مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۳۰، شماره ۲، سال ۱۳۹۳

تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری عمومی برخی صفات مورفولوژیک شنبلیله در شرایط آبیاری محدود

Genetic Diversity and Broad-Sense Heritability of some Morphological Characteristics of Fenugreek under Limited Irrigation

داود صادق زاده اهری [۱]، محمدرضا حسندخت [۲]، عبدالکریم کاشی [۳] و احمد عمری [۴]

۱- استادیار، مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مراغه
۲ و ۳-به ترتیب دانشیار و استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
۴- محقق ارشد، مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ایکاردا)، حلب، سوریه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۵/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۱

چکیده

صادق‌زاده اهری، د.، حسندخت، م. ر.، کاشی، ع. ک. و عمری، ا. ۱۳۹۳. تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری عمومی برخی صفات مورفولوژیک شنبلیله در شرایط آبیاری محدود. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۳۰:** ۳۹۷ - ۳۸۳.

تقریباً در تمامی مناطق ایران و از زمان‌های بسیار دور شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) به عنوان یک سبزی و گیاه دارویی کشت می‌شود ولی اطلاعات کمی در مورد نحوه توارث صفات مختلف آن وجود دارد. بیست ژنوتیپ بومی شنبلیله کشور طی سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ درایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه در شرایط آبیاری محدود و مرسوم بر پایه طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرارکاشته شدند. نتایج تجزیه واریانس مرکب برای صفات مختلف مورفولوژیک نشان داد که در شرایط آبیاری محدود، بین ژنوتیپ‌ها تفاوت‌های آماری معنی‌داری از نظر صفات مختلف زراعی به غیر از شاخص برداشت وجود داشت. در شرایط آبیاری مرسوم نیز تفاوت‌های آماری معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها در اغلب صفات به غیر از تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در گیاه و وزن بیوماس وجود داشت. نتایج تجزیه خوشه‌ای با استفاده از روش Ward ژنوتیپ‌ها را در چهار گروه مختلف دسته‌بندی کرد. در هر دو شرایط بیشترین درصد ضرایب تغییرات ژنوتیپی(تنوع) متعلق به صفات تیپ و قدرت رشد بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در تک بوته بود. صفات وزن هزاردانه، تعداد روز از کاشت تا شروع گل‌دهی و تیپ رشد بوته در هر دو شرایط بیشترین میزان وراثت‌پذیری را داشتندکه نشان می‌دهد استفاده از روش انتخاب بر مبنای آن‌ها می‌تواند به عنوان روشی موثر در اصلاح جمعیت‌های شنبلیله مورد استفاده به‌نژادگران قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: شنبلیله، توده‌های بومی، نحوه توارث صفات، تجزیه خوشه‌ای.

نویسنده مسئول: dsadeghzade@yahoo.com تلفـــن: ۰۴۲۱۲۲۲۸۰۷۸

مقدمه

پدیده خشکی و محدودیت آب از مشکلات عمده کشاورزی در جهان بوده و حدود ۷۸٪ از عرصه کشاورزی جهانی به طور دایمی و یا موقتی با خشکی درگیر است. با توجه به روند افزایش جمعیت جهان و از سویی دیگر قطعی شدن و پذیرش تغییرات محسوس آب و هوایی در دنیا (پدیده تغییر اقلیم) توسط دانشمندان، چندی است که در زمینه بحران کمبود آب و کاهش اراضی تحت آبیاری در آینده و لزوم دستیابی به ارقام مقاوم یا متحمل به خشکی هشدار داده می‌شود (Mounzperea *et al*., 2006؛ Hosseini Salekdeh *et al*., 2009؛ Amede *et al*., 2004). بروز خشکسالی‌های متعدد در سال‌های اخیر، محدودیت منابع آبی کشور و همچنین ایجاد آمادگی برای مقابله با چنین پدیده‌هایی، انجام تحقیقات در زمینه خشکی در کشور را ضروری می‌سازد.

شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) گیاهی علفی، یکساله، خودگشن و متعلق به تیره لگومینوزه است. خاستگاه این گیاه از ایران تا قسمت‌های شمالی هندوستان گسترش دارد. از برگ‌ها و بذرهای شنبلیله به عنوان گیاه دارویی ضد دیابت، ضد باروری، ضد سرطان، ضد میکروب، ضد انگل و پایین آورنده کلسترول خون استفاده می‌شود (Petropoulos, 2002؛ Najafpoor Navaei, 1994؛ Omidbaigi, 2000). در سال‌های اخیر با مشخص شدن ارزش‌های غذایی و دارویی شنبلیله و از سوی دیگر کم توقعی آن به شرایط موجود در خاک و سازگاری نسبتاً وسیع آن به کشت در مناطق مختلف، دامنه کشت و زرع آن از آمریکا تا هندوستان گسترش یافته است (Montgomery *et al*., 2007؛ Acharya *et al*., 2006؛ Petropoulos, 2002). تقریباً در تمامی مناطق ایران و از زمان‌های بسیار دور شنبلیله به عنوان یک سبزی و گیاه دارویی کشت می‌شود ولی اطلاعات بسیار کمی در مورد نحوه توارث صفات مختلف آن وجود دارد.

بررسی ۷۲ لاین شنبلیله در هندوستان نشان داد که تنوع زیادی در عملکرد دانه، تعداد نیام در بوته و مقدار پروتئین دانه آن‌ها وجود داشت ولی میزان تنوع در صفت‌های تعداد روز از کاشت تا گلدهی و تعداد دانه در غلاف کم بود (Chandra *et al*., 2000). نتایج مطالعه ژنوتیپ‌های مختلف شنبلیله در تونس و استرالیا نیز نشان داد که از نظر صفات مورفولوژیکی (غیر از رنگ گل) و برخی خصوصیات شیمیایی (میزان عناصر شیمیایی مختلف در برگ‌ها) تنوع مطلوبی موجود است (Marzougui *et al*., 2007؛ McCurmick *et al*., 2009). وجود تنوع ژنتیکی در توده‌های بومی شنبلیله ایران از نظر صفات مورفولوژیکی وتحمل به تنش خشکی نیز توسط محققان گزارش شده است (Sadeghzadeh Ahari *et al*., 2010؛

(Moradi, 2008؛Mohammadi *et al*., 2000).

وراثت‌پذیری و محیط دو جزء اصلی صفات کمّی هستند. اگر به‌نژادگر بداند که چه مقدار از فنوتیپ ناشی از وراثت و چه مقدار ناشی از محیط است، کار او بسیار آسان‌تر می‌شود (Sadat Noori and Fazel Najafabadi, 2006؛ Ghnadha and Naghavi, 2002).

با توجه محدودیت منابع آبی در کشور و از سوی دیگر سابقه کشت و کار دیرین شنبلیله در ایران و با در نظر گرفتن این نکته که برای انجام هر برنامه به‌نژادی در گیاهان، اطلاع از ساختار ژنتیکی و چگونگی کنترل صفات توسط ژن‌ها ضروری است، با بهره‌گیری از این اطلاعات می‌توان روش‌های به‌نژادی، اندازه جمعیت و شدت گزینش تعیین کرد تا فرد به‌نژادگر بتواند با دید وسیع‌تر و روشن‌تری نسبت به تدوین و پیشبرد برنامه‌های به‌نژادی اقدام کند. این بررسی به منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی و برآورد میزان وراثت‌پذیری برخی صفات مورفولوژیک شنبلیله در شرایط آبیاری محدود و مرسوم انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در بهار و تابستان سال ۱۳۸۷ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه (طول جغرافیایی ۴۶ درجه و۲۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی۳۷ درجه و۱۲ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۷۳۰ متر از سطح دریا) با استفاده از بیست توده بومی شنبلیله که از مناطق مختلف کشور جمع‌آوری شده بودند (Moradi, 2008؛ Sadeghzadeh Ahari *et al*., 2014).

به منظور حذف اثر مربوط به وجود تفاوت در ساختمان فیزیکی و خصوصیات شیمیایی خاک مزرعه، بررسی با استفاده از چهار آزمایش(دو آزمایش در شرایط آبیاری محدود و دو آزمایش در شرایط بدون محدودیت آب) در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی(قرارگیری تیمارها در هر آزمایش با شیوه‌های تصادفی کردن متفاوت) و چهار تکرار انجام شد. بذر هرتوده با توجه به وزن هزاردانه و تراکم کاشت ۲۰ کیلوگرم در هکتار (Omidbaigi, 2000) و بعد از ضد عفونی با قارچکش (بنومیل به نسبت ۱/۵ در هزار) در بهار (۱۳۸۷/۱/۱۵) در کرت‌هایی به ابعاد ۳ × ۱ متر (۴ خط کاشت به طول ۳ متر و فواصل بین خطوط ۲۵ سانتی‌متر) کشت شد. برای تامین رطوبت مورد نیاز برای سبز کردن اولیه بذرها، از یک بار آبیاری و بلافاصله بعد از کاشت به میزان ۳۰ میلی‌متر استفاده شد.

در طول دوره رشد و نمو هر چهارده روز یک‌بار اقدام به نمونه برداری از رطوبت خاک مزرعه (ده نمونه تصادفی خاک در اعماق ۱۰-۰ و ۲۰-۱۰ سانتی‌متری) شد. در شرایط بدون محدودیت آب آبیاری کرت‌های آزمایشی تا رسیدن رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی انجام شد و در شرایط با محدودیت آب، یک دوم ظرفیت زراعی در نظر گرفته شد. مقدار آب لازم در هر دوره آبیاری با استفاده از روش

پیشنهاد شده توسط (Alizadeh, 2006) محاسبه و به وسیله کنتور اندازه‌گیری شد. عملیات آبیاری تا زمان رسیدن دانه ادامه یافت. در این محاسبات مقادیر بارندگی در طی دوره انجام آزمایش نیز منظور شد.

در طول دوره رشد و نمو ژنوتیپ‌های آزمایشی از نه صفت مختلف مورفولوژیکی و فنولوژیکی یادداشت‌برداری به عمل آمد. پس از رسیدن گیاهان و بعد از حذف اثر حاشیه‌ای در هر کرت (حذف نیم متر از ابتدا و انتهای کرت) عملکرد تولیدی (بیوماس آفتاب خشک و عملکرد دانه) هر ژنوتیپ اندازه‌گیری و شاخص برداشت (نسبت عملکرد دانه بر بیوماس= HI) آن محاسبه شد. نحوه یادداشت‌برداری و علایم مورد استفاده برای هر صفت به شرح زیر بود:

۱- تعداد روز تا گل‌دهی (DF): تعداد روزهای پس از کاشت(آبیاری اولیه) تا ظهور گل در ۵۰٪ از گیاهان هرکرت.

۲- تعداد روز تا رسیدن (DM): تعداد روزهای پس از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی بیش از ۹۰٪ از گیاهان هرکرت.

۳- ارتفاع بوته (PLH): متوسط ارتفاع ده بوته تصادفی در هر کرت از سطح خاک تا انتهای آخرین شاخه روی بوته (برحسب سانتی‌متر) که در مرحله پس از رسیدن اندازه‌گیری شد.

۴- قدرت رشد بوته (GV) : قدرت ظاهری بوته های هر ژنوتیپ بر اساس شاخص‌های عددی از ۱ (ضعیف) تا ۵ (بسیار قوی) در مرحله گل‌دهی.

۵- تیپ بوته (TYP) : وضعیت ظاهری بوته‌های هر ژنوتیپ بر اساس شاخص‌های عددی از ۱ (بوته خوابیده) تا ۵ (بوته ایستاده) در مرحله گل‌دهی.

۶- متوسط تعداد نیام در بوته (Pd No.): متوسط تعداد نیام در ده بوته تصادفی از هر کرت آزمایشی.

۷- متوسط تعداد دانه در بوته (Sd No.): متوسط تعداد دانه در ده بوته تصادفی از هر کرت آزمایشی.

۸- متوسط عملکرد تک بوته (MSY) : متوسط عملکرد دانه در ده بوته تصادفی از هر کرت آزمایشی.

۹- وزن هزار دانه (TSW): وزن هزار عدد بذر سالم و بدون شکستگی بر حسب گرم.

به منظور بررسی اثر محیط و ژنوتیپ بر صفات بررسی شده، برای هر یک از شرایط موجود در آزمایش(شرایط بدون محدودیت آب و با محدودیت آب) تجزیه واریانس ساده و تجزیه واریانس مرکب(دو آزمایش در شرایط بدون محدودیت آب و دو آزمایش با محدودیت آب) انجام شد. واریانس‌های فنوتیپی و ژنوتیپی و وراثت پذیری صفات در هر دو شرایط آزمایشی با استفاده از روابط موجود محاسبه شد (Farshadfar, 1997). برای تعیین روابط ژنتیکی توده های مورد بررسی بر اساس صفات و خصوصیات یادداشت شده و

گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward بر اساس توان دوم فاصله اقلیدسی به منظور جداسازی بهتر گروه‌ها استفاده شد. نرم افزارهای مورد استفاده برای تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایشی MSTAT-C، SPSS و Excel بودند.

نتایج و بحث

در جدول ۱ مقادیر و زمان آب استفاده شده (بارندگی + آبیاری) در طول دوره آزمایش نشان داده شده است.

جدول ۱- زمان و میانگین مقادیر آبیاری اعمال شده در دو مزرعه آزمایشی در طول دوره آزمایش
Table 1. Time and mean amount of irrigation applied in two experimental fields during the period of experiments

تاریخ آبیاری Irrigation date		میانگین مقدار آبیاری Irrigation amount(mm)	
		شرایط بدون محدودیت آب Without limitation in irrigation	شرایط با محدودیت آب With limitation in irrigation
3.4.2008	۱۳۸۷/۱/۱۵	30	30
3.5.2008	۱۳۸۷/۲/۱۴	15	0
17.5.2008	۱۳۸۷/۲/۲۸	35	22
31.5.2008	۱۳۸۷/۳/۱۱	14	10
14.6.2008	۱۳۸۷/۳/۲۵	23	13
28.6.2008	۱۳۸۷/۴/۸	38	5
Total	جمع کل	155	80

تجزیه واریانس مرکب دو آزمایش در شرایط بدون محدودیت آب و دو آزمایش با محدودیت آب نشان داد که به جز صفات شاخص برداشت (HI) در شرایط محدودیت آب و تعداد نیام در بوته (Pd No.)، تعداد دانه در بوته (Sd No.) و بیوماس آفتاب خشک (BIO) در شرایط بدون محدودیت آب، اختلاف‌های آماری معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های آزمایشی وجود داشت (جدول‌های ۲ و ۳).

نتایج مربوط به مقایسه میانگین صفات در دو شرایط آزمایشی در جدول‌های ۴ و ۵ نشان داد که ژنوتیپ‌های آزمایشی در پاسخ به شرایط محیطی موجود در آزمایش‌ها وضعیت‌های یکسانی نداشتند. با توجه به جدول‌های ۴ و ۵ معلوم شد که ژنوتیپ‌ها تنها از نظر دو صفت تاریخ گلدهی (DF) و عملکرد دانه (SY) تظاهرات تقریبا مشابهی در هر دو شرایط از خود بروز دادند، به طوری که ژنوتیپ‌های شماره۲

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات زراعی توده‌های بومی شنبلیه ایران در شرایط آبیاری محدود

Table 2. Combined analysis of variance for agronomic traits in Iranian fenugreek landraces under limited irrigation

		میانگین مربعات MS											
S.O.V.	df.	DF	DM	PLH	Pd No.	Sd No.	Sd W	Bio.	SY	HI	TSW	TYP	GV
Field (F)	1	1587.60**	15.63*	154.30**	518.40**	6678158**	1051.10**	1.19**	1.12**	0.002^{ns}	16.26**	4.23**	3.03^{ns}
Error	6	8.92	24.80	48.30	11.42	185877	38.90	0.86	0.105	0.013	5.30	1.63	4.53
Genotype(G)	19	212.80**	55.12**	26.43**	5.94**	54549**	12.77**	0.19*	0.05**	0.002^{ns}	58.50**	18.28**	8.96**
G×F	19	15.43**	5.60^{ns}	1.80^{ns}	2.43^{ns}	40302**	5.67^{ns}	0.10^{ns}	0.02^{ns}	0.002^{ns}	0.74^{ns}	0.49^{ns}	0.97^{ns}
Error	114	2.50	3.90	2.94	1.48	19554	3.50	0.11	0.02	0.002	0.64	0.63	0.86
C.V%	-	2.80	2.00	9.40	19.90	24.20	28.90	20.95	22.60	11.40	7.00	23.70	25.80

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات زراعی توده‌های بومی شنبلیه ایران در شرایط بدون محدودیت آب

Table 3. Combined analysis of variance for agronomic traits in Iranian fenugreek landraces under non limited irrigation

		میانگین مربعات MS											
S.O.V.	df.	DF	DM	PLH	Pd No.	Sd No.	Sd W	Bio.	SY	HI	TSW	TYP	GV
Field (F)	1	731.00**	339.3**	80.2**	50.63**	191407**	97.30**	11.40**	0.19*	0.060**	4.20^{ns}	8.10**	3.60*
Error	6	8.35	28.0	42.5	8.15	155883	28.90	3.40	0.27	0.010	2.60	1.10	3.65
Genotype(G)	19	307.30**	32.6**	17.5**	4.40^{ns}	63632^{ns}	22.60**	0.27^{ns}	0.07**	0.007**	60.40**	10.60**	12.80**
G×F	19	22.10^{ns}	14.7*	2.4^{ns}	2.70^{ns}	38670^{ns}	5.40^{ns}	0.20^{ns}	0.02^{ns}	0.001^{ns}	1.09^{ns}	1.40*	1.20^{ns}
Error	114	17.30	7.3	3.7	3.06	42057	8.06	0.22	0.03	0.002	1.62	0.68	0.84
C.V%	-	7.20	2.5	8.8	25.70	29.80	31.90	17.60	20.00	13.40	9.45	27.40	26.40

ns،*و: ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, * and **: Not-significant, significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

DF: تعداد روز تا گل دهی؛ DM: تعداد روز تا رسیدن؛ PLH: ارتفاع بوته؛ Pd No.: تعداد غلاف در بوته؛ Sd. No.: تعداد دانه در بوته؛ Sd. W: عملکرد تک بوته؛ Bio.: عملکرد زیست توده در واحد سطح؛ SY: عملکرد دانه در واحد سطح؛ HI: شاخص برداشت؛ TSW: وزن هزار دانه؛ TYP: تیپ رشد بوته؛ GV: قدرت رشد بوته.

DF: Days to flowering; DM: Days to maturity; PLH: Plant height; Pd No.: Pod number; Sd. No.: Seed number; Sd.W: Seed weight per plant; Bio.: Biological yield; SY: Seed yield; HI: Harvest index; TSW: Thousand seed weight; TYP: Plant type; GV: Growth vigor.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات زراعی توده‌های بومی شنبلیله ایران در شرایط آبیاری محدود

Table 4. Mean comparison of agronomic traits of Iranian fenugreek landraces under limited irrigation condition

No.	Landrace		DF	DM	PLH (cm)	Pd No.	Sd No.	Sd W	Bio. (tha^{-1})	SY (tha^{-1})	HI	TSW (g)	TYP	GV
1	Ardestan	اردستان	55d	97ab	20ab	6cd	67a	7.0ab	1.70ab	0.73a	0.43a	10.6d	4.5ab	4.0ab
2	Isfahan	اصفهان	51a	97ab	19bc	7bc	52bc	7.4ab	1.70ab	0.67ab	0.39ab	14.8ab	4.5ab	4.8a
3	Ahvaz	اهواز	63f	102fg	17cd	6cd	57ab	4.9de	1.49ab	0.55bc	0.37b	9.1e	1.3f	2.5de
4	Borazjan	برازجان	51a	98ab	20ab	7bc	58ab	7.9ab	1.46ab	0.57bc	0.40ab	14.1b	4.5ab	4.8a
5	Broojerd	بروجرد	51a	99cd	20ab	6cd	49d	7.0ab	1.74ab	0.70ab	0.41ab	14.8ab	5.0a	4.8a
6	Khash	خاش	63f	104g	16ef	6cd	58ab	5.0de	1.35ab	0.51ef	0.38ab	8.4e	1.0f	2.0e
7	Khorasan	خراسان	53b	99cd	18bc	6cd	49cd	6.0bc	1.78a	0.71ab	0.39ab	12.5c	4.0bc	3.3cd
8	Khoramabad	خرم‌آباد	63f	103g	17de	5e	45d	4.1e	1.45ab	0.56bc	0.39ab	8.9e	1.0f	2.0e
9	Rey	ری	63f	102fg	17de	6cd	66ab	5.8bc	1.41ab	0.52cd	0.37b	8.5e	1.8f	2.8de
10	Zanjan	زنجان	63f	103g	17de	6cd	73a	6.7ab	1.33cd	0.52de	0.39ab	8.9e	1.3f	2.0e
11	Semnan	سمنان	62ef	102fg	15f	5e	51bc	4.3e	1.20d	0.48f	0.42ab	7.5f	1.0f	2.0e
12	Shiraz	شیراز	58d	98ab	20ab	6cd	59ab	6.1bc	1.62ab	0.65ab	0.41ab	10.4d	3.5de	4.5ab
13	Yazd	یزد	55d	97ab	19bc	6bcd	60ab	6.6ab	1.50ab	0.59ab	0.40ab	10.4d	4.3ab	4.5ab
14	Ghaenat	قاینات	61e	102fg	15f	6cd	61ab	5.4cd	1.49ab	0.53cd	0.36b	8.9e	3.0e	3.3cd
15	Kashan	کاشان	52ab	100ef	19bc	7b	56bc	8.1ab	1.68ab	0.67ab	0.40ab	15.4a	5.0a	3.5bcd
16	Kerman	کرمان	51a	98ab	19bc	6cd	46d	6.7ab	1.70ab	0.69ab	0.40ab	14.8ab	4.0bc	4.5ab
17	Kermanshah	کرمانشاه	51a	98ab	21a	9a	67ab	8.7a	1.65ab	0.58ab	0.36b	14.2b	4.8ab	4.5ab
18	Neyshaboor	نیشابور	51a	97ab	20ab	6cd	51bc	7.5ab	1.59ab	0.61ab	0.39ab	14.6ab	4.5ab	4.8a
19	Yasooj 1	یاسوج ۱	57cd	96a	19bc	6cd	61ab	6.6ab	1.51ab	0.61ab	0.40ab	10.3d	3.8cd	4.0ab
20	Yasooj 2	یاسوج ۲	57cd	96a	19bc	6cd	73a	7.6ab	1.61ab	0.63ab	0.39ab	10.3d	4.2ab	3.5bc

میانگین‌های دارای حرف مشترک در یک ستون، برمبنای آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف آماری معنی‌داری ندارند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% probability level, using Dancan's Multiple Rang Test.

DF: تعداد روز تا گل دهی؛ DM: تعداد روز تا رسیدن؛ PLH: ارتفاع بوته؛ Pd No.: تعداد غلاف در بوته؛ Sd. No: تعداد دانه در بوته؛ Sd. W: عملکرد تک بوته؛ Bio.: عملکرد زیست توده در واحد سطح؛ SY: عملکرد دانه در واحد سطح؛ HI: شاخص برداشت؛ TSW: وزن هزار دانه؛ TYP: تیپ رشد بوته؛ GV: قدرت رشد بوته.

DF: Days to flowering; DM: Days to maturity; PLH: Plant height; Pd No.: Pod number; Sd. No.: Seed number; Sd.W: Seed weight per plant; Bio.: Biological yield; SY: Seed yield; HI: Harvest index; TSW: Thousand seed weight; TYP: Plant type; GV: Growth vigor.

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات زراعی توده‌های بومی شنبلیله ایران در شرایط بدون محدودیت آب

Table 5. Mean comparison of agronomic traits of Iranian fenugreek landraces under non limited irrigation

No.	Landrace		DF	DM	PLH (cm)	Pd No.	Sd No.	Sd W	Bio. (tha^{-1})	SY (tha^{-1})	HI	TSW (g)	TYP	GV
1	Ardestan	اردستان	54ab	105a	23a	6bc	74ab	9.8ab	2.75ab	1.11a	0.41a	13.6e	4.5a	4.8ab
2	Isfahan	اصفهان	51a	106ab	22ab	7ab	62bc	10.2ab	2.57ab	0.83c	0.34bc	18.1a	4.3ab	5.0a
3	Ahvaz	اهواز	65d	112h	22ab	6bc	64ab	7.2cd	2.77ab	0.78c	0.28d	11.0f	2.0ef	2.0d
4	Borazjan	برازجان	53ab	108ab	22ab	8ab	75ab	12.6a	2.70ab	0.92bc	0.34bc	16.9ab	3.8bc	4.0ab
5	Broojerd	بروجرد	51a	109cd	23ab	8ab	70ab	11.4ab	2.77ab	0.84c	0.31cd	16.5cd	3.3cd	4.3ab
6	Khash	خاش	70e	109cd	21bc	7ab	78ab	8.2bc	2.69ab	0.81c	0.31cd	9.9f	1.3fg	1.2d
7	Khorasan	خراسان	51a	107ab	22ab	7bc	59bc	8.5bc	2.88ab	0.86c	0.30cd	15.4cd	3.8bc	4.5ab
8	Khoramabad	خرم‌آباد	65a	111ef	20de	7ab	76ab	8.1cd	2.44bc	0.82c	0.34bc	10.1f	1.3fg	2.0d
9	Rey	ری	65d	111ef	23ab	6bc	69ab	7.5cd	3.04a	0.92bc	0.31cd	10.5f	1.5fg	1.8d
10	Zanjan	زنجان	64d	111ef	20de	7ab	75ab	7.8cd	2.72ab	0.84c	0.31cd	10.4f	1.5fg	2.0d
11	Semnan	سمنان	64d	109cd	19e	6bc	64ab	6.1e	2.40c	0.76c	0.33cd	10.0f	1.0g	1.2d
12	Shiraz	شیراز	57bc	106ab	22ab	7abc	88a	11.2ab	2.93ab	0.98bc	0.34bc	13.1e	4.3ab	4.0ab
13	Yazd	یزد	57bc	107ab	23ab	7ab	71ab	8.9bc	2.86ab	0.96bc	0.35bc	13.0e	3.5cd	3.8bc
14	Ghaenat	قاینات	65d	110de	18e	6bc	66ab	6.6de	2.57ab	0.86c	0.34bc	10.9f	2.8de	3.3c
15	Kashan	کاشان	52a	108ab	23ab	7ab	63ab	9.7ab	2.61ab	0.88c	0.34bc	16.4cd	3.3cd	4.3ab
16	Kerman	کرمان	51a	108ab	22ab	6bc	45c	7.0de	2.61ab	0.89c	0.34bc	16.8bc	3.5cd	4.5ab
17	Kermanshah	کرمانشاه	51a	107ab	22ab	9a	71ab	9.7ab	2.63ab	0.78c	0.30cd	15.1d	4.3ab	4.8ab
18	Neyshaboor	نیشابور	53ab	108ab	23ab	8ab	62bc	9.6ab	2.49ab	0.78c	0.32cd	16.1cd	3.8bc	4.0ab
19	Yasooj 1	یاسوج ۱	57bc	106ab	23ab	6bc	69ab	8.7bc	2.98ab	1.09ab	0.38ab	12.8e	3.5cd	3.8bc
20	Yasooj 2	یاسوج ۲	58c	105a	23ab	7ab	77ab	9.3bc	2.45bc	0.89bc	0.37ab	13.0e	3.3cd	4.5ab

میانگین‌های دارای حرف مشترک در یک ستون، برمبنای آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف آماری معنی‌داری ندارند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% probability level, using Dancan's Multiple Rang Test.

DF: تعداد روز تا گل دهی؛ DM: تعداد روز تا رسیدن؛ PLH: ارتفاع بوته؛ Pd No.: تعداد غلاف در بوته؛ Sd. No.: تعداد دانه در بوته؛ Sd. W: عملکرد تک بوته؛ Bio.: عملکرد زیست توده در واحد سطح؛ SY: عملکرد دانه در واحد سطح؛ HI: شاخص برداشت؛ TSW: وزن هزار دانه؛ TYP: تیپ رشد بوته؛ GV: قدرت رشد بوته.

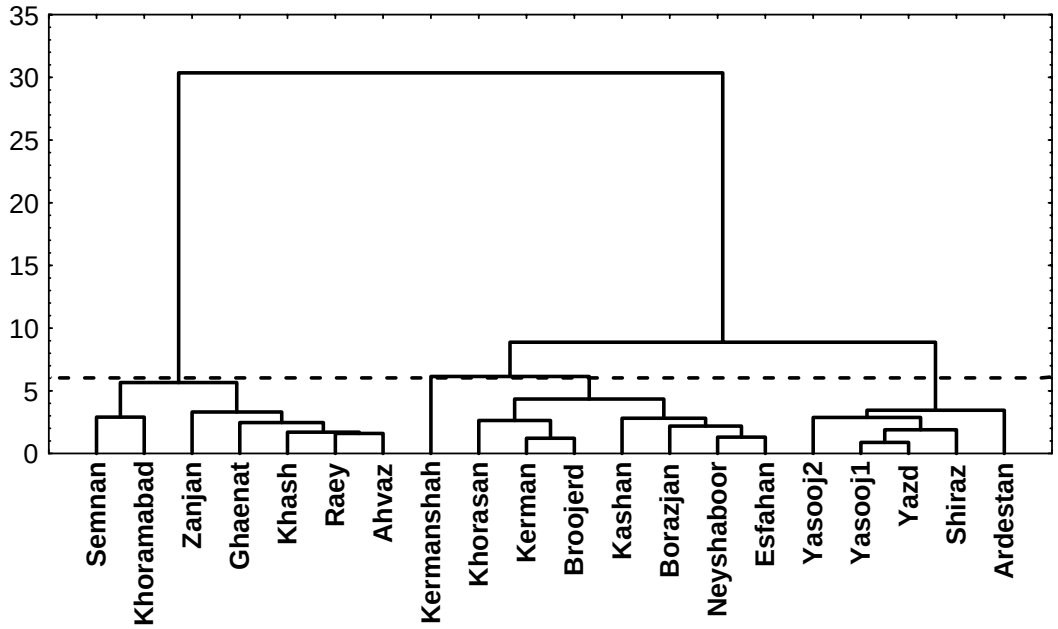
DF: Days to flowering; DM: Days to maturity; PLH: Plant height; Pd No.: Pod number; Sd. No.: Seed number; Sd.W: Seed weight per plant; Bio.: Biological yield; SY: Seed yield; HI: Harvest index; TSW: Thousand seed weight; TYP: Plant type; GV: Growth vigor.

(توده بومی اصفهان)، ۴ (توده بومی برازجان)، ۵ (توده بومی بروجرد)، ۱۷ (توده بومی کرمانشاه) و ۱۸ (توده بومی نیشابور) در هر دو شرایط آزمایشی جزو زودگل‌ترین ژنوتیپ های آزمایشی بوده و ژنوتیپ‌های شماره ۱ (توده بومی اردستان) و ۱۱ (توده بومی سمنان) به ترتیب دارای بیشترین و کمترین عملکرد دانه در بین توده‌های در بررسی و در هر دو شرایط آزمایشی بودند.

نتایج تجزیه خوشه‌ای به روش Ward در دو محیط در شکل‌های ۱ و ۲ آمده است. با انجام تجزیه تابع تشخیص معلوم شد که توده‌های مورد بررسی را در هر دو محیط (بدون و با محدودیت آب) می‌توان در چهار گروه مجزا دسته بندی کرد (شکل‌های ۱ و ۲). شکل‌های مذکور نشان می‌دهند که در هر دو محیط، گروه‌ها از اعضای نسبتا مشابهی برخوردار بودند. در هر دو شرایط رطوبتی متفاوت در این بررسی گروه اول در تجزیه کلاستر شامل توده‌های بومی اردستان، شیراز، یزد، یاسوج ۱ و یاسوج ۲ بود. مهم‌ترین خصوصیات این گروه متوسط بودن صفت تعداد روز از کاشت تا گلدهی (DF) در آن‌ها و همچنین زودرسی (DM کمتر) در هر دو شرایط رطوبتی بود. این گروه به علت دارا بودن بیشترین ارتفاع بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد زیست توده و دانه، شاخص برداشت و همچنین برخورداری از تیپ بوته ایستاده در شرایط بدون محدودیت آب از سایر گروه‌ها متمایز شدند.

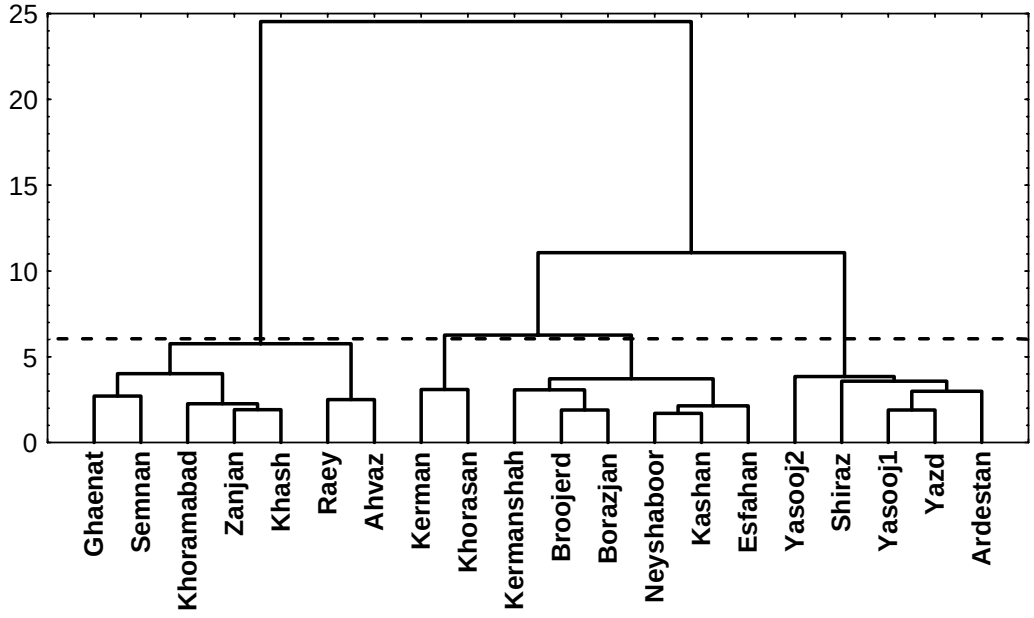
نتایج تجزیه خوشه‌ای نشان داد که نحوه قرارگیری توده ها از نظر اعضای آن‌ها در گروه دوم در دو شرایط رطوبتی مختلف با یک‌دیگر تفاوت‌هایی داشت (شکل‌های ۱ و ۲). توده بومی کرمانشاه در شرایط محدودیت آب به تنهایی در گروه جداگانه‌ای قرار گرفت (گروه ۳). همچنین توده‌های بومی خراسان و کرمان در شرایط بدون محدودیت آب در گروه متمایزی قرار داشتند (گروه ۳) ولی با این حال، نتایج نشان داد که توده‌های بومی اصفهان، برازجان، بروجرد، کاشان و نیشابور در هر دو محیط در گروه دوم جای داشتند (شکل‌های ۱ و ۲). بررسی در زمینه صفات مورد مطالعه در توده کرمانشاه نشان داد که در شرایط محدودیت آب از نظر ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد تک بوته، تیپ رشد بوته و قدرت رشد بوته نسبت به سایر توده‌ها برتر بود و به همین دلیل در گروه متمایزی قرار داشت (شکل ۱). در هر دو محیط آزمایشی، گروه چهارم در تجزیه کلاستر شامل توده‌های بومی اهواز، خاش، خرم‌آباد، ری، زنجان، سمنان و قائنات بود (شکل‌های ۱ و ۲).

آماره‌های مربوط به برآورد تنوع ژنتیکی شامل دامنه تغییرات صفات و میانگین آن‌ها، واریانس‌های ژنوتیپی و فنوتیپی، ضرایب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی صفات و وراثت‌پذیری عمومی آن‌ها در جدول ۶ آمده است. نتایج مندرج در جدول ۶ حاکی از آن بود که ضرایب تغییرات ژنوتیپی صفات تیپ



شکل ۱- تجزیه خوشه‌ای توده‌های بومی شنبلیله بر اساس صفات زراعی در شرایط با محدودیت آب با استفاده از روش Ward

Fig. 1. Clustering of fenugreek landraces using Ward's method based on agronomic traits measured under limited irrigation conditions



شکل ۲- تجزیه خوشه‌ای توده‌های بومی شنبلیله بر اساس صفات زراعی در شرایط بدون محدودیت آب با استفاده از روش Ward

Fig. 2. Clustering of fenugreek landraces using Ward's method based on agronomic traits measured under non limited irrigation conditions

جدول ۶- برآورد آماره‌های تنوع برخی صفات زراعی در توده‌های شنبلیله بومی ایران در شرایط محدودیت و بدون محدودیت آب

Table 6. Some statistical estimates of traits in Iranian fenugreek landraces under limited and non limited irrigation conditions

صفت	دامنه	میانگین	واریانس فنوتیپی	واریانس ژنوتیپی	درصد ضریب تغییرات محیطی	درصد ضریب تغییرات ژنوتیپی	درصد وراثت‌پذیری
Trait	Range	Mean	Phenotypic variance	Genotypic variance	Phenotypic CV%	Genotypic CV%	Broad sense heritability (%)
DF	46-66*	56.4	39.400	24.700	11.1	8.8	91.0
	47-97	57.6	56.700	35.700	13.1	10.4	67.3
DM	94-108	99.3	11.100	6.400	3.4	2.5	62.2
	87-118	108.1	14.100	2.200	3.5	1.4	24.0
PLH	11-25.2	18.3	8.300	2.900	15.7	9.4	50.0
	13.8-28.7	21.8	7.100	1.900	12.3	6.3	34.0
Pd No.	2.3-12.5	6.0	5.700	0.600	39.4	12.3	27.4
	3-14	6.8	3.600	0.200	28.0	6.8	6.6
Sd No.	16-144.5	57.8	74.400	1.800	47.1	7.3	8.3
	24.9-144.3	68.9	49.500	3.100	32.3	8.1	6.9
Sd W	1.7-16.5	6.5	12.800	1.200	55.3	16.6	25.0
	2.6-20.1	8.9	10.800	2.200	37.0	16.5	21.0
Bio.	0.7-2.8	10.6	0.150	0.010	25.1	6.8	9.5
	1.35-4.41	2.69	0.420	0.010	24.0	4.0	3.8
SY	0.25-1.40	0.60	0.260	0.003	26.7	9.5	15.1
	0.38-1.46	0.88	0.050	0.006	24.0	9.1	17.1
HI	0.27-0.53	0.39	0.002	0.000	11.4	1.8	2.5
	0.22-0.46	0.33	0.003	0.001	16.5	8.3	27.5
TSW	6.7-17	11.4	7.480	7.200	24.1	23.7	91.9
	9-22	13.5	8.840	7.400	22.1	20.0	82.1
TYP	1-5	3.3	2.780	2.210	49.9	44.5	77.9
	1-5	3.0	2.010	1.160	47.3	36.0	63.1
GV	1-5	3.6	2.000	1.010	39.3	28.1	54.1
	1-5	3.5	2.440	1.440	44.9	34.6	63.1

DF: تعداد روز تا گل دهی؛ DM: تعداد روز تا رسیدن؛ PLH: ارتفاع بوته؛ Pd No.: تعداد غلاف در بوته؛ Sd. No.: تعداد دانه در بوته؛ Sd. W: عملکرد تک بوته؛ Bio.: عملکرد زیست توده در واحد سطح؛ SY: عملکرد دانه در واحد سطح؛ HI: شاخص برداشت؛ TSW: وزن هزار دانه؛ TYP: تیپ رشد بوته؛ GV: قدرت رشد بوته.

DF: Days to flowering; DM: Days to maturity; PLH: Plant height; Pd No.: Pod number; Sd. No.: Seed number; Sd.W: Seed weight per plant; Bio.: Biological yield; SY: Seed yield; HI: Harvest index; TSW: Thousand seed weight; TYP: Plant type; GV: Growth vigor.

*در هر ردیف اعداد بالایی و پایینی به ترتیب مربوط به شرایط آبیاری محدود و بدون محدودیت آبیاری هستند.

* In each row, data on above and below are related to limited and non limited irrigation conditions, respectively.

رشد بوته (TYP)، قدرت رشد بوته (GV)، وزن هزار دانه (TSW) و متوسط عملکرد تک بوته (MGY) در هر دو شرایط با و بدون محدودیت آب نسبت به سایر صفات بیشتر بود. اختلاف‌های معنی‌دار فنوتیپی و ژنوتیپی بین ژنوتیپ‌های شنبلیله توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Acharya *et al*., 2006؛ Marzougui *et al*., 2007؛ Moradi, 2008) که با نتایج این بررسی مطابقت داشته و آن را تایید می‌کند. چاندرا و همکاران (Chandra *et al*., 2000) در هندوستان، وراثت‌پذیری عمومی میزان پروتئین دانه، تعداد غلاف در گیاه و ارتفاع گیاه شنبلیله را بالا و در مورد تاریخ گل‌دهی،تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه وراثت پذیری متوسطی گزارش کردند که در برخی موارد با نتایج حاصل از این بررسی مطابقت دارد.

در هر دو شرایط بدون محدودیت آب و دارای محدودیت آب بیشترین وراثت‌پذیری عمومی برآورد شده در مرتبه اول متعلق به وزن هزاردانه(TSW) و در مراتب بعدی به ترتیب متعلق به تعداد روز از کاشت تا گل‌دهی (DF) و تیپ بوته(TYP) بود (جدول ۶). بالا بودن وراثت‌پذیری این صفات نشان می‌دهد که در برنامه‌های به‌نژادی شنبلیله، محقق اصلاح‌کننده به راحتی می‌تواند بر مبنای گزینش (Selection) از آن‌ها در شرایط مختلف از نظر تامین آب (محیط هایی با آب کافی و یا با محدودیت آب) نسبت به اصلاح صفات یاد شده در جمعیت اقدام کند و به بیان دیگر، بهره‌وری استفاده از روش انتخاب در مورد صفات مذکور بالاست.

به عقیده کومار (Kumar, 2006) پایه‌گذاری گزینش موثر (Efficient selection) بر مبنای صفات ساده در برنامه‌های به‌نژادی از اصول مهم و اساسی است، چرا که حتی یک انتخاب ساده بر اساس یک صفت ساده که دارای وراثت پذیری بالایی بوده و توسط ژن‌های کمی کنترل شود، می‌تواند عملکرد را در شرایط تنش خشکی به میزان زیادی ترقی دهد.

در شرایط محدودیت آب، کمترین وراثت‌پذیری برآورد شده متعلق به صفات شاخص برداشت (HI)، متوسط تعداد دانه در بوته (Sd No.) و بیوماس آفتاب خشک (Bio.) بود. همچنین در شرایط بدون محدودیت آب، کمترین میزان وراثت‌پذیری برآورد شده در مرتبه اول متعلق به بیوماس آفتاب خشک (Bio.) و در مرتبه بعدی متعلق به صفت متوسط تعداد دانه در بوته(Sd No.) بود(جدول ۶). این نتایج حاکی از آن است که اصلاح صفات یاد شده از طریق انتخاب کار چندان ساده‌ای نبوده و نیاز به کاربرد روش‌های دیگر به‌نژادی به منظور بهبود آن‌ها در جمعیت‌های شنبلیله است.

نتایج جدول ۶ نشان داد که وراثت‌پذیری صفاتی نظیر عملکرد دانه (SY)، شاخص برداشت (HI) و قدرت رشد بوته (GV) در شرایط محدودیت آب نسبت به شرایط بدون

محدودیت آبی کمتر بود. یعنی شرایط محیطی حاکم بر رشد و نمو گیاه شنبلیله بر روی وراثت‌پذیری صفات مذکورمی‌تواند موثر باشد و در حقیقت صفات مذکور بیشتر تحت تاثیر عوامل محیطی واقع می‌شوند تا عوامل ژنتیکی. نتایج مشابهی در مورد تحت تاثیر قرار گرفتن وراثت پذیری صفات مذکور از شرایط محیطی در شنبلیله توسط مرزوقی و همکاران (Marzougui *et al*., 2007) نیز گزارش شده است که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشته و آن را تایید می‌کند. چنین نتایجی توسط سایر محققان در برخی گیاهان دیگر نیز گزارش شده است (Statti *et al*., 2004؛ Ali *et al*., 2008).

نتایج مندرج در جدول ۶ نشان می‌دهند که در تمامی صفات مورد مطالعه در این پژوهش، مقادیر واریانس‌های فنوتیپی برآورد شده برای صفات بیشتر از واریانس‌های ژنوتیپی آن‌ها در شرایط محدودیت آبی و بدون محدودیت آبی بود. این امر بیانگر این واقعیت است که صفات مورد مطالعه بیشتر تحت تاثیر عوامل محیطی قرار داشتند و این موضوع را باید در برنامه های اصلاح شنبلیله برای محیط‌های مذکور در نظر داشت. نتایج مطالعات چاندرا و همکاران (Chandra *et al*., 2000) در هندوستان نیز نشان داد که در مورد برخی صفات شنبلیله نظیر تاریخ گل‌دهی، تعداد دانه در غلاف و وزن هزاردانه، اثر محیط (واریانس فنوتیپی) بیشتر از اثر ژنوتیپ (واریانس ژنوتیپی) است که با نتایج این پژوهش مطابقت داشته و آن را تایید می کند.

برای دسترسی به اطلاعات بیشتر در زمینه نحوه توارث صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در شنبلیله، انجام مطالعات و پژوهش‌های دیگر برای یافتن الگوهای همبسته با صفت عملکرد دانه و بیوماس(به عنوان مهم‌ترین صفات اقتصادی گیاه) و همچنین بررسی نحوه توارث سایر صفات و خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در آن به منظور هدایت و راهنمایی به‌نژادگران در زمینه شیوه انتخاب در جمعیت‌های اصلاحی و ارایه راهنمایی‌های لازم در زمینه انتخاب والدین تلاقی‌ها برای افزایش بهره وری برنامه‌های به‌نژادی شنبلیله در مناطق مختلف کشت و کار آن توصیه می‌شود.

References

Acharya, S. N., Srichamroen, A., Basu, S. K., Ooraikul, B., and Basu, T. 2006. Improvement in the nutraceutical properties of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*). Songkanakarin Journal of Science and Technology 28(1): 1-9.

Acharya, S. N., Thomas, J. E., and Basu, S. K. 2008. Fenugreek, an alternative crop

for semiarid regions of North America. Crop Science 48: 841-853.

Ali, U., Atta, B. M., Akhter, J., Monneveux, P., and Lateef, Z. 2008. Genetic variability, association and diversity studies in wheat (*Triticum aestivum* L.) germplasm. Pakistan Journal of Botany 40(5): 2087-2097.

Alizadeh, A. 2006. Soil, Water, Plant Relationships. Imam Reza University Press, Mashhah, Iran (in Persian).

Amede, T., Kimani, P., Ronno, W., Lunze, L., and Mbikay, N. 2004. Croping with drought; Strategies to improve genetic adaptation of common bean to drought prone regions of Africa. CIAT Occasional Publication Series. No. 38. 39 pp.

Chandra, K., Sastry, E. V. D., and Singh, D. 2000. Genetic variation and character association of seed yield and its component in fenugreek. Agricultural Science Digest 20(2): 93-95.

Farshadfar, E. 1997. Crop Breeding Methodology. Razi University Press, Kermanshah, Iran. 617 pp. (in Persian).

Ghannadha, M. R., and Naghavi, M. R. 2002. Applied Quantitative Genetics. Tehran University Press, Tehran, Iran. 171 pp. (in Persian).

Hosseini Salekdeh, G., Reynolds, M., Bennett, J., and Boyer, J. 2009. Conceptual framework for drought phenotyping during molecular breeding. Trends in Plant Science 14(9): 488-496.

Kumar, D. 2006. Breeding for drought resistance. pp. 145-175. In: Ashraf, M., and Harris, P.J.C. (eds.). Abiotic Stresses: Plant Resistance Through Breeding and Molecular Approaches. International Book Distributing Co. India.

Marzougui, N., Ferchichi, A., Guasmi, F., and Beji, M. 2007. Morphological and chemical diversity among 38 Tunisian cultivars of *Trigonella foenum-graecum* L. Journal of Food, Agriculture and Environment 5 (3 & 4): 248-253.

McCurmick, K. M., Norton, R. M., and Eagles, H. A. 2009. Phenotypic variation within a fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) germplasm collection. II. Cultivar selection based on traits associated with seed yield. Genetic Resources and Crop Evolution 56: 651-661.

Mohammadi, J., Kashi, A. K., and Azimi, M. 2000. Study on morphological traits of fenugreek. Proceedings of the Secend Iranian Horticultural Science Congress, Karaj. Iran. page 179 (in Persian).

Montgomery, J. E., King, J. R., and Doepol, L. 2007. Potential of fenugreek as a forage for dairy cattle. Farm Technology Proceedings, No. 162.

Moradi, P. 2008. Study on genetic diversity of Iranian fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) landraces. Ph. D. Thesis, Tehran Research and Science Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran (in Persian).

Mounzperea, C. G., Teran, H., Allen, R. G., Wright, J. L., Westermann, D. T., and Singh, S. P. 2006. Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars. Crop Science 46: 2111-2120.

Najafpoor Navaei, M. D. 1994. Some information about fenugreek. Forests and Rangelands Research Institute, Publications No. 127, Tehran, Iran (in Persian).

Omidbaigi, R. 2000. Approaches to Production and Processing of Medicinal Plants. 3rd. ed. Astan-e- Qods Razavi Press, Mashhad, Iran (in Persian).

Petropoulos, G. A. 2002. The genus Trigonella. pp.1-17. In: Petropoulos, G.A. (ed.). Fenugreek. Taylor and Francis, New York, USA.

Sadat Noori, S. A., and Fazel Najafabadi, M. 2006. Quantitative Genetics. Tehran University Press, Tehran, Iran. 206 pp. (in Persian).

Sadegzadeh Ahari, D., Hassandokht, M. R., Kashi, A. K., and Amri, A. 2014. Evaluation of genetic diversity in Iranian fenugreek (Trigonella foenum- graecum) landraces using ALFP markers. Seed and Plant Improvement Journal 30-1: 151-171 (in Persian).

Sadeghzadeh-Ahari, D., Hassandokht, M. R., Kashi, A. K., Amri, A., and Alizadeh, Kh. 2010. Selection for drought tolerance in some Iranian fenugreek landraces. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 11(2): 111-132 (in Persian).

Statti, G. A., Conforti, F., Sacchetti, G., Muzzoli, M., Agrimonti, C., and Menichini, F. 2004. Chemical and biological diversity of bergamot (*Citrus bergamia*) in relation to factors environmental. Fitoterapia 75: 212-216.