نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۴، ص. ۶۶۱-۶۵۲
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 29, No. 4, Winter 2016, P. 652-661
ISSN: 2008 - 4730

# ارزیابی و انتخاب توده‌های متحمل به تنش خشکی شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) بومی ایران در مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه

داود صادق زاده اهری[1*] - محمدرضا حسندخت[2]- عبدالکریم کاشی[3]- احمد عمری[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۳۰

## چکیده

این بررسی به منظور ارزیابی واکنش توده‌های بومی شنبلیله کشور در برابر تنش خشکی القایی بوسیله پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰ بر روی بیست توده بومی در قالب آزمایش فاکتوریل و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط آزمایشگاهی انجام شد. سطوح تنش شامل پتانسیل‌های صفر (آب دی یونیزه)، ۲- ، ۴- ، ۶- و ۸- بار بود. نتایج نشان داد که سطوح مختلف تنش خشکی بر روی تمامی صفات مورد بررسی(درصد بذرهای جوانه‌زده، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، نسبت طول ساقه‌چه بر ریشه‌چه، وزن‌تر ریشه اولیه، وزن‌تر ساقه‌چه، نسبت وزن تر ساقه‌چه به ریشه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه ) اثرات معنی‌داری داشت. بین توده‌های بومی به غیر از صفت وزن خشک ریشه اولیه، در کلیه صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. بر اساس روش رتبه‌بندی میانگین هفت صفت اصلی مورد مطالعه در این پژوهش(درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه)، توده‌های بومی کاشان و نیشابور متحمل‌ترین و توده‌های بومی ری و خاش حساس‌ترین توده‌ها در برابر تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بودند. با در نظر گرفتن نتایج این بررسی، توجه به توده‌های بومی شنبلیله کشور و بهره‌برداری از قابلیت‌های نهفته در آنها از قبیل تحمل و مقاومت به تنش خشکی و محافظت از آنها به عنوان منابع با ارزش ژنتیکی توصیه می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** پلی اتیلن گلیکول، رتبه‌بندی، صفات گیاهچه‌ای، مقاومت به خشکی

## مقدمه

شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*)، در مزارع تولید سبزی و در بیشتر نقاط کشور کشت شده و گیاهی یکساله از تیره لگومینوزه است. خاستگاه آن غرب آسیا و ایران بوده و در حال حاضر، در اغلب کشورهای اروپایی، آسیایی و آفریقایی کشت می‌شود. در سال‌های اخیر با مشخص شدن ارزش‌های غذایی و دارویی شنبلیله و همچنین توقعات کم خاکی و سازگاری نسبتاً وسیع آن به کشت در مناطق مختلف، دامنه کشت و زرع آن از آمریکا تا هندوستان گسترش یافته است (۳۳).

ایران یکی از مناطقی است که در اکثر نقاط آن تنش‌های مهم غیر زنده نظیر خشکی، شوری، گرما، سرما و... سبب کاهش عملکرد محصولات مختلف می‌گردد (۱۸). در اغلب مناطق کشور، به دلیل وجود محدودیت در استحصال آب و پراکنش نامناسب بارندگی فقط امکان کشت وکار تعداد معدودی گیاه زراعی و باغی وجود دارد. بی شک، معرفی گیاهان جدید برای چنین مناطقی ضمن تنوع بخشی به تولید محصولات کشاورزی می‌تواند به پایداری نظام‌های زراعی کمک نماید (۲۹).

توده‌های بومی گیاهان حاوی ژنوتیپ‌های تکامل یافته‌ای هستند که در طول هزاران سال کشت و کار در محیط‌های متفاوت آب و هوایی و سیستم‌های زراعی محلی پدیدار شده‌اند. این توده‌ها به نوعی الگوهای توسعه یافتگی کامل را در خود داشته و اغلب دارای ژن‌های مفیدی در زمینه سازگاری و مقابله با تنش‌های زیستی و غیر زیستی محیطی هستند و ماده اولیه پرارزشی در شروع برنامه‌های به‌نژادی

۱- استادیار موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه
(*- نویسنده مسئول: Email: dsadeghzade@yahoo.com)
۲ و ۳- دانشیار و استاد گروه علوم باغبانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۴- محقق ارشد مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ایکاردا)، رباط، مراکش

محسوب می‌گردند (۵ و ۱۵).

مرحله جوانه‌زنی از مهمترین مراحل رشدی گیاه است که دوام و استقرار آن را تضمین می‌کند (۱۰ و ۱۴). آب یکی از عوامل اصلی فعال‌کننده شروع جوانه‌زنی محسوب می‌شود و کمبود آن از مهمترین عوامل بازدارنده دانه در فرآیند جوانه زنی در مزرعه است. زیرا این تنش موجب کاهش و یا توقف سرعت و درصد جوانه زنی می‌گردد (۳۲). جوانه‌زنی، خروج سریع گیاهچه‌ها از خاک و سرعت رشد اولیه بالا به عنوان یکی از مکانیزم‌های فرار از خشکی[1] در اغلب گیاهان و از جمله در لگوم‌هایی نظیر نخود، عدس و لوبیا شناخته شده است (۳۰).

در برنامه‌های به‌نژادی گیاهان استفاده از گزینش‌های درون شیشه‌ای[2] از جمله روش‌های پرکاربرد در غربالگری ژرم‌پلاسم اصلاحی و گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی است. در این میان آزمایش‌های انجام شده در شرایط آزمایشگاهی نظیر پتری دیش به دلیل ارزانی و صرف زمان کمتر برای ارزیابی مناسب‌ترند (۲ و ۱۲). در این قبیل بررسی‌ها از مواد اسموتیک مختلف به منظور شبیه سازی شرایط تنش خشکی استفاده می‌شود. در این بین و به دلیل ایجاد محلول اسمزی با شرایط مشابه طبیعی، استفاده از پلی‌اتیلن‌گلیکول با جرم مولکولی بالا[3] رایج‌تر است. چون درصد جوانه‌زنی دانه در محلول آن و در خاکی با همان پتانسیل تقریباً برابر است (۱۱). مرور منابع حاکی از کاربرد موفقیت‌آمیز این ماده در غربالگری گیاهان مختلف در مرحله جوانه‌زنی برای تحمل به خشکی است که از آن جمله می‌توان به آزمایش‌های انجام شده در اسپرس (۱۶)، عدس (۲۱)، سویا (۲۲) و شنبلیله‌های چندساله (۳۱) اشاره نمود.

این تحقیق به منظور ارزیابی تنوع و واکنش بیست توده شنبلیله بومی ایران در برابر تنش خشکی القایی توسط پلی‌اتیلن گلیکول۶۰۰۰ و شناسایی متحمل‌ترین توده بومی به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی انجام گرفت.

## مواد و روش‌ها

در این مطالعه، بذر بیست توده بومی شنبلیله از مناطق مختلف کشور (اردستان، اصفهان، اهواز، برازجان، بروجرد، خاش، خرم‌آباد، ری، زنجان، سمنان، شیراز، یزد، قائنات، کاشان، کرمان، کرمانشاه، نیشابور، خراسان و دو توده از یاسوج) که از سالیان گذشته در مناطق کشت و کار می‌شدند، جمع‌آوری و مورد استفاده قرار گرفتند (۲۷).

به‌منظور تعیین قدرت تحمل و جوانه‌زنی توده‌ها در مراحل اولیه رشد در برابر تنش خشکی مصنوعی، از غلظت‌های مختلف پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰ استفاده شد. محلول‌هایی از ماده مذکور با پتانسیل ۲- ، ۴- ، ۶- و ۸- بار تهیه شده و از آب دی‌یونیزه ( $E_C$ = 0.006) به عنوان پتانسیل صفر (شاهد) استفاده شد. بررسی در قالب آزمایش فاکتوریل (۲۰ ژنوتیپ × ۵ سطح تنش) و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. برای تهیه محلول‌های پلی اتیلن گلیکول با پتانسیل‌های مورد نظر از رابطه زیر استفاده شد (۲۶):

$$\Psi_S = -(1.18 \times 10^{-2})\, C - (1.18 \times 10^{-4})\, C^2 + (2.67 \times 10^{-4})\, CT + (8.39 \times 10^{-7})\, C^2T$$

که در آن، $\Psi_S$ پتانسیل اسمزی مورد نظر، C غلظت ماده پلی‌اتیلن‌گلیکول (گرم در لیتر) و T دمای محیط آزمایشی (۲۵ درجه سانتی‌گراد) است.

پس از ضدعفونی بذرها و ظروف آزمایشگاهی با محلول هیپوکلریت سدیم (غلظت۱۰ درصد به مدت ۵ دقیقه) و اتوکلاو نمودن ظروف در دمای۱۲۰ درجه سانتیگراد به مدت۲ ساعت، تعداد ۱۵ عدد بذر کاملا سالم از هر توده در ظروف پتری‌دیش و روی کاغذهای صافی کشت گردید. ظروف کشت در اطاقک رشد و در دمای ثابت(۱ ±۲۵ درجه سانتیگراد) و دوره نوری ۱۲ ساعت شب و روز به مدت ۱۴روز نگهداری شدند. در طول دوره آزمایش و هر دو روز یک‌بار سطح محلول (پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰ و آب دی‌یونیزه) در ظروف کشت کنترل و ثابت نگهداشته شد.

بعد از سپری شدن طول دوره آزمایش و در روز چهاردهم از صفات گیاهچه‌ای به شرح زیر یادداشت برداری بعمل آمد:

درصد بذرهای جوانه‌زده (GS)، طول ریشه‌چه (PRL)[4]، طول ساقه‌چه (PSL)[5]، نسبت طول ساقه‌چه بر ریشه‌چه (PSL/PRL)، وزن‌تر ریشه اولیه(PRF)[6]، وزن‌تر ساقه‌چه(PSF) [7]، نسبت وزن تر ساقه‌چه به ریشه‌چه(PSF/PRF)، وزن خشک ریشه‌چه(PRD)[8]و ساقه‌چه (PSD) [9] (پس از قرار دادن در آون تحت دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت)، نسبت وزن خشک ساقه‌چه به ریشه‌چه (PSD/PRD). اندازه‌گیری طول‌ها بر حسب سانتیمتر و اندازه‌گیری اوزان بر حسب گرم و بوسیله ترازوی حساس دیجیتالی به دقت ۰/۰۰۱ گرم انجام شد.

داده‌های حاصل از یادداشت برداری صفات مختلف بر اساس موازین آماری آزمایش فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی تجزیه و تحلیل گردید. مقایسات میانگین به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال۵ درصد انجام شد. با استفاده از روش

1 - Drought escape
2- In vitro selection
3 - Polyethylene glycol 6000(PEG 6000)

4 -Primary root length (PRL)
5 - Primary stem length
6 - Primary root fresh weight(PRF)
7 - Primary stem fresh weight
8 - Primary root drought weight
9 - Primary stem drought weight

پیشنهادی سرمدنیا و همکاران (۳۴) و کافی و همکاران (۱۸) اقدام به رتبه‌بندی ژنوتیپ‌های آزمایشی از روی صفات اصلی (درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه) شد و توده‌های متحمل به تنش و حساس به آن انتخاب شدند. بدین منظور و در مورد هر صفت، به ژنوتیپ یا ژنوتیپ‌هایی که در مقایسات میانگین‌ها به روش آزمون دانکن حرف a گرفتند رتبه ۱، به گروه ab رتبه ۱/۵، به گروه b رتبه ۲، به گروه bc رتبه ۲/۵، به گروه c رتبه ۳، به گروه cd رتبه ۳/۵ ، به گروه d رتبه ۴، به گروه de رتبه ۴/۵، به گروه e رتبه ۵، به گروه ef رتبه ۵/۵ و به گروه f رتبه ۶ تعلق گرفت. سپس رتبه‌ها با یکدیگر جمع و در نهایت رتبه نهایی هر ژنوتیپ (میانگین رتبه‌ها) تعیین شد (در صورت غیر معنی‌دار بودن میانگین‌ها، رتبه ا به میانگین داده شد). بر اساس این روش، داشتن میانگین رتبه کمتر، نشانگر تحمل بیشتر ژنوتیپ به شرایط تنش است. تجزیه‌های آماری توسط نرم افزار MSTAT-C انجام شد.

## نتایج و بحث

در جدول ۱ نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات آمده است و نشان می‌دهد که سطوح مختلف تنش خشکی حاصل از پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰ بر تمامی صفات مورد بررسی سبب بروز اثرات بسیار معنی‌دار آماری ($P\leq0.01$) شد. همچنین توده‌های شنبلیله بومی ایران به غیر از صفت وزن خشک ریشه اولیه (PRD)، در کلیه صفات مورد مطالعه اختلاف‌های بسیار معنی‌دار ($P\leq 0.01$) با یکدیگر داشتند که حاکی از وجود تنوع ژنتیکی در بین آنهاست.

همچنین جدول ۱ نشان می‌دهد که اثر متقابل سطح تنش و توده بومی بر اغلب صفات مورد مطالعه غیر معنی‌دار است. عدم معنی‌داری اثر متقابل سطح تنش و توده بومی نشان می‌دهد که توده‌های بومی مورد مطالعه در سطوح مختلف تنش وضعیت‌های تقریبا یکسانی داشته‌اند و نوسان‌های معنی‌داری در صفات گیاهچه‌ای آنها در اثر تغییرات سطوح تنش القایی توسط پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ حادث نگردید. ساکارلی و همکاران (۸) نیز یکی از فواید استفاده از محیط‌های تنش دار برای غربالگری ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را کاهش اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط ذکر نموده و بیان کردند که کاهش این اثرات سبب افزایش کارآیی گزینش شده و در واقع ژنوتیپ‌های منتخب در این روش، کمتر تحت تاثیر تغییرات محیطی موجود در شرایط طبیعی حاکم بر مناطق خشک قرار می‌گیرند.

مطالعه انجام شده در جمعیت‌های مختلف شنبلیله‌های چندساله با استفاده از تنش القایی توسط پلی‌اتیلن‌گلیکول نیز حاکی از وجود اختلاف‌های معنی‌دار بین جمعیت‌ها در مورد طول و وزن خشک ریشه و ساقه اولیه و نسبت وزن خشک ساقه به ریشه‌های اولیه بود ولی نسبت طول ساقه به طول ریشه در این مطالعه بدون بروز تفاوت‌های معنی‌دار آماری گزارش گردید که در برخی موارد با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشته و آنرا تایید می‌کند (۳۱).

بین اثر ساده سطوح مختلف تنش خشکی و توده‌های بومی از نظر درصد جوانه‌زنی اختلاف‌های معنی‌داری در سطح احتمال ۱درصد وجود داشت و اثر متقابل سطح تنش و توده بومی معنی‌دار نبود (جدول ۱). مطالعات انجام شده با استفاده از پلی‌اتیلن‌گلیکول بر محصولات مختلف خانواده لگومینوز مانند ماش و نخود، حاکی از وجود اختلاف‌های معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های مختلف است (۴، ۲۰ ، ۲۴ و ۳۹) که با نتایج حاضر مطابقت داشته و آنرا تایید می‌کند.

مقایسه میانگین جوانه‌زنی توده‌های شنبلیله بومی ایران به روش آزمون دانکن نشان داد که، میزان جوانه زنی بذر در تیمار شاهد(آب دی‌یونیزه) و سطوح تنش ۲- و ۴- بار تفاوت معنی‌داری نداشت ولی از سطح تنش ۴- بار به سوی تنش ۸- بار از میزان جوانه‌زنی بذرها بطور معنی‌داری کاسته شد. به طوری که در سطح تنش ۸- بار میزان درصد جوانه‌زنی بذرها به کمترین مقدار خود (۸۴/۵ درصد) افت کرد (جدول ۲).

مطالعات نشان داده‌اند که در ظرفیت زراعی (FC) پتانسیل ماتریک خاک بطور متوسط برای خاک‌های شنی و رسی برابر ۳- بار بوده و متقابلا در نقطه پژمردگی دایم (PWP)[1] که در آن گیاه قادر به به جذب رطوبت از خاک نمی‌باشد، پتانسیل ماتریک برابر ۱۵- بار است. یعنی تفاوت بین دو نقطه ظرفیت زراعی (۳- بار) و نقطه پژمردگی دایم (۱۵- بار) مقدار رطوبتی است که توسط گیاه قابل جذب است (۱). تیمارهای بکار رفته در این بررسی شامل پتانسیل‌های صفر، ۲- و ۴- بار تقریباً معادل با محدوده ظرفیت زراعی خاک بوده و لذا عدم وجود تفاوت‌های معنی‌دار در مورد درصد جوانه‌زنی بذر توده‌ها در محدوده رطوبتی مذکور می‌تواند مربوط به آن باشد. تفاوت‌های موجود در بین توده‌ها از نظر درصد جوانه‌زنی از پتانسیل ۴- بار به پایین‌تر ظهور یافت و لذا براین اساس، استفاده از تیمارهایی با تنش بیشتر (کمتر از ۴- بار) برای غربالگری و گزینش قابل توصیه‌تر هستند. نتایج مطالعات انجام شده توسط معصومی و همکاران (۲۴) نیز نشان داد که در گیاه نخود محدوده پتانسیل ۴- و ۸- بار مناسبترین محدوده جهت تعیین تحمل ژنوتیپ ها به تنش خشکی است، که با نتایج حاصل از این بررسی مطابقت داشته و آنرا تایید می‌کند.

در جدول ۳ مقایسه میانگین اثر توده‌های بومی بر در صد جوانه‌زنی آمده است و نشان می‌دهد که توده بومی خاش با میانگین جوانه‌زنی ۹۸ درصد در بین توده‌های مورد مطالعه بیشترین درصد جوانه‌زنی در سطوح مختلف تنش القایی با پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰ را داشته و در مقایسه میانگین به روش آزمون دانکن در رتبه اول قرار گرفت. متقابلاً توده بومی

1 - Permanent wilting point.

بروجرد با متوسط جوانه‌زنی ۸۴/۵ درصد پایین‌ترین رتبه را به خود اختصاص داد (جدول ۳).

**جدول ۱- تجزیه واریانس صفات گیاهچه‌ای توده‌های شنبلیله بومی ایران در اثر تنش القایی با PEG6000**

**Table 1- Analysis of variance of Iranian fenugreek landraces seedling characteristics under stress induced by PEG 6000**

| منبع تغییرات S.O.V | درجه آزادی (df) | میانگین مربعات (MS) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | %GS | PSL | PSF | PSD | PRL | PRF | PRD | PSL/PRL | PSF/PRF | PSD/PRD |
| تکرار(Replication) | 2 | 498$^{*}$ | 14$^{**}$ | 0.42$^{**}$ | 0.002$^{ns}$ | 107$^{**}$ | 0.19$^{*}$ | 0.0004$^{ns}$ | 0.60$^{**}$ | 0.0004$^{ns}$ | 0.004$^{ns}$ |
| سطح تنش (Stress Level(S)) | 4 | 2608$^{**}$ | 87$^{**}$ | 4.1$^{**}$ | 0.013$^{**}$ | 46.5$^{**}$ | 0.45$^{**}$ | 0.004$^{**}$ | 0.96$^{**}$ | 2.1$^{**}$ | 0.04$^{**}$ |
| توده (Landrace(L)) | 19 | 305$^{**}$ | 3.3$^{**}$ | 0.19$^{**}$ | 0.006$^{**}$ | 3.5$^{**}$ | 0.01$^{**}$ | 0.0007$^{ns}$ | 0.21$^{**}$ | 0.26$^{**}$ | 0.02$^{**}$ |
| اثر متقابل (S×L) | 76 | 154$^{ns}$ | 0.87$^{**}$ | 0.04$^{ns}$ | 0.001$^{ns}$ | 1.5$^{ns}$ | 0.004$^{ns}$ | 0.0006$^{ns}$ | 0.05$^{*}$ | 0.04$^{**}$ | 0.003$^{ns}$ |
| خطا (Error) | 198 | 126 | 0.45 | 0.02 | 0.0007 | 1.70 | 0.006 | 0.0007 | 0.03 | 0.03 | 0.003 |
| درصد ضریب تغییرات (C.V%) | -- | 12.4 | 18 | 11.7 | 4.4 | 23 | 10.6 | 4.8 | 26.4 | 10.2 | 5 |

*و ** بترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد ، ns = عدم وجود اختلاف معنی‌دار آماری

* and ** significantly different in 5% and 1% probability level, respectively and ns= not significant

**جدول ۲- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف تنش القایی با PEG6000 بر جوانه زنی و صفات گیاهچه‌ای توده‌های شنبلیله بومی ایران**

**Table 2- Mean comparisons of different drought stress levels induced by PEG 6000 on germination and seedling traits of Iranian fenugreek landraces**

| سطح تنش(بار) Stress level(Bar) | میانگین صفات Traits Means | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | %GS | PSL | PSF | PSD | PRL | PRF | PRD | PSL/PRL | PSF/PRF | PSD/PRD |
| Check(0) | 94 a* | 4.68 a | 1.53 a | 0.57 c | 6.44 a | 0.83 a | 0.54 a | 0.73 a | 1.84 a | 1.06 b |
| -2 | 93 a | 4.67 a | 1.27 b | 0.59 b | 6.39 a | 0.81 a | 0.54 a | 0.73 a | 1.57 b | 1.10 b |
| -4 | 96 a | 4.2 b | 1.7 c | 0.61 a | 6.01 a | 0.76 b | 0.54 a | 0.70 b | 1.54 b | 1.13 a |
| -6 | 90 b | 3.0 c | 1.0 d | 0.61 a | 5.19 b | 0.69 c | 0.53 b | 0.58 c | 1.45 c | 1.15 a |
| -8 | 84.5 c | 1.9 d | 0.85 e | 0.59 b | 4.39 c | 0.63 d | 0.52 b | 0.43 d | 1.35 d | 1.14 a |

* میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

* Means with the same letters in each column are not significantly differences at 5% probability level

با توجه به اینکه توده بومی خاش دارای بذرهای ریز جزو توده‌های با وزن هزاردانه کم (دارای وزن هزار دانه ۹ گرم ) در این پژوهش بود، لذا به نظر می‌رسد به دلیل بیشتر بودن نسبت سطح به حجم در بذور توده خاش توانایی بذرهای آن در جذب آب و جوانه‌زنی سریعتر و بیشتر است. چنین خصوصیتی در رقم‌های بذر ریز(وزن هزار دانه کم) عدس و سایر گیاهان زراعی خانواده لگومینوز نیز گزارش گردیده است (۴ و ۳۹)، که با نتایج حاصل از این مطالعه مطابقت داشته و آن‌را تایید می‌کند. همچنین به دلیل ریز بودن بذر توده بومی خاش نسبت به سایر توده‌ها، رطوبت مورد نیاز برای جوانه‌زنی و سبز شدن بذرهای آن نسبت به توده‌هایی با بذرهای درشت‌تر، کمتر بوده و بنابرین حتی در شرایطی با آب قابل دسترس کمتر، توانایی جوانه‌زنی بذرهای توده خاش نسبت به سایر توده‌ها بیشتر خواهد بود. با توجه به نتایج مندرج در جدول ۳ معلوم می‌گردد که توده بومی خاش با ایجاد گیاهچه‌هایی با طول ساقه و ریشه اولیه کمتر نسبت به سایر توده‌ها جزو توده‌های ضعیف از نظر میزان رشد گیاهچه‌ها است و دلیل این امر را می‌توان به اندوخته کم بذرهای آن از نظر مواد لازم برای رشد و نمّو گیاهچه‌های نورست نسبت داد.

جدول ۱ نشان می‌دهد که صفات طول ساقه‌چه (PSL) و طول ریشه‌چه (PRL) به طور معنی داری تحت تاثیر سطوح تنش خشکی و توده‌های بومی قرار گرفتند (سطح احتمال ۱ درصد)، ولی اثرات متقابل سطح تنش و توده بومی فقط در مورد طول ساقه‌چه معنی‌دار بود. مقایسه میانگین صفات مذکور در سطوح مختلف تنش القایی با پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰ (جدول ۲) نشان می‌دهد که کاهش پتانسیل اسمزی از صفر بار (شاهد) تا ۸- بار موجب کاهش معنی‌دار در طول ساقه‌چه و ریشه‌چه تمام توده‌های بومی شنبلیله گردید. جدول ۲ نشان می‌دهد که میزان کاهش طول ساقه‌چه در پتانسیل‌های اسمزی ۶- و ۸- بار شدیدتر بوده و کمترین طول ساقه‌چه در پتانسیل اسمزی ۸- بار مشاهده شد (۱/۹ سانتیمتر) که در مقایسه میانگین، پایین‌ترین

رتبه را به خود اختصاص داد.

همچنین جدول۲ نشان می‌دهد که میزان کاهش طول ریشه‌چه توده‌های بومی شنبلیله در حد فاصل پتانسیل اسمزی صفر بار (شاهد) تا ۴- بار اختلاف چندانی نداشته و از محدوده ۴- بار به سمت تنش شدیدتر (۸- بار) میزان کاهش در طول ریشه‌چه محسوس‌تر بود. با توجه به این کاهش محسوس در طول ساقه‌چه و ریشه‌چه در محدوده تنش ۶- تا ۸- بار نسبت به سطوح دیگر تنش، به نظر می‌رسد محدوده مذکور جهت غربالگری توده‌های بومی شنبلیله ایران از نظر رشد طولی ریشه‌چه و ساقه‌چه مناسب‌تر بوده و برای انجام مطالعات در این زمینه قابل توصیه است. این نتیجه در خصوص درصد جوانه‌زنی بذرها نیز حاصل شده بود که با آن مطابقت داشته و موید آن است.

جدول ۲ همچنین نشان می‌دهد که در پتانسیل اسمزی ۶- تا ۸- بار، میزان کاهش طول ساقه‌چه‌ها بیشتر از طول ریشه‌چه‌ها بود. نتایج مشابهی مبنی بر کاهش معنی‌دار در طول ساقه‌چه و ریشه‌چه گیاهان مختلف در اثر تنش القایی با پلی‌اتیلن‌گلیکول توسط سایر محققان گزارش گردیده است (۶، ۷، ۹ و ۳۲) که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشته و آنرا تایید می‌کند.

جدول ۳ نشان می‌دهد که بیشترین طول ساقه‌چه در بین توده‌های شنبلیله بومی مورد مطالعه در سطوح متفاوت تنش خشکی، متعلق به توده بومی سمنان و برابر با ۴/۴ سانتی‌متر بود که در مقایسات میانگین در رتبه اول قرار داشت و کمترین طول ساقه‌چه نیز متعلق به توده بومی اهواز (۳ سانتی‌متر) بود که در مقایسات در رتبه آخر قرار گرفت. همچنین توده بومی سمنان با داشتن طویل‌ترین طول ریشه اولیه (۶/۶ سانتی‌متر) در سطوح مختلف تنش خشکی نسبت به بقیه توده‌ها برتر بوده و در رتبه اول جای گرفت. توده بومی قائنات با میانگین طول ریشه اولیه ۴/۴ سانتی‌متر، کمترین طول ریشه‌چه را در بین توده‌های بومی به خود اختصاص داد (جدول ۳).

مطالعات انجام شده در لگوم‌های یکساله ثابت نموده‌اند که عمق ریشه‌دوانی بالاتر به شرطی می‌تواند عامل مقاومت یا تحمل به خشکی باشد که توام با وزن خشک ریشه‌ای بیشتر باشد (۱۳ و ۱۹). یعنی ژنوتیپ‌هایی که در کنار رشد بیشتر ریشه‌ها، توانایی انباشته نمودن مقدار بیشتری از مواد فتوسنتزی در ریشه‌ها را دارند به خشکی متحمل‌ترند. در جدول ۳ مشاهده می‌گردد که توده سمنان علیرغم داشتن ریشه‌ها و ساقه‌های اولیه طویل‌تر نسبت به سایر توده‌ها، از نظر وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه (PSD و PRD) وضعیت چندان ممتازی نداشت و می‌توان چنین استنباط نمود که در گیاهچه‌های توده مذکور، رشد فقط از جهت افزایش طولی بوده بدون اینکه ماده خشک بیشتری در راستای رشد طولی ریشه و ساقه اولیه در آنها اندوخته گردد. از دیدگاه دیگر می‌توان بیان کرد که، ساقه‌ها و ریشه‌های اولیه توده بومی سمنان حاوی مقادیر بیشتری آب بوده و لذا توده مذکور در سنین گیاهچه‌ای حساسیت بیشتری به کاهش آب در اثر افزایش شدت سختی محیط از نظر تنش خشکی و یا بالا رفتن ناگهانی دمای هوا و افزایش تبخیر و تعرق خواهد داشت که این موضوع نیاز به بررسی‌های بیشتر دارد.

جدول ۱ نشان می‌دهد که وزن‌تر و خشک ساقه اولیه (PSF و PSD) توده‌های شنبلیله بومی ایران در محیط‌های مختلف تنش‌دار، تفاوت‌های آماری بسیار معنی‌دار(سطح احتمال ۱ درصد) داشت که حاکی از وجود تنوع در بین توده‌های مذکور است. همچنین اثر ساده سطح تنش القایی توسط پلی‌اتیلن‌گلیکول بر وزن‌تر و خشک ساقه اولیه موجب بروز اختلاف‌های بسیار معنی‌دار (در سطح احتمال۱ درصد) گردیده و اثر متقابل سطح تنش و توده بر وزن تر و خشک ساقه‌های اولیه از نظر آماری معنی‌دار نبود.

مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر وزن تر و خشک ساقه اولیه در جدول۲ آمده است و نشان می‌دهد که افزایش شدت تنش خشکی موجب کاهش در وزن تر ساقه اولیه توده‌های بومی گردیده و بیشترین و کمترین وزن تر ساقه به ترتیب در تیمار بدون تنش خشکی (صفر بار) و شرایط تنش ۸- بار حاصل شد. وزن خشک ساقه اولیه در مواجهه با تنش خشکی القایی توسط پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰ ، از تیمار بدون تنش خشکی(صفر بار) به سمت تیمار ۶- بار افزایش یافته و در فاصله تنش ۶- بار به سمت ۸- بار کاهش یافت (جدول ۲). یعنی در مواجهه با تنش خشکی بر مقدار مواد خشک گیاهچه‌ها افزوده شد.

محققان و فیزیولوژیست‌های گیاهی در تشریح پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاهان در برابر تنش خشکی معتقدند که، کاهش محتوای آب در اندام‌ها از جمله واکنش‌های مهم گیاهی محسوب می‌شود. این عمل موجب تجمع مواد محلول قابل انتقال[1] مانند ساکارز، سوربیتول، پرولین و ... در اندام‌های گیاهی می‌شود. نتیجه نهایی این واکنش کمک به پدیده تنظیم اسمزی[2] در درون سلول‌های گیاهی است. در طول مرحله برخورد با تنش خشکی، پتانسیل اسمزی سلول‌های گیاهی افت می‌نماید و تجمع مواد محلول قابل انتقال مذکور در سلول‌ها، باعث ابقای حرکت آب به داخل سلول شده و آماس(تورژسانس) سلول های گیاهی از این طریق حفظ می‌شود. این مکانیزم(تجمع مواد محلول قابل انتقال) راه حلّی موقّتی برای مقابله با تنش خشکی در گیاهان است (۲ ، ۳۵ و ۳۸).

1 - Accumulation of compatible solutes
2 - Osmotic adjustment

جدول۳ –مقایسه میانگین اثر توده بومی بر جوانه‌زنی و صفات گیاهچه‌ای توده‌های شنبلیله بومی ایـران و رتبه‌بندی توده‌ها بر اساس روش پیشنهادی سرمدنیا و همکاران(۳٤) و کافی و همکاران(۱۸)

**Table 3- Mean comparisons of fenugreek landraces effects on germination and seedling traits and ranking of them based on Sarmadnia *et al.*,1988 and Kafi *et al.*, 2005 methods**

| نام توده بومی Landrace name | میانگین صفات Traits Means | | | | | | | | | | میانگین رتبه(بر مبنای ۷ صفت اصلی) Rank Mean(based on seven main traits) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | %GS | PSL | PSF | PSD | PRL | PRF | PRD | PSL/PRL | PSF/PRF | PSD/PRD | |
| اردستان Ardestan | 94 ab* | 3.9 cd | 1.2 bc | 0.60 c | 5.9 ab | 0.72 de | 0.53 ab | 0.68 de | 1.7 a | 1.14 de | 2.50 |
| اصفهان Esfahan | 92 ab | 3.5 de | 1.2 bc | 0.61 bc | 5.9 ab | 0.76 bc | 0.53 ab | 0.60 ef | 1.6 ab | 1.15 cd | 2.29 |
| اهواز Ahvaz | 96 ab | 3.0 f | 1.0 de | 0.57 e | 5.7 ab | 0.76 bc | 0.53 ab | 0.56 ef | 1.3 d | 1.07 g | 3.14 |
| برازجان Borazjan | 90 bc | 3.4 de | 1.3 ab | 0.62 ab | 5.2 bc | 0.74 de | 0.54 ab | 0.68 de | 1.7 a | 1.14 de | 2.57 |
| بروجرد Borojerd | 84.5 d | 3.3 ef | 1.2 bc | 0.61 bc | 5.3 bc | 0.74 de | 0.52 ab | 0.64 ef | 1.6 ab | 1.16 bc | 3.21 |
| خاش Khash | 98 a | 3.1 f | 0.9 e | 0.57 e | 6.0 ab | 0.75 cd | 0.53 ab | 0.54 ef | 1.3 d | 1.07 g | 2.29 |
| خراسان Khorasan | 92 ab | 3.2 ef | 1.2 bc | 0.61 bc | 5.7 ab | 0.72 de | 0.53 ab | 0.58 ef | 1.6 ab | 1.15 cd | 2.57 |
| خرم آباد Khorramabad | 90 bc | 3.4 de | 1.1 cd | 0.57 e | 6.2 ab | 0.76 bc | 0.53 ab | 0.58 ef | 1.4 cd | 1.08 fg | 2.93 |
| ری Reay | 89 cd | 3.1 f | 1.1 cd | 0.58 d | 6.0 ab | 0.74 de | 0.54 ab | 0.54 ef | 1.4 cd | 1.08 fg | 3.43 |
| زنجان Zanjan | 93 ab | 3.1 f | 1.0 de | 0.57 e | 6.3 ab | 0.76 bc | 0.53 ab | 0.52 f | 1.4 cd | 1.07 g | 3.14 |
| سمنان Semnan | 97 ab | 4.4 a | 1.1 cd | 0.57 e | 6.6 a | 0.71 de | 0.52 ab | 0.69 de | 1.5 bc | 1.08 fg | 2.43 |
| شیراز Shiraz | 95 ab | 4.05 bc | 1.1 cd | 0.60 c | 5.2 bc | 0.68 e | 0.53 ab | 0.78 bc | 1.6 ab | 1.13 de | 2.71 |
| یزد Yazd | 93 ab | 4.2 ab | 1.1 cd | 0.60 c | 5.4 bc | 0.70 de | 0.53 ab | 0.80 bc | 1.6 ab | 1.12 ef | 2.50 |
| قائنات Qaenat | 97 ab | 4.2 ab | 1.1 cd | 0.58 d | 4.4 c | 0.72 de | 0.52 b | 1.0 a | 1.5 bc | 1.10 fg | 2.71 |
| کاشان Kashan | 96 ab | 4.0bc | 1.3 ab | 0.63 a | 6.1 ab | 0.78 ab | 0.53 ab | 0.64 ef | 1.7 a | 1.18 ab | 1.50 |
| کرمان Kerman | 93 ab | 3.8 cd | 1.3 ab | 0.61 bc | 5.6 ab | 0.75 cd | 0.53 ab | 0.69 de | 1.7 a | 1.16 bc | 2.14 |
| کرمانشاه Kermanshah | 93 ab | 3.5 de | 1.2 bc | 0.60 c | 5.4 bc | 0.72 de | 0.52 ab | 0.68 de | 1.6 ab | 1.14 de | 2.79 |
| نیشابور Neyshabor | 93 ab | 3.9 cd | 1.4 a | 0.63 a | 5.7 ab | 0.81 a | 0.53 ab | 0.66 ef | 1.7 a | 1.19 a | 1.50 |
| یاسوج ۱ Yasooj 1 | 94 ab | 4.3 ab | 1.2 bc | 0.60 c | 5.2 bc | 0.78 ab | 0.55 a | 0.82 b | 1.5 bc | 1.09 fg | 1.86 |
| یاسوج ۲ Yasooj 2 | 96 ab | 4.3 ab | 1.2 bc | 0.60 c | 5.8 ab | 0.77 bc | 0.53 ab | 0.75 cd | 1.5 bc | 1.11 fg | 1.93 |

* میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means with the same letters in each column are not significantly differences based on Duncan Multiple Range Test at 5% probability level.

مقایسه میانگین صفات وزن تر و خشک ساقه اولیه توده‌های شنبلیله بومی ایران در جدول ۳ آمده است و نشان می‌دهد که آنها را از نظر وزن تر ساقه اولیه می‌توان در گروه‌های متفاوتی قرار داد. بیشترین و کمترین وزن تر ساقه اولیه در بین توده‌های بومی به ترتیب متعلق به توده بومی نیشابور (۱/۴ گرم) و خاش (۰/۹ گرم) بوده و توده‌های بومی نیشابور و کاشان با ۰/۶۳ گرم و توده‌های خاش، اهواز، خرم‌آباد، زنجان و سمنان با ۰/۵۷ گرم به ترتیب بیشترین و کمترین وزن خشک ساقه اولیه را داشتند (جدول ۳).

سطوح مختلف تنش بر روی صفات وزن تر و خشک ریشه اولیه توده‌های بومی ایران موثر بوده و سبب ایجاد اختلاف‌های بسیار معنی‌دار آماری (سطح احتمال ۱ درصد) شد. اثر متقابل سطح تنش و توده بر وزن تر ریشه‌های اولیه معنی‌دار نبود (جدول ۱). در جدول ۲ مقایسه میانگین اثر سطح تنش بر وزن‌تر ریشه اولیه گیاهچه‌ها آمده است و نشان می‌دهد که در اثر افزایش شدت تنش خشکی از میزان وزن تر ریشه‌ها کاسته شد. بیشترین و کمترین وزن‌تر ریشه اولیه به ترتیب در تیمار شاهد (بدون تنش) و تنش ۸- بار حاصل شد. کاهش مذکور در مورد طول ریشه‌های اولیه نیز رخ داد(جدول۲) که تقریباً با همدیگر در یک راستا بودند. جدول ۳ نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین وزن‌تر ریشه اولیه در بین توده‌های مورد مطالعه به ترتیب متعلق به توده‌های بومی نیشابور (۰/۸۱ گرم) و شیراز (۰/۶۸ گرم) بود که در مقایسه میانگین به روش آزمون دانکن در کلاس‌های جداگانه‌ای قرار گرفتند.

در اثر تنش رطوبتی تا محدوده ۴- بار، هیچگونه تغییرات محسوسی در وزن خشک ریشه اولیه توده‌ها پدیدار نشده و تفاوت‌های معنی‌داری مشاهده نشد، ولی از تنش ۴- بار به سمت ۶- بار کاهش در وزن خشک ریشه‌ها ملموس‌تر بوده و اختلاف‌های معنی‌دارتری (در سطح احتمال ۱ درصد) با تیمارهای تنشی ملایمتر داشت (جدول ۲). از این نظر نیز می‌توان محدوده تنش‌های پایین‌تر از ۴- بار را برای غربالگری توده‌های شنبلیله بومی ایران در سنین گیاهچه‌ای پیشنهاد نمود که با نتایج قسمت‌های قبلی مطابقت داشته و آنها را تایید می‌نماید.

در مورد وزن خشک ریشه اولیه گیاهچه‌ها، تفاوت‌های معنی‌داری بین توده‌های بومی وجود نداشت (جدول ۱) یعنی توده‌ها در اثر تنش القایی وضعیت‌های مشابهی از نظر این صفت داشتند. همین امر در مورد اثرات متقابل سطح تنش و توده بومی نیز صادق بود (جدول ۱).

نسبت طول ساقه بر ریشه اولیه، تحت تاثیر معنی‌دار سطوح مختلف تنش خشکی و توده‌های بومی در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت و در ضمن اثر متقابل سطح تنش × توده نیز از نظر آماری در سطح ۵درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر سطوح تنش بر نسبت طول ساقه بر ریشه نشان داد که بیشترین مقدار این نسبت در اثر تیمارهای شاهد (بدون تنش) و تنش در سطح ۲- بار حاصل گردیده (۰/۷۳) و پس از آن و با افزایش شدت تنش به سمت ۸- بار، نسبت مذکور به شدت کاهش یافته و به ۰/۴۳ رسید یعنی دارای کاهشی معادل ۵۹درصد بود (جدول ۴). این نتایج نشان می‌دهند که در اثر افزایش شدت تنش خشکی، میزان کاهش در طول ساقه‌های اولیه به مراتب بیشتر از ریشه‌های اولیه بوده و گیاهان با احساس تنش در محیط، از رشد رویشی ساقه‌های خود کاسته و بر رشد طولی ریشه‌های خود افزودند. کاهش ارتفاع گیاهان و افزایش رشد عمقی ریشه‌ها از مکانیزم‌های مهم اولیه در مواجهه با تنش خشکی است که توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (۷، ۱۴ و ۱۸) که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشته و آن را تایید می‌کند.

در جدول ۳ نتایج مقایسه میانگین نسبت طول ساقه بر ریشه اولیه توده‌های بومی در سطوح مختلف تنش خشکی آمده است و نشان می‌دهد که توده بومی قائنات با داشتن نسبت ۱ (طول ساقه برابر طول ریشه اولیه) و توده بومی زنجان با داشتن نسبت طول ساقه بر ریشه ۰/۵۲ به ترتیب بیشترین و کمترین نسبت‌های طول ساقه بر ریشه‌ها را در بین توده‌های بومی بخود اختصاص دادند.

وجود نسبت پایین طول ساقه بر ریشه اولیه در توده بومی زنجان حاکی از آن است که مکانیزم مقاومت یا تحمل به خشکی در توده مذکور از طریق کاهش نسبت طول ساقه اولیه بر ریشه وجود دارد. به بیان دیگر گیاهچه‌های توده بومی زنجان در مواجهه با تنش خشکی، ترغیب به افزایش رشد عمقی ریشه‌ها شدند که این ویژگی می‌تواند سبب ارتقای سطح مقاومت در توده مذکور گردد. چرا که با نفوذ عمقی بیشتر ریشه‌ها، امکان دسترسی به آب و رطوبت در لایه‌های عمقی خاک افزایش یافته و گیاهچه‌ها با دسترسی بیشتر به آب از طریق ریشه‌های عمیق‌تر توانایی مقابله با تنش خشکی را خواهند یافت.

پژوهشگران ضمن تاکید بر داشتن سیستم ریشه‌ای کاراً در گیاهان متحمل به خشکی معتقدند که، سیستم ریشه‌ای قوی و عمیق در گیاه صفتی مهم است که می‌تواند بر روی قابلیت تامین آب برای فعالیت‌های گیاهی تحت شرایط تنش خشکی تاثیر گذاشته و گیاه را از اثرات مخرب تنش مصون دارد (۱۷، ۲۸، ۳۶، ۳۷ و ۳۸). تنوع ژنتیکی در ژنوتیپ‌های مختلف گیاهان تیره لگومینوز در خصوص تغییر در نسبت طولی ساقه به ریشه به نفع ریشه در مواجهه با تنش خشکی توسط دیگر محققان نیز گزارش شده است (۳، ۲۵، ۳۷ و ۴۰) که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشته و آن را تایید می‌کند.

تجزیه واریانس صفات نسبت وزن تر و خشک ساقه اولیه بر وزن تر و خشک ریشه اولیه (PSF/PRF و PSD/PRD) نشان داد که،

این صفات نیز تحت تاثیر معنی‌دار سطوح مختلف تنش خشکی و توده بومی در سطح احتمال ۱درصد قرار گرفتند (جدول۱). نتایج مقایسه میانگین اثر ساده سطح تنش بر این صفات در جدول۲ آمده است و نشان می‌دهد که با افزایش شدت تنش خشکی از تیمار شاهد (بدون تنش) به سمت تنش شدیدتر ( ۸- بار) از نسبت وزن تر ساقه بر ریشه اولیه کاسته شد، به طوری که در تیمار شاهد میزان این صفت برابر ۱/۸۴ بوده و در تیمار ۸- بار به ۱/۳۵ افت نمود ( ۷۳/۴درصد کاهش). این یافته نشان می‌دهد که، با افزایش شدت تنش خشکی، میزان آب موجود در ریشه و ساقه‌های اولیه گیاهان دچار افت شده و این کاهش از نظر آماری بسیار معنی‌دار بود.

میزان کاهش مشاهده شده در نسبت وزن‌تر ساقه بر ریشه اولیه بین پتانسیل‌های اسمزی ۲- بار و ۴- بار چندان زیاد نبوده و این دو سطح تنش در یک کلاس قرار گرفتند ولی از پتانسیل ۴- بار به سمت تنش شدیدتر (۸- بار) کاهش شدیدتری حادث شد (جدول ۲). از این نتیجه می‌توان چنین استنباط کرد که در مواجهه با تنش‌های سخت‌تر، گیاهچه‌ها مقدار آب بیشتری در ریشه‌های خود نسبت به ساقه‌ها انباشته نمودند. همچنین جدول ۲ نشان می‌دهد که با افزایش شدت تنش خشکی بر نسبت وزن خشک ساقه بر ریشه اولیه گیاهچه‌ها افزوده شد، به طوری که مقدار آن در تیمار شاهد (بدون تنش) برابر ۱/۰۶ بوده که در تیمار تحت تنش ۸- بار به ۱/۱۳ افزایش یافت که حاکی از تجمع احتمالی بیشتر مواد محلول قابل انتقال در ساقه‌ها نسبت به ریشه‌هاست که قبلاً در مورد وزن خشک ساقه‌های اولیه نیز مشاهده شد و با نتایج مذکور مطابقت داشته و آنرا تایید می‌نماید.

مقایسه میانگین صفت نسبت وزن خشک ساقه بر ریشه در بین توده‌های شنبلیله بومی ایران نشان داد که بیشترین مقدار صفت مذکور متعلق به توده بومی نیشابور و برابر ۱/۱۹ بود که در مقایسه میانگین در رتبه اول قرار داشت. کمترین مقدار نسبت وزن خشک ساقه بر ریشه در سه توده بومی اهواز، خاش و زنجان مشاهده گردید و برابر ۱/۰۷ بود (جدول ۳). بیشتر بودن این نسبت در توده بومی نیشابور مربوط به زیادی وزن خشک ساقه (PSD) در آن و کمی این صفت در سه توده بومی اهواز، خاش و زنجان نیز مربوط به کم بودن وزن خشک ساقه اولیه در آن‌ها بود (جدول ۳).

به نظر می‌رسد در سه توده بومی اهواز، خاش و زنجان گیاهچه‌ها با احساس تنش خشکی در محیط رشد، قسمت اعظم مواد فتوسنتزی را به ریشه‌های خود اختصاص داده و از این طریق سبب افزایش رشد عمقی آنها گردیده و در نتیجه رشد طولی بیشتر ریشه‌ها، مقدار مواد خشک آنها نیز بیشتر شد. کومار (۲۳) معتقد است که هر اندازه میزان رشد و بیوماس ریشه ژنوتیپی بیشتر باشد، تحمل آن به خشکی بیشتر است.

نتایج مربوط به رتبه بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش پیشنهادی سرمدنیا و همکاران (۳۴) و کافی و همکاران (۱۸) از روی صفات اصلی (درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه) در جدول ۳ آمده است و نشان می‌دهد که، توده‌های بومی شنبلیله در مواجهه با تنش خشکی مرحله گیاهچه‌ای دارای رتبه‌های متفاوتی بوده (درجات مختلفی از تحمل در بین آنها وجود داشت) و در این میان دو توده بومی متعلق به کاشان و نیشابور با کمترین میانگین رتبه (۱/۵۰) متحمل‌ترین توده‌های این پژوهش بوده و متقابلا دو توده بومی ری و خاش به ترتیب با میانگین‌های ۳/۴۳ و ۳/۲۹ حساسترین توده‌های شنبلیه در شرایط تنش خشکی بودند (جدول ۳).

در جمع‌بندی نتایج این بررسی می‌توان چنین استنتاج نمود که بین توده‌های بومی شنبلیله کشور از نظر واکنش نسبت به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها اختلاف‌هایی موجود است و این امر نشانگر وجود تنوع مطلوب در بین توده‌هاست. در نهایت، توجه به توده‌های بومی کشور و بهره‌برداری از قابلیت‌های نهفته در آنها از قبیل ژن‌های تحمل و یا مقاومت به تنش‌های محیطی آشکارتر شده و محافظت از توده‌های بومی به عنوان منابع با ارزش ژنتیکی در بانک ژن گیاهی و .... ضرورت داشته و توصیه می‌شود.

## منابع


1- Alizadeh A. 2006. Soil, Water and Plant Relationships. Imam Reza University Publications. (In Persian)
2- Amede T., Kimani P., Ronno W., Lunze L., and Mbikay N. 2004. Coping with Drought; Strategies to Improve Genetic Adaptation of Common bean to Drought Prone Regions of Africa. CIAT Occasional Publication Series.No.38.pp:39.
3- Annicchiarico P., and Piano E.2004. Indirect selection for root development of white clover and implication for drought tolerance. Journal of Agronomy and Crop Science, 190:28-34.
4- Bagheri A.R., Nezami A., and Soltani M. 2000. Breeding for Stress Tolerance in Cool Season Food Legumes. Agricultural Research, Education and Extention Organization Publications. (In Persian)
5- Brush S.B.1995. *In situ* conservation of landraces in center of crop diversity. Crop Science, 35:346-354.
6- Bukhtiar B., and Shaykva A. 1990. Drought tolerance in lentil. II. Differential genotypic response to drought. Journal of Agricultural Research Lahore, 28:117-126.
7- Burnett S., Van-Iersel M., and Thomas P. 2005. PEG 8000 alters morphology and nutrient concentration of

hydroponic impatiens. Horticultural Science, 40(6):1768-1772.
8- Ceccarelli S., Grando S., and Hamblin J. 1992. Relationship between barley grain yield measured in low and high yielding environments. Euphytica, 64:49-58.
9- Choi W., Kang S., Park H., Kim S., Lee K., Shin H., and Choi S.2000. Effect of water stress by PEG on growth and physiological traits in rice seedlings. Korean Journal of Crop Science, 45:112-117.
10- De R., and Kar R.K.1995. Seed germination and seedling growth of mung bean (*Vigna radiata*) under water stress induced by PEG 6000. Seed Science Technology, 23: 301-308.
11- Emmerich W.E., and Hardgree SP. 1991. Seed germination in polyethylene glycol solution: Effect of filter paper extrusion and water vapor loss. Crop Science, 31:454-458.
12- Fischer K., Lafitte R., Fukai S., Altin G., and Hardy B.2003. Breeding Rice for Drought Prone Environments. Los Banos Publications. IRRI, Philippines.
13- Gaur P.M., Gowda CLL., Knights EJ., Warkentin T., Acikgoz N., Yadav SS., and Kumar J. 2007. Breeding achievements. p.395-396. In S.S.Yadav et al.(ed.) Chickpea Breeding and Management. CAB Int. Walingford, UK.
14- Iran nejhad H., and Shahbaziyan N. 2005. Field Crops Tolerance to Environmental Stresses. Carno Publications. (In Persian)
15- Jaradat A. 1994. Plant genetic resources and their roles in breeding to biotic and abiotic stresses. p.13. In Proceedings of 3rd. Iranian Crop production and Plant Breeding Congress, 3-8 Sep.1994.Tabriz University. Tabriz. Iran.
16- Kaboli M., Sadeghi M. 2002. Effect of water stress on germination in three species of onobrychis. Pajouhesh-VA-Sazandegi, 15(1): 18-21. (in Persian with English abstract)
17- Kafi M., and Mahdavi Damghani A. 2007. Mechanisms of Environmental Stress Resistance in Plants. Ferdowsi University Publications.
18- Kafi M., Nezami A., Hosaini H., and Masomi A. 2005. Physiological effects of drought stress by polyethylene glycol on germination of lentil (*Lens culinaris* Medik.). Iranian Journal of Field Crops Research, 3: 69-80. (in Persian with English abstract)
19- Kashiwagi J., Krishnamurthy L., Crouch J.H., and Serraj R. 2006. Variability of root length density and its contributions to seed yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under terminal drought stress. Field Crops Research, 95:171-181.
20- Kazerouni Monfared E., Akramian M., Tokassi S., Eghbali S., and Ale Ebrahim T. 2005. Physiological effects of salt and drought stress on germination and seedling growth of lentil (*Lens culinaris* Medik.) and mung bean (*Vigna radiata* L.). p. 157. In Proceedings of 1st. Iranian Pulse Crops Symposium.20-21 Nov.2005. Ferdowsi University. Mashhad. Iran.
21- Kiani M., Bagheri A., and Nezami A. 1998. Reaction of lentil genotypes to drought stress during germination in PEG 6000. Journal of Agricultural Industry, 12(1): 49-59. (in Persian with English abstract)
22- Kpoghomou B.K., Sapra V.T., and Beyl C.A. 1990. Screening for drought tolerance: Soybean germination and its relationship to seedling response. Journal of Agronomy and & Crop Science, 164: 153-159.
23- Kumar D. 2006. Breeding for drought resistance.p.145-175. In M. Ashraf., and P.J.C. Harris (eds.).Abiotic Stresses: Plant Resistance Through Breeding and Molecular Approaches. International Book Distributing Co, India.
24- Masomi A., Kafi M. 2005. The physiological effects of water stress by PEG 6000 on germination of chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes. p.158. In Proceedings of 1st. Iranian Pulse Crops Symposium.20-21 Nov.2005. Ferdowsi University. Mashhad. Iran.
25- Matsui T., and Singh B.B. 2003. Root characteristics in cowpea related to drought tolerance at the seedling stage. Experimental Agriculture, 39:29-38.
26- Michel B.E., and Kaufmann M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology, 51:914-916.
27- Moradi P. 2008. Study on genetic diversity of Iranian fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) landraces. Ph D. thesis in horticultural science. Tehran Science and Research Campus. Islamic Azad University.
28- Panda S.C.2004. Dryland Agriculture. Agrobios Publications, India.
29- Pezeshkpour P., Mosavi S.K. 2005. Correlation between drought resistance indices and chickpea yield in stress (spring sowing) and non stress (autumn sowing). p.63. In Proceedings of 1st. Iranian Pulse Crops Symposium.20-21 Nov.2005. Ferdowsi University. Mashhad. Iran.
30- Ramesh S., Reddy P.S., and Ramaiah B. 2007. Genetic options for drought management in sorghum.p.59-84.In D.P Singh *et al*.(eds.). Crop Production in Stress Environments: Genetic and Management Options. Agrobios Publications, India.
31- Riasat M., Nasirzadeh A.R., Jafari A.A., Joukar L. 2005. Resistance of trigonella accessions to drought stress. Iranian Journal of Rangeland and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 20(2):189-200. (in Persian with English abstract)

32- Sadeghian S.Y., and Yavari N. 2004. Effect of water deficit stress on germination and early seedling growth in sugar beet. Journal of Agronomy and Crop Science, 190(2): 138-144.
33- Sadeghzadeh Ahari D., Hassandokht M.R., Kashi AK., Amri A., Alizadeh K. 2010. Genetic variability of some agronomic traits in the Iranian fenugreek accessions under drought stress and non-stress conditions. African Journal of Plant Science, 4 (2):12-20.
34- Sarmadnia GH., Tavakoli H., and Ghorbani A. 1988. Study on drought tolerance of different wheat landraces in germination stage. p. 57-80. In Proceedings and the Results of the 1st. Conference on Investigating Rainfed Issues in Iran.18-20 Jul.1988.Ferdowsi University. Mashhad. Iran.
35- Scott P.2008. Physiology and Behavior of Plants. John Wiley and Sons, New York.
36- Singh B.B., Maikodomi Y., and Terao Y. 1999. A simple screening method for drought tolerance in cowpea. Indian Journal of Genetics, 59:211-220.
37- Songsri P., Jogloy S., Vorasoot N., Akkasaeng C., Patanothai A., and Holbrook C.C. 2008. Root distribution of drought resistant peanut genotypes in response to drought. Journal of Agronomy and Crop Science, 194:92-103.
38- Taiz L., and Ziger E. 1991. Plant Physiology. The Benjamin Cummings Publishing Company. Inc, California.
39- Turner N.C., Wright G.C., and Siddique K.H.M. 2001. Adaptation of grain legumes (pulses) to water limited environments. Advances in Agronomy, 71:193-231.
40- Yusuf Ali M., Johansen C., Krishnamurthy L., and Hamid A. 2005. Genotypic variation in root systems of chickpea (*Cicer arietinum* L.) across environments. Journal of Agronomy and Crop Science, 191:464-472.