شناسایی صفات مؤثر بر بهبود عملکرد دانه در ارقام لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت شرایط مختلف تنش رطوبتی

Identification of the Effective Traits on Grain Yield Improvement in Bean Cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) under Different Moisture Stress Conditions

معصومه جعفری[۱]، سیدسعید موسوی[۲*]، محمدرضا عبداللهی[۳] و مهرداد چایچی[۴]

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۴/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۰۲

چکیده

به‌منظور شناسایی مهم‌ترین صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه و ارزیابی تنوع ژنتیکی ۹ رقم لوبیا، سه آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سه شرایط نرمال، تنش رطوبتی قبل از غلاف‌دهی و تنش رطوبتی پس از غلاف‌دهی انجام شد. نتایج نشان داد تفاوت ارقام برای اغلب صفات در مجموع شرایط رطوبتی معنی‌دار شد، که بیانگر وجود پتانسیل ژنتیکی متفاوت در بین ارقام می‌باشد. ارقام دانشکده و درسا دارای بیش‌ترین و ارقام گلی و صیاد دارای کم‌ترین میزان عملکرد دانه در مجموع سه شرایط رطوبتی بودند. میزان عملکرد دانه کل ارقام با گذار از شرایط نرمال به تنش رطوبتی کاهش قابل توجه و معنی‌داری داشت که این بیانگر تأثیرگذاری تنش رطوبتی بود. در حقیقت، اثر شرایط مختلف رطوبتی برای کلیه صفات به‌جز تعداد روز از کاشت تا ۵۰٪ غلاف‌دهی، تعداد روز از کاشت تا رسیدن فیزیولوژیکی و شاخص برداشت از نظر آماری ($p< 0.05$) معنی‌دار شد. نتایج همبستگی صفات نشان داد که صفات وزن غلاف در بوته، عملکرد بیولوژیکی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، شاخص برداشت، وزن صد دانه و طول دوره پر شدن دانه با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند. نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام بیانگر آن بود که در مجموع سه شرایط محیطی، مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه به‌ترتیب شامل وزن غلاف در بوته، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیکی و تعداد غلاف در بوته بودند. هم‌چنین درمجموع سه شرایط رطوبتی، تعداد غلاف در بوته دارای بالاترین ضرایب تنوع ژنوتیپی و فنوتیپی بود.

واژه‌های کلیدی: تنوع ژنتیکی، ضریب تنوع ژنوتیپی، ضریب تنوع فنوتیپی، رگرسیون گام‌به‌گام، عملکرد

1، ۲ و ۳. به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

۴. مربی پژوهشی بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران

*: نویسنده مسئول Email: s.moosavi@basu.ac.ir

مقدمه

حبوبات با داشتن حدود ۲۵ درصد پروتئین، نقش مهمی در تأمین پروتئین مورد نیاز انسان دارند. سطح زیرکشت لوبیا در جهان در مجموع ۹۰۹۴۸ هکتار با مجموع عملکرد دانه ۱۹۹۳۰۵ تن و سطح زیرکشت این گیاه در ایران، ۹۵۰۹۱ هکتار با مجموع عملکرد دانه در حدود ۹۵۳۸ تن می‌باشد (*فائو*[1]، 2013). از کل تولید حبوبات در کشور، محصول لوبیا با ۴۳/۷ درصد سهم تولید رتبه اول را داراست (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۳). طبق اظهارات *انتز و فلور*[2](1990) عملکرد گیاهان زراعی تحت تأثیر شرایط محیطی، ساختار ژنتیکی و اثر متقابل آن‌هاست. *هوآنگ و جیانگ*[3] (2004) بیان کردند تنش‌های زیستی و غیرزیستی از عوامل مهم کاهش عملکرد محصولات زراعی محسوب می‌شوند. از بین تنش‌های محیطی تنش خشکی بیش از هر عامل دیگری رشد گیاه و عملکرد را محدود می‌کند. عملکرد به‌عنوان یک شاخص گزینش مناسب تحت شرایط تنش خشکی، طی سالیان متمادی به‌طور متناقضی مورد شک و تردید بوده است. به هر حال توافق کلی بر این وجود دارد که گزینش برای ارقام مقاوم به خشکی تحت شرایط نرمال کارآیی بهتری نسبت به شرایط تنش خشکی دارد زیرا اجازه معرفی و شناسایی ارقام و لاین‌های با پتانسیل عملکرد بالا را ممکن می‌سازد (*راجارام*[4]، 1996). در به‌نژادی عملکرد، انتخاب غیرمستقیم[5]، از طریق اجزاء عملکرد، می‌تواند نسبت به انتخاب مستقیم، بازده ژنتیکی بیشتری داشته باشد. در اصلاح نباتات به‌منظور دستیابی به صفت مطلوب زراعی، شناخت ویژگی‌های ژنتیکی صفات مهم و روابط خاص بین آن‌ها، همچنین تأثیرپذیری آن‌ها از یکدیگر مدنظر بوده است که شناسایی این ویژگی‌ها در پیش‌بینی نتایج، حائز اهمیّت می‌باشد (عباسی سورکی و همکاران، ۱۳۸۴). لازمه انتخاب برای هر هدف اصلاحی وجود تنوع ژنتیکی کافی می‌باشد که جهت ارزیابی این تنوع ژنتیکی از تجزیه و تحلیل‌های ژنتیکی استفاده می‌شود که به‌طور معمول در این بررسی‌ها، آماره‌هایی چون واریانس ژنتیکی، واریانس فنوتیپی، ضرایب تنوع ژنتیکی، ضریب تنوع فنوتیپی و وراثت‌پذیری برآورد می‌شوند. به‌کارگیری تجزیه واریانس مرکب، معمولاً برای نشان دادن وجود اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به‌کار می‌رود. زمانی‌که تغییرات محیطی قابل پیش‌بینی باشند، اثر متقابل ژنوتیپ در محیط می‌تواند به‌وسیله اختصاص ژنوتیپ‌های مختلف برای محیط‌های متفاوت کاهش یابد (*فرانکیس* و *کاننبرگ*[6]، 1978). *بیکر و لئون*[7] (1988) اعلام کردند، مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ اطلاعات ارزشمندی درباره اثرهای مختلف محیط بر عملکرد و ارزیا بی پایداری عملکرد ارقام فراهم می‌کند. اثر متقابل محیط موجب می‌شود که عملکرد ارقام تحت تأثیر محیط قرار گرفته، ارزش واقعی هر رقم را نتوان به درستی برآورد کرد. به‌عبارت دیگر موجب کاهش همبستگی ارزش ژنوتیپی و فنوتیپی می‌شود و در نتیجه ژنوتیپ‌های موفق در یک محیط ممکن است در محیط دیگر تظاهر ضعیفی داشته باشد. این پدیده سبب کندی مراحل به‌نژادی و معرفی ارقام جدید می‌شود (*کنگ*[8]، 1988). تجزیه ضرایب همبستگی صفات مختلف با عملکرد دانه به تصمیم‌گیری در مورد اهمیت نسبی این صفات و ارزش آن‌ها به‌عنوان معیارهای انتخاب کمک می‌کند (*آگراما*[9]، 1996). کنترل بهتر اثرات محیطی طی برنامه‌های اصلاحی برای بهبود عملکرد می‌تواند از طریق انتخاب غیرمستقیم برای صفاتی که همبستگی خوبی با عملکرد داشته و کمتر تحت تأثیر محیط هستند صورت گیرد (*داواری* و *لوترا*، 1991). همبستگی صفات مختلف با عملکرد دانه به تصمیم‌گیری در مورد اهمیت نسبی این صفات و ارزش آن‌ها به‌عنوان معیارهای انتخاب کمک می‌کند (*آگراما*، 1996). با کمک تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام می‌توان اثر صفات کم اثر را در مدل رگرسیونی بر روی عملکرد حذف نموده، تنها صفاتی را که میزان قابل‌ملاحظه‌ای از تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند مورد بررسی قرار داد (واعظی‌راد، ۱۳۸۷). مهم‌ترین اهداف این تحقیق شامل، تعیین میزان تنوع صفات زراعی مهم مورد مطالعه در این تحقیق در شرایط اکولوژیکی موردنظر و هم‌چنین شناسایی مهم‌ترین صفات مؤثر برعملکرد در مجموع شرایط مختلف رطوبتی (نرمال، تنش رطوبتی قبل از غلاف‌دهی و تنش رطوبتی پس از غلاف‌دهی) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال ۱۳۹۱ در محل ایستگاه اکباتان مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، به‌صورت سه آزمایش جداگانه ولی با هدف مرتبط تحت سه شرایط نرمال رطوبتی، تنش رطوبتی پس از غلاف‌دهی (تنش رطوبتی ملایم) و تنش رطوبتی قبل از غلاف‌دهی (تنش رطوبتی شدید)، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه

1. Food and Agriculture Organization
2. Entz and Flower
3. Huang and Jiang
4. Rajaram
5. Indirect selection
6. Francis and Kannenberg
7. Beker and Leon
8. Kang
9. Agrama

تکرار اجرا گردید. مواد گیاهی هر سه آزمایش شامل ۹ رقم لوبیا (جدول ۱)، شامل ۵ رقم لوبیای قرمز (اختر، درخشان، صیاد، گلی و ناز) و ۴ رقم لوبیا سفید (پاک، درسا، دانشکده و شکوفا) بودند، که این ارقام برای اولین بار به‌طور هم‌زمان و با همدیگر در شرایط اکولوژیکی همدان تحت شرایط مختلف رطوبتی فوق‌الذکر ارزیابی شدند. نتایج آزمایش تجزیه خاک این ایستگاه هم نشان داد که بافت خاک ایستگاه موردنظر از نوع شنی لومی بود. کشت بذور به‌صورت دستی و در کرت‌هایی به ابعاد ۴×۲ متر در خرداد ماه سال ۱۳۹۱ انجام شد به‌طوری‌که هر کرت شامل ۴ ردیف ۴ متری به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر بود. فاصله بذور بر روی ردیف‌ها نیز ۱۰ سانتی‌متر در نظرگرفته شد. به‌منظور ممانعت از نشت آب، بین تکرارها دو متر فاصله و بین کرت‌ها نیز ۱ متر فاصله در نظر گرفته شد. جهت سبز شدن بهتر بوته‌ها و ایجاد یکنواختی در هر سه آزمایش، آبیاری‌های اولیه با فاصله ۷ روز و به‌صورت نشتی به‌صورت سیفونی صورت گرفت و سپس تیمارهای آبیاری در هر سه آزمایش به شرح ذیل اعمال گردید. در شرایط نرمال رطوبتی، زمان آبیاری براساس ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیرکلاس A (ناصح غفوری و همکاران، ۱۳۸۹) تعیین گردید که دور آبیاری در این شرایط رطوبتی به‌طور میانگین حدود هر ۷ روز یک بار بود. این در حالی بود که برای شرایط تنش رطوبتی (ملایم و شدید)، زمان آبیاری براساس۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (ناصح غفوری و همکاران، ۱۳۸۹) تعیین شد که به‌طور متوسط، دور آبیاری در این شرایط رطوبتی حدود هر ۱۱ روز یک‌بار بود. در واقع اعمال تیمار تنش رطوبتی فوق‌الذکر در شرایط تنش رطوبتی شدید، پیش از مرحله غلاف‌دهی (یعنی در مرحله V4 یا مرحله سومین سه برگچه، که مرحله‌ای است که در ۵۰٪ جمعیت سومین سه برگ‌چه ظاهر شده است) و در شرایط تنش رطوبتی ملایم، پس از مرحله غلاف‌دهی (مرحله R7 یا مرحله تشکیل غلاف‌ها، زمانی است که اولین غلاف در ۵۰٪ جمعیت تشکیل شده باشد) اعمال گردید (*شن‌کات و بریک*[1]، 2003). عمل کنترل علف‌های هرز مزرعه به‌صورت دستی و در چند مرتبه در طول آزمایش صورت گرفت و در ادامه هم دیگر عملیات زراعی شامل مبارزه با آفات گیاهی، عملیات آبیاری و سایر موارد ضروری در طول اجرای آزمایش برحسب ضرورت انجام گرفت. در پایان فصل رشد (شهریور ماه)، تعداد ۲۰ بوته از یک متر دو ردیف وسطی (در مجموع ۲ متر طولی) با در نظر گرفتن اثر حاشیه، جهت اندازه‌گیری صفات، برداشت گردید ولی جهت محاسبه عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، کل سطح زیر کشت (ابعاد هر کرت ۴×۲ متر) برداشت و اندازه‌گیری شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها پس از انجام آزمون نرمال‌بودن باقیمانده داده‌ها و آزمون یکنواختی واریانس تیمارها با نرم‌افزار SAS9.1 و MINITAB14 انجام شد.

تجزیه واریانس مرکب و در ادامه آن مقایسه میانگین‌ها برای تمامی صفات اندازه‌گیری شده در مجموع سه شرایط رطوبتی انجام شد. در تجزیه واریانس مرکب، شرایط مختلف رطوبتی (سه محیط رطوبتی)، به‌عنوان محیط‌های مختلف با اثرات تصادفی و ارقام مختلف لوبیا با اثرات ثابت در نظر گرفته شدند (یزدی صمدی و همکاران، ۱۳۷۶). سپس مقدار F محاسبه‌ای مربوط به هر منبع با توجه به امید ریاضی‌های مربوط به هر منبع (یزدی صمدی و همکاران، ۱۳۷۶؛ سلطانی، ۱۳۸۶) محاسبه گردید. به‌طوری‌که با توجه به نوع مدل تصادفی- ثابت، برای محاسبه F شرایط مختلف رطوبتی (عامل A) از میانگین مربعات خطای اول (به‌عنوان مخرج کسر F) و برای محاسبه F ارقام (عامل B)، از میانگین مربعات اثر متقابل شرایط رطوبتی در ارقام (به‌عنوان مخرج کسر F) استفاده شد. از نتایج تجزیه همبستگی و تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام (مرحله‌ای) نیز برای شناسایی صفات مرتبط با عملکرد دانه، که بیش‌ترین تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌کردند، استفاده گردید.

جهت محاسبه ضرایب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی نیز به‌ترتیب از روابط زیر استفاده شد (*فالکونر و مک کی*[2]، 1996).

$$PCV = \frac{\sqrt{\sigma_{ph}^{2}}}{\bar{x}} \times 100 \qquad (۱)$$

این رابطه بیانگر ضریب تغییرات فنوتیپی است که در آن $\left(\sigma_{ph}^{2}\right)$ واریانس فنوتیپی صفت و $\left(\bar{x}\right)$ میانگین صفت می‌باشد.

$$GCV = \frac{\sqrt{\sigma_{g}^{2}}}{\bar{x}} \times 100 \qquad (۲)$$

این رابطه بیانگر ضریب تغییرات ژنوتیپی است که در آن $\left(\sigma_{g}^{2}\right)$ واریانس ژنوتیپی صفت و $\left(\bar{x}\right)$ میانگین صفت می‌باشد.

1. Shenkut and Brick

2. Falconer and Mackay

جدول ۱: فرم رشد ارقام لوبیای استفاده شده

Table 1: Growth form of used bean cultivars

ارقام قرمز Red cultivars	فرم رشد Growth form	ارقام سفید White cultivars	فرم رشد Growth form
اختر	محدود	پاک	نامحدود
Akhtar	Limited	Pak	Unlimited
درخشان	محدود	درسا	محدود
Derakhshsn	Limited	Dorsa	Limited
صیاد	نامحدود	شکوفا	محدود
Sayad	Unlimited	Shokofa	Limited
گلی	نامحدود	دانشکده	نامحدود
Goli	Unlimited	Daneshkade	Unlimited
ناز	نامحدود	-	-
Naz	Unlimited		

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب ارقام در شرایط مختلف رطوبتی و مقایسه میانگین‌ها

نتایج تجزیه واریانس مرکب برای عامل اول یعنی شرایط رطوبتی (A) (جدول ۲) نشان داد که تغییر شرایط رطوبتی، به‌عنوان یک عامل محیطی، تأثیر معنی‌داری ($P<0.05$) بر بیشتر صفات مورد بررسی، به غیر از سه صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد غلاف‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و شاخص برداشت داشته است. به‌عبارتی دیگر تغییر شرایط رطوبتی از حالت نرمال رطوبتی به شرایط تنش ملایم و شدید رطوبتی، کلیه صفات موردنظر، به‌جز سه صفت فوق‌الذکر، را تحت تأثیر معنی‌دار قرار داده است. از این نتیجه چنین استنباط می‌گردد که تیمار رطوبتی به نحوی مطلوب اعمال گردیده است و توانسته است که اثر خود را در بروز صفات مختلف در مجموعه ارقام موردنظر نشان دهد. محمّدی و همکاران (۱۳۸۷) در تجزیه مرکب دو آزمایش جداگانه تحت دو شرایط نرمال و تنش خشکی در ۱۵ لاین لوبیا، به نتایجی مبنی بر اثر معنی‌دار شرایط رطوبتی بر بیشتر صفات موردنظر دست یافتند. هم‌چنین اسلامی و همکاران (۱۳۹۱) در دو آزمایش جداگانه در طی یک سال تحت شرایط نرمال و تنش خشکی در ۲۰ ژنوتیپ گندم، اعلام کردند که تغییر شرایط رطوبتی، به‌عنوان محیط‌های مختلف، سبب تغییر معنی‌دار صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و وزن هزار دانه گردید. در پژوهشی دیگر (کامل منش و همکاران، ۱۳۹۱) در دو آزمایش جداگانه بر روی ویروس موزائیک لوبیا در دو شرایط عدم آلودگی و آلودگی مشخص شد که اثر محیط در تمامی صفات معنی‌دار گردیده است. مسلمی و همکاران (۱۳۹۱) طبق دو آزمایش جداگانه در شرایط تنش خشکی و آبیاری تکمیلی با انجام تجزیه واریانس مرکب اعلام کردند که بین دو شرایط محیطی متفاوت و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، تفاوت معنی‌داری برای صفات عملکرد دانه و اجزاء عملکرد در گندم وجود دارد.

برخلاف نتایج حاصله (جدول ۲) در رابطه با معنی‌دار نبودن اثر تیمار رطوبتی بر صفات فنولوژیک (تعداد روز تا ۵۰ درصد غلاف‌دهی و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک)، بایستی خاطر نشان کرد که به‌طور معمول افزایش شدت تنش رطوبتی، موجب کاهش طول دوره فنولوژیک می‌شود. به‌طوری‌که کاهش طول مراحل فنولوژیک عاملی برای گریز از اثرات نامطلوب تنش رطوبتی و در نهایت افزایش نسبی عملکرد تحت شرایط تنش رطوبتی است (*مونوز* و همکاران، 2006) و این فرآیند به‌عنوان یک نوع سازگاری محیطی، مطرح می‌گردد. در واقع یکی از اثرات متداول تنش رطوبتی در گیاهان، تسریع مراحل فنولوژی گیاه است (*ساکسنا* و همکاران، 1979).

نتایج تجزیه واریانس مرکب برای عامل دوم یعنی ارقام مختلف (B) (جدول ۲) نشان داد که ارقام مختلف در مجموع سه شرایط رطوبتی (سه محیط مختلف) از نظر کلیه صفات مورد مطالعه، به‌جز صفت تعداد دانه در بوته، دارای تفاوت معنی‌دار ($P<0.05$) می‌باشند که این بیانگر تنوع ژنتیکی بالا (که لازمه هر برنامه اصلاحی است) در بین ارقام موردنظر می‌باشد. محمّدی و همکاران (۱۳۸۷) پس از انجام تجزیه واریانس مرکب در لاین‌های لوبیا، تفاوت معنی‌دار و قابل توجهی را در بین آن‌ها برای بیشتر صفات گزارش کردند. بیکر و *لئون* (1988) تنوع بالایی برای کلیه صفات مورد مطالعه در بین ژنوتیپ‌ها گزارش کردند، و اظهار داشتند که مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ در محیط اطلاعات ارزشمندی درباره اثرهای مختلف محیط بر عملکرد و ارزیابی پایداری عملکرد ارقام فراهم می‌کند.

نتایج حاصله (جدول ۲) بیانگر عدم‌معنی‌دار بودن اثر متقابل محیط در ارقام برای کلیه صفات، به‌جز صفت وزن غلاف در بوته، بود که این نشان‌دهنده پایداری نسبی صفات ارقام مختلف

تحت شرایط‌های مختلف رطوبتی بود و با نتایج تحقیقات *یاردانف* و همکاران (2003) مطابقت داشت. معنی‌دار بودن اثر متقابل شرایط رطوبتی در ارقام برای صفت وزن غلاف در بوته بیانگر این است که با تغییر شرایط رطوبتی، ارقام مختلف روند یکسان و پاسخ یکسانی را برای این صفت نشان نداده‌اند.

نتایج مقایسه میانگین شرایط مختلف رطوبتی (جدول ۳) بیانگر این بود که با تغییر شرایط رطوبتی از حالت نرمال رطوبتی به حالت تنش ملایم و در نهایت تنش شدید، کاهش نسبی در میانگین صفات مورد بررسی مشاهده می‌گردد. در حقیقت بدون استثناء، شرایط نرمال رطوبتی برای تمامی صفات دارای میانگین بیشتری نسبت به دو شرایط رطوبتی دیگر بود. به‌طورکلی با افزایش شدّت تنش رطوبتی، صفات مهم طول دوره پر شدن غلاف، تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه و عملکرد بیولوژیک کاهش یافتند و در نتیجه موجب کاهش عملکرد دانه کل ارقام در شرایط تنش رطوبتی شدند. نتایج بیانگر این بود که کاهش چند روزه طول دوره پر شدن غلاف به نوعی منجر به کاهش وزن غلاف و وزن صد دانه در بوته خواهد شد. در این راستا، *مونوز* و همکاران (2006) اظهار داشتند بروز تنش در مراحل قبل و بعد از گل‌دهی، پیری برگ‌ها را تسریع کرده، دوره پر شدن دانه را کاهش می‌دهد و در نتیجه وزن دانه‌ها را کاهش خواهد داد به‌طوری‌که طبق نتایج (جدول ۳)، تنش رطوبتی سبب کاهش وزن دانه‌ها شد. در حقیقت تنش کم آبی در مرحله پرشدن دانه‌ها، موجب کاهش وزن دانه‌ها (وزن صد دانه) و چروکیده شدن آن‌ها می‌شود که نتایج حاصله با نتایج *کرامر* (1969) و *داس* (1974) مطابقت داشت. کاهش وزن دانه ممکن است در نتیجه ریزش برگ‌ها و کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها یا کوتاه شدن دوره تشکیل دانه باشد. *شن کات* و بریک (2003) بیان کردند که تنش خشکی طی دوره پر شدن دانه به‌طور معمول وزن دانه را کاهش می‌دهد که شاید دلیل این مسئله کاهش تولید مواد پرورده و انتقال مواد پرورده در گیاه با کاهش طول دوره فنولوزیک، به‌ویژه کاهش طول دوره پر شدن دانه، است. در واقع کاهش تولید مواد پرورده نیز به کاهش فرآیند فتوسنتز مربوط می‌شود که با بسته شدن روزنه‌ها تحت شرایط تنش رطوبتی مرتبط است. به‌طور معمول با کاهش طول دوره پر شدن غلاف یا کاهش سرعت پر شدن غلاف، عملکرد دانه کاهش خواهد یافت که در واقع کاهش این صفت یکی از دلایل تسریع مراحل فنولوژی گیاه در شرایط تنش رطوبتی می‌باشد (*ساکسنا*[1] و همکاران، 1990). دیگر صفت مهم مرتبط با عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک بود که با افزایش شدت تنش رطوبتی، میزان آن به‌طور معنی‌داری (جدول ۳) کاهش یافت. در حقیقت طبق نتایج تجزیه همبستگی (جدول ۵) هم، این صفت ارتباط مثبت و معنی‌داری ($r = 0.80^{**}$) با عملکرد دانه داشت که کاهش یا افزایش آن، عملکرد دانه را تحت تأثیر خواهد گذاشت. *امینی* (2002) اظهار داشت که کاهش عملکرد بیولوژیک به‌واسطه تغییر شرایط رطوبتی از شرایط نرمال به تنش رطوبتی، مبین کاهش توانایی گیاه در جذب عناصر غذایی و ساخت و انتقال مواد پرورده در اثر کمبود آب است که این امر سبب کاهش تجمع ماده خشک می‌گردد و این کاهش، اثر مستقیمی روی عملکرد دانه می‌گذارد.

علی‌رغم این‌که نتایج (جدول ۳) بیانگر کاهش معنی‌دار ۳۴/۳۹ درصد عملکرد دانه در شرایط تنش شدید نسبت به شرایط نرمال رطوبتی بود ولی تفاوت معنی‌داری بین عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش ملایم رطوبتی (جدول ۳) مشاهده نشد به‌طوری‌که با اعمال تنش ملایم رطوبتی، ضمن داشتن عملکرد رضایت‌بخش، در مصرف آب نیز صرفه‌جویی می‌شود. *شن کات* و بریک (2003) و *فرام* و همکاران (2004) گزارش کردند که تنش رطوبتی موجب کاهش عملکرد دانه لوبیا شد به‌طوری‌که این کاهش بسته به زمان و شدّت تنش و نیز نوع ژنوتیپ متفاوت بود. در مقایسه میانگین‌های شرایط تنش ملایم و تنش شدید رطوبتی (جدول ۳)، نتیجه‌گیری شد که عملکرد دانه کاهش بیشتری نسبت به عملکرد بیولوژیک نشان داد و محدودیت رطوبتی اثر بیشتری بر عملکرد دانه داشته است. *مکی و ایوانز*[2] (1962) اظهار داشتند که تنش رطوبتی در مرحله قبل از گل‌دهی و قبل از غلاف‌بندی موجب کاهش حدود ۳۰ درصدی عملکرد دانه لوبیا می‌گردد. در حقیقت مراحل رشد زایشی لوبیا نیز مانند سایر گیاهان به تنش رطوبتی حساس بوده، عمل آبیاری از مرحله گل‌دهی تا دانه‌بندی، عامل مهم و تأثیرگذاری در افزایش محصول دانه لوبیا می‌باشد (*دابتز و ماهال*[3]، 1969). به‌عبارتی دیگر زمانی که کمبود آب در مرحله گل‌دهی و غلاف‌بندی رخ می‌دهد، عملکرد دانه بیشتر از مراحل دیگر کاهش می‌یابد (*مکی و ایوانز*، 1962). نتیجه کلی در این بخش نشان داد که علی‌رغم عدم‌تفاوت معنی‌دار شرایط مختلف رطوبتی برای صفت تعداد روز از کاشت تا ۵۰٪ غلاف‌دهی (که در نتایج به آن اشاره نشده است)، ولی ارقام با عملکرد بالا (دانشکده و درسا) نسبت به ارقام با عملکرد پایین (گلی و ناز) دارای میزان کمتری از این صفت بودند که این کوتاهی دوره

1. Saxena

2. Macky and Evanz

3. Dabtz and Mahalle

فنولوژیک در مجموع سه شرایط شاید یکی از دلایل افزایش عملکرد آن‌ها، به‌ویژه در شرایط محدودیت رطوبتی است.

نتایج مقایسه میانگین ارقام در مجموع سه شرایط رطوبتی (جدول ۴) نشان‌داد که رقم گلی بالاترین میانگین صفات فنولوژیک، به‌ویژه صفات تعداد روز از کاشت تا۵۰٪ غلاف‌دهی و تعداد روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک، را داشت که بالا بودن میانگین این صفات در رقم گلی، یکی از عوامل کاهش‌دهنده عملکرد دانه نسبت به سایر ارقام، به‌ویژه تحت شرایط محدود رطوبتی، بوده است. در واقع با افزایش شدت تنش رطوبتی، ارقام دانشکده و درسا، که دارای بیش‌ترین عملکرد دانه در مجموع سه شرایط رطوبتی بودند، مرحله رشد رویشی خود، یعنی تعداد روز از کاشت تا ۵۰٪ غلاف‌دهی، را بدون کاهش معنی‌دار دوره زایشی خود، یعنی بدون کاهش طول دوره پر شدن دانه، تا حدی کاهش دادند و در نتیجه توانایی عملکرد دانه خود را تحت شرایط محدود رطوبتی حفظ کردند. این در حالی بود که چون رقم گلی این قابلیت را نداشت، میزان عملکرد دانه آن تحت شرایط تنش رطوبتی کاهش چشمگیری داشت. از طرف دیگر طبق اظهارات *سینگ*[1] (2007)، صفت تعداد غلاف در بوته یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه در لوبیا است، که با توجه به نتایج (جدول ۴)، بالا بودن میانگین این صفت به‌همراه بالا بودن میانگین وزن غلاف در بوته و عملکرد بیولوژیک در رقم دانشکده، از عوامل مهم در افزایش عملکرد دانه این رقم مطلوب بوده است. در حقیقت از نظر صفات مهم تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف در بوته و عملکرد بیولوژیک تفاوت چشمگیر و معنی‌داری (جدول ۴) بین مطلوب‌ترین رقم (دانشکده) و نامطلوب‌ترین رقم (گلی) وجود داشته، به‌طوری‌که دو صفت تعداد غلاف در بوته و وزن غلاف در بوته دوتا از مهم‌ترین اجزاء عملکرد دانه محسوب می‌شوند. در تحقیقی، *رامیرز* و *کلی*[2] (1998) اظهار داشتند که تنش رطوبتی متوسط تا شدید توانست صفات عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف، شاخص برداشت، وزن صد دانه و در نهایت عملکرد دانه لوبیا را کاهش دهد. در حقیقت تنش رطوبتی در مرحله گرده‌افشانی و لقاح، تعداد غلاف‌ها و تعداد دانه‌ها را، به‌علت پسابیدگی دانه گرده، کاهش می‌دهد. علاوه بر این، تنش رطوبتی رشد لوله گرده در خامه و بافت تخمدان و تخمک‌ها را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد و با پژمردگی کلاله مانع رشد لوله‌های گرده می‌شود (سوقانی و همکاران، ۱۳۸۹).

نتایج همبستگی، رگرسیون گام‌به‌گام و ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی

نتایج همبستگی (جدول ۵) نشان داد که به‌ترتیب صفات وزن غلاف در بوته، عملکرد بیولوژیک، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، شاخص برداشت، وزن صددانه و طول دوره پر شدن غلاف همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند که این نتایج با نتایج ناصح غفوری و همکاران (۱۳۸۹) مطابقت داشت. واعظی□راد و همکاران (2008) در بررسی اثر تنش آبی در ارقام لوبیا قرمز بیان داشتند که تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشتند. در حقیقت تجزیه همبستگی ساده به تنهایی نمی‌تواند در توجیه روابط صفات با عملکرد دانه کارآیی لازم را داشته باشد، لذا از رگرسیون گام‌به‌گام به‌منظور تعیین بهترین مدل برای توجیه تغییرات عملکرد دانه استفاده شد. در این روش متغیرهایی که دارای همبستگی بالاتری با متغیر تابع هستند و دارای سهم بیشتری در توجیه تغییرات آن می‌باشند، زودتر وارد مدل می‌شوند (محمّدی و همکاران،۱۳۹۰). طبق نتایج (جدول ۶)، صفت وزن غلاف در بوته در مجموع سه شرایط رطوبتی، با بیش‌ترین ضریب تبیین تجمعی (۸۵/۵۵ درصد)، به‌عنوان اولین صفت وارد مدل رگرسیونی گردید. همبستگی مثبت و بسیار بالا بین عملکرد دانه و وزن غلاف در بوته نیز تأییدکننده این نتیجه است. در مرحله دوم شاخص برداشت با ضریب تبیین جزیی ۶/۱۱ وارد مدل رگرسیونی شد. این دو صفت در مجموع ۹۱/۶۶ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند. همان‌طورکه واضح است صفت شاخص برداشت در مقایسه با صفت وزن غلاف در بوته تأثیر کمتری بر عملکرد دانه داشته است. صفات عملکرد بیولوژیک و تعداد غلاف در بوته پس از دو صفت ذکر شده وارد مدل رگرسیونی شدند و چهار صفت فوق الذکر در کل ۹۷/۳۳ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه نمودند. بالا بردن صفت عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش برای افزایش عملکرد، تا یک حدی معقول می‌باشد ولی به دلیل کمبود رطوبت در شرایط تنش رطوبتی به‌ویژه در مراحل پر شدن دانه، عملکرد دانه کاهش می‌یابد.

1. Sing
2. Ramirze and Kelly

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر سه شرایط رطوبتی روی صفات مختلف برای ۹ رقم لوبیا

Table 2: Results of combined analysis of variance of the effect of three moisture conditions on different traits in nine bean cultivars

منبع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares									
		تعداد روز تا ۵۰ درصد غلاف‌دهی Days to 50% podding	تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیکی Days to physiological maturity	طول دوره پر شدن بذر Seed filling period	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	وزن غلاف در بوته Pod weight per plant	تعداد دانه در بوته Seed number per plant	وزن صد دانه 100 seed weight	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index
شرایط رطوبتی (A) Moisture conditions (A)	2	0.16^{ns}	10.25^{ns}	259.86*	340*	1133.01*	13309.82*	66.21**	2850.8*	8871.94*	105.84^{ns}
خطای a Error a= E (a)	6	4.46	56.69	45.17	109.04	297.27	1135	3.75	566	3525	151.75
ارقام (B) Cultivars (B)	8	105.28**	284.04**	56.7**	168.54**	174.76**	184.53^{ns}	112.48**	3210.86**	1802.93**	152.01*
اثر متقابل A در B A × B	16	1.31^{ns}	35.48^{ns}	11.03^{ns}	20.70^{ns}	31.54*	188.26^{ns}	1.58^{ns}	923^{ns}	280^{ns}	113^{ns}
خطای b Error b = E (b)	48	1.17	34.44	10.58	12.83	16.73	194.85	6.41	544.04	216.3	74.04
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		1.61	5.18	7.05	19.6	13.82	18.09	8.8	15.19	16.86	15.29

ns، * و **: به‌ترتیب عدم‌تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: Not significant and significant difference at 5 and 1 percent levels, respectively

جدول ۳: نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سه شرایط مختلف رطوبتی روی صفات مختلف

Table 3: Results of means comparison of the effect of three different moisture conditions on different traits

شرایط رطوبتی Moisture conditions	صفات مختلف Different traits						
	طول دوره پر شدن بذر (روز) Seed filling period (day)	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	وزن غلاف در بوته (گرم) pod weight (g)	تعداد دانه در بوته Seed number per plant	وزن صد دانه (گرم) 100 seed weight (g)	عملکرد بیولوژیکی (گرم) Biological yields (g)	عملکرد دانه (گرم) Grain yield (g)
نرمال Normal	49.6^{A}	21.69^{A}	36.23^{A}	100.34^{A}	30.20^{A}	189.22^{A}	105.3^{A}
تنش ملایم Moderate stress	44.59^{B}	18.35^{A}	29.22^{AB}	75.04^{B}	28.56^{B}	150.82^{AB}	87.15^{A}
تنش شدید Severe stress	44.03^{B}	14.6^{B}	23.29^{B}	56.09^{B}	27.07^{C}	124.62^{B}	69.08^{B}

حروف مشابه در هر ستون، به مفهوم عدم‌تفاوت معنی‌دار در بین تیمارهای مربوطه برای هر صفت می‌باشد

Similar letters in each column indicate not significant difference between the treatments for each trait

جدول ۴: نتایج مقایسه میانگین‌های اثر ۹ رقم لوبیا روی صفات مختلف

Table 4: Results of means comparisons of the effect of 9 bean cultivars on different traits

ارقام Cultivars	صفات مختلف Different traits									
	تعداد روز تا ۵۰ درصد غلاف‌دهی Days to 50% podding	تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیکی Days to physiological maturity	طول دوره پر شدن بذر (روز) Seed filling period (day)	تعداد غلاف در بذر Pod number per plant	وزن غلاف در بوته (گرم) pod weight per plant (g)	تعداد دانه در بوته Seed number per plant	وزن صد دانه (گرم) 100 seed weight (g)	عملکرد بیولوژیکی (گرم) Biological yield (g)	عملکرد دانه (گرم) Grain yield (g)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
اختر Akhtar	65.33^{D}	112.3^{ABC}	43.3^{AB}	17.7^{BC}	30.4^{AB}	77.45^{AB}	31.94^{AB}	158.92^{A}	80.56^{C}	50.64^{B}
درخشان Derakhshan	65.3^{D}	104.3^{C}	40^{AB}	15.96^{BC}	29.9^{AB}	73.54^{AB}	35.09^{A}	148.3^{AB}	82.42^{BC}	55.63^{A}
صیاد Sayad	62.3^{E}	99.3^{C}	38.3^{B}	16.18^{BC}	27.83^{B}	74.06^{AB}	27.91^{BCD}	136.87^{AB}	78.48^{C}	57.23^{A}
گلی Goli	69^{A}	119^{A}	47^{A}	13.6^{C}	20.24^{C}	66.8^{B}	23.36^{D}	102.76^{B}	71.23^{C}	67.96^{A}
ناز Naz	68^{B}	120^{A}	45.3^{A}	18.61^{BC}	27.76^{B}	71.44^{AB}	23.58^{BCD}	145.37^{AB}	83.02^{BC}	56.08^{A}
پاک Pak	66.3^{CD}	116.3^{AB}	46^{A}	20.85^{AB}	27.75^{B}	71.16^{AB}	25.82^{CD}	168.58^{A}	85.11^{BC}	56.38^{A}
درسا Dorsa	67^{C}	117^{AB}	45.6^{A}	21.6^{AB}	34.2^{A}	86.69^{A}	30.41^{ABC}	169.03^{A}	104.54^{AB}	60.6^{A}
دانشکده Daneshkade	67.3^{C}	113^{AB}	43.3^{AB}	26.28^{A}	35.32^{A}	84.14^{AB}	25.29^{CD}	172.73^{A}	114.71^{A}	66.3^{A}
شکوفا Shokofa	66.3^{CD}	115^{AB}	46^{A}	14.3^{C}	29.56^{AB}	70.05^{AB}	29.64^{BC}	154.82^{A}	84.32^{BC}	54.4^{A}

حروف مشابه در هر ستون، به مفهوم عدم‌تفاوت معنی‌دار در بین تیمارهای مربوطه برای هر صفت می‌باشد

Similar letters in each column indicate not significant difference between the treatments for each trait

جدول ۵: نتایج تجزیه همبستگی برای صفات مختلف

Table 5: Results of correlation analysis for different traits

صفات Traits	تعداد روز تا ۵۰ درصد غلاف‌دهی DTP	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک DTPM	طول دوره پر شدن بذر SFP	تعداد غلاف در بوته PNPP	وزن غلاف در بوته PW	تعداد دانه در بوته SNPP	وزن صد دانه 100 SW	عملکرد بیولوزیک BY	عملکرد دانه GY	شاخص برداشت HI
تعداد روز تا ۵۰ درصد غلاف‌دهی Days to 50% podding (DTP)	1									
تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity (DTPM)	0.55**	1								
طول دوره پر شدن بذر Seed filling period (SFP)	0.38**	0.73**	1							
تعداد غلاف در بوته Pod number per plant (PNPP)	-0.08	0.051	0.17	1						
وزن غلاف در بوته Pod weight per plant (PW)	-0.24*	0.024	0.21*	0.75**	1					
تعداد دانه در بوته Seed number per plant (SNPP)	-0.08	0.033	0.31**	0.57**	0.71**	1				
وزن صد دانه 100 seed weight (100KW)	-0.36**	-0.3	-0.12	0.027	0.34**	0.31**	1			
عملکرد بیولوزیک Biological yield (BY)	-0.12	0.12	0.33**	0.67**	0.88**	0.7**	0.3**	1		
عملکرد دانه Grain yield (GY)	-0.18	0.08	0.23*	0.77**	0.92**	0.66**	0.23*	0.80**	1	
شاخص برداشت Harvest index (HI)	-0.13	-0.021	-0.063	0.36**	0.36**	0.16	-0.013	0.018	0.58**	1

* و **: به‌ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد

* and **: Significant difference of 5 and 1 percent levels, respectively

جدول ۶: نتایج رگرسیون گام‌به‌گام برای عملکرد دانه، به‌عنوان متغیر وابسته، و دیگر صفات به‌عنوان متغیر مستقل

Table 6: Results of stepwise regression for grain yield, as dependent variable, and other traits as independent variable

مراحل رگرسیون Regression steps	عرض از مبداء Intercept	صفات Traits				ضریب تبیین تجمعی Determination cumulative coefficient
		وزن غلاف در بوته Pod weight per plant	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بیولوژیک Biological yield	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	
1	0.159	2.94	-	-	-	85.55**
2	-37.97	2.61	0.85	-	-	91.66**
3	-78.55	0.61	1.49	0.41	-	92.17**
4	-76.73	0.53	1.45	0.39	0.29	97.33*

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد

* and **: Significant at 5 and 1 percent levels, respectively

جدول ۷: ضریب تنوع ژنوتیپی و فنوتیپی در شرایط مختلف رطوبتی

Table 7: Genotypic and phenotypic coefficient variation in different moisture conditions

صفات Traits	نرمال Normal	تنش رطوبتی شدید Sever moisture stress	تنش رطوبتی ملایم Moderate moisture stress	نرمال Normal	تنش رطوبتی شدید Sever moisture stress	تنش رطوبتی ملایم Moderate moisture stress
	ضریب تنوع ژنتیکی GCV	ضریب تنوع ژنتیکی GCV	ضریب تنوع ژنتیکی GCV	ضریب تنوع فنوتیپی PCV	ضریب تنوع فنوتیپی PCV	ضریب تنوع فنوتیپی PCV
تعداد روز تا ۵۰ درصد غلاف‌دهی Days to 50% podding	8.60	8.62	9.13	8.8	8.8	9.19
تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to phy. maturity	9.81	9.72	9.86	10.52	10.95	11.7
طول دوره پر شدن بذر Seed filing period	11.79	12.5	10.67	12.54	15.09	13.46
تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	52.72	78.75	36.69	56.01	82.4	40.17
وزن غلاف در بوته Pod weight per plant	26.59	41.79	25.03	29.75	45.5	27.09
تعداد بذر در بوته Seed number per plant	13.19	27.04	13.35	22.4	35.41	18.41
وزن صد دانه 100 seed weight	19.91	23.32	21.36	21.58	23.89	23.35
عملکرد بیولوژیک Biological yield	25.71	39.61	4.97	28.74	42.6	6.26
عملکرد دانه Grain yield	25.77	40.2	25.91	30.65	45.183	29.27
شاخص برداشت Harvest index	20.90	21.27	13.32	24.82	25.75	21.95

GCV and PCV: به‌ترتیب ضریب تنوع ژنوتیپی و فنوتیپی

GCV and PCV: Genotypic and phenotypic coefficient variation, respectively

امینی (1998) بیشترین همبستگی عملکرد دانه را با وزن غلاف در بوته، تعداد غلاف، تعداد دانه در بوته و عملکرد بیولوژیک گزارش کرد. بالا بودن ضریب همبستگی عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک نشانگر آن است که با افزایش کل عملکرد بیولوژیک عملکرد دانه افزایش یافته است و بخش عمده عملکرد بیولوژیک ارقام را وزن دانه آن‌ها تشکیل داده است. خاقانی و همکاران (۱۳۸۶) اعلام کردند که، همبستگی بالای این دو صفت چیزی دور از انتظار نیست و این می‌رساند که برای داشتن عملکرد بالا احتیاج به گیاهانی با رشد سبزینه‌ای خوب و قدرت رویشی مناسب داریم. بنابراین با توجه به صفات مهم اشاره شده در بالا، می‌توان با اگاهی از کنترل ژنتیکی این صفات، از آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی بهره برد. براساس نتایج (جدول ۷)، در هرسه شرایط رطوبتی، میزان تنوع فنوتیپی برای تمام صفات بیشتر از تنوع ژنوتیپی بود که نشان‌دهنده نقش اثر محیطی در افزایش این تنوع است. در محیط تنش رطوبتی شدید، بیشتر صفات، بویژه صفات طول دوره پر شدن بذر، تعداد غلاف در بوته، وزن غلاف در بوته، تعداد بذر در بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه دارای تنوع فنوتیپی زیادتری نسبت به محیط نرمال رطوبتی بودند که این بیانگر اثر بیشتر انحرافات محیطی بر صفات مذکور تحت این شرایط رطوبتی است. ضریب تغییرات ژنوتیپی نشان‌دهنده میزان تنوع موجود در بین صفات از نظر ژنتیکی است هر چه میزان این ضریب بیشتر باشد نشان‌دهنده تنوع بالا و هرچه این ضریب کمتر باشد نشان‌دهنده تنوع کمتر صفت است (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۶) بر این اساس در هر سه شرایط رطوبتی، صفت تعداد غلاف در بوته دارای بیش‌ترین ضریب تغییرات ژنوتیپی بود. بیش‌ترین ضریب تنوع فنوتیپی اختصاص به صفت تعداد غلاف در بوته و مربوط به شرایط تنش رطوبتی قبل از غلاف‌دهی و پس از غلاف‌دهی بود. دلیل این‌که تنوع فنوتیپی در محیط تنش افزایش یافته به دلیل وجود اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در شرایط تنش رطوبتی می‌باشد. در صورت ثابت ماندن تنوع ژنتیکی، افزایش تنوع فنوتیپی به معنای افزایش تنوع محیطی در شرایط تنش می‌باشد (گلباشی و همکاران، ۱۳۸۹).

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به نتایج این پژوهش، به‌طورکلی می‌توان چنین نتیجه گرفت که عملکرد دانه با اعمال تنش رطوبتی قبل از غلاف‌دهی (تنش شدید رطوبتی) نسبت به شرایط نرمال رطوبتی و تنش رطوبتی پس از غلاف‌دهی (تنش رطوبتی ملایم) کاهش بیشتری و معنی‌داری نشان داد که اعمال این تنش از نظر اقتصادی مطلوب نیست درحالی‌که اعمال تنش رطوبتی ملایم علی‌رغم عدم کاهش معنی‌دار عملکرد دانه، منجر به صرفه‌جویی در مصرف آب خواهد شد. کاهش بیشتر صفات مرتبط با عملکرد، به‌ویژه کاهش تعداد غلاف در بوته، سبب کاهش چشمگیر عملکرد دانه در مجموع شرایط رطوبتی گردید. رقم پاک (سفید) تحت شرایط نرمال رطوبتی و رقم دانشکده (سفید) هم در هر دو شرایط تنش رطوبتی ملایم و شدید، بالاترین میزان عملکرد دانه را در شرایط اکولوژیکی این آزمایش به خود اختصاص دادند که با انجام تحقیقات چند ساله، می‌توان آن‌ها را به‌عنوان ارقام مطلوب برای شرایط نرمال (رقم پاک) یا تنش رطوبتی (رقم دانشکده) پیشنهاد نمود. رونده بودن و تیپ رویشی نامحدود در رقم دانشکده دلیلی بر بالا بودن میزان عملکرد دانه آن در شرایط محدود رطوبتی بود چرا که وضعیت رونده بودن به‌واسطه سایه‌اندازی، سبب کاهش میزان تبخیر می‌شود. ارقام با عملکرد بالا (دانشکده، درسا و پاک) نسبت به ارقام با عملکرد پایین (گلی و ناز) دارای دوره کوتاه‌تری صفت تعداد روز از کاشت تا ۵۰٪ غلاف‌دهی بودند که این کوتاهی دوره فنولوژیک در مجموع سه شرایط، باعث افزایش عملکرد آن‌ها، به‌ویژه در شرایط محدودیت رطوبتی شده است. نتایج همبستگی صفات مختلف با عملکرد دانه و تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام به‌ترتیب نشان‌دهنده تأثیر قابل توجه صفات وزن غلاف در بوته، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و تعداد دانه در بوته بر عملکرد دانه بودند. در سه شرایط رطوبتی، صفت تعداد غلاف در بوته دارای بیش‌ترین ضریب تغییرات ژنوتیپی بود. هم‌چنین بیش‌ترین تنوع فنوتیپی تحت شرایط تنش رطوبتی قبل از غلاف‌دهی و پس از غلاف دهی هم متعلق به این صفت بود که می‌توان از این تنوع در برنامه‌های به‌نژادی در آینده به‌نحوی مطلوب استفاده کرد.

منابع

اسلامی، ر.، تاج‌بخش، مهدی.، غفاری، عبدالعلی.، روستایی، م. و برنوسی، ا. ۱۳۹۱. بررسی تحمل خشکی در ژنوتیپ‌های گندم دیم تحت شرایط متفاوت رطوبتی. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۵ (۲): ۱۴۳-۱۲۹.

یزدی صمدی، ب.، رضایی، ع. و ولیزاده، م. ۱۳۷۶. طرح‌های آماری در پژوهش‌های کشاورزی. انتشارات دانشگاه تهران. ۷۶۴ صفحه.

سوقانی، م.، واعظی، ش. و صباغ‌پور، س. ح. ۱۳۸۹. ارزیابی خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ‌های لوبیا سفید (*Phaseolus vulgaris* L.)، مجله علوم زراعی ایران، ۱۲ (۳): ۴۳۶-۳۵۱.

حبیبی، غ. و بی‌همتا، م. ر. ۱۳۸۶. مطالعه عملکرد دانه و برخی صفات مؤثر بر آن در لوبیا چیتی تحت شرایط آبیاری محدود. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، ۷۴: ۴۶- ۳۵.

خاقانی، ش.، بی‌همتا، م. ر.، چنگیزی، م. دری، ح.، خاقانی، ش.، بختیاری، ا. و صفاپور، م. ۱۳۸۸. مقایسه صفات کمی و کیفی لوبیا سفید و قرمز در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی. مجله تنش‌های محیطی در علوم گیاهی، ۱ (۲): ۱۸۲-۱۶۹.

عباسی سورکی، ع.، مجنون حسینی، ن. و یزدی صمدی، ب. ۱۳۸۴. بررسی همبستگی و روابط بین عملکرد دانه و سایر صفات کمی در عدس زراعی. مقالات اولین همایش ملی حبوبات، پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد.

گلباشی، م.، بی‌همتا، م. ر.، حسین‌زاده، ع. خیالپرست، ف. و ابراهیمی، م. ۱۳۸۹. ارزیابی واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا سفید تحت شرایط تنش کم آبی. نشریه پژوهش‌های زراعی در ایران، ۸ (۲): ۳۵۸-۳۴۷.

ناصح غفوری، ا.، بی همتا، م. ر.، زالی، ع. ع.، افضلی محمدآبادی، م. و دری، ح. ۱۳۸۹. مطالعه اثرات تنش خشکی بر عملکرد و اجزای آن و تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی در لوبیا قرمز. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی، ۱۷ (۴): ۸۹-۷۱.

واعظی‌راد، س.، شکاری، ا.، شیرانی‌راد، ح. و زنگانی، ا. ۱۳۸۷. اثر تنش کم آبی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه در ارقام لوبیا قرمز، مجله علمی پژوهشی دانش نوین کشاورزی، ۴ (۱۰): ۸۹-۷۸.

سلطانی، ا. ۱۳۸۶. کاربرد نرم‌افزار SAS در تجزیه‌های آماری. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۸۲ صفحه.

مجنون حسینی، ن. ۱۳۷۵. حبوبات در ایران، موسسه نشر جهاد وابسته به جهاد دانشگاهی، تهران، ۲۴۰ صفحه.

مسلمی، م.، روستایی، م. و رشیدی، و. ۱۳۹۱. ارزیابی عملکرد دانه و اجزای عملکرد در ژنوتیپ‌های گندم نان در رژیم‌های متفاوت رطوبتی. مجله به‌نژادی نهال و بذر، ۱ (۶): ۶۳۰-۶۱۱.

محمّدی، آ.، بی‌همتا، م. ر. و درّی، ح. ۱۳۸۷. تعیین ضرایب همبستگی فنوتیپی و تجزیه علیّت برخی از صفات لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط غیرتنش و تنش خشکی. مجله پژوهش کشاورزی، آب، خاک و گیاه، ۸ (۲ الف): ۱۴۴-۱۳۵.

محمّدی، ح.، احمدی، ع.، مرادی، ف.، عباسی، ع.، پوستینی، ک.، جودی، م. و فاتحی، ف. ۱۳۹۰. ارزیابی صفات مهم برای بهبود عملکرد گندم تحت تنش خشکی. مجله علوم گیاهان زراعی، ۴۷ (۲): ۳۸۵-۳۷۳.

Agrama, H. A. S. 1996. Sequential path analysis of grain yield and its components in maize. Plant Breeding, 115: 343-346.

Amini, A., Ghanadha, M. R. and Abd-mishani, C. 2002. Genetic diversity and correlation between different traits in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian, Journal Agricultural Science, 33: 605-615.

Becker, H. C. and Leon, J. 1988. Stability analysis in plant breeding. Plant Breeding, 101: 1-25.

Dawari, N. H. and Luthra, O. P. 1991. Character association studies under high and low environments in wheat (*Triticum aestivum* L.). Indian Journal of Agricultural Research, 25: 68-72.

Dubetz, S. and Mahalle, P. S. 1969. Effect of soil water on bush beans (*Phaseolus vulgaris* L.) at three stages of growth. Journal of American Horticulture Science, 94: 479-481.

Doss, B. D. 1974. Effects of soil water stress at various growth stages of soybean yield. Agronomy Journal, 66: 297-299.

Entz, M. H. and Flower, D. B. 1990. Differential agronomic responses of winter wheat cultivars to pre-anthesis environmental stress. Crop Science, 30 (6): 1119-1123.

Falconer, D. S. and Mackay, T. F. C. 1996. Introduction to quantitative genetics. Longman New York, Fourth edition. 464 pp.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2013. Appeared on: http:// www.faostat.fao.org.

Frahm, M. A., Rosas, J. C., Mayek-Perez, N., Lopez-Salinas, E., Acosta-Gallegos, J. A. and Kelly, J. D. 2004. Breeding beans for resistance to terminal drought in the lowland tropics. Euphytica, 136 (2): 223-232.

Francis, T. R. and Kannenberg, L. W. 1978. Yield stability studies in short-season maize. A descriptive method for genotypes. Canadian Journal of Plant Science, 58: 1029-1034.

Huang, B. and Jiang, Y. 2004. Physiological and biochemical responses of plant to drought and heat stress. In: Crop improvement: Challenges in The Twenty First Century. Kang, M. S. (2th ed.). 7: 287-313. Food Product Press.

Kang, M. S. 1988. A rank-sum method for selecting high yielding, stable corn genotypes. Cereal Research Communication, 16: 113-115.

Kramer, P. J. 1969. Plant and soil water relationships. Amodern synthesis mc crow - Hill. Inc New York.

Mackay, D. C. and Evans, A. 1962. The influence of irrigation treatments on yields and on fertilizer utilization by sweet corn and snap beans. Canadian Journal of Plant Science, 42: 219-228.

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

Ozer, H., Oral, E. and Dogru, Ü. 1999. Relationships between yield and yield components on currently improved spring rapeseed cultivars. Journal of Agriculture and Forestry, 23: 603-609.

Rajaram, S., Braun, H. J. and Ginkel, M. 1996. CIMMYT's approach to breed for drought tolerance. Euphytica, 92: 147-153.

Ramirez-Vallejo, P. and Kelly, J. D. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. Journal of Euphytica, 99 (6): 127-136.

Saxena, C. M., Silim, S. N. and Singh, B. K. 1990. Effect of supplementary irrigation during reproductive growth on winter and spring chickpea (*Cicer arientum* L.) in a Mediterranean environment. Journal of Agricultural Science, 114: 285-293.

Shenkut, A. A. and Brick, M. A. 2003. Traits associated with dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.) productivity under diverse soil moisture environments. Euphytica, 133 (3): 339-347.

Singh, S. H. 2007. Drought resistance in the race Durango dry bean landraces and cultivars. Agronomy, 99: 1919-1225.

Yordanov, L., Velikova, V. and Tsonev, T. 2003. Plant response to drought and stress tolerance. Plant Physiology, 3: 187-206.

Identification of Effective Traits on Grain Yield Improvement in Bean Cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) Under Different Moisture Stress Conditions

Jafari[1], M., Moosavi[2*], S. S., Abdollahi[3], M. R. and Chaichi[4], M.

Abstract

In order to identify the most important effective traits on grain yield and to evaluated the genetic diversity of 9 bean cultivars, three separated experiments, were conducted at three conditions of normal, moisture stress before podding and moisture stress after podding, based on randomized complete block design with three replications. Results showed that the difference between the cultivars was significant for all traits, except seed number per plant. Result also indicate that the cultivars had different genetic potential in different moisture conditions. The maximum grain yield belonged to Daneshkade and Dorsa cultivars and the minimum to Sayad and Goli in three conditions. Total grain yield was significantly reduced through the transition from non-moisture stress to moisture stress condition. Indicating the significant effect of moisture stress on grain yield. In fact, the effect of different moisture conditions was significant on the majority of traits, except the traits of days to 50% podding, days from planting to maturity and harvest index. Correlation results indicated that the traits of pod weight per plant, biological yield, pods number per plant, seed number per plant, harvest index, 100-kernel weight and seed filling period had significant and positive correlation with grain yield. The results of stepwise regression showed that the traits of pod weight per plant, harvest index, biological yield and number of pods per plant were the most important effective traits on economic yield. The highest genotypic and phenotypic variation coefficient belonged to pods per plant in all conditions.

Keywords: Genetic diversity, Genotypic variation coefficient, Phenotypic variation coefficient, Stepwise regression, yield

1, 2 and 3. MSc Student, Assistant Professor and Associate Professor, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan

4. Research Instructor, Department of Seed and Plant Improvement Research, Hamedan Agricultural and Natural Resources, Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Hamedan, Iran

*: Corresponding author Email: s.moosavi@basu.ac.ir