

ارزیابی و شناسایی ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) مناسب جهت کشت در بوم‌نظام‌های کم‌نهاده با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش

عادل غدیری^۱، پرویز رضوانی مقدم^{۲*}، عبدالرضا باقری^۳، رضا قربانی^۲ و علیرضا بهشتی^۴

۱- دانشجوی دکتری اگروکولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استاد گروه بیوتکنولوژی و به‌نژادی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی و عضو گروه پژوهشی بقولات پژوهشکده علوم گیاهی،

دانشگاه فردوسی مشهد

۴- دانشیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۲۰

چکیده

به‌منظور ارزیابی و شناسایی ژنوتیپ‌های لوبیای مناسب جهت کشت در مدیریت‌های زراعی کم‌نهاده، آزمایشی در مزرعه ایستگاه ملی تحقیقات لوبیای خمین در سال ۱۳۹۳ اجرا گردید. تعداد ۵۵۹ ژنوتیپ لوبیاچیتی موجود در کلکسیون لوبیای این ایستگاه به‌همراه سه شاهد در قالب طرح آگمنت در دو شرایط مدیریت زراعی معمول و مدیریت زراعی کم‌نهاده کشت شدند. در طول فصل رشدونمو، مراقبت‌های زراعی لازم بر اساس شرایط هر یک از مدیریت‌های زراعی صورت پذیرفت و در پایان عملکرد ژنوتیپ‌ها اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، مدیریت زراعی کم‌نهاده به‌طور متوسط منجر به کاهش عملکرد به‌میزان ۴۵/۵ درصد شد. برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به شرایط کم‌نهاده، میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی (GMP)، تحمل به تنش (STI)، حساسیت به تنش (SSI) و تحمل (TOL) محاسبه شد. بر اساس تجزیه کلاستر انجام‌شده، ژنوتیپ‌های لوبیا در پنج خوشه قرار گرفتند که ژنوتیپ‌های خوشه ۲ از نظر شاخص‌های GMP و STI به‌ترتیب ۷۶/۸ و ۱۸۱/۲ درصد بیشتر از میانگین کل و از نظر شاخص‌های SSI و TOL به‌ترتیب ۶۰ و ۴۸/۵ درصد کمتر از میانگین کل بودند و لذا به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر برای کشت در شرایط کم‌نهاده، انتخاب گردیدند. بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر روی شاخص‌های ذکرشده و عملکرد دانه در دو شرایط معمول و کم‌نهاده، با استفاده از نمودار بای‌پلات و مشاهده وضعیت قرارگرفتن ژنوتیپ‌ها در بای‌پلات، ۱۰ ژنوتیپ Ks-21184، Ks-92021، Ks-21119، Ks-21280، Ks-21461، Ks-21362، Ks-92198، Ks-21671، Ks-21673 و Ks-21236 که STI و GMP بالا و SSI پایین داشتند، به‌عنوان ژنوتیپ‌های مناسب جهت کشت در مدیریت‌های زراعی کم‌نهاده شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: شاخص تحمل به تنش، عملکرد دانه، لوبیاچیتی

مقدمه

حبوبات و از جمله لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) علاوه‌بر ارزش‌های غذایی و تولید پروتئین، دارای توانایی تثبیت زیستی نیتروژن بوده و به‌منظور تقویت و حفظ حاصلخیزی خاک برای کشت در نظام‌های زراعی پایدار، مطلوب هستند و لذا از نظر اکولوژیکی و زیست‌محیطی نیز با کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی، در حفظ اکوسیستم خاک نقش ارزشمندی دارند. بر طبق آخرین آمار منتشرشده توسط سازمان غذا و

کشاورزی ملل متحد، سطح زیرکشت لوبیا در جهان معادل ۲۹/۲ میلیون هکتار با تولیدی برابر ۲۳/۱ میلیون تن می‌باشد. در ایران نیز سطح زیرکشت لوبیا معادل ۹۸ هزار هکتار و تولید آن برابر ۲۵۳ هزار تن، گزارش گردیده است (Anonymous, 2013).

طی چند دهه اخیر، ضرورت استفاده از ارقام پُرمحصول، نیاز به مصرف نهاده‌های مختلف از جمله کودهای شیمیایی جهت تقویت خاک و نیز سموم شیمیایی جهت مبارزه با آفات را افزایش داده است، به‌طوری‌که امروزه کلیه جنبه‌های تولیدات کشاورزی به‌طور فزاینده‌ای به تزریق نهاده‌های کمکی وابسته

* نویسنده مسئول: تلفن: ۰۵۱۳۲۸۸۰۵۷۹۶ rezvani@um.ac.ir

شخص حساسیت به تنش (SSI) را پیشنهاد کردند. مقدار کمتر SSI نشان‌دهنده تغییرات کم عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط مدیریت زراعی کم‌نهاده نسبت به شرایط مدیریت زراعی معمول و در نتیجه پایداری بیشتر آن ژنوتیپ است. Fernandez (1992) شاخص تحمل به تنش (STI) را معرفی کرد. ژنوتیپ‌های پایدارتر بر اساس این شاخص دارای مقادیر بالاتر STI هستند.

Brummer *et al*, (2011) معتقدند که علم اصلاح نباتات کلاسیک طی سال‌های ۱۹۵۰ به بعد همزمان با نهاده‌های زراعی ارزان‌قیمت مانند کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها و آب، با هدف افزایش عملکرد محصولات شکل گرفته است؛ اما در حال حاضر متخصصان این رشته به خصوص علاقه‌مندان به کاهش اثرات منفی کشاورزی بر طبیعت و بهبود محیط زیست، در تعامل با بوم‌شناسان، در صدد معرفی ارقام جدید با کارایی بالای مصرف نهاده‌ها می‌باشند.

Dambroth & El bassam (1983) مفهوم اصلاح‌نباتات برای شرایط کم‌نهاده را معادل انتخاب ارقام با کارایی مصرف نهاده بالا معرفی نموده و بیان می‌دارد که هدف در این روش اصلاحی، رسیدن به ارقام با حداکثر عملکرد ممکن نبوده، بلکه صرف‌نظر از میزان نهاده‌های ورودی، هدف سازگاری با طیف وسیعی از شرایط موجود در زیستگاه می‌باشد.

Ghadiry *et al*, (2014) بیان نمودند که در بین نظام‌های زراعی مختلف در لوبیا، بیشترین مقدار کارایی مصرف نیتروژن از سیستم زراعی کم‌نهاده با میانگین ۰/۸۳۳ کیلوگرم دانه به‌ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی حاصل گردید. همچنین، بالاترین کارایی مصرف آب در لوبیا را نیز به سیستم زراعی کم‌نهاده با میانگین ۰/۷۳ کیلوگرم دانه به‌ازای هر متر مکعب آب مصرفی نسبت دادند. آن‌ها بیان نمودند که شناسایی ارقام لوبیای سازگار با شرایط کم‌نهاده می‌تواند علاوه بر افزایش کارایی مصرف نهاده‌ها، یک استراتژی مناسب جهت حرکت به سمت پایداری تولید در این محصول محسوب گردد.

Schneider *et al*, (2006) در ارزیابی ارقام اصلاح‌شده جدید گندم در کنار ارقام قدیمی تحت شرایط کم‌نهاده بیان نمودند که عملکرد ارقام اصلاح‌شده جدید در شرایط کم‌نهاده بیشتر بوده؛ اما کیفیت نانواپی و پخت این ارقام در شرایط مذکور نسبت به ارقام قدیمی کمتر بود. El bassam (1998) کارایی مصرف مواد غذایی در گیاهان را حاصل دو جزء کارایی جذب مواد غذایی و کارایی تبدیل مواد غذایی می‌داند. ایشان در مطالعه بر روی ارقام و ژنوتیپ‌های وحشی و اصلاح‌شده گندم، آن‌هایی را که دارای کارایی مصرف بالاتری از نیتروژن، فسفر و پتاس بوده‌اند را ارقام مناسب جهت سیستم‌های زراعی کم‌نهاده

شده است. بی‌شک تأمین این نهاده‌ها به‌طور نامحدود امکان‌پذیر نخواهد بود و ادامه تأمین آن‌ها در سطح فعلی نیز میسر نیست. لذا در نظام‌های تولیدی غذا در آینده، افزایش کارایی مصرف نهاده‌ها و الگوهای کشت متکی بر روش‌های زراعی کم‌نهاده، اساس رهیافت‌های تولیدات اکولوژیک خواهد بود (Koocheki & Hoseini, 1995).

نظام‌های کشاورزی کم‌نهاده^۱ به‌عنوان روشی برای بهینه‌سازی مصرف نهاده‌های اکولوژیک و به‌حداقل‌رساندن مصرف نهاده‌هایی همچون کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها در هر زمان و هر مکان ممکن به‌منظور کاهش هزینه‌ای تولید، کاهش آلودگی آب‌های سطحی و زیر زمینی، کاهش باقیمانده آفت‌کش‌ها در مواد غذایی، کاهش کلی خطر در کشاورزی و افزایش سودبخشی کوتاه و بلندمدت کشاورزی، تعریف می‌گردند (Pointereau *et al*, 2008). Tiffany *et al*, (2011) کشاورزی کم‌نهاده را به‌عنوان سیستم‌هایی که با کاهش استفاده از نهاده‌ها مدیریت می‌شوند، تعریف می‌کنند. آن‌ها معتقدند که یک سیستم کم‌نهاده از برخی از محدودیت‌ها و یا تنش‌ها رنج می‌برد و این محدودیت‌ها عمدتاً ناشی از کمبود نیتروژن، فسفر و یا تأمین آب کافی می‌باشد و در نهایت منجر به کاهش عملکرد می‌گردد.

اصلاح و معرفی ارقام جدید در لوبیا، تاکنون با هدف رسیدن به حداکثر عملکرد دانه در واحد سطح صورت پذیرفته و حال آن‌که با توجه به کاهش ارزش زراعی اراضی زیرکشت این محصول و عوامل محدودکننده تولید نظیر کمبود آب در سال‌های اخیر، متأسفانه شاهد اختلاف محسوس بین عملکرد پتانسیل و عملکرد بالفعل این ارقام و از طرفی عدم ثبات عملکرد در سال‌های مختلف می‌باشیم. با توجه به این‌که ژنوتیپ‌های لوبیاجیتی موجود در کلکسیون ایستگاه ملی تحقیقات لوبیای شهرستان خمین دارای طیف وسیعی از تنوع در صفات مختلف می‌باشند، لذا این احتمال وجود دارد که در بین آن‌ها ژنوتیپ‌های دارای کارایی مصرف منابع بالا و مطلوب و سازگار با شرایط کم‌نهاده وجود داشته باشد.

شاخص‌های متعددی برای ارزیابی عکس‌العمل ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی مختلف و تعیین مقاومت و حساسیت آن‌ها ارائه شده است. Rosielle & Hamblin, (1981) شاخص‌های تحمل (TOL) و میانگین حسابی (MP) را معرفی کردند. مقدار بالای TOL نشانه حساسیت ژنوتیپ به شرایط کم‌نهاده بوده و انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس مقادیر کمتر این شاخص و مقادیر بالای MP انجام می‌شود. Fisher & Maurer (1978)

^۱ Low Input Farming System (LIFS)

واقع شده است. ژنوتیپ‌ها در قالب طرح آماری آگمنت با ۱۸ بلوک و در دو شرایط مدیریت زراعی معمول و مدیریت زراعی کم‌نهاده مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای ارزیابی یکنواختی بلوک‌ها از لاین COS-16 دارای تیپ بوته یک (ایستاده رشد محدود)، رقم کوشا دارای تیپ بوته ۲ (ایستاده رشد نامحدود) و رقم صدی دارای تیپ بوته ۳ (رونده رشد نامحدود) به‌عنوان شاهد آزمایش استفاده شد. شاهد‌های آزمایشی به‌صورت تصادفی در داخل هر بلوک قرار گرفتند. نحوه آماده سازی زمین موردنظر برای کشت و همچنین اجرای هر یک از مدیریت‌های زراعی، بر اساس جدول شماره ۱ صورت پذیرفت. بذر هر یک از ژنوتیپ‌ها بر روی دو خط به‌طول یک متر و با فاصله ۱۰ سانتی‌متر از یکدیگر کاشته شد. همچنین فاصله ردیف‌های کشت از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر بود.

معرفی نموده و بیان کردند که برنامه‌های اصلاحی به‌منظور انتخاب ارقام مناسب کشت در سیستم‌های کم‌نهاده می‌تواند در جهت افزایش پایداری در تولید این محصول و حفاظت از محیط‌زیست بسیار موثر باشد. هدف از این بررسی، شناسایی ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی مناسب جهت کشت در مدیریت‌های زراعی کم‌نهاده و استفاده از آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی و معرفی رقم این محصول بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی و غربال ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) از نظر واکنش نسبت به مدیریت زراعی کم‌نهاده، آزمایشی با ۵۵۹ ژنوتیپ در سال ۱۳۹۳ در مزرعه ایستگاه ملی تحقیقات لوبیای خمین به‌اجرا درآمد. این ایستگاه در ارتفاع ۱۹۳۰ متر از سطح دریا با طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۵۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۹ دقیقه

جدول ۱ - میزان نهاده‌های مصرفی و عملیات زراعی در مدیریت‌های زراعی مختلف لوبیا

Table 1. The consumption inputs and agronomic operations level in various bean agronomic managements (Ghadiry, 2014)

مدیریت‌های زراعی (Agronomic Managements)		
نهاده مصرفی (Consumption Inputs)	متداول (Conventional)	کم‌نهاده (Low Input)
۱- عملیات تهیه زمین (Preparation of Seed Bed)		
شخم (Plow)	2	1
دیسک (Disk Harrow)	3	2
لولر (Leveler)	2	1
فاروئر (Furrower)	1	1
۲- کود (Fertilizers)		
N (Kg/ha)	Based On Soil Test Results	- 50%
P ₂ O ₅ (Kg/ha)	Based On Soil Test Results	- 50%
K ₂ O (Kg/ha)	Based On Soil Test Results	- 50%
Iron Sequestrine (Kg/ha)	Based On Soil Test Results	- 50%
Manure (t/ha)	-	40
۳- مبارزه با علف‌های هرز (Weed Control)		
کنترل شیمیایی (Chemical Control)	2	0
وجین دستی (Hand Weeding)	-	1 or 2
۴- مبارزه با آفات در صورت نیاز (Pests Control)		
۵- آبیاری (فواصل به روز با مقدار مشخص آب) (Irrigation)	5	10

$$\text{Mean Productivity (MP)} = (Y_p + Y_s) / 2$$

شاخص میانگین هندسی بهره‌وری متوسط (Fernandez, 1993).

$$\text{Geometric Mean productivity (GMP)} = \sqrt{Y_p \times Y_s}$$

به‌منظور بررسی میزان تغییرات عملکرد دانه در دو شرایط مدیریت زراعی معمول و کم‌نهاده، درصد تغییرات این صفت اندازه‌گیری شد. با توجه به عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو شرایط ذکر شده، شاخص‌های زیر محاسبه گردیدند: شاخص بهره‌وری متوسط (Rosielle & Hamblin, 1981).

محاسبه شاخص‌ها، همبستگی بین آن‌ها، تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بین آن‌ها انجام شد و بدین‌منظور از نرم‌افزار SPSS استفاده گردید.

نتایج و بحث

به‌منظور بررسی وضعیت یکنواختی ماده آزمایشی با در نظر گرفتن قطعات کشت به‌عنوان بلوک و شاهد‌ها به‌عنوان تیمار، تجزیه واریانس به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در هر دو محیط انجام شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که واریانس مربوط به بلوک در صفات مورد ارزیابی مثل عملکرد دانه و تعداد بوته در مترمربع معنی‌دار نبود که نشان‌دهنده یکنواختی بلوک‌ها بوده و در نتیجه نیازی به تصحیح داده‌ها نبود (جدول ۲).

شاخص تحمل (Rosielle & Hamblin, 1981).
 $Tolerance (TOL) = Y_p - Y_s$
 شاخص تحمل به تنش (Fernandez, 1993).
 $Stress Tolerance Index (STI) = (Y_p)(Y_s)/(\bar{Y}_p)^2$
 شاخص حساسیت به تنش (Fisher & Maurer, 1978).

$$Stress Susceptibility Index (SSI) = \frac{1 - \frac{Y_s}{\bar{Y}_p}}{1 - \frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p}}$$

در این روابط Y_p عملکرد هر ژنوتیپ در مدیریت زراعی معمول، Y_s عملکرد هر ژنوتیپ در مدیریت زراعی کم‌نهاد، \bar{Y}_p میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در مدیریت زراعی معمول و \bar{Y}_s میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط کم‌نهاد می‌باشد. پس از

جدول ۲- آزمون یکنواختی ماده آزمایشی در بلوک‌های مدیریت زراعی معمول و کم‌نهاد

Table 2. Uniformity test of experimental material in conventional and low input agronomic management blocks

میانگین مربعات (M.S)						
			مدیریت زراعی معمول (Conventional Management)		مدیریت زراعی کم‌نهاد (Low Input Management)	
S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی d.f.	تعداد بوته در متر مربع Plants/m ²	عملکرد دانه Yield	تعداد بوته در متر مربع Plants/m ²	عملکرد دانه Yield
Block	بلوک	17	91.68 ^{n.s}	1506676.95 ^{n.s}	89.93 ^{n.s}	588407.71 ^{n.s}
Treatment	تیمار	2	84.96 ^{n.s}	345330.22 ^{n.s}	541.72 ^{**}	4380005.14 ^{**}
Error	خطا	34	125.39	1468285.92	45.89	393151.02
% CV	ضریب تغییرات	-	24.53	18.83	21.32	19.14

S.O.V: Source of Variation

CV: Coefficient of Variation percentage

d.f.: Degree of Freedom

Mohammadi *et al*, (2008) در ارزیابی ۱۵ ژنوتیپ لوبیا سفید در شرایط تنش خشکی بیان کردند با توجه به این که بهترین شاخص‌ها جهت گزینش ژنوتیپ‌ها، شاخص‌هایی هستند که منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و عدم تنش باشند، لذا شاخص‌های GMP یا STI به‌عنوان بهترین شاخص‌ها برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش و شاخص SSI برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی با کمترین حساسیت به تنش خشکی مناسب است. ایشان بیان نمودند که انتخاب بر اساس STI و بر علیه SSI بهترین ژنوتیپ‌ها را از نظر عملکرد و تحمل به خشکی نشان می‌دهد. Grezesaik *et al*, (1996) مقدار شاخص SSI در ارقام مقاوم را کمتر از ۰/۳۱ و در ارقام حساس بیشتر از ۰/۴۴ عنوان کردند.

عملکرد دانه در شرایط معمول، با شاخص‌های بهره‌وری متوسط، میانگین هندسی بهره‌وری، شاخص تحمل به شرایط کم‌نهاد، شاخص حساسیت به شرایط کم‌نهاد و شاخص تحمل دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بود. همچنین عملکرد دانه در شرایط کم‌نهاد با شاخص‌های میانگین هندسی بهره‌وری، بهره‌وری متوسط و تحمل به شرایط کم‌نهاد دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار و با شاخص حساسیت به شرایط کم‌نهاد و شاخص تحمل دارای همبستگی منفی و معنی‌دار بود (جدول ۳). با توجه به همبستگی عملکرد در شرایط مطلوب و کم‌نهاد ($r=0.34^{**}$, $n=559$) معلوم شد که گزینش لاین‌ها بر اساس عملکرد دانه در هر دو شرایط می‌تواند ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و دارای پایداری تولید را حاصل نماید.

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه در هر دو شرایط مطلوب و کم‌نهاده و شاخص‌های تحمل به تنش

Table 3. Correlation coefficients between seed yield in two desirable and low input conditions and stress tolerance indices

Indices شاخص‌ها	YP عملکرد در شرایط متداول	YS عملکرد در شرایط کم‌نهاده	MP میانگین تولید	GMP میانگین هندسی تولید	STI شاخص تحمل	SSI شاخص حساسیت	TOL تحمل
YP							
YS	0.342**						
MP	0.911**	0.700**					
GMP	0.740**	0.877**	0.948**				
STI	0.731**	0.830**	0.921**	0.960**			
SSI	0.376**	-0.676**	-0.012	-0.277**	-0.227**		
TOL	0.828**	-0.244**	0.522**	0.240**	0.259**	0.791**	

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

YP: yield in potential condition; YS: yield in stress (low input) condition; MP: mean productivity; GMP: geometric mean productivity; STI: stress tolerance index; SSI: stress susceptibility index; TOL: tolerance index

ژنوتیپ‌های موجود در این خوشه در انتهای مقاله ارائه گردیده است (جدول ۶).

بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر روی پنج شاخص و Y_P و Y_S در ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی، ملاحظه شد که دو مؤلفه اصلی ۹۷/۷۶ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند (جدول ۵).

مؤلفه اول ۱/۸ درصد از کل تغییرات داده‌ها را بیان کرد. بیشترین ضریب مثبت در ترکیب خطی مؤلفه اول مربوط به Y_P، Y_S، MP، GMP و STI بود. لذا این مؤلفه به‌عنوان مؤلفه عملکرد و تحمل به شرایط کم‌نهاده نام‌گذاری شد. نظر به این که مقادیر بالای این شاخص‌ها مطلوب هستند، با توجه به مقادیر مثبت و بالای این مؤلفه، نسبت به گزینش ژنوتیپ‌هایی که عملکرد بالایی را در هر دو شرایط معمول و کم‌نهاده داشتند اقدام گردید.

مؤلفه دوم ۳۵/۹ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد. بیشترین ضریب مثبت در ترکیب خطی این مؤلفه مربوط به شاخص‌های SSI، TOL و تا حدودی Y_P بود و بیشترین ضریب منفی مربوط به Y_S بود. از این‌رو این مؤلفه با عنوان مؤلفه حساسیت به شرایط کم‌نهاده نام‌گذاری گردید. ژنوتیپ‌هایی که دارای مقادیر پایین مؤلفه دوم بودند، دارای کمترین حساسیت به شرایط کم‌نهاده بودند. Asadi et al. (2011) در ارزیابی ۱۰۶ ژنوتیپ لوبیاچیتی تحت شرایط تنش آبی بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی شاخص‌های تحمل گزارش نمودند که دو مؤلفه اصلی ۹۸/۶ درصد از تغییرات را توجیه کرد و بر اساس این دو مؤلفه شش ژنوتیپ متحمل به

Schneider et al. (2004) نیز شاخص مناسب جهت انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش را GMP معرفی کردند. Porch et al. (2009) در بررسی ۲۹ ژنوتیپ لوبیا در شرایط تنش خشکی به مدت دو سال با استفاده از شاخص GMP تعداد پنج ژنوتیپ برتر را شناسایی کردند تا از آن‌ها به‌عنوان والدین در برنامه‌های اصلاحی و تجزیه‌های ژنتیکی استفاده شود.

بر اساس تجزیه کلاستر انجام‌شده، ژنوتیپ‌های لوبیا در پنج خوشه قرار گرفتند (به دلیل تعداد زیاد ژنوتیپ‌های مورد بررسی، ارائه دندوگرام مربوطه در مجال این مقاله نبود و صرفاً به ارائه جدول بسنده گردیده است). ژنوتیپ‌های خوشه ۱ که بیشترین تعداد ژنوتیپ‌ها را شامل می‌شد، از نظر شاخص‌های مطلوب مانند GMP و STI دارای مقادیر کمتر از میانگین کل و از نظر شاخص SSI دارای مقادیر بالاتر از میانگین کل بودند (جدول ۴)؛ لذا برای کشت در شرایط کم‌نهاده مناسب نبودند.

ژنوتیپ‌های خوشه ۳ نیز به دلیل مقادیر بالای شاخص حساسیت به تنش (SSI) و ژنوتیپ‌های خوشه ۴ و ۵ نیز به دلیل مقادیر بالای شاخص TOL، مطلوب نبوده و انتخاب نشدند. در نهایت ژنوتیپ‌های خوشه ۲ از نظر شاخص‌های GMP و STI نسبت به میانگین کل به ترتیب ۷۶/۸ و ۱۸۱/۲ درصد بیشتر و از نظر شاخص‌های SSI و TOL به ترتیب ۶۰ و ۴۸/۵ درصد کمتر از میانگین کل بودند و لذا به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر برای کشت در بوم نظام‌های زراعی کم‌نهاده، انتخاب گردیدند. لیست

دارای مقادیر بالاتر از میانگین و از نظر شاخص حساسیت به شرایط کم‌نهاد (SSI) دارای مقادیر کمتر از میانگین بودند، بنابراین مناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها محسوب می‌شوند. با توجه به عملکرد و شاخص‌های تحمل به شرایط کم‌نهاد، ژنوتیپ‌های Ks-21184، Ks-21280، Ks-21119، Ks-92021، Ks-21673، Ks-21671، Ks-92198، Ks-21362، 21461 و Ks-21236 (گروه ۱) به‌عنوان بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر کشت در مدیریت‌های زراعی کم‌نهاد شناسایی و انتخاب گردیدند.

تنش خشکی را انتخاب نمودند. Mohammadi *et al.*, (2008) نیز بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی شاخص‌های تحمل گزارش کردند که دو مؤلفه اصلی ۹۹ درصد از تغییرات را توجیه کرد و بر اساس این دو مؤلفه پنج ژنوتیپ متحمل به تنش خشکی را گزینش کردند. بر اساس بای‌پلات حاصل از دو مؤلفه اصلی، ژنوتیپ‌ها در چهار گروه قرار گرفتند (شکل ۱). ژنوتیپ‌های ناحیه A از نظر شاخص‌های تحمل به شرایط کم‌نهاد (MP، GMP و STI)

جدول ۴- خوشه‌بندی ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی بر اساس شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش، تحت مدیریت‌های زراعی متداول و کم‌نهاد
Table 4. Clustering of Pinto bean genotypes based on stress susceptibility and tolerance indices, in conventional and low input managements

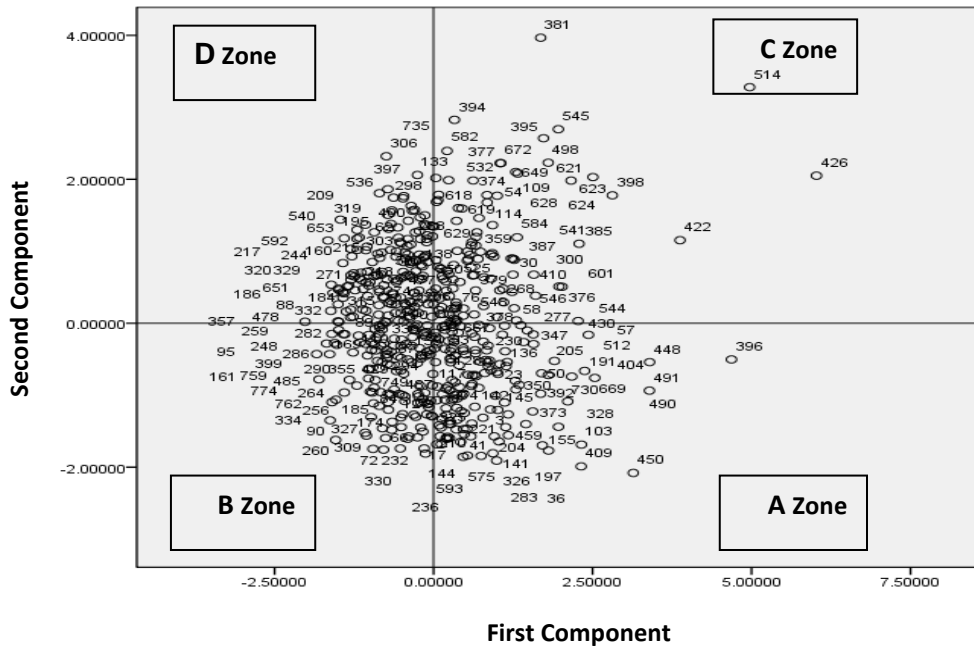
خوشه‌ها Clusters	تعداد ژنوتیپ در خوشه Number of genotypes in cluster	عملکرد شرایط متداول Yp	عملکرد شرایط کم‌نهاد Ys	میانگین بهره‌وری MP	میانگین هندسی بهره‌وری GMP	شاخص تحمل TOL	شاخص تحمل به تنش STI	شاخص حساسیت به تنش SSI
		3128.8	1401.4	2265.1	2031.4	1727.4	0.42	0.96
1	529	-4.2%	-5.7%	4.7%	-4.9%	-2.9%	-12.5%	1.05%
		4270.9	3355.3	3813.1	3776	915.6	1.35	0.38
2	18	30.8%	125.7%	60.5%	76.8%	-48.5%	181.2%	-60%
		7314.2	1846.2	4580.2	3619.2	5468	1.24	1.37
3	8	124%	24.2%	92.8%	69.5%	207.5%	158.3%	44.2%
		7076	3900	5488	5221.1	3176	2.56	0.82
4	2	116.7%	162.3%	131%	144.5%	78.6%	433.3%	-13.7%
		10238.35	3394	6816.1	5869.21	6844.3	3.24	1.23
5	2	213.6%	128.3%	186.9%	174.8%	284.9%	575%	29.47%
		3265	1486.7	2375.9	2135.5	1778.3	0.48	0.95

YP: yield in potential condition; YS: yield in stress (low input) condition; MP: Mean Productivity; GMP: Geometric Mean Productivity; STI: Stress Tolerance Index; SSI: Stress Susceptibility Index; TOL: Tolerance Index

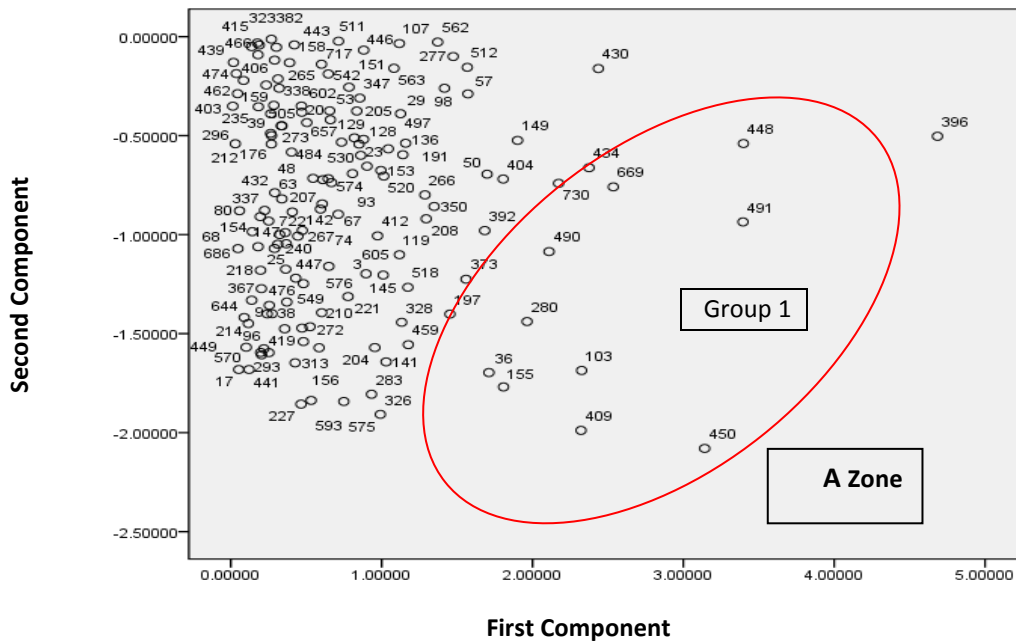
جدول ۵- ضرایب ترکیب خطی مؤلفه‌های اصلی شاخص‌های تحمل به تنش
Table 5. Linear combination principal components of tolerance indices

TOL	شاخص‌های مورد مطالعه Indices						واریانس Variance	مقادیر ویژه Eigen values	مؤلفه Component
	SSI	STI	GMP	MP	YS	YP			
0.425	-0.0107	0.961	0.977	0.991	0.771	0.858	61.830	4.330	1
0.896	0.967	-0.152	-0.189	0.107	-0.629	0.505	35.920	2.510	2

YP: yield in potential condition; YS: yield in stress (low input) condition; MP: Mean Productivity; GMP: Geometric Mean Productivity; STI: Stress Tolerance Index; SSI: Stress Susceptibility Index; TOL: Tolerance Index



شکل ۱- بای پلات شاخص‌های تحمل به مدیریت کم‌نهاده در ۵۵۹ ژنوتیپ لوبیاچیتی بر اساس مؤلفه‌های اول و دوم
 Fig. 1. Biplot indices of low input management tolerance in 559 genotypes of Pinto bean on the first and second principal components



شکل ۲- نمای زوم شده ناحیه A بای پلات شاخص‌های تحمل به مدیریت کم‌نهاده در ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی بر اساس مؤلفه‌های اول و دوم
 Fig. 2. Zoom view of A zone from biplot indices of low input management tolerance in genotypes of Pinto bean on the first and second principal components

جدول ۶- لیست ژرم پلاسما لوبیاچیتی موجود در خوشه ۲

Table 6. The list of Pinto Bean Genotypes contained in Cluster 2

ردیف No.	کد ژنوتیپ Genotype code	نام ژنوتیپ Genotype name	ردیف No.	کد ژنوتیپ Genotype code	نام ژنوتیپ Genotype name
1	450	Ks-21673	10	392	Ks-21479
2	409	Ks-21625	11	404	Ks-21520
3	155	Ks-21236	12	50	Ks-21131
4	36	Ks-21119	13	491	Ks-92022
5	103	Ks-21184	14	730	Ks-92257
6	197	Ks-21280	15	669	Ks-92198
7	280	Ks-21362	16	434	Ks-21655
8	373	Ks-21461	17	149	Ks-21230
9	490	Ks-92021	18	448	Ks-21671

سپاسگزاری

بدین وسیله از گروه زراعت دانشکده کشاورزی و معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد (کد طرح

شماره ۳۱۳۹۵) و همچنین کلیه همکاران ایستگاه ملی تحقیقات لوبیای خمین به خاطر کمک در اجرای این آزمایش تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Anonymous. 2013. FAO. Statistics of agriculture crops in the world. <http://www.fao.org>.
2. Asadi, B., Dorri, H.R., and Ghadir, A. 2011. Evaluation of chitti bean genotypes to drought stress using stress tolerance indices. Seed and Plant Improvement Journal 27(1): 615-630. (In Persian with English Summary).
3. Brummer, E.C., Barber, W.T., Collier, S.M., Cox, T.S., Johnson, R., Murray, S.C., Olsen, R.T., Pratt, R. C., and Thro, A.M. 2011. Plant breeding for harmony between agriculture and the environment. Frontiers in Ecology and the Environment 9(10): 561-568.
4. Dambroth, D., and El Bassam, N. 1983. Low input varieties: definition, ecological requirements and selection. Plant Soil 72: 365-377.
5. El Bassam, N. 1998. A concept of selection for low input wheat varieties. Euphytica 100: 95-100.
6. Fernandez, G.C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: C.G. Kuo (Ed.) Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. AVRDC, Shunhua, Taiwan. p: 257-270.
7. Fisher, R.A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research 29: 897-912.
8. Koocheki, A., Hamdy, A., Karam, F., Abdelmalek, M., and Nassar, A. 1994. Sustainable aspects of traditional land management in Iran. Paper Presented at the International Conference on Land and Water Resources Management in the Mediterranean Region, Sep 4-8, 1994. Valenzano, Bari, Italy. P: 559-572.
9. Ghadir, A., Dorri, H.R., and Asadi, B. 2014. Evaluation of water use efficiency trend in various common bean agronomic systems (Extended Abstract). In: Abstract Book of the 5th Iranian Pulse Crops Conference. 26 Feb 2014. Karaj, Agricultural and National Resource College of Tehran University. p: 465-468 (In Persian).
10. Ghadir, A., Dorri, H.R., and Asadi, B. 2014. Study on nitrogen use efficiency in various common bean agronomic systems (Extended Abstract). In: Abstract Book of the 5th Iranian Pulse Crops Conference. 26 Feb 2014. Karaj, Agricultural and National Resource College of Tehran University. p: 431-434 (In Persian).
11. Grezesaik, S., Filek, W., Skrudlik, G., and Nizoli, B. 1996. Screening for drought tolerance: Evaluation of seed germination and seedling growth for drought resistance in legume plants. Journal of Agronomy and Crop Science 77: 245-252.
12. Mohammadi, A., Bihanta, M.R., Soluoki, M., and Dorri H.R. 2008. Study on quantitative and qualitative traits and their relationship with grain yield in white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under optimum and limited irrigation conditions. Iranian Journal of Crop Science 10(3): 231-243. (In Persian with English Summary).

13. Pointereau, P., Bochu, J.L., and Doublet, S. 2008. Characterization and elements for a definition and analysis of low input farming systems. In: K. Biala, J.M Terres, P. Pointereau and M.L. Paracchini (Eds.). Low input farming systems: an opportunity to develop sustainable agriculture. Proceedings of the JRC Summer University, Ranco, 2-5 July 2007. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Ispra, Italy, p. 28-32.
14. Porch, T.G., Ramirez, V.H., Santana, D., and Harmsen, E.W. 2009. Evaluation of common bean for drought tolerance in Juana Diaz, Puerto Rico. *Journal of Agronomy and Crop Science* 195: 328-334.
15. Rosielli, A.A., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science* 21: 943-946.
16. Schneider, K.A., Rosales-Serna, R., Ibarra-Perez, R., Cazares-Enriquez, B., Acosta-Gallegos, J.A., Ramirez-Vallejo, P., Wassimi, N., and Kelly, J.D. 2004. Improving common bean performance under drought stress. *Crop Science* 37: 43-50.
17. Schneider, D., Fossati, D., and Mascher, F. 2006. Breeding for varieties adapted to low-input conditions: Should we use old varieties? In *Workshop on Cereal Crop Diversity: Implications for Production and Products*. p. 112.
18. Tiffany, L.F., James B.K., and Vagner, A.B. 2011. Crop breeding for low input agriculture: a sustainable response to feed a growing world population. *Sustainability* 3: 1742-1772.

Evaluation and identification of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes suitable for low Input farming systems based on stress tolerance indices

Ghadiry¹, A., Rezvani Moghaddam^{2*}, P., Bagheri³, A., Ghorbani², R. & Beheshti⁴, A.R.

1- Ph.D Student in Agroecology, Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad, adelgh_m@yahoo.com

2- Professor, Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad

3- Professor, Biotechnology and Plant Breeding Department & Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, abagheri@um.ac.ir

4- Associate Professor, Agricultural and National Resource Research Center of Khorasan-e-Razavi, arbeshti81@yahoo.com

Received: 5 November 2015

Accepted: 9 May 2016

DOI: 10.22067/ijpr.v8i2.47172

Introduction

Legumes such as Pinto Bean (*Phaseolus vulgaris* L.), in addition to the value of food and proteins production, they are able to fix biological nitrogen and therefore, are desirable for planting in sustainable agricultural systems in order to strengthen and preserve soil fertility. Low input farming systems (LIFS), which are a part of sustainable agricultural systems was defined as a way to optimize the use of ecological inputs and to minimize the use of inputs such as chemical fertilizers and pesticides in every time and every place to reduce the cost of production, reduce pollution of groundwater and surface water, reduce of pesticide residues in food, reduce total risk in agriculture and an increase in short and long term profitability of agriculture. Evaluation and identification of the suitable cropping plant cultivars for planting in low-input agricultural systems has begun three decades ago, in the world. The aim of this study was to identify of pinto bean genotypes suitable for cultivation in low input crop management system and use them in breeding programs and the cultivar release process of this crop.

Material & Methods

In order to evaluate Pinto bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) in terms of response to low input crop management, 559 Pinto bean genotypes were evaluated using augmented design in both conventional, and low-input crop management conditions. According to grain yield of genotypes in the two conditions, MP, GMP, TOL, STI and SSI were calculated and then, the correlation between the index and the main component analysis was performed. All Statistical analysis, correlation estimates, factor analysis and graphs performed using SPSS software.

Results & Discussion

According to correlation between grain yield in optimal and low input conditions ($r=0.34^{**}$, $n=559$), it was found that genotype selection based on grain yield in both conditions can identify genotypes with high yield and stable production. The correlation between grain yield in conventional condition and MP, GMP, STI, SSI and TOL was positive and significant. In addition, the grain yield in low input condition had a positive significant correlation with GMP, MP and STI. Negative significant correlation was shown between grain yield in low input condition and SSI and TOL. According to cluster analysis, the bean genotypes were

*Corresponding Author: rezvani@um.ac.ir, Tel.: 05138805796

placed in 5 cluster that genotypes in cluster 2, in term of GMP and STI were 76% and 181% higher than overall average and in term of SSI and TOL were 60% and 48.5% lower than overall average, respectively. Therefore, they were selected as the best genotypes for cultivation in low input conditions. Based on the main component analysis on five indexes and YP and YS in evaluated genotypes, it was observed that two main component explained 97.8 percent of the total variation. The first and two principle components explained 61.8% and 35.9% of total variation, respectively. The highest positive factor in the linear combination of the first component was related to Yp, YS, MP, GMP and STI. Therefore, this component was called as yield component and tolerance to low input conditions. Because of high levels of these indicators are favorable, due to the positive and high values of these component, to select genotypes were acted that have a higher grain yield in both conventional and low input conditions. The highest positive factor in the linear combination of second component was related to SSI, TOL and a little Yp and the highest negative factor was related to Ys. So this component was called as sensitive to low input conditions. The genotypes that had lower values of second component had the least sensitive to low input conditions. According to biplot of two main components, genotypes were classified into four groups. Genotypes that were in the A zone, in terms of the tolerance index to low input conditions (MP, GMP and STI) have higher values than average and in terms of the sensitivity index to low input conditions (SSI) have lower values than average so they were most suitable genotypes.

Conclusion

According to grain yield and tolerance indexes to low in put condition, the group 1 genotypes (Ks-21184, Ks-92021, Ks-21119, Ks-21280, Ks-21461, Ks-21362, Ks-92198, Ks-21671, Ks-21673 and Ks-21236) as the best genotypes for cultivation in low input farming systems (LIFS) were identified and selected.

Key words: Pinto bean, Seed Yield, Stress Tolerance Index