مجله علمی‌پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان
سال پنجم، شماره یازدهم، تابستان ۱۳۹۵، صفحه ۴۵ـ۵۶

اثر شدت و زمان تنش خشکی بر ویژگی‌های زراعی دو رقم لوبیا

محمد رفیعی‌الحسینی[۱]، فرود صالحی[۲*] و مرضیه مظهری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۱۴ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۶/۱۴**

چکیده

به‌منظور بررسی شدت و زمان تنش خشکی بر ویژگی‌های زراعی و تحمل خشکی دو رقم لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، آزمایشی به‌صورت اسپیلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه شهرکرد طی سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ اجرا شد. تیمارهای تنش خشکی در مراحل رشد رویشی (V_4)، گل‌دهی (R_5) و پرشدن غلاف (R_7) و مقادیر آب آبیاری ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰درصد آبیاری کامل در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف در لوبیاچیتی تلاش با آبیاری ۸۰درصد بود. بیشترین وزن صد دانه مربوط به لوبیاچیتی تلاش و سفید دانشکده در آبیاری ۸۰درصد بود. بیشترین وزن صد دانه از تنش در مرحلهٔ پرشدن غلاف آمد. بیشترین تعداد غلاف در بوته از لوبیاچیتی تلاش با آبیاری ۱۰۰درصد در مرحلهٔ رویشی و کمترین تعداد غلاف در بوته از لوبیاسفید دانشکده با آبیاری ۶۰درصد در مرحلهٔ گل‌دهی حاصل شد. بیشترین عملکرد دانه از لوبیاچیتی تلاش با آبیاری ۸۰درصد در مرحلهٔ پرشدن غلاف به‌دست آمد. همچنین از نظر مقاومت به خشکی در دو رقم لوبیا، شاخص‌های تحمل (TOL) و حساسیت به تنش (SSI) تفاوت معنی‌داری نشان دادند.

کلمات کلیدی: تحمل به تنش، شاخص‌های تحمل خشکی، لوبیا، مراحل رشد، میزان آب آبیاری.

---

۱. استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، دانشگاه شهرکرد
۲. استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، شهرکرد، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، نویسنده مسئول/ Email: foroud_salehi@yahoo.com
۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، دانشگاه شهرکرد

مقدمه

در محیط‌های طبیعی عوامل زنده و غیرزنده، رشد گیاهان عالی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بین این عوامل تنش خشکی مهم‌ترین عامل غیرزندهٔ محدودکنندهٔ رشد و تولید گیاهان در جهان به‌شمار می‌آید (فلکساس[1] و همکاران، ۲۰۰۴).

هرچند کشاورزان تمایل دارند که از حداکثر آب برای آبیاری با هدف تولید استفاده کنند، در اقلیم آب‌وهوایی خشک و نیمه‌خشک ایران، حتی در شرایط عدم محدودیت آب نیز آبیاری زیاد منطقی به‌نظر نمی‌رسد؛ بنابراین در چنین شرایطی باید کارایی مصرف آب را در مزرعه بهینه کرد (ماتونت[2]، ۲۰۰۲). کم‌آبیاری یک راهبرد بهینه‌سازی است. در این راهبرد به‌صورت هدفمند به گیاه اجازه داده می‌شود تا درجاتی از کم‌آبی و کاهش عملکرد را تحمل کند (انگلیش و راجا[3]، ۱۹۹۶). روش کم‌آبیاری به‌طور گسترده در نواحی مواجه با کم‌آبی مورد استفاده قرار گرفته است. این روش می‌تواند به‌منظور نیل به بیشترین تولید یا توسعهٔ پایدار منطقه‌ای فرآورده‌های کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۵؛ گرتس و رایز[4]، ۲۰۰۹).

اگرچه لوبیا[5] گونه‌ای مقاوم در برابر خشکی نیست، در طیف وسیعی از زیستگاه‌ها که در معرض خشکی‌های فصلی و نوسانات گستردهٔ رطوبت خاک در سال‌های مختلف قرار دارند، رشد می‌کند (پسرکلی[6]، ۲۰۰۱). تنش رطوبتی در نواحی خشک (بارش سالانه <۲۵۰ میلی‌متر)، نیمه‌خشک (۲۵۰–۵۰۰ میلی‌متر)، و یا مناطق نیمه‌مرطوب (۵۰۰–۱۵۰۰ میلی‌متر) رخ می‌دهد (استفنز[7]، ۱۹۹۴). در این مناطق، هرجا که تولید لوبیا به الگوهای نامنظم توزیع بارش بستگی داشته باشد، کمبود آب ممکن است بیش از یک بار در طول چرخهٔ رشد محصول رخ دهد. شدت و طول مدت تنش، تعیین‌کنندهٔ درجه کاهش عملکرد نسبت به پتانسیل محصول است. علاوه بر این، هنگامی که یک دورهٔ خشکی (۲ تا ۳ هفته) همزمان با گل‌دهی اتفاق افتد، کاهش عملکرد قابل‌توجهی رخ می‌دهد. ارقام لوبیای سازگار به خشکی، آب کمتری برای آبیاری نیاز دارند و درنتیجه، به حفاظت از منابع طبیعی کمک می‌کنند. فصل رشد کوتاه نیز آب مورد نیاز را به میزان کمتری از دیگر گونه‌های سازگار به خشکی کاهش می‌دهد (پسرکلی، ۲۰۰۱).

خوشوقتی و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی آبیاری محدود بر روند رشد و عملکرد دانهٔ ارقام لوبیاچیتی نشان دادند که با تشدید کمبود آب، عملکرد دانه به‌طور چشمگیری کاهش یافت. میزان تولید مادهٔ خشک، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی ودرصد پوشش سبز نیز با افزایش تنش کاهش یافتند. فرامرزی و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی تنش خشکی در ارقام لوبیاچیتی نشان دادند که مراحل گل‌دهی، غلاف‌بندی و پرشدن دانه، بیشترین واکنش را به تنش خشکی نشان دادند و تنش در مرحلهٔ غلاف‌بندی باعث کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به سایر مراحل شد. بیات و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی تنش خشکی در لوبیاچیتی نشان دادند که زیست‌توده، عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه و شاخص برداشت با افزایش تنش کاهش یافتند. کوهی و خدام‌باشی (۲۰۰۸) نشان دادند که تنش در مرحلهٔ زایشی سبب کاهش عملکرد دانه لوبیا شد. نصیرزاده و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که تنش خفیف خشکی در هر دو مرحلهٔ رویشی و زایشی موجب کاهش عملکرد دانه شد و عملکرد دانه لوبیا در مرحلهٔ زایشی، بیش از مرحلهٔ رویشی به رطوبت وابسته بود. کمبود آب باعث عدم تکامل ساختارهای زایشی یا ریزش آن‌ها در لوبیا می‌شود؛ بنابراین تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته را کاهش می‌دهد (سینگ[8]، ۲۰۰۷). سزبلاگی[9] (۲۰۰۳) بیان کرد که تعداد غلاف در بوته تا ۶۰درصد، تعداد دانه در غلاف تا ۲۶درصد و وزن صد دانه تا ۱۳درصد در اثر تنش خشکی در لوبیا کاهش یافتند.

1. Flexas
2. Moutonnet
3. English and Raja
4. Geerts and Raes
5. Phaseolus vulgaris L.
6. Pessarakli
7. Stephens
8. Singh
9. Szilagyi

پایداری عملکرد یک ژنوتیپ از طریق عدم تغییرات قابل ملاحظهٔ اثر متقابل ژنوتیپ با محیط وقتی که شرایط محیطی ثابت نباشد، ارزیابی می‌شود. شاخص‌های متفاوتی برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی مختلف و تعیین مقاومت و حساسیت آن‌ها در شرایط محیطی مختلف ارائه شده است (انتز و فلاور[1]، ۱۹۹۱). هرچه مقدار شاخص حساسیت به تنش[2](SSI) کمتر باشد، آن ژنوتیپ مقاومت بیشتری به تنش دارد (فیشر و مائورر[3]، ۱۹۷۸). انتخاب براساس شاخص SSI باعث گزینش ارقام متحمل به خشکی و با عملکرد کم می‌شود (فرناندز[4]، ۱۹۹۲). شاخص تحمل[5](TOL) و شاخص متوسط محصول‌دهی[6](MP) از شاخص‌های دیگری هستند که در مطالعات تنش مورد بررسی قرار می‌گیرند. هرچه شاخص تحمل کوچک‌تر باشد، نشان‌دهندهٔ نزدیک‌تر بودن عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو محیط تنش و بدون تنش است. انتخاب براساس این شاخص‌ها باعث انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌شود که در شرایط تنش عملکرد بالایی دارند، ولی پتانسیل عملکردشان به‌طور کلی کم است (روسیله و هامبلین[7]، ۱۹۸۱). شاخص تحمل به تنش[8](STI) و شاخص میانگین هندسی محصول‌دهی[9](GMP) نیز جزء شاخص‌های انتخاب‌اند که مقادیر بالای هر دوی این شاخص‌ها نشان‌دهندهٔ تحمل بالاتر به خشکی است (فرناندز، ۱۹۹۲). محتشمی و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی مدیریت آبیاری لوبیا نشان دادند که تودهٔ محلی ازنا از شاخص تحمل بیشتری برخوردار بود و کاهش عملکرد کمتری در اثر تنش خشکی داشت. اسدی و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی شاخص‌های تحمل به خشکی در لوبیاچیتی نشان دادند که بیشترین تأثیر خشکی بر تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه بود و آن‌ها بیان کردند که شاخص‌های MP، GMP و STI بهترین شاخص‌ها برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش بودند.

براساس آخرین آمار در سال ۱۳۹۲ سطح زیر کشت انواع لوبیا در ایران ۱۱۴۴۰۱ هکتار و تولید آن ۱۸۹۹۹۹ تن دانه بوده و میانگین عملکرد لوبیای آبی در کشور ۱۶۷۰/۳ و لوبیای دیم ۱۳۵۲/۷ کیلوگرم در هکتار است. سرانهٔ مصرف سالانهٔ لوبیا در ایران کمتر از ۱۰ کیلوگرم در سال است (صالحی، ۲۰۱۵ الف). ازآنجایی‌که آب در کشورهای خشک و نیمه‌خشکی مانند ایران، مهم‌ترین عامل محدودکنندهٔ توسعه کشاورزی به‌شمار می‌آید، مدیریت مناسب آن بر سایر نهاده‌های یک مزرعه از اهمیت قابل‌توجهی برخوردار است. به این ترتیب، هدف از انجام پژوهش حاضر تعیین راهبرد آبیاری مناسب در شرایط تنش آبی برای تولید لوبیا بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد (۳۲ درجه و ۱۸ دقیقهٔ عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۵۶ دقیقهٔ طول شرقی با ارتفاع ۲۰۶۶ متر از سطح دریا) اجرا شد. قبل از کاشت برای تعیین خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش و نیز توصیهٔ کودی، از قطعه‌زمین مورد نظر نمونه‌گیری خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر و به‌صورت حرکت زیگزاگ در مزرعه صورت گرفت. سپس نمونه‌ها مخلوط شده و یک نمونهٔ مرکب به آزمایشگاه ارسال شد. زمین پس از شخم، دیسک و نیز مصرف سم علف‌کش پیش کاشت (ترفلان)، آمادهٔ کشت شد.

آزمایش به‌صورت اسپیلیت پلات فاکتوریل با سه تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد که در آن، دو رقم لوبیا (لوبیاچیتی رقم تلاش و لوبیاسفید رقم دانشکده) به‌عنوان فاکتور اصلی و سه زمان اعمال تنش و سه میزان آبیاری به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. در این پژوهش، مقادیر تیمارهای تنش آبی در سه سطح ۱۰۰درصد (آبیاری کامل)، ۸۰ و ۶۰درصد نیاز آبی بود و مراحل اعمال تیمارهای تنش شامل تنش در مرحلهٔ رشد رویشی (V_4)، تنش در مرحلهٔ گل‌دهی (R_5) و تنش در

1. Entz and Flower
2. Stress Susceptibility Index
3. Fischer and Maurer
4. Fernandez
5. Tolerance Index
6. Mean Productivity
7. Rosielle and Hamblin
8. Stress Tolerance Index
9. Geometric Mean Productivity

مرحلهٔ پر شدن غلاف (R_7) بودند. هر کرت آزمایشی شامل سه ردیف کاشت به فاصلهٔ ۵۰ سانتی‌متر و به طول ۵ متر بود. فاصلهٔ بوته‌ها روی ردیف پنج سانتی‌متر در نظر گرفته شد، به‌طوری‌که تراکم ۴۰ بوته در مترمربع رعایت شود. به‌منظور ارزیابی تأثیر تنش آبی در مراحل مختلف رشد گیاه لوبیا، تنش فقط در همان مرحله انجام و در سایر مراحل، آبیاری به‌طور کامل انجام شد. عملیات زراعی از قبیل واکاری، تنک، مبارزه با علف‌های هرز و آفات و بیماری‌ها در تمام تیمارها به‌صورت یکسان صورت گرفت. برداشت از ردیف میانی با حذف اثر حاشیه‌ای انجام گرفت. از هر کرت آزمایشی، پنج بوته به‌طور تصادفی از سطح خاک به‌طور کامل برداشت و برای اندازه‌گیری صفاتی مانند وزن خشک بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه و عملکرد اقتصادی به آزمایشگاه منتقل شد.

برای به‌دست آوردن رقم متحمل به خشکی از شاخص‌های SSI، STI، TOL ، MP و GMP طبق روابط یک تا پنج استفاده شد. در این روابط، Yn عملکرد دانه در شرایط بدون تنش، Ys عملکرد دانه در شرایط تنش، $\hat{Y}n$ میانگین عملکرد کل دانه در شرایط بدون تنش و $\hat{Y}s$ عملکرد کل دانه در شرایط تنش است.

$$SSI=(1-(ys/yn)) /D \qquad D= (1-(\hat{Y}s/\hat{Y}n)) \quad (۱)$$

$$STI = (yn \times ys) / (\hat{Y}n)^2 \quad (۲)$$

$$TOL = yn - ys \quad (۳)$$

$$MP = (ys + yn) / 2 \quad (۴)$$

$$GMP= \sqrt{yn \times ys} \quad (۵)$$

پس از جمع‌بندی و مرتب کردن داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و براساس آزمون توکی، نتایج مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند و محاسبهٔ شاخص‌های متحمل به خشکی با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج

الف. عملکرد و اجزای عملکرد دانه

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که اثر میزان آب مصرفی بر همهٔ صفات مورد بررسی، اثر رقم بر تعداد غلاف در بوته و وزن خشک بوته و برهمکنش رقم و تنش آبی بر همهٔ صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسهٔ میانگین تعداد غلاف در بوته نشان داد که تیمار ۱۰۰درصد آبیاری در لوبیاچیتی تلاش بیشترین تعداد غلاف را به خود اختصاص داد و کمترین تعداد غلاف نیز مربوط به لوبیاسفید دانشکده در شرایط آبیاری ۶۰درصد بود. از نظر تعداد غلاف شرایط ۱۰۰درصد آبیاری در لوبیاسفید دانشکده و ۸۰درصد آبیاری در لوبیاچیتی تلاش در رتبهٔ دوم گرفتند (جدول ۲). بررسی نتایج جدول (۲) نشان داد که در شرایط ۸۰ و ۶۰درصد آبیاری بین تعداد غلاف لوبیاسفید دانشکده و چیتی تلاش تفاوت معنی‌داری وجود نداشت.

بررسی جدول (۲) نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف در لوبیای چیتی تلاش مربوط به شرایط آبیاری ۸۰درصد بود و در لوبیاسفید دانشکده از نظر تعداد دانه در غلاف بین آبیاری کامل و شرایط آبیاری ۸۰درصد از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. کمترین تعداد دانه در غلاف در دو رقم لوبیاسفید دانشکده و چیتی تلاش مربوط به چیتی تلاش در شرایط ۱۰۰درصد آبیاری بود. همچنین بررسی جدول (۲) نشان داد که نه‌تنها صفت تعداد دانه در مراحل مختلفی از رشد گیاه و شرایط متفاوت تنش آبی در دو رقم لوبیا تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهد، بلکه در لوبیاچیتی تلاش شرایط آبیاری ۸۰درصد بر ۱۰۰درصد برتری پیدا کرده است.

جدول (۱): تجزیهٔ واریانس مرکب عوامل مورد بررسی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو رقم لوبیا در سال‌های ۱۳۹۲ـ۱۳۹۳

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه	وزن خشک بوته	عملکرد دانه
سال(Y)	۱	۰/۰۳ ns	۰/۱۴ ns	۰/۳۱ ns	۷۲۴/۰۶ ns	۲۹۷۵۱۶/۰۱ *
خطای سال (e_1)	۴	۷۶/۴۹	۰/۱۲	۴/۰۷	۳۳۹/۱۷	۲۷۴۶۵۶/۰۲
رقم (V)	۱	۲۱۵۱/۱۴**	۰/۵۹ ns	۵/۸۲ ns	۳۶۵۳۱/۳۶ **	۳۴۳۷۴۶/۷۵ ns
سال × رقم (YV)	۱	۰/۳۳ ns	۰/۱۴ns	۰/۳۰ ns	۴۲۹/۴۴ ns	۳۳۳۵۲۰۷/۷۹ *
خطای اصلی (e_2)	۴	۷۴/۷۶	۰/۱۲	۲/۰۶	۳۸۷/۰۹	۴۱۹۷۸۶/۸۵
مرحلهٔ رشد (S)	۲	۵۳۴/۳۳**	۲/۲۵ **	۳۹/۸۸ **	۱۶۳/۶۶ **	۱۵۱۲۳۱۱/۵۸ **
سال × مرحلهٔ رشد (YS)	۲	۵۵/۲۹**	۰/۲۵ ns	۳/۴۷ ns	۳۲۹/۸۴ **	۱۴۳۶۹۹/۷۳ ns
آبیاری (I)	۲	۳۱۰۶/۷۶**	۳/۳۴ **	۳۷۷/۰۷ **	۱۹۲۳۷/۰۹ **	۱۲۰۹۷۹۰۱/۰۸**
سال × آبیاری (YI)	۲	۰/۲۳ ns	۰/۰۰ ns	۰/۰۶ ns	۰/۰۰ ns	۳۸۰۸۶/۸۴ ns
رقم × مرحلهٔ رشد (VS)	۲	۲۷/۱۴ **	۰/۷۱ *	۱۹/۶۲ **	۱۲۶۵/۰۵ **	۴۷۴۱۱۲/۸۶**
سال × رقم × مرحلهٔ رشد (YVS)	۲	۴۸/۷۷ **	۰/۰۳ ns	۳/۵۳ ns	۳۶۶/۵۰ **	۴۵۹۸۴۹/۹۰ **
رقم × آبیاری (VI)	۲	۶۰/۵۶**	۲/۵۶ **	۰/۲۶ *	۲۴۱۹/۵۴ **	۴۲۱۸۱۳/۳۶ **
سال× رقم × آبیاری (YVI)	۲	۰/۱۹ ns	۰/۰۰ ns	۰/۰۶ ns	۱/۶۷ ns	۴۵۰۷۰۶/۰۱ **
مرحلهٔ رشد × آبیاری (SI)	۴	۵۷/۰۸ **	۱/۰۹ **	۷۴/۰۳ **	۹۰۰/۲۶ **	۱۷۶۵۱۷/۵۴ **
سال × مرحلهٔ رشد × آبیاری (YSI)	۴	۹/۲۸ ns	۰/۴۵ ns	۱۴/۰۲ **	۵۶/۵۳ *	۱۶۷۹۲۵/۱۱*
رقم × مرحلهٔ رشد × آبیاری (VSI)	۴	۱۴/۴۸ **	۱/۰۹ **	۵/۴۸ ns	۲۰۶۹/۲۳ ns	۱۵۱۶۹۵/۱۸ *
سال× رقم× مرحلهٔ رشد×آبیاری (YVSI)	۴	۴/۸۸ ns	۰/۳۹ ns	۱۳/۹۲ **	۶۶/۸۰*	۱۲۲۳۹۷/۹۱ ns
خطای فرعی	۶۴	۴/۴۳	۰/۲۰	۳/۹۶	۲۳/۳۹	۳۳۶۷۸/۷۱

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک‌درصد، معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد و عدم معنی‌دار در سطوح فوق.

وزن صد دانه لوبیا تحت اثر تیمارهای تنش آبی و رقم قرار گرفت (جدول ۲). نتایج بررسی مقایسهٔ میانگین‌های وزن صد دانه نشان داد که بیشترین وزن صد دانه مربوط به لوبیاچیتی تلاش و سفید دانشکده در شرایط ۸۰درصد آبیاری و کمترین وزن صد دانه مربوط به لوبیاسفید دانشکده و چیتی تلاش در شرایط ۶۰درصد آبیاری بود (جدول ۲). اثر برهمکنش رقم و میزان آب مصرفی بر وزن خشک بوته بسیار معنی‌دار بود، به‌طوری‌که بیشترین وزن خشک مربوط به رقم لوبیاچیتی تلاش در آبیاری کامل و کمترین وزن خشک مربوط به لوبیاسفید دانشکده در ۶۰درصد آبیاری بود (جدول ۲). تنش به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه را در هر دو رقم لوبیا در شرایط ۶۰درصد آبیاری کاهش داد (جدول ۲). گرچه در لوبیاسفید دانشکده ابتدا با کاهش جزئی مصرف آب عملکرد دانه افزایش یافت، با تنش شدید خشکی میزان عملکرد دانه به‌شدت کاهش یافت.

بررسی جدول (۳) نشان داد که بیش‌ترین تعداد دانه در غلاف مربوط به تنش در مرحلهٔ گل‌دهی بود و مراحل رشد رویشی و پرشدن غلاف تفاوتی نداشتند. کمترین تعداد دانه در غلاف با تنش در مرحلهٔ رشد رویشی به‌دست آمد. وزن صد دانه لوبیا تحت اثر تنش در مرحلهٔ رشد قرار گرفت و بیشترین وزن صد دانه از تنش در مرحلهٔ پرشدن غلاف و کمترین آن از تنش در مرحلهٔ گل‌دهی به‌دست آمد که با مرحلهٔ رویشی تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۳). نتایج برهمکنش مرحلهٔ رشد و میزان تنش نشان داد که بیشترین وزن صد دانه از تنش در مرحلهٔ پرشدن غلاف و در میزان آب آبیاری ۸۰درصد به‌دست آمد (جدول ۳).

جدول (۲): مقایسهٔ میانگین برهمکنش رقم و تنش آبی بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، وزن خشک بوته و عملکرد دانه لوبیا در منطقهٔ شهرکرد در سال‌های ۱۳۹۲ـ۱۳۹۳

صفت مورد مطالعه	نوع لوبیا	میزان آبیاری (درصد)			
		۱۰۰	۸۰	۶۰	میانگین
تعداد غلاف در بوته	لوبیاچیتی تلاش	۴۳/۷۷ a	۳۸/۶۱ b	۲۷/۸۳c	۳۶/۷A
	لوبیاسفید دانشکده	۳۷/۷۷b	۲۸/۷۷c	۱۶/۸۸d	۲۷/۸B
	میانگین	۴۰/۸A	۳۳/۷B	۲۲/۴C	
تعداد دانه در غلاف	لوبیاچیتی تلاش	۳/۳۸ c	۴/۴۴ a	۳/۷۲ bc	۴A
	لوبیاسفید دانشکده	۴/۱۱ b	۴/۱۱ b	۳/۷۷ bc	۳/۹A
	میانگین	۳/۸B	۴/۳A	۳/۸B	
وزن صد دانه (گرم)	لوبیاچیتی تلاش	۳۲/۹۳ b	۳۸/۱۴ a	۳۲/۱۲ b	۳۴/۴A
	لوبیاسفید دانشکده	۳۲/۹۷ b	۳۷/۵۵ a	۳۱/۵۶ b	۳۳/۹A
	میانگین	۳۲/۸B	۳۷/۸A	۳۱/۸B	
وزن خشک (گرم بر بوته)	لوبیاچیتی تلاش	۱۴۷/۷۴ a	۱۰۰/۴۵ b	۹۳/۸۶ b	۱۱۴/۱A
	لوبیاسفید دانشکده	۹۴/۲۶ b	۷۹/۷۶ c	۵۷/۶۷ d	۷۷/۲B
	میانگین	۱۲۱/۰A	۹۰/۱B	۷۵/۸C	
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	لوبیاچیتی تلاش	۱۷۹۶/۹ a	۲۱۳۲/۶ a	۹۹۸/۳ b	۱۶۴۲/۶A
	لوبیاسفید دانشکده	۱۹۱۸/۷ a	۱۸۲۷/۸ a	۸۴۲/۸ b	۱۵۲۹/۸A
	میانگین	۱۸۵۷/۸A	۱۹۸۰/۲A	۹۲۰/۶B	

در هر صفت حروف مشابه (حروف کوچک برهمکنش‌ها و حروف بزرگ اثرات اصلی) بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح پنج‌درصد (آزمون توکی) است.

اثر برهمکنش مرحلهٔ رشد و میزان آب مصرفی بر وزن خشک بوته، بسیار معنی‌دار بود، به‌طوری‌که بیشترین وزن خشک مربوط به آبیاری کامل در مرحلهٔ رشد رویشی و کمترین وزن خشک مربوط به تنش در مرحلهٔ رشد رویشی و ۶۰درصد آبیاری بود (جدول ۳). برهمکنش مراحل رشد و تنش آبی معنی‌دار بود، به‌طوری‌که کمترین عملکرد دانه از ۶۰درصد آبیاری در مرحلهٔ گل‌دهی به‌دست آمد و بیشترین عملکرد دانه از ۸۰درصد آبیاری در مرحلهٔ پرشدن غلاف حاصل شد (جدول ۳). تنش در مرحلهٔ گل‌دهی بیشترین اثر منفی را بر عملکرد دانه لوبیا داشت (جدول ۳).

برهمکنش سه‌گانهٔ رقم لوبیا در مرحلهٔ رشد در میزان آب آبیاری بر صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین تعداد غلاف در بوته از لوبیاچیتی تلاش با ۱۰۰درصد آبیاری در مرحلهٔ رویشی به‌دست آمد و کمترین تعداد غلاف در بوته از لوبیاسفید دانشکده با ۶۰درصد آبیاری در مرحلهٔ گل‌دهی حاصل شد (جدول ۴). بیشترین تعداد دانه در غلاف از لوبیاچیتی تلاش با ۸۰ درصد آبیاری در مرحلهٔ گل‌دهی به‌دست آمد و کمترین تعداد دانه در غلاف از لوبیاچیتی تلاش با ۶۰درصد آبیاری در مرحلهٔ رویشی حاصل شد (جدول ۴). بیشترین عملکرد دانه از لوبیاچیتی تلاش با ۸۰ درصد آبیاری در مرحلهٔ پرشدن غلاف به‌دست آمد و کمترین عملکرد دانه از لوبیاسفید دانشکده با ۶۰درصد آبیاری در مرحلهٔ پرشدن غلاف حاصل شد (جدول ۴).

ب. حساسیت به خشکی

با محاسبهٔ بالاترین عملکرد (yn)، عملکـرد در شـرایط تـنش (ys) و شاخص‌های مختلف مقاومت بـه خشـکی، مشـخص شد که تفاوت معنی‌داری بین دو رقم لوبیـا از نظـر شـاخص تحمل (TOL) و شاخص حساسیت بـه تـنش (SSI) وجـود دارد (جدول ۵).

جدول (۳): مقایسهٔ میانگین برهمکنش مرحلهٔ رشد و تنش آبی بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، وزن خشک بوته و عملکرد دانه لوبیا در منطقهٔ شهرکرد در سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۹۲

صفت مورد مطالعه	مرحلهٔ تنش	میزان آبیاری (درصد)			
		۱۰۰	۸۰	۶۰	میانگین
تعداد غلاف در بوته	رشد رویشی	۴۳/۲^{a}	۳۸/۳ ^{b}	۲۲/۵^{d}	۳۶/۷A
	گل‌دهی	۳۷/۰^{b}	۲۷/۰^{c}	۱۹/۵^{e}	۲۷/۸B
	پرشدن غلاف	۴۲/۲^{a}	۳۵/۷^{b}	۲۵/۱^{cd}	۳۴/۳A
	میانگین	۴۰/۸A	۳۳/۷B	۲۲/۴C	
تعداد دانه در غلاف	رشد رویشی	۳/۶ ^{b}	۴/۰ ^{b}	۳/۴ ^{b}	۳/۷B
	گل‌دهی	۳/۷ ^{b}	۴/۸ ^{a}	۴/۰ ^{b}	۴/۲A
	پرشدن غلاف	۴/۰^{b}	۴/۰^{b}	۳/۸^{b}	۳/۹A
	میانگین	۳/۸B	۴/۳A	۳/۸B	
وزن صد دانه (گرم)	رشد رویشی	۳۲/۴ ^{cd}	۳۷/۳ ^{b}	۳۲/۱ ^{cd}	۳۴/۴B
	گل‌دهی	۳۳/۴ ^{cd}	۳۴/۳ ^{c}	۳۲/۱ ^{cd}	۳۳/۹B
	پرشدن غلاف	۳۲/۶^{cd}	۴۲/۰^{a}	۳۱/۳^{d}	۳۵/۳A
	میانگین	۳۲/۸B	۳۷/۸A	۳۱/۸B	
وزن خشک (گرم بر بوته)	رشد رویشی	۱۳۳/۹^{a}	۸۴/۶^{d}	۷۳/۲^{f}	۹۷/۳A
	گل‌دهی	۱۱۳/۴^{b}	۹۲/۲^{c}	۷۳/۹^{ef}	۹۳/۲B
	پرشدن غلاف	۱۱۵/۶^{b}	۹۳/۴^{c}	۸۰/۱^{de}	۹۶/۴A
	میانگین	۱۲۱/۰A	۹۰/۱B	۷۵/۸C	
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	رشد رویشی	۱۸۹۴/۰^{bc}	۲۰۵۰/۸^{ab}	۹۱۰/۷^{d}	۱۶۱۸/۵B
	گل‌دهی	۱۶۴۶/۲^{c}	۱۶۲۱/۲^{c}	۸۳۳/۵^{d}	۱۳۶۷/۰C
	پرشدن غلاف	۲۰۳۳/۲^{ab}	۲۲۶۸/۶^{a}	۱۰۱۷/۵^{d}	۱۷۷۳/۱A
	میانگین	۱۸۵۷/۸A	۱۹۸۰/۲A	۹۲۰/۶B	

در هر صفت حروف مشابه (حروف کوچک برهمکنش‌ها و حروف بزرگ اثرات اصلی) بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح پنج‌درصد (آزمون توکی) است.

جدول (۴): مقایسهٔ میانگین برهمکنش رقم در مرحلهٔ رشد در تنش آبی بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه لوبیا در منطقهٔ شهرکرد در سال‌های ۱۳۹۲ـ۱۳۹۳

نوع لوبیا	مرحلهٔ تنش	میزان آبیاری (درصد)	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
چیتی تلاش	رشد رویشی	۱۰۰	۴۶/۸^{a}	۳/۳^{de}	۱۹۱۹/۰^{bc}
		۸۰	۴۳/۲^{ab}	۴/۰^{bcd}	۲۰۹۱/۲^{ab}
		۶۰	۲۷/۰^{efg}	۳/۰^{e}	۸۹۴/۸^{e}
	گل‌دهی	۱۰۰	۳۹/۵^{bc}	۳/۳^{de}	۱۰۵۱/۰^{cd}
		۸۰	۳۰/۲^{def}	۵/۳^{a}	۱۶۷۲/۲^{bcd}
		۶۰	۲۴/۸^{fg}	۴/۰^{bcd}	۸۲۷/۷^{e}
	پرشدن غلاف	۱۰۰	۴۵/۰^{ab}	۳/۵^{cde}	۱۹۷۰/۷^{bc}
		۸۰	۴۲/۵^{ab}	۴/۰^{bcd}	۲۶۳۴/۵^{a}
		۶۰	۳۱/۷^{de}	۴/۲^{bcd}	۱۲۷۱/۵^{de}
سفید دانشکده	رشد رویشی	۱۰۰	۳۹/۵^{bc}	۳/۸^{bcde}	۱۸۶۹/۰^{bc}
		۸۰	۳۳/۵^{cd}	۴/۰^{bcd}	۲۰۱۰/۵^{bc}
		۶۰	۱۸/۰^{hi}	۳/۸^{bcde}	۹۲۶/۵^{e}
	گل‌دهی	۱۰۰	۳۴/۵^{cd}	۴/۰^{bcd}	۱۷۹۱/۵^{bcd}
		۸۰	۲۳/۸^{gh}	۴/۳^{bc}	۱۵۷۰/۳^{bcd}
		۶۰	۱۴/۲^{i}	۴/۰^{bcd}	۸۳۸/۳^{e}
	پرشدن غلاف	۱۰۰	۳۹/۳^{bc}	۴/۵^{ab}	۲۰۹۵/۷^{ab}
		۸۰	۲۹/۰^{defg}	۴/۰^{bcd}	۱۹۰۲/۷^{bc}
		۶۰	۱۸/۵^{hi}	۳/۵^{cde}	۷۶۳/۵^{e}

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح پنج‌درصد (آزمون توکی) است.

جدول ۵- برآورد پایداری عملکرد و پتانسیل عملکرد ارقام لوبیا در شرایط تنش آبی

ارقام لوبیا	STI	MP	GMP	TOL	SSI
سفید دانشکده	۰/۷۶ ^{a}	۱۶۲۷ ^{a}	۱۵۵۹/۳ ^{a}	۶۶۳/۴۴ ^{a}	۱/۴۹ ^{b}
چیتی تلاش	۰/۸۲ ^{a}	۱۶۸۱/۲۵ ^{a}	۱۶۳۱/۵۱ ^{a}	۴۳۶/۱۹ ^{b}	۲/۱۷ ^{a}

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح پنج‌درصد (آزمون توکی) است.

بحث

تعداد غلاف‌ها یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد دانه در تعیین عملکرد لوبیاست که به‌صورت ژنتیکی بوده، ولی تحت تأثیر شرایط محیطی به‌ویژه گرما و خشکی قرار می‌گیرد (صالحی، ۲۰۱۵الف). تعداد غلاف در بوته حساس‌ترین جزء عملکرد نسبت به شرایط تنش‌های محیطی از قبیل تنش رطوبتی بوده و نیز مهم‌ترین عامل محدودکنندهٔ عملکرد دانه است (دویر[1] و همکاران، ۱۹۹۱). به‌طور کلی می‌توان بیان کرد که تنش آبی می‌تواند موجب کاهش تعداد غلاف در بوته در گیاه لوبیا شود. معمولاً با تنش تعداد غلاف در بوتهٔ گیاه لوبیا کاهش می‌یابد (بونانو و مک[2]، ۱۹۸۳). کاهش فراهمی مواد فتوسنتزی یکی از دلایل کاهش تعداد غلاف در بوته است؛ زیرا تعداد غلاف در تنش خشکی بحرانی بوده و عاملی مهم برای کاهش عملکرد دانه خواهد بود. از طرف دیگر کاهش میزان آب آبیاری با افزایش ریزش در غلاف‌ها نیز همراه خواهد بود که در سویا[3] و لوبیا گزارش شده است و می‌تواند سبب کاهش تعداد غلاف در بوته شود. این ریزش می‌تواند به کاهش پتانسیل آب و افزایش تجمع ABA در اندام‌های زایشی نسبت داده شود (صالحی، ۲۰۱۵الف).

1. Dwyer

2. Bonanno and Mack
3. Glycine max

تعداد دانه در غلاف از اجزای مهم عملکرد دانه در لوبیاست که به‌صورت ارثی کنترل می‌شود، ولی تحت تأثیر محیط نیز قرار می‌گیرد (صالحی، ۲۰۱۵ الف). همچنین بررسی جدول (۲) نشان داد که نه‌تنها صفت تعداد دانه در مراحل مختلفی از رشد گیاه و شرایط متفاوت تنش در دو رقم لوبیا تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهد، بلکه در گیاه لوبیاچیتی شرایط آبیاری ۸۰درصد بر ۱۰۰درصد برتری پیدا کرده است که این می‌تواند به‌واسطهٔ کم بودن شدت تنش و بهبود سیستم ریشه‌ای در تیمار تنش باشد (ناکاگامی[1] و همکاران، ۲۰۰۴).

وزن صد دانه از اجزای مهم عملکرد دانه در لوبیاست که به‌صورت ارثی کنترل می‌شود، ولی تحت تأثیر محیط نیز قرار می‌گیرد (صالحی، ۲۰۱۵ الف). به‌طور کلی می‌توان بیان کرد که افزایش تنش موجب کاهش وزن دانه شده است که علت آن را می‌توان به تسریع پیری گیاه و کاهش ظرفیت فتوسنتزی آن مربوط دانست (همان).

در این آزمایش، میزان ماده خشک در هر بوته با افزایش تنش کاهش یافت و تنش در مرحلهٔ گل‌دهی کمترین میزان ماده خشک را داشت. نتایج پژوهش سایر محققان نیز نشان می‌دهد که تنش رطوبتی سبب کاهش وزن خشک بوته می‌شود (پاندی[2] و همکاران، ۱۹۸۴) که می‌توان علت عمدهٔ آن را به ریزش برگ ربط داد (موگابه و نیاکاتاوا[3]، ۲۰۰۰). در مرحلهٔ رشد رویشی، لوبیا به تنش خشکی با حرکت برگ، کوچک شدن برگ‌ها و ریزش آن‌ها واکنش نشان می‌دهد. از دست دادن سطح برگ و جلوگیری از گسترش شاخ و برگ سبب کاهش وزن خشک می‌شود (صالحی، ۲۰۱۵ الف).

شرایط خشک در دوره‌های گل‌دهی و پرشدن غلاف‌ها و همچنین بارندگی بیش از حد برای لوبیا در این زمان‌ها بسیار مضر است (همان). مرحلهٔ بحرانی و حساس رشد به کمبود رطوبت، گل‌دهی و اوایل غلاف‌بندی است که به‌ترتیب ۴۰ تا ۵۰درصد و ۵۰ تا ۶۰درصد از فصل رشد را در بر می‌گیرد. در دوره‌های قبل از گل‌دهی و پس از رسیدگی غلاف‌ها، لوبیا نسبتاً به خشکی متحمل است. در این زمان‌ها لوبیا می‌تواند ۵۰ تا ۶۰درصد کاهش آب خاک را بدون تأثیر قابل توجه بر عملکرد تحمل کند. ولی در طول گل‌دهی و نموی غلاف‌ها رطوبت خاک در منطقهٔ ریشه نباید بیش از ۵۰درصد (ترجیحاً ۴۰درصد) تخلیه شود تا از کاهش عملکرد جلوگیری گردد (همان).

تنش آبی به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه را در هر دو رقم لوبیا در شرایط ۶۰درصد آبیاری کاهش داد (جدول ۲). تنش خشکی یک محدودیت در سراسر جهان در تولید لوبیاست و حدود ۶۰درصد تولید لوبیا در مناطق در معرض تنش خشکی انجام می‌گیرد (صالحی، ۲۰۱۵ ب). علت تفاوت عملکرد دانه ارقام در شرایط تنش بیشتر ناشی از مقاومت در توزیع مواد خشک در شرایط تنش است (تران و سینگ[4]، ۲۰۰۲؛ سزیلاگی، ۲۰۰۳). بدیهی است با افزایش مقدار آب قابل دسترس گیاه رشد رویشی آن تحریک شده و مقدار شاخ و برگ زیادی تولید می‌کند. همچنین گیاه برای مقابله با شرایط نامساعد سعی در افزایش مواد پرورده برای بافت‌های رویشی دارد؛ بنابراین مواد فتوسنتزی کمتری در اختیار غلاف قرار می‌دهد و به شکل غیرمستقیم موجب کاهش عملکرد در لوبیا می‌شود (صالحی، ۲۰۱۵ ب). اثرات تنش آبی بر پنبه[5] و ذرت[6] در جنوب غربی ترکیه نشان داد که تیمارهای تنش به‌طور معنی‌داری عملکرد پنبه و ذرت را تحت تأثیر قرار دادند و بیشترین عملکرد از تیمارهای آبیاری کامل به‌دست آمده است (داگدلن[7] و همکاران، ۲۰۰۶). به‌طور کلی خشکی باعث کاهش قابل‌توجه عملکرد دانه لوبیا با توجه به زمان، شدت تنش و ارقام می‌شود. دلیل کاهش عملکرد دانه در تنش خشکی به اثرات نامطلوب تنش بر روی اجزای عملکرد دانه (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه و شاخص برداشت) نسبت داده شده و اهمیت نسبی اجزای عملکرد دانه در آزمایشات مختلف متفاوت بوده است (صالحی، ۲۰۱۵ الف).

از دست دادن سطح برگ مهم‌ترین سازگاری مورفولوژیک و نتیجهٔ آن، کاهش تعداد برگ، اندازهٔ برگ‌های جوان‌تر،

1. Nakagami
2. Pandey
3. Mugabe and Nyakatawa
4. Teran and Singh
5. Gossypium hirsutum
6. Zea mays
7. Dagdelen

جلوگیری از گسترش شاخ و برگ در حال توسعه و یا از دست دادن برگ‌های پیر در اثر ریزش است، که همه منجر به کاهش عملکرد دانه می‌شوند. از طریق غربالگری مزرعه‌ای، برخی از لاین‌های نسبتاً متحمل به خشکی از ژرم‌پلاسم لوبیا مانند BAT477، A195 و BAT1289 مشخص شده‌اند. برتری سازگاری BAT477 به کمبود آب از طریق تراکم بیشتر طولی ریشه و استخراج رطوبت خاک از عمق بیشتر است که منجر به تعویق از دست دادن آب گیاه می‌شود (پسرکلی، ۲۰۰۱).

تفاوت در مقاومت به خشکی (براساس عملکرد دانه) در میان ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس، اغلب مربوط به توانایی تسهیم زیست‌توده ذخیره‌ای رویشی به اندام‌های زایشی و متعاقب آن، ظرفیت ایجاد مقصدهای جدید پس از آن در شرایط تنش است. در این باره، زمانی که تنش خشکی در مرحلهٔ زایشی آغاز می‌شود، ممکن است به‌طور متفاوتی بر قدرت مقصد (برای نمونه، ظرفیت ایجاد مقصدهای جدید) ژنوتیپ‌های لوبیا در مقاومت به خشکی تأثیر بگذارد. اختلاف ژنوتیپی در قدرت مقصد ناشی از اثرات متفاوت تنش خشکی بر سنتز مواد پرورده و در دسترس بودن منبع یا در دسترس بودن مواد پرورده برای سوخت‌وساز در اندام‌های مقصد ژنوتیپ‌هاست. ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی لوبیا ممکن است میزان بالایی از فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای را نسبت به گیاهان لوبیای حساس به خشکی، هنگامی که در معرض تنش خشکی به نسبت‌های متفاوت قرار می‌گیرند، نشان دهند. اختلاف در میزان تبادل گازی بین ژنوتیپ‌های مختلف ممکن است منجر به میزان‌های مختلف سنتز مواد پرورده و در دسترس‌بودن آن برای صدور به اندام‌های مقصد شود. تنش خشکی نیز ممکن است بر تجمع مواد ذخیره‌ای دانه با محدود کردن ظرفیت مقصد دانه (برای مثال، کاهش تعداد و حجم اندامک‌های ذخیره‌سازی) تأثیر بگذارد (صالحی، ۲۰۱۵ الف).

به‌طور کلی، خشکی باعث کاهش قابل توجه عملکرد دانه لوبیا با توجه به تفاوت در زمان، شدت تنش و ارقام می‌شود. عملکرد دانه مبتنی بر تفاوت‌های ژنوتیپی برای مقاومت به خشکی در لوبیا گزارش شده است. دلیل کاهش عملکرد دانه لوبیا در تنش خشکی به اثرات نامطلوب تنش بر روی اجزای عملکرد دانه (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه و شاخص برداشت) نسبت داده شده و اهمیت نسبی اجزای عملکرد دانه بین آزمایشات مختلف، متفاوت بوده است.

در این تحقیق، با داشتن عملکرد ارقام لوبیا در شرایط بالاترین عملکرد (yn) و شرایط تنش (ys) شاخص‌های مختلف مقاومت به خشکی در دو سال محاسبه شد (جدول ۵). در ابتدا انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل بایستی براساس مقادیر بالای GMP انجام بگیرد (اشنیدر[1] و همکاران، ۱۹۹۷)؛ البته شاخص STI ازجمله شاخص‌هایی است که اختلاف عملکرد ژنوتیپ‌ها را در شرایط تنش به‌خوبی نشان می‌دهد و مقادیر بالاتر این شاخص نشان‌دهندهٔ پایداری بیشتر ارقام به تنش است (فرناندز، ۱۹۹۲). در این مطالعه، تفاوت معنی‌داری در مقایسهٔ میانگین هر دو رقم لوبیا از نظر این صفات مشاهده نشد. در پژوهش حاضر دو رقم لوبیا، در شاخص تحمل (TOL) و شاخص حساسیت به تنش (SSI) تفاوت معنی‌دار داشتند. ازآنجایی‌که لوبیاچیتی شاخص تحمل کوچک‌تر و شاخص حساسیت به تنش بزرگ‌تری دارد، نشان می‌دهد که این رقم در شرایط تنش (نسبت به حالت صددرصد آبیاری) افت بیشتری نسبت به رقم لوبیاسفید داشته است.

نتیجه‌گیری

ارقام لوبیاسفید و چیتی در شرایط تنش آبی واکنش‌های متفاوتی به میزان آب نشان می‌دهند. با توجه به ارزش آب در کشاورزی و وجود خشکسالی‌های متناوب در کشور، صرفه‌جویی در مصرف آب و استفادهٔ بهینه از آب موجود امری لازم و ضروری به‌نظر می‌رسد؛ درنتیجه می‌توان با توجه به تأثیر یکسان ۱۰۰درصد آبیاری و ۸۰درصد آبیاری در عملکرد دانه هر دو رقم لوبیا، به حذف تعدادی از آبیاری‌ها اقدام کرد. البته تنش متوسط به‌علت صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش کارآیی مصرف آب برای اغلب گیاهان مقاوم مناسب است، درحالی‌که تنش شدید، باعث صرفه‌جویی زیاد در مصرف آب می‌شود، اما منجر به کاهش عملکرد شده که ممکن است از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نباشد.

1. Schneder

منابع

1. Asadi, B., Ghadiri, A., Asteraki, H., 2013. Evaluation of drought stress tolerance indices in Chitti bean genotypes. The 5th Iranian Pulse Crops Symposium. Karaj. 334-337.
2. Bayat, A.A., Sepehri, A., Ahmadvand, G., Dorri, H.R., 2008. Effect of limited water stress on yield and yield components in Chitti bean. Paper Abstracts of 10th Iranian Crop Production and Plant Breeding. Karaj. Page 468.
3. Bonanno, A.R., Mack, H.J., 1983. Yield components and pod quality of snap bean grown under differential irrigation. Journal of American Society Horticultural Science 108:837-844.
4. Dagdelen, N., Yilmaz, E., Sezgin, F., Gorbuz T., 2006. Water yield relation and water use efficiency of cotton and season crop corn in Western Turkey. Agricultural Water Management 82:93-85.
5. Dwyer, L.M., Tollenar, M., Stwart, D. W., 1991. Changes in plant density dependence of leaf photosynthesis of maize (*Zea mays*) hybrids. Canadian Journal of Plant Science 71:1-11.
6. English, M., Raja, S.N., 1996. Review perspective on deficit irrigation. Agricultural Water Management 32:1-14.
7. Entz, M.H., Flower, O.B., 1991. Differential agronomic responses of winter wheat cultivars to pre-anthesis environmental stress. Crop Science 30:1119-1123.
8. Faramarzi, A., Jamshidi, S., Salehi, M., 2008. Study of drought stress at different growth stages on yield and yield components of three Chitti bean cultivars. Abstracts of 10th Iranian Crop Production and Plant Breeding. Karaj. Page 465.
9. Fernandez, G.C.L., 1992. Effective criteria for assessing plant stress tolerance. Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetable and other Food Crops in Temperature and Water Stress, Taiwan, Chapter 25:257-270.
10. Fischer, R.A., Maurer, R., 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. Australian Journal of Agricultural Research 29:897-912.
11. Flexas, J., Bota, J., Loreto, F., Cornic, G., Sharkey, T.D., 2004. Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C_3 plants. Plant Biology 6:269-279.
12. Geerts, S., Raes, D., 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. Agricultural Water Management 96:1275-1284.
13. Habibi, Gh., Ghanadha, M., Soohani, A., Dorri, H.R., 2006. Study of seed yield with some important agronomic traits relationships in red common bean by different methods statistics at limited irrigation condition. Agricultural Science 13(3):1-13.
14. Khoshvaghti, H., Ghasemi-Golozani, K., Zehtab-Salmasi, S., Alyari, H., 2008. Effect of limited water on growth, cover canopy and seed yield of Chitti bean cultivars. Paper Abstracts of 10th Iranian Crop Production and Plant Breeding. Karaj. Page 464-465.
15. Koohi-Dehkordi, H., Khoddambashi, M., 2008. Effect of different humidity conditions on traits related to seed yield on common bean genotypes. Paper Abstracts of 10th Iranian Crop Production and Plant Breeding. Karaj. Page 468-469.
16. Mohtashami, M., Rezaee-Sookht-Abandani, R., Mohajerani Sh., 2013. Study of two red common bean cultivar responses to planting arrangement and irrigation management with stress tolerance index. The 5th Iranian Pulse Crops Symposium. Karaj. 327-333.
17. Moutonnet, P., 2002. Yield response factors of field crops to deficit irrigation. FAO Irrigation and Drainage; Paper 22. Rome, Italy.
18. Mugabe, F.T., Nyakatawa, E.Z., 2000. Effect of deficit irrigation on wheat and opportunities of grown wheat on residual soil moisture in Southeast Zimbabwe. Agricultural Water Management 46:1111-1119.
19. Nakagami, K., Okawa, T.O., Hirasawa, T., 2004. Effect of a reduction in soil moisture from one month before flowering through ripening on dry matter production ecophysiological characteristics of wheat plants. Plant Production Science 7:143-154.
20. Nasirzadeh, L., Majnoon-Hossaini, N., Ahmadi, A., 2008. Effect of water stress and nitrogen fertilizer on yield in D81083 common bean cultivar. Paper Abstracts of 10th Iranian Crop Production and Plant Breeding. Karaj. Page 469.
21. Pandey, R.K., Herrera, W.A.T., Pendleton, J.W., 1984. Drought of grain legumes under irrigation gradient. I. Yield and yield components. Agronomy Journal 76:549-533.
22. Pessarakli, M., 2001. Handbook of plant and crop physiology. 2nd Edition. Marcel Dekker,

Inc. New York, 973p.
23. Rosielle, A.A., Hamblin, J., 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non stress environments. Crop Science 21:943-946.
24. Salehi, F., 2015a. Principles of breeding and cultivation of common bean. Agricultural and Natural Resources Research Education Publication. 265 p.
25. Salehi, F., 2015b. Abiotic stresses in common bean cultivation. Agricultural and Natural Resources Research Education Publication. 80 p.
26. Schneder, K.A., Rosales-Serna, R., Ibrra-Perez, F., Cazares-Enriquez, B., Acostagallegos, J. A., Rmirez-vallejo, P., Wassimi, N., Kelly Y.D., 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Science. 37:43-50.
27. Singh, S.P., 2007. Drought resistance in the race Durango dry bean landraces and cultivars. Agronomy Journal 99:1219-1225.
28. Stephens, D.B., 1994. A perspective on diffuse natural recharge mechanism in areas of low precipitation. Soil Science Society of American Journal 58:40-48.
29. Szilagyi, L., 2003. Influence of drought on seed yield components in common bean, Blugarian Journal of Plant Physiology (Special Issue) 33:320-330.
30. Teran, H., Singh, S.P., 2002. Comparison of sources and lines selected for drought on resistance in common bean. Crop Science 42:46-51.

The Effect of Drought Stress Intensity and Stage on Agronomic Characteristics of Two Common Bean Cultivars

Mohammad Rafiiolhossaini[1], Foroud Salehi[2], Marzyeh Mazhari[3]

Received: 3/2/2016 Accepted: 4/9/2016

Abstract

In order to evaluate the intensity and stage of drought stress on agronomic characteristics and drought tolerance of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), a split plot factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications at Shahrekord University in 2013 and 2014. Drought stress treatments and levels of irrigation regimes were considered at vegetative growth (V_4), flowering (R_5) and pod filling (R_7) stages and 60, 80 and 100 percent of full irrigation. The results showed that the maximum number of seeds per pod in Talash cultivar was related to 80 percent water deficit conditions. The maximum 100-seed weight for Talash and Daneshkadeh cultivars was belonging to 80 percent of irrigation. The maximum 100-seed weight was obtained from pod filling drought stress stage. The maximum number of pods per plant was belonging to Talash cultivar with 100 percent of irrigation at vegetative stage while the minimum number was obtained from Daneshkadeh cultivar with 60 percent of irrigation at flowering stage. The maximum grain yield was belonging to Talash cultivar with 80 percent of irrigation at pod filling stage. Also, in case of drought resistance in two bean cultivars, the tolerance and stress susceptibility indices (TOL and SSI) showed significant differences.

Keywords: Bean, Drought tolerance indices, Growth stages, Irrigation water amount, Stress tolerance.

1. Assistant Professor, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
2. Assistant Professor, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Chaharmahal and Bakhtiari Province, Shahrekord, Iran, Email: foroud_salehi@yahoo.com
3. Former Master of Science Student, Shahrekord University, Shahrekord, Iran, Email: