می‌شود (۲۳).



شکل۳- بررسی اثر متقابل توده و شوری بر طول ریشه‌چه گیاه دارویی شنبلیله
Figure 3- Interaction effect of population and salinity on length of radicle in Fenugreek

طول ساقه‌چه

بین سطوح شوری، توده‌ها و اثرات متقابل آنها از نظر طول ساقه‌چه تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده شد (جدول ۱). در بررسی اثر متقابل توده و شوری (شکل ۴) توده مشهد بالاترین و توده تبریز پایین‌ترین طول ساقه‌چه را نشان داد. کمترین طول ساقه‌چه مربوط به توده تبریز و در مرحله بعد توده ساری در شوری ۱۸۰ میلی‌مولار بود که در این شرایط ساقه‌چه رشدی نداشت. با افزایش میزان شوری، غلظت محلول خاک افزایش یافته و با توجه به اینکه واکنش رشدی ساقه‌چه نسبت به این عامل حساس‌تر از ریشه‌چه می‌باشد، باعث کاهش رشد ساقه‌چه نسبت به ریشه‌چه گردید. کاهش رشد گیاهان در اثر شوری معمولاً به دلیل تأثیر شوری بر فتوسنتز و فرآیندهای جانبی آن می باشد که بر حسب رقم و شرایط محیطی متفاوت است. به نظر می‌رسد کاهش طول ساقه در اثر شوری به دلیل کاهش فتوسنتز باشد (۳).

وزن خشک گیاهچه

اثرات ساده و متقابل عوامل آزمایشی از نظر وزن خشک گیاهچه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۱). بررسی اثر متقابل توده و شوری نشان داد که توده مشهد در تیمار شاهد (صفر میلی‌مولار) با میانگین (۹/۲۶ میلی‌گرم) در سطح ۶۰ میلی‌مولار با میانگین (۸/۱۰ میلی‌گرم) در سطح ۱۲۰ میلی‌مولار با میانگین (۷/۲۲ میلی‌گرم) و در سطح ۱۸۰ میلی‌مولار با میانگین (۳/۶۰ میلی‌گرم) بیشترین وزن خشک گیاهچه را در تمامی سطوح شوری داشت. برای این صفت در شوری ۱۸۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد توده تبریز بیشترین (۸۳/۶۲ درصد) کاهش را نشان داد. توده‌های آمل و ساری از نظر وزن خشک گیاهچه در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند به‌طوری‌که در سطح ۱۸۰ میلی‌مولار شوری نسبت به شاهد به ترتیب ۶۴/۵۴ و ۶۶/۱۳ درصد کاهش نشان دادند. بنابراین توده مشهد و در مرحله بعد توده آمل نسبت به سایر توده‌های مورد آزمایش متحمل‌ترین توده در برابر شوری از نظر وزن خشک گیاهچه می‌باشند (شکل ۵). مطابق با نتایج این آزمایش رضایی و علی نژاد (۲۸) نیز با بررسی اثر سطوح شوری صفر، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر نمک طعام بر جوانه‌زنی زیره سبز نشان دادند که وزن تر گیاهچه با افزایش سطوح مختلف شوری کاهش یافت.

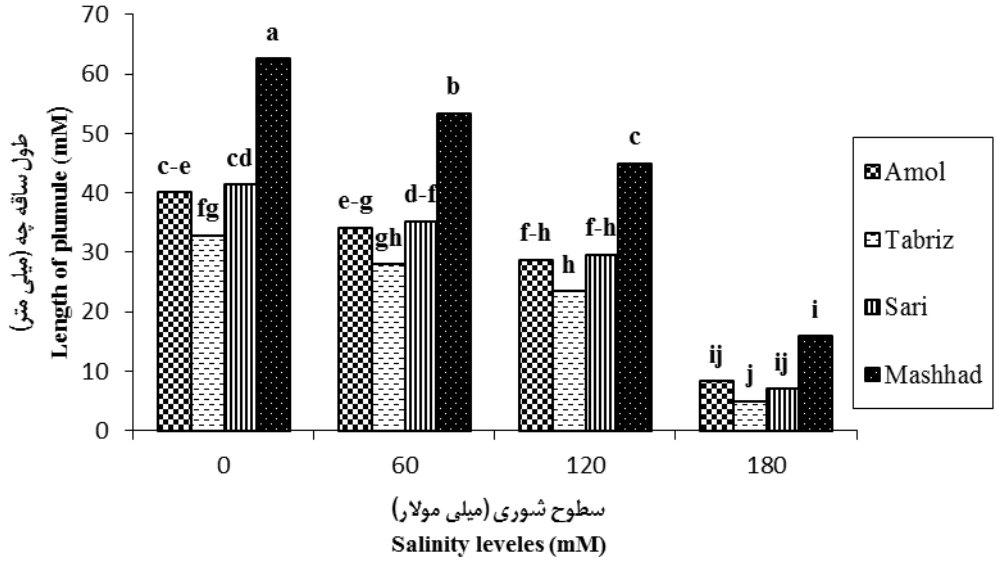
تنش خشکی

درصد جوانه‌زنی

اثرات ساده و متقابل عوامل آزمایشی از نظر درصد جوانه‌زنی

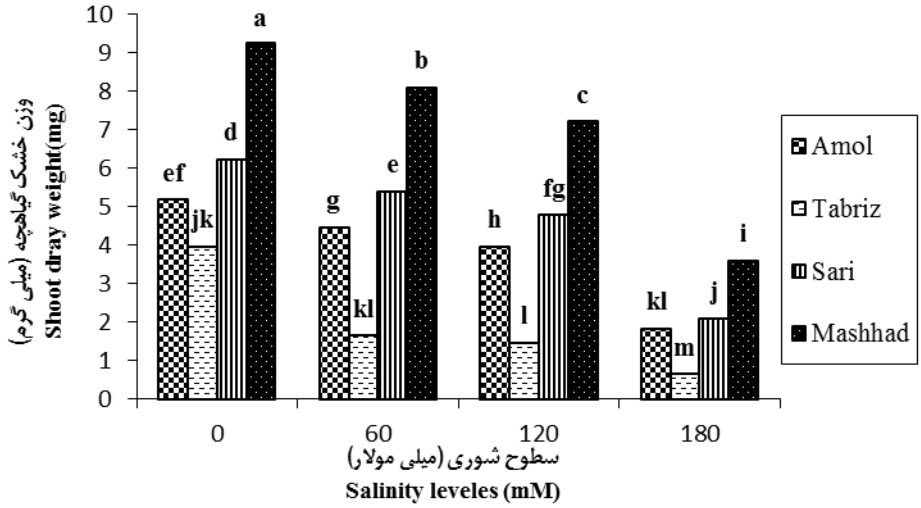
اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۲).

در بررسی اثر متقابل توده و خشکی میزان کاهش درصد جوانه زنی توده‌های بومی شنبلیله آمل، تبریز، ساری و مشهد در سطح آخر خشکی (۹- بار) نسبت به شاهد (۰ بار) به ترتیب ۶۵/۱۶، ۸۰/۰۱، ۶۷/۴۵، ۶۳/۲۱ درصد بودند. همانطورکه مشاهده می‌شود (شکل ۶) توده مشهد و در مرحله بعد توده آمل از نظر درصد جوانه‌زنی از ثبات بیشتری ناشی از تغییرات سطوح خشکی برخوردار بوده است به طوری‌که درصد جوانه‌زنی مربوط به این توده‌ها در سطح آخر خشکی نسبت به سطح شاهد کمترین کاهش را نسبت به سایر توده‌ها داشته است. بنابراین توده مشهد و در مرحله بعد توده آمل نسبت به سایر توده‌های مورد آزمایش متحمل‌ترین توده در برابر خشکی از این نظر نظر می‌باشند. 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 می شود.



شکل٤- بررسی اثر متقابل توده و شوری بر طول ساقه‌چه گیاه دارویی شنبلیله

Figure 4- Interaction effect of population and salinity on length of plumule in Fenugreek



شکل ٥- بررسی اثر متقابل توده و شوری بر وزن خشک گیاهچه گیاه دارویی شنبلیله

Figure 5- Interaction effect of population and salinity on shoot dry weight of Fenugreek

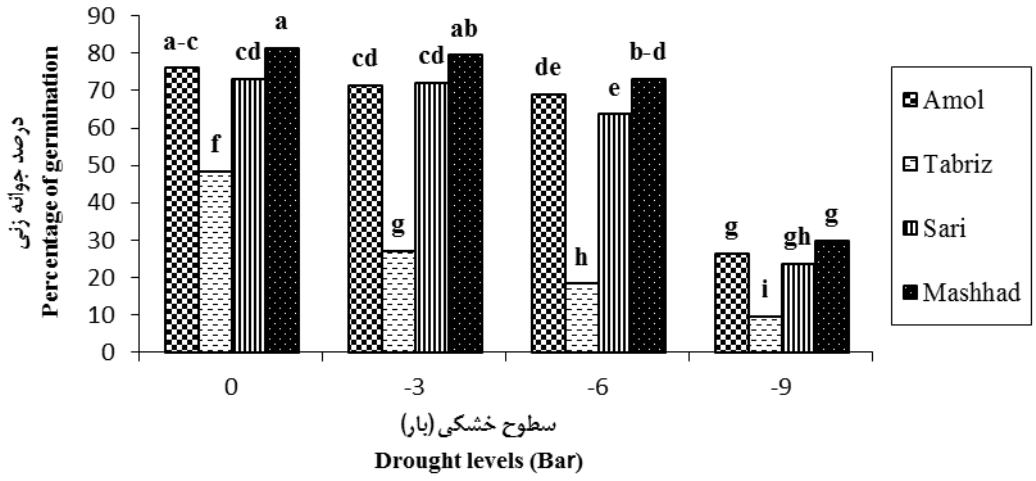
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات جوانه‌زنی مربوط به تأثیر سطوح مختلف خشکی در گیاه دارویی شنبلیله

Table 2- Analysis of variance of the effect of different levels of drought on germination characteristics of the medicinal plant fenugreek

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 گیاهچه Shoot dry weight
توده Population	3	393.12**	179.33**	1149.73**	1073.00**	37.07**
خشکی Drought	3	5323.40**	498.86**	4389.51**	1518.56**	18.94**
خشکی×توده Population×Drought	9	193.99**	18.69**	9.75 ns	12.59 ns	0.59**
خطا Error	32	14.49	1.59	18.33	17.30	0.03
ضریب تغییرات C.V (%)		7.20	8.13	12.85	5.92	7.29

* 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 significant statistically



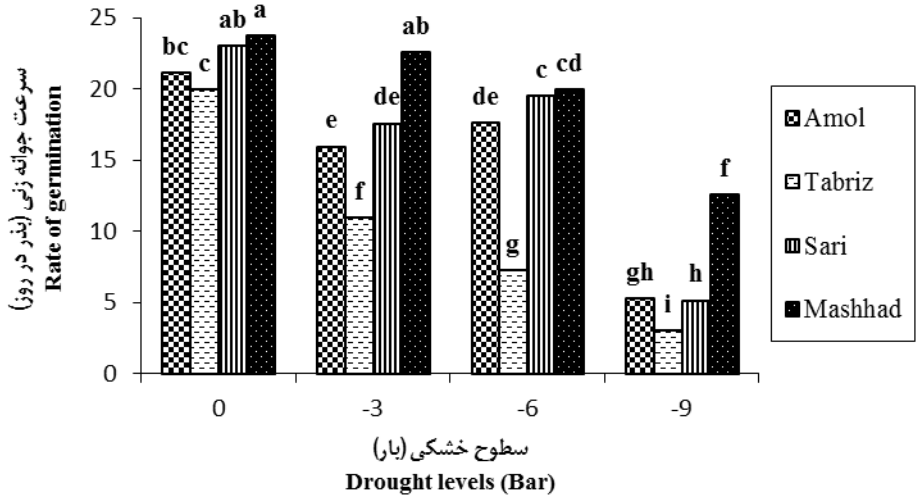
شکل ٦- بررسی اثر متقابل توده و خشکی بر درصد جوانه‌زنی گیاه دارویی شنبلیله

Figure 6- Interaction effect of population and drought stress on germination percentage of Fenugreek

سرعت جوانه‌زنی

طبق نتایج تجزیه واریانس، تمامی اثرهای ساده و متقابل در مورد صفت سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). 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 (۱۹/۹۸ بذر در روز) و در سطح ۹- بار با میانگین (۱۲/۵۲ 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 (۸۴/۹۴ درصد) کاهش را نشان داد. توده‌های آمل و ساری از نظر سرعت جوانه‌زنی در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند به‌طوری‌که در سطح آخر خشکی (۹- بار) نسبت به شاهد (۰ بار) به ترتیب ۷۵/۱۳ و

۷۷/۷۳ درصد کاهش نشان دادند. بنابراین توده مشهد و در مرحله بعد توده ساری نسبت به سایر توده‌های مورد آزمایش متحمل‌ترین توده در برابر خشکی از نظر سرعت جوانه‌زنی می‌باشند (شکل ۷). 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 (۱۳).



شکل ۷- بررسی اثر متقابل توده و خشکی بر سرعت جوانه زنی گیاه دارویی شنبلیله
Figure 7- Interaction effect of population and drought stress on germination rate of Fenugreek

طول ریشه‌چه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر توده و خشکی بر صفت طول ریشه‌چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ولی در مورد اثر متقابل توده در خشکی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های اثرات ساده نشان داد که طول ریشه‌چه در توده‌های مورد بررسی از ۲۶/۷۸ الی ۵۰/۲۹ میلی‌متر به ترتیب مربوط به توده‌های تبریز و مشهد متغیر بوده است، در ضمن توده‌های آمل و ساری 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 ۳). 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 ۶۳/۱۷ و ۱۷/۶۲ سانتی‌متر متغیر بوده است. میانگین این صفت در سطح ۹- بار به میزان ۷۳/۱۰ 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 (۲۶) نشان داد، علت کاهش طول ریشه‌چه می‌تواند محدودیت در 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 (۲۶).

طول ساقه‌چه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تغییرات طول ساقه‌چه همانند طول ریشه‌چه تحت تأثیر توده و خشکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، ولی در مورد اثر متقابل توده در خشکی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های اثرات ساده نشان داد که صفت طول ساقه‌چه در توده‌های مورد بررسی از ۲۱/۷۴ الی ۴۳/۳۱ میلی‌متر به ترتیب مربوط به توده‌های تبریز و مشهد متغیر بوده است، در ضمن توده‌های ساری و آمل 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 آمل و ساری تفاوت معنی‌داری از نظر این صفت مشاهده نشد (جدول ۳). آزمایشات مختلف بیانگر این مطلب است که در شرایط تنش، میزان تجمع ماده خشک در بافت ساقه‌چه گیاهچه-

های متحمل افزایش می‌یابد و ارقامی که بتوانند در شرایط تنش رطوبتی طول ساقه‌چه خود را بیشتر افزایش دهند یا افت طول ساقه چه در آنها با افزایش تنش خشکی کم باشد، گیاهچه‌های مقاوم در برابر تنش خشکی به شمار می‌آیند (۸).

جدول ۳- مقایسه میانگین خصوصیات جوانه‌زنی گیاه دارویی شنبلیله تحت تأثیر اثرات ساده توده و خشکی

Table 3- Comparison of the germination properties fenugreek under effect of population and different drought levels

تیمارها Treatment	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) Length of radicle (mm)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) Length of plumule (mm)
توده Population		
آمل Amol	38.20[b]	26.07[b]
تبریز Tabriz	26.78[d]	21.74[c]
ساری Sari	34.61[c]	27.13[b]
مشهد Mashhad	50.29[a]	43.31[a]
خشکی(بار) Drought(bar)		
0	63.17[a]	40.34[a]
-3	37.98[b]	36.74[b]
-6	31.10[c]	25.62[c]
-9	17.62[d]	15.55[d]

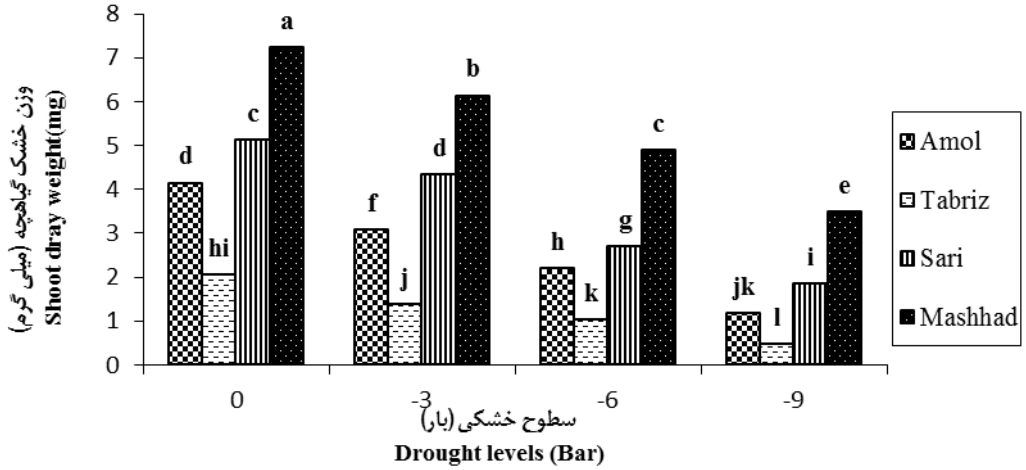
بر مبنای آزمون LSD، در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

Means in each treatment and for each column followed by the same letter are not significantly different at ($P\leq0.05$) of probability by LSD test

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 ۴۰/۳۴ و ۱۵/۵۵ سانتی‌متر متغیر بوده است. تیمار تنش شدید کمترین میانگین طول ساقه‌چه را به خود اختصاص داد و میانگین این صفت به میزان ۶۱/۴۵ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان داد که در مقایسه با سایر صفات کمترین درصد بود (جدول ۳). یکی از علل کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش خشکی، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از بافت‌های ذخیره ای بذر به جنین ذکر گردیده است (۳۱). در آزمایشی ماکار و همکاران (۱۹) در بررسی اثر تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلایکول بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) دریافتند که با کاهش پتانسیل آب طول ساقه‌چه و ریشه‌چه به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.

وزن خشک گیاهچه

بین پتانسیل‌های آبی، توده‌ها و اثرات متقابل آنها از نظر وزن خشک گیاهچه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد (جدول ۲). در بررسی اثر متقابل توده و خشکی میزان کاهش وزن خشک گیاهچه توده‌های بومی شنبلیله آمل، تبریز، ساری و مشهد در سطح آخر خشکی (۹- بار) نسبت به شاهد (۰ بار) به ترتیب ۷۱/۵۶، ۷۷/۱۸، ۶۴/۰۰، ۵۱/۶۵ درصد بودند. همانطورکه مشاهده می‌شود توده مشهد از نظر وزن خشک گیاهچه از ثبات بیشتری ناشی از تغییرات سطوح خشکی برخوردار بوده است به‌طوری‌که وزن خشک گیاهچه مربوط به این توده در سطح آخر خشکی نسبت به سطح شاهد کمترین کاهش را نسبت به سایر توده‌ها داشته است. بنابراین توده مشهد نسبت به سایر توده‌های مورد آزمایش متحمل‌ترین توده در برابر خشکی از نظر وزن خشک گیاهچه می‌باشد (شکل ۸). کاهش وزن خشک گیاهچه در اثر تنش خشکی در اغلب گیاهان زراعی و باغی گزارش شده است، دی و کار (۶) 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 توزیع بعضی از ترکیبات پکتینی که سبب نرم شدن دیواره سلول می شوند افزایش می‌یابند و در نهایت سبب کاهش وزن خشک گیاهچه می‌شوند (۱۴).



شکل ۸- بررسی اثر متقابل توده و خشکی بروزن خشک گیاهچه گیاه دارویی شنبلیله

Figure 8- Interaction effect of population and drought stress on shoot dry weight of Fenugreek

همبستگی صفات

چنانچه از جداول ضرایب همبستگی صفات مورد ارزیابی (جداول ۴ و ۵) استنباط می‌شود در آزمایش تنش شوری بین کلیه صفات مورد بررسی همبستگی مثبت و قابل توجهی مشاهده شد. با افزایش درصد بذور جوانه‌زده کلیه مؤلفه‌های جوانه‌زنی به طور معنی‌داری افزایش یافت. درصد جوانه‌زنی بیشترین همبستگی مثبت را با طول ریشه‌چه (۰/۹۶) داشت. همچنین بین درصد جوانه‌زنی با وزن خشک گیاهچه همبستگی مثبت و معنی‌دار (۰/۹۳) وجود داشت. از طرفی کمترین میزان همبستگی بین سرعت جوانه‌زنی با وزن خشک گیاهچه (۰،۶۱) مشاهده شد.

در آزمایش تنش خشکی نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین کلیه صفات مورد بررسی مشاهده شد. بیشترین همبستگی بین سرعت جوانه‌زنی با درصد جوانه‌زنی (۰/۹۰) بود. به طوری‌که با افزایش سرعت جوانه‌زنی، درصد بذور جوانه‌زده در یک زمان مشخص، افزایش یافت. چنانچه انتظار می‌رفت بین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه نیز همبستگی بالایی مشاهده شد که مقادیر آن در آزمایش تنش شوری و خشکی به ترتیب (۰/۸۸ و ۰/۸۲) بود. زیرا چنانچه بذر بتواند تحت تنش گیاهچه‌ای با ریشه‌های بلندتر تولید نماید مسلماً ساقه‌چه بلندتری نیز خواهد داشت. علاوه بر این همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن خشک گیاهچه با تمامی صفات مورد مطالعه در دو آزمایش حاصل گردید.

جدول ٤- مقادیر ضرایب همبستگی بین صفات مرتبط با سطوح مختلف شوری در گیاه دارویی شنبلیله

Table 4- The value of correlation coefficients associated with different levels of salinity in fenugreek

	1	2	3	4	5
صفات Traits	درصد جوانه زنی Percentage of germination	سرعت جوانه زنی Rate of germination	طول ریشه‌چه Length of radicle	طول ساقه‌چه Length of plumule	وزن خشک گیاهچه Shoot dry weight
1	1				
2	0.79**	1			
3	0.96**	0.78**	1		
4	0.90**	0.86**	0.88**	1	
5	0.93**	0.61**	0.90**	0.86**	1

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

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

جدول ۵- مقادیر ضرایب همبستگی بین صفات مرتبط با سطوح مختلف خشکی در گیاه دارویی شنبلیله

Table 5- The value of correlation coefficients associated with different levels of drought in fenugreek

	1	2	3	4	5
صفات Traits	درصد جوانه زنی Percentage of germination	سرعت جوانه زنی Rate of germination	طول ریشه‌چه Length of radicle	طول ساقه‌چه Length of plumule	وزن خشک گیاهچه Shoot dry weight
1	1				
2	0.90**	1			
3	0.77**	0.86**	1		
4	0.77**	0.80**	0.82**	1	
5	0.81**	0.80**	0.81**	0.89**	1

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

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

نتیجه‌گیری کلی

با افزایش سطوح شوری و منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه به طور معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۱$) در کلیه‌ی توده‌های مورد بررسی نسبت به شاهد کاهش یافت اما میزان کاهش سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری نسبت به تنش خشکی در توده‌های شنبلیله آمل، تبریز، ساری و مشهد بیشتر از درصد جوانه‌زنی بود. از طرفی حساسیت سرعت جوانه‌زنی هم در شرایط تنش شوری و هم در شرایط خشکی بیشتر از درصد جوانه‌زنی بود بنابراین می‌توان از این عامل به عنوان معیار مناسبی برای تعیین متحمل‌ترین توده‌ها به شوری و خشکی در مرحله جوانه‌زنی در گیاه شنبلیله استفاده کرد. صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه با افزایش تنش در توده مشهد نسبت به سایر توده‌ها کاهش کمتری داشت در حالی‌که این نسبت به ترتیب در توده‌های تبریز، ساری و آمل بیشتر بود، که این تفاوت نشان دهنده تحمل بیشتر توده مشهد به تنش‌های شوری و خشکی می‌باشد. به نظر می‌رسد بتوان از توده مشهد و در مرحله بعد توده آمل برای اصلاح توده‌هایی با پتانسیل عملکرد زیاد در مناطق شور و خشک استفاده کرد. البته گیاهان در مراحل مختلف رشد خود عکس العمل متفاوتی به شوری و خشکی از خود نشان می‌دهند و قدرت یک بذر برای جوانه زدن و تولید گیاهچه در شرایط تنش نشانگر این است که گیاه دارای پتانسیل تحمل به تنش می‌باشد ولی الزاماً بدین معنی نیست که گیاهچه‌ای که در شرایط نامتعادل شروع به رشد کرده، بتواند رشد خود را در همان شرایط ادامه دهد. بنابراین آزمایشات زیادی برای تأثیر تنش شوری و خشکی در مراحل مختلف رشد لازم است تا بتواند با توجه به این آزمایشات متحمل ترین توده را انتخاب کند.

منابع

1. Alizadeh A. 2001. Principles of Applied Hydrology. Press Astan Quds Razavi. The thirteenth edition. 816. (in Persian).
2. Almansouri M., Kinet J.M., and Lutts S. 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum Desf.*). Plant & Soil, 231: 243-254.
3. Bohnert H. J., and Jensen R. G. 1996. Metabolic engineering for increased salt tolerance the next step. Aust. Plant Physiology, 59: 661-667.
4. Borumand Rezazadeh Z., and Koocheki A. 2005. Investigation of seed germination response *Carum copticum* and fennel to Potential osmotic and matric result of sodium chloride and polyethylene glycol 6000 in different temperatures. Journal of Agriculrural Research, 3: 207-217. (in Persian with English abstract).
5. Cavusoglu K., and Kabar K. 2010. Effects of hydrogen peroxide on the germination and arly seedling growth of barley under NaCl and high temperature stresses. EurAsian Journal of Biological Science, 4: 70-79.
6. De F., and Kar R. K. 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.
7. Ehdayie B.1993. Selection for tolerance to drought in wheat. Abstracts of the Fourth Congress Agronomy and Plant Breeding, 43-46. (in Persian with English abstract).
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. Ghasemi Firoozabadi A. 2001. Investigation of resilience to salinity and drought on two rangeland species. MSc. Thesis in Tehran University. (in Persian with English abstract).

10. Govahi M., Safari Gh., and Shajie A. 2006. Effect of drought stress and salinity on seed germination buckwheat herb, Proceedings of the Ninth Congress of Crop Science. 598. (in Persian with English abstract).
11. Hassani A. 2005. The effect of water stress induced by polyethylene glycol on seed germination characteristics of basil (*Ocimum basilicum*). Investigation of Medicinal and Aromatic Plants, No. 21: 535-543. (in Persian with English abstract).
12. Huang J., and Redmann R.E. 1995. Salt tolerance of Hordeum and Brassica species during germination and early seedling growth. Canadian Journal of Plant Science, 75: 815-9.
13. Husseini H., and Rezvani Moghaddam P. 2006. Effects of drought and salinity stress on germination (*Plantago ovate*). Journal of Agriculrural Research, 4: 15-22. (In Persian)
14. Iraki, N.M., N. Singh, R.A. Bressan, and N.C. Carpita. 2006. Cell walls of tobacco cells and changes in composition saaocited with reduced growh upon updation to water and slain stress. Plant Physiology, 91: 48 -53.
15. Khan M.A., Gul B., and Weber D.J. 2002. Effect of temperature, and salinity on the germination of Sarcobatus vermiculatus. Biological Plantarum, 45: 133-135.
16. Koocheki A., and Alizadeh A. 1995. Principles of agriculture in arid, (Compilation Arnon). Fourth edition. Press Astan Quds Razavi, 260. (in Persian)
17. Lebaschy M., and Sharifi Ashurabadi, A. 2004. The growth parameters of some species of medicinal plants under drought stress. Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 20: 249-261. (in Persian with English abstract).
18. 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 Science, 22: 5-14.
19. Michel B.E., and Kaufmann M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology, 51: 914-916.
20. Moatar F., and Ardekani Shams M. 1982. Manual of plants. Academy of Medical Sciences. 87.
21. Mohammadi G.R. 2009. The effect of seed priming on plant traits of late-spring seeded soybean (*Glycine max* L.). American-Eurasian Journal of Agriculture and Environrinmental Science, 5:3: 322-326.
22. Niu X., Bressan R.A., Hasegawa P.M., and Pardo J.M. 1995. Ion homeostasis in NaCl stress environment. Plant Physiology, 109: 735- 742.
23. Odoemena C.S. 1988. Breaking of seed coat dormancy in a medicinal plant Tetrapleura tetraptera. J. Agric. Sci., (Cambridge), 111(2): 393 – 394.
24. Omidbaigi R. 2004. Approaches to the production and processing of medicinal plants. Behnashr Publications, Mashhad, 3: 397. (in Persian)
25. Pahlevanpor, A. 1995. Phsiological effects of por irrigation condition on snail medics. Msc thesis of Shiraz University. 186pp. (in Persian)
26. Rahimian Mashhadi H., Bagheri Kazemabad E., and Paryab A. 2001. Effect of different Potential of polyethylene glycol and sodium chloride and dry with temperatures on germination of wheat rocks. Journal of Agricultural Science and Technology, 5: 37-42. (in Persian with English abstract).
27. Rezai M., and Alinejad T. 2004. Effect of salinity on germination cumin. Abstracts of the First National Conference of cumin, 84-85.(in Persian with English abstract).
28. Saeidian F. 1996. Evaluation of drought resistance and water use efficiency in two species. Master Thesis range. Department of Natural Resources. Tehran University. (in Persian)
29. Song J., Fan H., Zhao Y., Jia Y., Du Y., and Wang B. 2008. Effect of salinity on germination, seedling emergence, seedling growth and ion accumulation of a euhalophyte *Suaeda salsa* in an inertial zone and on saline inland, Aquatic Botany, 88: 331-337.
30. Trautwein E.A., Reickhoff D., and Erbershobler H.F. 1997. The cholesterol- lowering effect of Psyllium a source dietary fiber. Ernhurung Umschau, 44: 214-216.
31. Zhu J. K. 2001. Plant salt tolerance. Trend in Plant Sci., 6: 66-71.