



دانشگاه گنبد کاووس

نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"

دوره سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۹۵

<http://arpe.gonbad.ac.ir>

تأثیر برخی ویژگی‌های زراعی و فیزیولوژیکی بر عملکرد دانه و وزن زیست‌توده سنبله (*Trigonella foenum-graecum*) تحت شرایط تنش خشکی

داود صادق‌زاده اهری^{۱*}، محمدرضا حسندخت^۲، عبدالکریم کاشی^۳، احمد عمری^۴

^۱استادیار مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور

^۲دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

^۳آستاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

^۴عضو هیات علمی مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۸/۲۸

چکیده

پایه‌گذاری گزینش کارا بر مبنای صفات ساده همواره مورد تأکید اصلاح‌کنندگان گیاهان بوده است. در این بررسی ۲۰ توده بومی سنبله مناطق مختلف کشور تحت شرایط تنش خشکی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار مورد مقایسه قرار گرفتند. از صفات مختلف (۱۷ صفت زراعی و فیزیولوژیکی) یادداشت‌برداری شد. با انجام رگرسیون گام به گام و براساس صفات باقی‌مانده در مدل رگرسیونی، تجزیه علیت برای تعیین عوامل مؤثر بر عملکرد دانه و زیست‌توده انجام شد. نتایج آزمایش نشان داد که، دو صفت تیپ رشد بوته و دمای تاج پوشش در دو هفته پس از گلدهی دارای اثر مستقیم و معنی‌داری بر عملکرد دانه بودند. اثر مستقیم و مثبت تیپ رشد بوته بر عملکرد دانه ۰/۷۵۲ بود. همچنین در بین صفات مورد بررسی دو صفت تیپ رشد بوته و تاریخ رسیدگی دانه دارای اثر مستقیم و معنی‌داری بر وزن زیست‌توده بودند. اثر مستقیم و مثبت تیپ رشد بوته بر روی عملکرد زیست‌توده برابر ۱/۲۵۳ و بیشتر از تاریخ رسیدگی بود. براساس نتایج حاصل از این پژوهش تیپ رشد بوته، دمای تاج پوشش و تاریخ رسیدگی به‌عنوان معیارهای گزینشی مناسب برای انتخاب ژنوتیپ‌های سنبله دارای عملکرد دانه و زیست‌توده بیشتر در شرایط تنش خشکی معرفی می‌گردند.

واژه‌های کلیدی: تاریخ رسیدگی، تیپ رشد، صفات، گزینش

*نویسنده مسئول: dsadeghzade@yahoo.com

مقدمه

شنبليله (*Trigonella foenum-graecum*) در بیشتر نقاط ایران در مزارع تولید سبزی کشت شده و از گذشته‌های دور به‌عنوان یک سبزی و گیاه دارویی از آن استفاده می‌شود (Omidbaighi, 2001; Ahmadiani *et al.*, 2000; 2004; Flammang *et al.*). اصلاح‌گران معتقدند که پایه‌گذاری گزینش کارا بر مبنای صفات ساده در برنامه‌های به‌نژادی از اصول مهم و اساسی است. چون حتی یک انتخاب ساده براساس یک صفت ساده که دارای وراثت‌پذیری بالایی بوده و توسط ژن‌های کمی کنترل شود، می‌تواند عملکرد را تحت شرایط تنش خشکی به میزان زیادی افزایش دهد. طبق نظر کومار (Kumar, 2006) برای انتخاب عملی صفات مورفولوژیکی و فنولوژیکی باید مقدم بر صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی باشند؛ زیرا اندازه‌گیری از صفات مورفولوژیکی و فنولوژیکی آسانتر بوده و ضمناً این صفات توارث‌پذیرترند و در مراحل بعدی انتخاب و زمانی که تحقیقات به‌نژادی در مراحل پیشرفته‌تری قرار دارند؛ می‌توان از صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی استفاده نمود. امروزه استفاده از صفات ثانویه در برنامه‌های اصلاح عملکرد خصوصاً در شرایط خشک و نیمه خشک اهمیت زیادی یافته است. صفات ثانویه صفاتی غیر از عملکرد دانه می‌باشند که اطلاعات اضافی در مورد اینکه چگونه عملکرد تحت شرایط تنش خشکی تغییر می‌کند را در اختیار به‌نژادگران قرار می‌دهند و معمولاً اطلاعات حاصل از آن‌ها در ترکیب با عملکرد دانه برای عمل انتخاب و گزینش مورد استفاده قرار می‌گیرد (Fischer *et al.*, 2003).

با استفاده از برخی روش‌های آماری می‌توان سهم نسبی هر یک از اجزای تشکیل‌دهنده عملکرد را در مقدار عملکرد بدست آورد. همچنین از این طریق می‌توان اطلاعات لازم برای انتخاب غیرمستقیم از بین ژنوتیپ‌های گیاهی (به‌منظور اصلاح عملکرد و سایر خصوصیات مورد نظر) را نیز به‌دست آورد. برآورد ضریب همبستگی و تجزیه علیت از جمله این روش‌ها محسوب می‌شوند (Farshadfar, 1997). مطالعات مختلفی در زمینه بررسی همبستگی بین عملکرد دانه و صفات و خصوصیات زراعی و فیزیولوژیکی تحت شرایط تنش رطوبتی در گیاهان متعلق به خانواده لگومینوزه نظیر نخود (Kanouni, 2016; Tadesse *et al.*, 2016; Waldia *et al.*, 2007; Kumar *et al.*, 1996)، گاوآنه (Sayar, 2014; Fathi rezaei, 1997)، لوبیای چشم بلبلی (Pungulani *et al.*, 2013)؛ لوبیا (Mohammed *et al.*, 2000)، لوبیا (Amede *et al.*, 2004; Habibi and Bihamta, 1997)، سویا (Choghan *et al.*, 1994; Pour-Siahbidi *et al.*, 2013) و ... توسط پژوهشگران انجام شده است. مطالعاتی در زمینه برآورد ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه گیاه شنبليله و برخی صفات زراعی در هندوستان توسط چاندرا و همکاران (Chandra *et al.*, 2000) و در اتیوپی توسط فوفا (Fufa, 2013) و ووجو و همکاران (Wojo *et al.*, 2016) انجام شده است.

در بین توده‌های بومی شنبليله کشور تنوع مطلوبی از نظر تحمل به تنش رطوبتی گزارش شده و استفاده از این تنوع در برنامه‌های به‌نژادی این گیاه توصیه شده است (Sadeghzadeh Ahari *et al.*, 2010). متاسفانه و با وجود سابقه کشت و کار دیرینه این گیاه در کشور کمترین کار اصلاحی بر روی آن انجام شده است. هدف از انجام این پژوهش، برآورد روابط بین صفات و خصوصیات زراعی در گیاه شنبليله و انجام تجزیه علیت و معرفی مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه و زیست توده آن تحت شرایط تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها

در این بررسی بذر ۲۰ توده شنبليله بومی از مناطق مختلف کشور که به‌طور سنتی و از دیرباز در آن مناطق کشت می‌شدند، جمع‌آوری گردید (جدول ۱). این مطالعه طی بهار و تابستان سال ۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه (طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۲ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۷۳۰ متر) انجام شد. طرح آماری مورد استفاده به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار بود. پس از آماده‌سازی زمین آزمایشی در پاییز و اوایل بهار (افزودن کود پایه، شخم و دیسک)، بذر هر توده با توجه به وزن هزار دانه و تراکم کاشت ۲۰ کیلوگرم در هکتار، بعد از ضد عفونی با چارچ کش (بنومیل به نسبت ۱ در هزار) در اوایل فصل بهار (۱۳۸۷/۱/۱۵) در کرت‌هایی به ابعاد ۳ × ۱ متر (۴ خط کشت به‌طول ۳ متر و فواصل بین خطوط ۲۵ سانتی‌متر) توسط بذرکار آزمایشی وینتر اشتایگر کشت شدند. در سال آزمایش، خشک‌سالی شدیدی در منطقه رخ داد به‌طوری که میزان بارندگی‌های بهاره نسبت به دراز مدت (آمار ۲۰ ساله) کاهش چشم‌گیری داشت (میزان بارندگی ۳ ماه بهار برابر ۱۳/۸ میلی‌متر بود)، بنابراین هر دو هفته یکبار اقدام به آبیاری در حد میانگین بارش‌های درازمدت ماهانه (اردیبهشت، خرداد و تیر) گردید (کل میزان آب استفاده شده در طول دوره آزمایش برابر ۸۳ میلی‌متر بود).

در طی دوره آزمایش صفات مختلف مورفولوژیکی، فنولوژیکی و فیزیولوژیکی به شرح ذیل اندازه‌گیری شدند. تعداد روزهای پس از کاشت تا ظهور گل در ۵۰ درصد از گیاهان در هر کرت به عنوان تاریخ گل‌دهی تعیین گردید. برای اندازه‌گیری تاریخ رسیدگی تعداد روزهای پس از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی بیش از ۹۰ درصد از گیاهان در هر واحد آزمایشی ثبت شد. دوره پر شدن دانه از تفاضل بین تعداد روز از کاشت تا رسیدگی دانه و تاریخ گل‌دهی به‌دست آمد. قدرت ظاهری بوته‌های هر ژنوتیپ براساس شاخص‌های عددی از ۱ (ضعیف) تا ۵ (بسیار قوی) و هم‌چنین شکل ظاهری بوته‌های هر ژنوتیپ براساس شاخص‌های عددی از ۱ (بوته خوابیده) تا ۵ (بوته ایستاده) در مرحله گل‌دهی به‌ترتیب به‌عنوان قدرت و تیپ رشد بوته ثبت شدند. دمای تاج پوشش هر کرت آزمایشی در

دو مرحله بعد از گلدهی به فاصله هر دو هفته یکبار در ساعت ۱۴ ظهر توسط دستگاه دماسنج مادون قرمز تفنگی (ساخت شرکت Windaus آلمان) اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- اسامی و مختصات جغرافیایی مناطق جمع‌آوری بذور توده‌های بومی شبلیله

نام توده	استان محل جمع‌آوری	طول جغرافیایی		عرض جغرافیایی		ارتفاع از سطح دریا (متر)
		دقیقه	درجه	دقیقه	درجه	
اردستان	اصفهان	۲۳	۵۲	۲۳	۳۳	۱۲۵۰
اصفهان	اصفهان	۴۰	۵۱	۳۷	۳۲	۱۵۵۰
اهواز	خوزستان	۴۰	۴۸	۲۰	۳۱	۲۰
برازجان	بوشهر	۳۴	۵۱	۳۵	۲۹	۶۳۰
بروجرد	لرستان	۴۵	۴۸	۵۵	۳۳	۱۶۳۰
خاش	سیستان و بلوچستان	۱۲	۶۱	۱۳	۲۸	۱۳۹۰
خراسان (عراقی)	خراسان رضوی	۴۳	۵۷	۱۲	۳۶	۹۸۰
خرم‌آباد	لرستان	۱۷	۴۸	۲۶	۳۳	۱۱۵۰
ری	تهران	۱۹	۵۱	۴۱	۳۵	۱۱۹۰
زنجان	زنجان	۲۹	۴۸	۴۱	۳۶	۱۶۶۰
سمنان	سمنان	۳۲	۵۳	۳۵	۳۵	۱۱۳۰
شیراز	فارس	۳۶	۵۲	۳۲	۲۹	۱۴۸۰
یزد	یزد	۱۷	۵۴	۵۵	۳۱	۱۲۴۰
قائنات	خراسان جنوبی	۱۰	۵۹	۴۳	۳۳	۱۴۳۰
کاشان	اصفهان	۲۷	۵۱	۵۹	۳۲	۹۸۰
کرمان	کرمان	۵۸	۵۶	۱۵	۳۰	۱۷۵۰
کرمانشاه	کرمانشاه	۹۰	۴۷	۳۱	۳۴	۱۳۲۰
نیشابور	خراسان رضوی	۴۸	۴۵	۱۶	۳۶	۱۲۱۰
یاسوج ۱	کهگیلویه و بویراحمد	۴۱	۵۱	۵۰	۳۰	۱۸۳۰
یاسوج ۲	کهگیلویه و بویراحمد	۵۸	۵۱	۲۵	۳۰	۱۷۳۰

در مرحله پس از رسیدگی، متوسط ارتفاع ۱۰ بوته (انتخاب تصادفی) در هر کرت از سطح خاک تا انتهای آخرین شاخه روی بوته (بر حسب سانتی‌متر) ثبت گردید. متوسط تعداد نیام، متوسط تعداد دانه در بوته و متوسط عملکرد تک بوته در ۱۰ بوته (انتخاب تصادفی) از هر کرت آزمایشی تعیین شدند. وزن هزار دانه (بر حسب گرم) از توزین هزار عدد بذر سالم و بدون شکستگی به دست آمد. پس از

رسیدن دانه و حذف اثرات حاشیه‌ای (حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت و نیز دو خط کناری کرت) قسمت‌های هوایی (شاخ و برگ و دانه) هر ژنوتیپ در واحد کرت برداشت و در شرایط طبیعی خشک شدند؛ سپس با توزین آن‌ها عملکرد زیست توده آفتاب خشک (بر حسب تن در هکتار) به دست آمد. جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه، دانه‌های حاصل از هر ژنوتیپ پس از رسیدن دانه و حذف اثرات حاشیه‌ای (حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت و نیز دو خط کناری کرت) برداشت و بوجاری شدند؛ و سپس توزین شدند. شاخص برداشت دانه (بر حسب درصد) از نسبت عملکرد دانه بر وزن زیست توده آفتاب خشک به دست آمد.

میزان تراوش الکترولیت‌ها از بافت برگ‌ها (پایداری غشاء سلولی^۱) در دو مرحله رشدی بعد از گل‌دهی به فاصله هر دو هفته یک‌بار به روش گوریتا و همکاران (Goreta *et al.*, 2007) اندازه‌گیری شد. مقدار ۱ گرم بافت برگ‌ها (برگ‌های انتهایی بوته) از هر ژنوتیپ در هر تکرار جمع‌آوری شده و پس از قراردادن در پاکت‌های نایلونی تمیز، بلافاصله به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از سه بار شستشو با آب دی‌یونیزه ($EC < 0.01 \mu S/cm$)، نمونه‌ها در ظروف تمیز حاوی ۲۰ میلی‌لیتر آب دی‌یونیزه غوطه‌ور شد و پس از ۲۴ ساعت با استفاده از EC متر (مدل LF583 ساخت شرکت WTWco آلمان) ضریب هدایت الکتریکی محلول (آب دی‌یونیزه) اندازه‌گیری شد. پس از قرار دادن نمونه‌ها تحت دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت در خشک‌کن الکتریکی و در نهایت سرد کردن محلول‌ها تا حد دمای آزمایشگاه (۲۵ درجه سانتی‌گراد)، مجدد ضریب هدایت الکتریکی آن‌ها اندازه‌گیری شد و با استفاده از رابطه زیر میزان تراوش الکترولیت‌ها که شاخصی از تخریب غشای سلولی است محاسبه گردید (Goreta *et al.*, 2007).

$$CMS = \frac{C_1 - C_w}{C_2 - C_w}$$

C1 و C2: به ترتیب ضریب هدایت الکتریکی نمونه قبل و پس از قرار گرفتن در دمای بالا (۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت) بوده و C_w : ضریب هدایت الکتریکی آب دی‌یونیزه است. تعداد ۱۰ عدد از برگ‌های انتهایی کاملاً توسعه یافته هر بوته در مرحله گلدهی برداشت، و میزان رطوبت نسبی بافت برگ (%RWC) و آماس نسبی برگ (%RT) با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (Alizadeh, 2012).

$$\%RWC = \frac{Fw - Dw}{Tw - Dw} \times 100$$

1- Cell Membrane Stability (CMS)

$$\%RT = \frac{Tw - Dw}{Fw - DW} \times 100$$

Fw و Dw: به ترتیب وزن تر و وزن خشک بافت برگ (قراردادن در خشک کن الکتریکی تحت دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت و توزین آن‌ها)، و Tw: وزن آماس بافت برگ (سه بار شستشوی برگ‌ها با آب دی‌یونیزه و شناور کردن آن‌ها به مدت ۵ ساعت در آب دی‌یونیزه و سپس توزین آن‌ها) می‌باشد.

ضرایب همبستگی ساده صفات مختلف با یکدیگر و عملکرد دانه نیز محاسبه شد. از روش تجزیه رگرسیون گام به گام برای تعیین صفات مؤثر بر عملکرد دانه و وزن زیست توده استفاده گردید. برای تعیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات باقی‌مانده در مدل رگرسیونی با عملکرد دانه و وزن زیست توده از تجزیه علیت به روش دیوی و لیو (Dewey and Lu, 1959) استفاده شد. با توجه به لزوم استفاده از صفاتی که در مراحل اولیه رشد گیاه و قبل از رسیدن دانه و استحصال عملکرد به راحتی قابل اندازه‌گیری بوده و عمل انتخاب را تسریع می‌بخشند؛ در بررسی روابط علیت بین صفات، صفاتی که در مراحل آخر دوره رشد اندازه‌گیری شده بودند در تجزیه دخالت داده نشدند. همچنین به دلیل این‌که وزن زیست توده و عملکرد دانه پس از رسیدن محصول قابل اندازه‌گیری است؛ لذا در تجزیه علیت صفات مؤثر بر عملکرد زیست توده و عملکرد دانه مورد استفاده قرار نگرفت. آنالیز داده‌ها با نرم‌افزارهای SPSS و MSTAT-C انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی نشان داد که، اغلب صفات به‌جزء وزن زیست توده، شاخص برداشت دانه، عملکرد تک بوته و دمای تاج پوشش بین توده‌های مختلف اختلاف‌های معنی‌داری وجود دارد (جدول‌های ۲ و ۳). معنی‌دار شدن اثر توده در این بررسی مؤید وجود تنوع ژنتیکی بالا در بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفات مورد ارزیابی است. برای بررسی روابط همبستگی خطی (ساده) بین صفات مورد بررسی، برآورد ضرایب همبستگی انجام شد، و نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است. با توجه به جدول ۴، بین برخی از صفات اندازه‌گیری شده همبستگی‌های معنی‌دار مثبت و منفی وجود دارد. همبستگی بین دو صفت تاریخ گل‌دهی و تاریخ رسیدگی در این مطالعه مثبت و معنی‌دار بود ($r = 0/82$). نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان داد که، بین تاریخ ظهور گل و تاریخ رسیدگی از یک سو و عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی، همبستگی‌های منفی و معنی‌داری وجود دارد (به ترتیب برابر $r = -0/71$ و $r = -0/64$).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات زراعی و عملکرد توده‌های مختلف شبلیله تحت شرایط تنش خشکی

وزن زیست توده		تعداد دانه در بوته		تعداد نیام در بوته		ارتفاع بوته		دوره پر شدن دانه		تاریخ رسیدگی		تاریخ گلدهی		درجه آزی		منبع تغییرات	
۱/۶	**	۲۹۶۰	**	۱۶/۴	**	۴/۳	ns	۸/۳	ns	۹/۴	ns	۰/۹	ns	۳		تکرار	
۰/۰۸	ns	۸۱۶	**	۱۲/۵	**	۷۳/۹	**	۲۸	**	۱۶/۳	**	۱۶/۳	**	۱۹		توده	
۰/۰۶		۲۵۸	۲	۲/۴		۳/۸		۴/۵		۱		۱		۵۷		خطا	
۱۵/۷۸		۲۰/۱۰	۱۸/۰۱	۷/۸۵		۳/۹۰		۱/۸۰		۱/۷۷						ضریب تغییرات (%)	

ns، ** و *** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار، احتمال پنج و یک درصد

ادامه جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات زراعی و عملکرد توده‌های مختلف شبلیله تحت شرایط تنش خشکی

میانگین مربعات		وزن هزار دانه		تیب رشد بوته		قدرت رشد		دمای تاج پوشش ۱		دمای تاج پوشش ۲		درجه آزی		عملکرد دانه		عملکرد تک بوته		شاخص برداشت دانه		منبع تغییرات	
۲۸	**	۲۴	*	۲/۹	*	۱/۴	ns	۶	**	۲۴	**	۳		۰/۱۷	**	تکرار					
۴/۸	ns	۱۱	ns	۸/۲	**	۲۵	**	۶	**	۱۵/۳	ns	۱۹		۰/۰۳	**	توده					
۴/۳		۶/۷		۰/۸		۰/۴		۰/۹		۱۱		۵۷		۰/۰۱		خطا					
۱۲/۸۵		۱۷/۰۲		۲۷/۷۸		۵/۰۱		۲۶/۹۵		۸/۰۳		۲۴/۹۰		۷/۸۸		ضریب تغییرات (%)					

ns، ** و *** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار، احتمال پنج و یک درصد

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی توده‌های شنبلیله تحت شرایط تنش خشکی

میانگین مربعات					
منبع تغییرات	درجه آزادی	پایداری غشاء سلولی ۱	پایداری غشاء سلولی ۲	آماس نسبی برگ	رطوبت نسبی برگ
تکرار	۲	۲۱۴۵۲ ^{ns}	۱۳۹۸۶۷ ^{**}	۶۰/۹ ^{ns}	۲۲/۷ ^{ns}
توده	۱۹	۲۷۲۷۸ [*]	۱۲۸۱۳۸ ^{**}	۱۵۱/۱ [*]	۵۱/۳ [*]
خطا	۳۸	۱۲۲۹۰	۲۰۹۴۹	۷۲/۶	۲۳/۳
ضریب تغییرات (/.)	۹/۰۳	۸/۰۱	۵/۷۷	۶/۰۲	

^{ns} و ^{**} به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

از سوی دیگر بین صفت عملکرد تک بوته و عملکرد دانه در واحد سطح نیز همبستگی مثبتی وجود داشت و ضریب این همبستگی نیز متوسط ($r = 0/56$) بود (جدول ۴). با توجه به جدول ۴، بین عملکرد دانه از یک طرف و طول دوره پر شدن دانه، ارتفاع گیاه، عملکرد تک بوته، وزن زیست توده خشک، وزن هزاردانه، تیپ رشد بوته، قدرت رشد بوته، میزان تراوش الکتروولت‌ها از غشای بافت برگ و آماس نسبی برگ‌ها همبستگی‌های مثبت و بسیار معنی‌دار آماری با ضرایب همبستگی بیش از ۵۰ وجود داشت ($r > 50$).

نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که، بین میزان رطوبت نسبی بافت برگ و عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت ($r = -0/52$) و از سوی دیگر، همبستگی بین آماس نسبی برگ‌ها و عملکرد دانه نیز از نوع مثبت و معنی‌دار ($r = 0/50$) بود. همچنین ضریب همبستگی بین میزان تراوش الکتروولت‌ها و عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۴). جدول ۴ نشان می‌دهد که، در شرایط تنش رطوبتی، مهم‌ترین صفات مرتبط با افزایش عملکرد وزن زیست توده شنبلیله که دارای ضرایب همبستگی مثبت و بالایی نیز با آن می‌باشند عبارتند از: طول دوره پر شدن دانه، ارتفاع گیاه، متوسط عملکرد دانه تک بوته، عملکرد دانه در واحد سطح، وزن هزار دانه، تیپ رشد گیاه و قدرت رشد گیاه.

در تجزیه رگرسیون به روش گام به گام، عملکرد دانه و وزن زیست توده به‌عنوان متغیر وابسته در مقابل بقیه صفات به‌عنوان متغیر مستقل مورد بررسی قرار گرفت، تا صفاتی که نقش مهم‌تری در توجیه عملکرد دانه و وزن خشک زیست توده دارند مشخص شوند (صفاتی که در مراحل آخر دوره رشد اندازه‌گیری شده بودند در تجزیه دخالت داده نشدند). نتایج نشان داد که، دو صفت تیپ رشد بوته و دمای تاج پوشش در مرحله دوم اندازه‌گیری با باقی ماندن در مدل رگرسیون نهایی به‌عنوان اجزای مؤثر بر عملکرد دانه شناخته شدند، که با دارا بودن ضریب تبیین ۹۵ درصدی ($R^2 = 0/95$) بیش از ۹۰ درصد تغییرات عملکرد را توجیه و تبیین کردند (جدول ۵).

جدول ۴- ضرایب همبستگی ساده صفات زراعی و فیزیولوژیکی شنبلله در شرایط تنش خشکی

	DF	DM	GFP	PH	PDN	SDN	MGY	DB	GY	GYI	TKW	TYP	GV	CT ₁	CT ₂	CMS ₁	CMS ₂	RT	RWC	
DF	۱																			
DM	۰/۸۲**	۱																		
GFP	-۰/۹۵**	-۰/۶۲**	۱																	
PH	-۰/۸۲**	-۰/۸۷**	۰/۸۲**	۱																
PDN	-۰/۴۷*	-۰/۳۹	-۰/۴۵	۰/۵۳*	۱															
SDN	۰/۰۶	-۰/۱۲	-۰/۱۵	۰/۲۱	۰/۵۹**	۱														
MGY	-۰/۶۹**	-۰/۶۴**	۰/۶۱**	۰/۸۸**	۰/۸۴**	۰/۶۱**	۱													
DB	-۰/۶۲**	-۰/۴۷*	۰/۶۲**	۰/۶۰**	۰/۴۶*	۰/۱۰	۰/۵۶*	۱												
GY	-۰/۸۱**	-۰/۶۴**	۰/۶۵**	۰/۶۸**	۰/۳۱	۰/۱۱	۰/۵۷**	۰/۸۷**	۱											
GYI	-۰/۴۶*	-۰/۶۱**	۰/۳۰	۰/۴۴*	-۰/۰۱	۰/۱۲	۰/۳۲	۰/۸۸**	۰/۶۲**	۱										
TKW	-۰/۸۹**	-۰/۶۱**	۰/۹۱**	۰/۸۶**	۰/۴۵*	-۰/۱۷	۰/۶۴**	۰/۶۶**	۰/۶۳**	۰/۲۲	۱									
TYP	-۰/۹۳**	-۰/۸۵**	۰/۸۵**	۰/۸۰**	۰/۵۳*	۰/۱۰	۰/۸۳**	۰/۸۵**	۰/۸۷**	۰/۳۸	۰/۸۱**	۱								
GV	-۰/۹۳**	-۰/۸۴**	-۰/۸۴**	۰/۸۲**	۰/۴۰	۰/۰۱	۰/۶۲**	۰/۶۳**	۰/۸۱**	۰/۴۲	۰/۸۳**	۰/۹۲**	۱							
CT ₁	-۰/۸۱	-۰/۲۶	۰/۰۴	۰/۸۰	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۱۶	-۰/۰۶	-۰/۰۵	۰/۸۵	۰/۲۰	۰/۰۸	۰/۰۸	۱						
CT ₂	۰/۱۹	-۰/۱۲	-۰/۱۸	-۰/۲۳	۰/۱۵	۰/۲۸	۰/۰۴	-۰/۲۱	-۰/۳۵	-۰/۴۳	-۰/۱۶	-۰/۰۴	-۰/۲۰	۰/۱۱	۱					
CMS ₁	-۰/۶۵**	-۰/۸۰**	۰/۵۴*	۰/۸۰**	۰/۴۳	۰/۳۵	۰/۸۵**	۰/۵۲*	۰/۶۰**	۰/۴۱	۰/۵۹**	۰/۸۰**	۰/۸۰**	۰/۳۰	-۰/۱۱	۱				
CMS ₂	۰/۸۹**	-۰/۸۸**	۰/۸۷**	۰/۸۳**	۰/۳۱	-۰/۰۶	۰/۶۲**	۰/۴۶*	۰/۶۵**	۰/۶۲**	۰/۶۹**	۰/۸۳**	۰/۸۷**	۰/۱۸	-۰/۲۶	۰/۸۳**	۱			
RT	-۰/۸۶**	-۰/۸۶**	۰/۶۸	۰/۶۸**	۰/۲۷	-۰/۰۵	۰/۴۲	۰/۴۰	۰/۵۰*	۰/۴۸	۰/۶۰**	۰/۸۶**	۰/۸۲**	۰/۲۹	-۰/۱۲	۰/۴۹*	۰/۸۳**	۱		
RWC	-۰/۸۸**	۰/۸۷**	-۰/۶۹**	-۰/۶۸**	-۰/۲۸	۰/۰۵	-۰/۶۳*	-۰/۴۱	-۰/۵۲*	۰/۵۰*	-۰/۶۱**	-۰/۸۸**	-۰/۸۴**	-۰/۲۹	۰/۱۲	-۰/۵۰*	-۰/۸۵**	-۰/۸۱**	۱	

به ترتیب از چپ به راست (از DF به RWC): تاریخ گلدهی، تاریخ رسیدگی، دوره پر شدن دانه، ارتفاع بوته، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد تک بوته، وزن زیست توده، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، تیپ رشد بوته، قدرت رشد، دمای تاج پوشش ۱، پایداری تاج پوشش ۲، پایداری غشاه سلولوی ۱، پایداری غشاه سلولوی ۲، آماس نسبی برگ، رطوبت نسبی برگی و ...^{ns} و ...^{**} به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار، اختلاف معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

مطابق جدول ۵، در شرایط تنش خشکی، دو صفت تیپ رشد بوته و دمای تاج پوشش در مرحله دوم اندازه‌گیری دارای اثر مستقیم معنی‌دار بر عملکرد دانه بودند؛ به طوری که اثر مستقیم و مثبت تیپ رشد بوته بر عملکرد دانه ۰/۷۵۲ محاسبه گردید. دو صفت تیپ رشد بوته و تاریخ رسیدگی دانه نیز با باقی ماندن در مدل رگرسیون نهایی به‌عنوان اجزای مؤثر بر عملکرد زیست توده شناخته شدند که با ضریب تبیین ۹۲ درصد ($R^2 = 0/92$) بیش از ۹۰ درصد تغییرات مربوط به عملکرد زیست توده توسط متغیرهای مذکور قابل تبیین است (جدول ۵). هم‌چنین دمای تاج پوشش در مرحله دوم اندازه‌گیری با داشتن اثر مستقیم و منفی بر عملکرد دانه مؤثر بود (جدول ۶). نتایج تجزیه علیت صفات مؤثر بر عملکرد زیست توده در جدول ۷ آمده است و نشان می‌دهد که، دو صفت تیپ رشد بوته و تاریخ رسیدگی دانه در بین صفات مورد بررسی معنی‌دارترین صفات دارای اثر مستقیم بر وزن زیست توده در شرایط تنش خشکی بودند؛ به طوری که اثر مستقیم و مثبت تیپ رشد بوته بر روی عملکرد دانه بیشتر از تاریخ رسیدن بود (جدول ۷).

جدول ۵- ضرایب رگرسیون صفات‌های مرتبط با عملکرد دانه و وزن زیست توده

عملکرد دانه		وزن زیست توده	
ضریب رگرسیون	صفت‌های باقیمانده در مدل	ضریب رگرسیون	صفت‌های باقیمانده در مدل
۰/۷۶۲**	تیپ رشد گیاه	۱/۲۰۶**	تیپ رشد گیاه
۰/۴۴**	دمای تاج پوشش ۲	۰/۵۱۰**	تاریخ رسیدگی

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۶- نتایج تجزیه علیت صفات مؤثر بر عملکرد دانه شنبلیله در شرایط تنش خشکی

اثر غیرمستقیم از طریق		اثر مستقیم		همبستگی ساده با عملکرد دانه		صفت
CT ₂	TYP					
۰/۰۱۳	-	۰/۷۵۲**		۰/۷۷**		تیپ رشد گیاه
-	-۰/۰۳	-۰/۳۱۹*		-۰/۳۵		دمای تاج پوشش ۲
$R=0/829$	$R^2=0/687$	$R^2a=0/651$		$e=0/559$		

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد، R= همبستگی مدل، R^2 = ضریب تبیین مدل، R^2a = ضریب تبیین تصحیح شده، e= اثر باقی‌مانده

بحث

نتایج این بررسی نشان داد که، تنوع مطلوبی از نظر اغلب خصوصیات زراعی و فیزیولوژیکی در شنبلیله‌های بومی کشور وجود دارد، که می‌تواند به‌عنوان سرمایه و منبع با ارزشی جهت استفاده

اصلاح‌گران در برنامه‌های به‌نژادی آن محسوب گردد. وجود تنوع در توده‌های بومی و ژنوتیپ‌های شنبلیله توسط پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است؛ که با نتایج این بررسی مطابقت دارد (Sadeghzadeh Ahari *et al.*, 2010; Mc-Cormick, 2009; Wojo *et al.*, 2016; Fufa, 2017). با توجه به استخراج ضرایب همبستگی ساده صفات با یکدیگر در این مطالعه، در مواقعی که امکان اندازه‌گیری یک صفت وجود ندارد می‌توان با اندازه‌گیری صفتی دیگر که با صفت مورد نظر همبستگی دارد نسبت به ارزیابی و اندازه‌گیری غیرمستقیم آن صفت اقدام نمود.

جدول ۷- نتایج تجزیه علیت صفات مؤثر بر وزن زیست توده شنبلیله در شرایط تنش خشکی

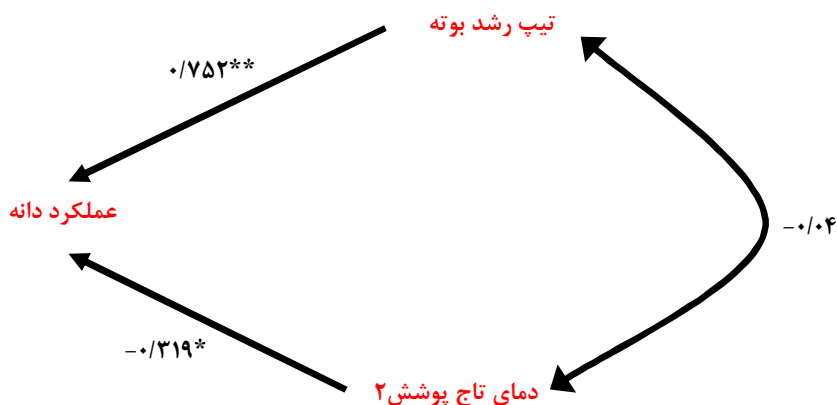
اثر غیرمستقیم از طریق		اثر مستقیم	همبستگی ساده با وزن زیست توده	صفت
CT ₂	TYP			
-۰/۵۰۷	-	۱/۲۵۳**	۰/۷۵**	تیپ رشد گیاه
-	-۱/۰۶۵	۰/۵۹۷**	-۰/۴۷*	تاریخ رسیدگی دانه
R=۰/۸۰۹	R ² =۰/۶۵۵	R ² a=۰/۶۱۴	e=۰/۵۸۷	

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد، R= همبستگی مدل، R²= ضریب تبیین مدل، R²a= ضریب تبیین تصحیح شده، e= اثر باقی‌مانده

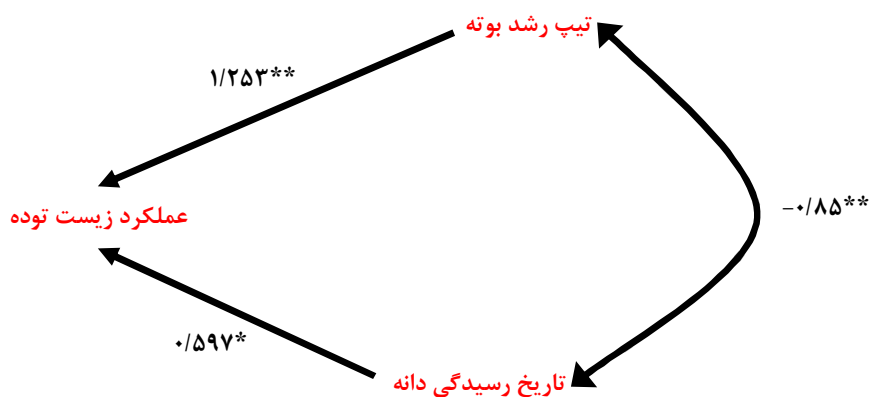
در این مطالعه همبستگی مثبت و معنی‌داری بین دو صفت تاریخ گل‌دهی و تاریخ رسیدگی دانه وجود داشت ($r = ۰/۸۲$) و بنابراین می‌توان اظهار داشت که، تحت شرایط تنش خشکی ژنوتیپ‌های زودگل شنبلیله، تاریخ رسیدگی زودتری نیز دارند. از سوی دیگر ژنوتیپ‌های زودگل و زودرس طول دوره پر شدن دانه بیشتری نیز داشتند (جدول ۴) که سبب افزایش تجمع مقدار مواد حاصل از فتوسنتز در دانه‌های آن‌ها شده و موجب افزایش عملکرد دانه گردید. در نخود (Tadesse *et al.*, 2016) و سویا (Salimi *et al.*, 2013) نیز نتایج مشابهی در خصوص وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین تاریخ گل‌دهی و تاریخ رسیدگی گزارش شده است. محققان اعتقاد دارند که، به دلیل محدودیت دسترسی به آب و کوتاه بودن فصل بارانی در مناطق خشک، معمولاً زودرسی مهم‌ترین شاخص گزینش می‌باشد و ژنوتیپ‌های زودرس اغلب عملکردهای بیشتری دارند هر چند بین زودرسی و عملکرد بالقوه گیاه رابطه معکوسی وجود دارد و دوره رشد گیاه نبایستی از حد مطلوب کاهش زیادی یابد (Koocheki, 2007).

وجود همبستگی‌های منفی و معنی‌دار مشاهده شده در این بررسی بین تاریخ ظهور گل و تاریخ رسیدگی با عملکرد دانه در سایر گیاهان متعلق به تیره لگومینوزه نظیر نخود (Kumar *et al.*, 1996) و *Waldia et al.*, 2007)، لوبیای چشم بلبلی (Mohammed *et al.*, 2000)، گاوآنه (Fathi rezaei,

1997)، سوپا (Choghan *et al.*, 1994) و لوبیا (Habibi and Bihamta, 1997 Habibi *et al.*، 2004; Amede *et al.*, 2006; 2006) نیز گزارش شده است. نتایج بررسی‌های انجام شده بر روی ۱۴۴ ژنوتیپ شنبليله در اتیوپی نیز نشان داد که، بین تاریخ گل‌دهی و عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی‌داری وجود دارد (Fikreselassie *et al.*, 2012)؛ که با نتایج حاصل از این بررسی مطابقت داشته و آن را تأیید می‌کند. فوفا (Fufa, 2013) گزارش نمود که، بین تاریخ رسیدگی و عملکرد دانه در گیاه شنبليله همبستگی معنی‌داری وجود ندارد؛ که با نتایج حاصل از این پژوهش مغایرت دارد.



شکل ۱- صفات مؤثر بر عملکرد دانه شنبليله در شرایط تنش خشکی



شکل ۲- صفات مؤثر بر عملکرد زیست توده شنبليله در شرایط تنش خشکی

در این بررسی بین عملکرد دانه شنبلیله تحت شرایط تنش خشکی و صفاتی نظیر طول دوره پر شدن دانه، ارتفاع گیاه، عملکرد تک بوته، وزن هزار دانه، تیپ رشد بوته و قدرت رشد بوته‌ها همبستگی‌های مثبت و معنی‌داری با ضرایب بیش از ۵۰ مشاهده گردید. وجود چنین روابطی در تحقیقات پژوهشگران دیگر بر روی گیاهانی مانند لوبیا (Amede *et al.*, 2004)، یونجه (Bolanos- Aguilar *et al.*, 2002)، گاو دانه (Fathi rezaei, 1997)، نخود (Gaur *et al.*, 2007)، سویا (Salimi *et al.*, 2013) و شنبلیله (Acharya *et al.*, 2006) نیز گزارش شده است، که با نتایج حاصل از این مطالعه مطابقت دارند.

فوفا (Fufa, 2013)، ووجو و همکاران (Wojo *et al.*, 2016) و فیکریسیلاسی و همکاران (Fikreselassie *et al.*, 2012) نیز نشان دادند که، بین عملکرد دانه در شنبلیله با ارتفاع بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد؛ که با نتایج این بررسی مطابقت دارد. پراساد (Prasad, 2011) بین عملکرد دانه و ارتفاع بوته در موتانت‌های شنبلیله همبستگی منفی و معنی‌دار گزارش نمود. براساس نتایج حاصل از مطالعات فوفا (Fufa, 2013) بین عملکرد دانه و صفاتی نظیر تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف همبستگی‌های معنی‌داری مشاهده نشد؛ که با نتایج پژوهش حاضر مغایرت دارد. نتایج این بررسی نشان داد که، طول دوره پر شدن دانه، ارتفاع گیاه، متوسط عملکرد دانه تک بوته، عملکرد دانه در واحد سطح، وزن هزار دانه، تیپ رشد گیاه و قدرت رشد گیاه مهم‌ترین صفات مرتبط با افزایش عملکرد وزن زیست توده شنبلیله می‌باشند. این نتایج با یافته‌های دیگر محققان در گیاهانی چون نخود (Toker and Agrigan, 1998; Gaur *et al.*, 2007)، گاو دانه (Fathi rezaei, 1997) و لوبیا (Singh, 1995) مطابقت دارد. در این پژوهش بین عملکرد دانه و تیپ رشد بوته رابطه مستقیم و مثبت و معنی‌داری مشاهده شد که نشان می‌دهد در شنبلیله و تحت شرایط تنش رطوبتی، ژنوتیپ‌هایی با تیپ رشد بوته ایستاده دارای عملکرد دانه بیشتری نیز خواهند بود؛ و متقابلاً رابطه منفی عملکرد دانه با دمای تاج پوشش نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌هایی با دمای تاج پوشش پایین دارای عملکرد بالاتری خواهند بود؛ و می‌توان از این صفت نیز برای گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه بالا استفاده نمود. همچنین نتایج نشان داد که با توجه به این که همبستگی ساده دو صفت دمای تاج پوشش و تیپ رشد بوته کم و غیرمعنی‌دار است ($r=0/04$)، یعنی اثرات غیرمستقیم قابل توجهی بین آن‌ها و عملکرد دانه نمی‌توان یافت (جدول ۴ و شکل ۱).

وجود همبستگی منفی و معنی‌دار بین میزان رطوبت نسبی بافت برگ و عملکرد دانه با ضریب $r = -0/52$ و از سوی دیگر وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین آماس نسبی برگ و عملکرد دانه در این بررسی نشان داد که کاهش میزان رطوبت نسبی بافت برگ و افزایش آماس نسبی برگ سبب افزایش عملکرد دانه شنبلیله در شرایط تنش می‌گردد؛ این یافته با نتایج گزارش شده توسط برخی

محققان مطابقت ندارد (Fischer *et al.*, 2003; Gaur *et al.*, 2007; Kumar, 2006; Nayyar *et al.*, 2005; Omae *et al.*, 2005); ولی با نتایج برخی محققان دیگر همسو بوده و آن‌ها را تأیید می‌کند (Ashraf and Harris, 2006; Ramesh *et al.*, 2007; Ramirez-Builes, 2007). وجود همبستگی منفی بین میزان رطوبت نسبی بافت برگی و عملکرد دانه شنبليله تحت شرایط تنش خشکی شاید مربوط به سابقه به‌نژادی و انتخاب توده‌های بومی شنبليله در مناطق مختلف کشور توسط کشاورزان باشد. به‌نظر می‌رسد چون شنبليله در اغلب مناطق کشور به‌عنوان یک سبزی برگ‌ی شناخته شده است، لذا در مراحل انتخاب آن توسط کشاورزان اغلب سعی بر این بوده که ژنوتیپ‌ها و یا گیاهانی با مقدار آب بافتی بیشتر و برگ‌هایی ظریف‌تر (از نظر بافت برگ و ضخامت آن) مورد گزینش قرار گیرند و در این گزینش، کمتر به مسئله مقاومت و یا تحمل به خشکی توجه شده است، لذا توده‌های بومی اغلب دارای بافت‌های برگی پر آب‌تر و لایه‌های کوتیکول برگی نازک‌تری می‌باشند و همین امر موجب می‌شود که در مواجهه با شرایط تنش خشکی، مقدار آب خارج شده آنها از بافت‌های برگی بیشتر شود. همین امر در خصوص میزان تراوش الکترولیت‌ها از بافت‌های برگی نیز صادق است، چرا که بر خلاف اغلب گزارش‌ها، در این مطالعه معلوم گردید که توده‌هایی با حساسیت بافتی بیشتر (میزان تراوش بیشتر الکترولیت‌ها) دارای عملکرد دانه بیشتری می‌باشند. که این یافته با نتایج برخی تحقیقات مغایرت دارد (Kumar, 2006; Rapper and Kramer, 1987) و دلیل آن را می‌توان به تفاوت در نوع گیاه مورد مطالعه و زمان نمونه‌گیری نسبت داد.

برخی پژوهشگران معتقدند که علیرغم وجود گزارش‌هایی در زمینه همبستگی مثبت پایداری غشاء سلولی با تحمل و مقاومت در برابر تنش‌های گرما و خشکی، گزارش‌های ضد و نقیضی در این مورد وجود دارد و هنوز قطعاً در کلیه گیاهان این مکانیزم به‌عنوان روشی برای تحمل به خشکی مورد پذیرش واقع نشده و جای بحث و تحقیق دارد (Ashraf and Harris, 2006). مضافاً اینکه همان‌گونه که در قبل نیز اشاره شد، شنبليله به‌عنوان یک سبزی پختنی در عادت غذایی مردم ایران مطرح بوده است و کشاورزان به‌عنوان به‌نژادگران اولیه توده‌های بومی علاقه به انتخاب گیاهانی با مواد معطره و محلول در آب بیشتری داشته‌اند. انجام عمل انتخاب توسط کشاورزان در مناطق مختلف در این جهت، موجب تولید ژنوتیپ‌هایی از شنبليله گردیده که میزان مواد مذکور در بافت‌های برگی آنها بیشتر بوده و ضمناً در موقع مواجهه با گرما (هنگام پختن) به‌راحتی آنها را در محیط آزاد سازند.

با توجه به این‌که، بررسی روابط مربوط به همبستگی‌های ساده صفات فقط رابطه خطی مابین دو صفت را نشان می‌دهد و از سوی دیگر صفات با یکدیگر همبستگی‌های شدیدی نشان می‌دهند، لذا استناد به همبستگی‌های ساده بین صفات نمی‌تواند چندان دقیق و صحیح باشد. در بین روش‌های آماری، تجزیه علیت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و برای تعیین روابط علت و معلولی و برآورد اثرات

مستقیم و غیرمستقیم صفات مستقل، بر روی صفت تابع روشی مفید و کاراست. لذا اقدام به تجزیه علیت صفات موثر بر عملکرد (دانه و وزن زیست توده) گردید. بررسی نتایج حاصل از تجزیه علیت صفات مؤثر بر عملکرد زیست توده در این پژوهش نشان داد که، ژنوتیپ‌هایی با تیپ رشد ایستاده دارای وزن زیست توده خشک بیشتری خواهند بود. همچنین نتایج حاکی از اثر مستقیم و مثبت تاریخ رسیدگی بر روی عملکرد زیست توده بود به عبارتی ژنوتیپ‌هایی با طول دوره رشد بیشتر و تاریخ رسیدگی دیرتر دارای عملکرد زیست توده بیشتری خواهند بود.

با توجه به سادگی اندازه‌گیری صفات مذکور و ذکر این نکته که، یادداشت‌برداری از آن‌ها جزء روش‌های غیرتخریبی بوده و بر مواد آزمایشی آسیبی وارد نمی‌آورند، می‌توان استفاده از آن‌ها برای گزینش ژنوتیپ‌های شنبلیله با عملکرد دانه و بیوماس بیشتر در شرایط تنش خشکی را توصیه نمود.

سپاسگزاری

نگارندگان از آقای دکتر عبدالعلی غفاری ریاست وقت موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور به دلیل موافقت با اجرای پروژه در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه، و نیز آقایان دکتر وحید فتحی رضایی و مهندس مسعود بخشایشی به دلیل همکاری در تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایشی نهایت تشکر را دارند.

منابع

- Acharya S.N., Srichamroen A., Basu S.K., Ooraikul B., Basu T. 2006. Improvement in the nutraceutical properties of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*). Songkanakarin Journal of Science Technology, 28 (1): 1-9.
- Ahmadiani A., Javan M., Semnianian S., Barat E., Kamalinejad M. 2001. Anti-inflammatory and antipyretic effects of *Trigonella foenum-graecum* L. leaves extract in the rat. Journal of Ethnoph, 75: 283-286.
- Alizadeh A. 2012. Soil, Water and Plant Relationship. Imam Reza University Publications, 615 p. (In Persian).
- Amede T., Kimani P., Ronno W., Lunze L., Mbikay N. 2004. Coping with drought; Strategies to improve genetic adaptation of common bean to drought prone regions of Africa. CIAT Occasional Publication Series, 38: 39 p.
- Ashraf M., Harris P.J.C. 2006. Abiotic Stresses: Plant Resistance: Through Breeding and Molecular Approaches. International Book Distributing Co. India, 725 p.
- Bolanos-Aguilar E.D., Huyghe C., Ecalle C., Hacquet J., Julier B. 2002. Effect of cultivar and environment on seed yield in alfalfa. Crop Science, 42: 45-50.

- Chandra K., Sastry E.V.D., Sing D. 2000. Genetic variation and character association of seed yield and its component characters in fenugreek. *Agricultural Science Digest*, 20 (2): 93-95.
- Choghan R., Moghaddam M., Kazemi arbat H., Shakiba M.R. 1994. Study on the correlation of yield and its components in soybean with path analysis method. *Compendium of 3rd Iranian Agriculture and Breeding Congress*, 171 p. (In Persian).
- Dewey D.R., Lu K.H. 1959. A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheat-grass seed production. *Agronomy Journal*, 51: 515-518.
- Farshadfar E. 1997. *Plant Breeding Methodology*. Razi University Press, 617 p. (In Persian).
- Fathi rezaei V. 1997. Evaluation of vetch (*Vicia ervilia*) lines on the basis of agronomic traits and storage proteins under rainfed and irrigated conditions. M.Sc. Thesis in Plant Breeding, University of Tabriz, Iran, 110 p. (In Persian).
- Fikreselassie M., Zeleke H., Alemayehu N. 2012. Genetic variability of Ethiopia fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) landraces. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 4 (3): 39-48.
- Fischer K., Lafitte R., Fukai S., Altin G., Hardy B. 2003. *Breeding rice for Drought Prone Environments*. Los Banos, IRRI, Philippines, 98 p.
- Flammang A.M., Cifone M.A., Erexou G.L., Stankowski L.F. 2004. Genotoxicity testing of a fenugreek extract. *Food Chemistry Toxicology*, 42: 1769-1775.
- Fufa M. 2013. Correlation studies on yield and yield components of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) lines evaluated in South-Eastern Ethiopia. *Journal of Agricultural Research*, 2 (10): 280-282.
- Fufa M. 2017. Variability in fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.) accessions grown in Ethiopia. *Advances in Crop Science and Technology*, 5 (1): 258-259.
- Gaur P.M., Gowda C.L.L., Knights E.J., Warkentin T., Acikgoz N., Yadav S.S., Kumar J. 2007. Breeding Achievements. In: S.S. Yadav., R. Redden., W. Chen B. Sharma (Eds.). *Chickpea Breeding and Management*, CAB Int. Wallingford. UK., Pp: 395-396.
- Goreta S., Leskovar D.I., Jifon J.L. 2007. Gas exchange, water status and growth of pepper seedlings exposed to transient water deficit stress and differentially altered by anti transparent. *Journal of American Society of Horticulture Science*, 132 (5): 603-610.
- Habibi G., Bihamta M.R. 1997. Study of seed yield and some associate characteristics in pinto bean under reduced irrigation. *Pajouhesh and Sazandegi*, 74: 34-46. (In Persian).
- Habibi G., Ghanadha M.R., Souhani A. 2006. Examine the relationships of grain yield with some agronomic traits of red beans with various statistical techniques in

- irrigation conditions. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 1 (29): 120-131. (In Persian).
- Kanouni H. 2016. Genetic variability, heritability, and interrelationships between seed yield and related components of chickpea genotypes under dryland conditions. Iranian Journal of Field Crop Science, 47 (1): 155-163. (In Persian).
- Koocheki A. 2007. Production and Improvement of Crops for Dry-land. Jihad-e-Daneshgahi Mashhad Press, 304 p. (In Persian).
- Kumar D. 2006. Breeding for Drought Resistance. In: M. Ashraf., P.J.C. Harris (Eds.). Abiotic Stresses: Plant Resistance: Through Breeding and Molecular Approaches. International Book Distributing Co. India, Pp: 145-175.
- Kumar J., Sethi S.C., Johansen C., Kelly T.G., Rahman M.M, Van-Rheenen H.A. 1996. Potential of short duration chickpea varieties. Journal of Dryland Agricultural Research and Development, 11: 28-32.
- Mc-Cormick K.M., Norton R.M 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.
- Mohammed M.F., Ferreira M.I., Jones H.G. 2000. Useful topiary and cowpea lines in rationalizing water use for pulse legumes production in southern Egypt. Acta Horticulture, 537: 813-822.
- Nayyar H., Kaur S., Singh K.J., Dhir K.K., Bains T. 2005. Water stress induced injury to reproductive phase in chickpea: Evaluation of stress sensitivity in wild and cultivated species in relation to abscisic acid and polyamines. Journal of Agronomy and Crop Science, 191: 450-457.
- Omae H., Kumar A., Egawa Y., Kashinaba K., Shono M. 2005. Genotypic differences in water status and relationship with reproductive responses in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) during water stress. Japanese Society for Tropical Agriculture, 49: 1-7.
- Omidbaighi R. 2000. Approaches to Production and Processing of Medicinal Plants. Astan-e-Qods Razavi Publications, Mashhad, Iran. (Vol.3) (In Persian).
- Pour-Siahbidi M.M., Hoseinzadeh J., Pour-Aboughadareh A., Bazdar A., Besati H., Naseri Rad H. 2013. Character association and path analysis of soybean (*Glycine max* L.) genotypes under water deficit stress. International Journal of Biosciences, 3 (10): 126-132.
- Prasad R. 2011. Identification of high seed yielding and stable fenugreek mutants. M.Sc. Thesis in Biotechnology, University of Lethbridge, Canada, 179 p.
- Pungulani L.L., Millner J.P., Williams W.M., Banda M. 2013. Improvement of leaf wilting scoring system in cowpea (*Vigna unguiculata*): from qualitative scale to quantitative index. Australian Journal of Crop Science, 7 (9): 1262-1269.
- Ramesh S., Reddy P.S., Ramaiah B. 2007. Genetic Options for Drought Management in Sorghum. In: Singh D.P., Tomar V.S, Behl R.K., Upadhyaya S.D., Bhale M.S.,

- Khare D. (Eds.). Crop Production in Stress Environments: Genetic and Management Options. Agro-bios Publications, India, Pp: 59-84.
- Ramirez-Builes V.H. 2007. Plant water relationships for several common bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) with and without drought stress conditions. M.Sc. Thesis, University of Puerto Rico, 190 p.
- Rapper C.D., Kramer P. 1987. Stress physiology. In: Segoe S. (Eds.). Soybeans: Improvement, Production and Uses. ASA. CSSA. SSSA. Madison, USA., Pp: 589-630.
- Sadeghzadeh Ahari D., Hassandokht M.R., Kashi A.K., Amri A., Alizadeh Kh. 2010. Selection for drought tolerance in some Iranian fenugreek landraces. Journal of Iranian Horticultural Science and Technology, 11 (2): 111-132. (In Persian).
- Salimi S., Moradi S., Ahmadnezhad K., Ahmed J.O. 2013. Effect quantitative traits in soybean genotypes (*Glysin Max* L.) under drought stress condition. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5 (5): 544-548.
- Sayar M.S. 2014. Path coefficient and correlation analysis between seed yield and its affecting components in common vetch (*Vicia sativa* L.). Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences, 1: 596-602.
- Singh S.P. 1995. Selection to water stress tolerance in interracial populations of common bean. Crop Science, 35: 118-124.
- Tadesse M., Fikre A., Eshete M., Girma N., Korbu L., Mohamed R., Bekele D., Funga A., Ojiewo C. 2016. Correlation and path coefficient analysis for various quantitative traits in desi chickpea genotypes under rainfed conditions in Ethiopia. Journal of Agricultural Science, 8 (12): 112-118.
- Toker C.M.I., Agrigan C. 1998. Assessment of response to drought of chickpea (*Cicer arietinum* L.) lines under rain fed conditions. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 22: 615-621.
- Waldia R.S., Kumar N., Verma P. 2007. Breeding Drought Tolerant Chickpea Genotypes using Morpho-physiological Traits. In: Sing D.P., Tomar V.S., Behl R.K., Upadhyaya S.D., Bahle M.S., Khare D. (Eds.). Crop Production in Stress Environments: Genetic and Management Options. Agro-bios Publications, India, Pp: 119-131.
- Wojo A.A., Alamerew S., Nebiyu A., Menamo T. 2016. Genotype and phenotype variability studies in fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) accessions in Kaffa zone, South West Ethiopia. Journal of Spices and Aromatic Crops, 25 (2): 159-168.