نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۴، ص. ۶۹۹-۶۸۷

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 4, Winter. 2016, p. 687-699

اثر مالچ و تنش رطوبتی بر برخی صفات فیزیولوژیک، اجزای عملکرد و عملکرد دانه لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.)

روح اله امینی[1*]- عادل دباغ محمدی نسب[2]- الناز قلندرزاده[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۱۳

چکیده

به‌منظور بررسی اثر مالچ بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد ارقام لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) در تیمارهای مختلف آبیاری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در سال ۱۳۹۱ اجرا شد. فاکتورها شامل تیمار آبیاری در دو سطح (I_1 و I_2 به‌ترتیب آبیاری بعد از ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A)، کاربرد مالچ در دو سطح (M_1 فاقد مالچ و M_2 مالچ کلش گندم به میزان دو تن در هکتار) و ارقام لوبیا قرمز شامل اختر و ناز بودند. نتایج نشان داد که اثر مالچ و اثر متقابل آبیاری × رقم بر تعداد گره در ریشه و اثر متقابل آبیاری × رقم بر تراکم روزنه در برگ لوبیا تأثیر معنی‌داری داشت. کاربرد مالچ باعث افزایش تعداد گره در ریشه و تنش رطوبتی (I_2) باعث افزایش تراکم روزنه برگ شد. تنش رطوبتی باعث کاهش تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، وزن صددانه و عملکرد دانه لوبیا گردید. کاربرد مالچ بر تمام صفات به جز تراکم روزنه اثر معنی‌داری داشت و باعث افزایش آنها گردید. اثر متقابل آبیاری × رقم بر عملکرد و اجزای عملکرد معنی‌دار شد. اثر متقابل آبیاری × مالچ × رقم بر عملکرد دانه معنی‌دار شد. کاربرد مالچ در هر دو تیمار آبیاری، افزایش عملکرد دانه بیشتری را در رقم اختر نسبت به رقم ناز باعث شد. در شرایط با محدودیت آب با کاربرد مالچ می‌توان آب قابل دسترس و عملکرد دانه لوبیا را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: تراکم روزنه، تعداد گره، تعداد نیام، رقم، سطح آبیاری، وزن دانه

مقدمه

حبوبات پس از غلات دومین منبع مهم غذایی بشر می‌باشند. پروتئین موجود در دانه‌های حبوبات دو تا سه برابر غلات است و در بین حبوبات از نظر میزان تولید در ایران مقام دوم به لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) اختصاص دارد (۲۵). اگرچه لوبیا به‌عنوان یک گیاه حساس به تنش رطوبتی و کم آبی معرفی شده است، تولید این محصول در بسیاری از نقاط جهان که به دلیل عدم تأمین آب مورد نیاز گیاه در معرض تنش رطوبتی هستند صورت می‌گیرد (۲۰). از آنجا که کشور ایران نیز با متوسط بارندگی سالیانه ۲۶۰ میلی‌متر جزء مناطق خشک و نیمه خشک محسوب شده و نیمی از اراضی قابل کشت کشورمان در این مناطق قرار دارند، بنابراین زراعت لوبیا در این مناطق نیز می‌تواند با محدودیت آب مواجه شود (۱۲). ترآن و سینگ (۳۰) اعلام داشتند که مهمترین عامل محدودکننده تولید لوبیا در سراسر جهان، تنش رطوبتی می‌باشد. یکی از روش‌های پیشرفته و جدید که به تازگی جای خود را در کشاورزی باز نموده، استفاده از خاکپوش یا مالچ می‌باشد. این روش با حفظ و ذخیره رطوبت خاک از طریق کاهش میزان تبخیر، استفاده حداکثر از آب را به‌خصوص در زراعت محصولات ردیفی امکان‌پذیر می‌سازد. در نتیجه می‌توان آب بیشتری را ذخیره نمود و یا این که با آب کمتر از همان سطح اولیه محصول برداشت کرد (۳).

تنش خشکی باعث کاهش سرعت فتوسنتز خالص گیاه می‌شود که این اثر بیشتر به دلیل اثر مستقیم تنش خشکی روی هدایت روزنه‌ای تحت شرایط کم آبی است (۲۱). تنش خشکی اثر زیان‌آوری بر فرآیند تثبیت نیتروژن در حبوبات دارد (۱۷). تنش خشکی بیشتر از طریق کاهش تعداد نیام در بوته به دلیل کاهش تسهیم آسیمیلات به نیام، کاهش ظرفیت فتوسنتزی یا قدرت منبع بر اثر بسته شدن روزنه‌ها و کاهش ماده خشک کل گیاه عملکرد را کاهش می‌دهد (۲۴). سینگ (۲۷) در بررسی اثرات تنش خشکی بر لوبیا گزارش کرد

۱- دانشیار گروه اکوفیزیولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
(*- نویسنده مسئول: (Email: r_amini@tabrizu.ac.ir
۲- استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت گروه اکوفیزیولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

که میانگین کاهش عملکرد در شرایط تنش خشکی ۶۰ درصد و کاهش وزن دانه ۱۴ درصد است. سزیلاگی (۲۹) نیز با بررسی تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا مشاهده نمود که تنش خشکی عملکرد دانه را ۸۰٪، تعداد نیام در بوته را ۶۰٪، تعداد دانه در نیام را ۲۶٪ و وزن صد دانه را ۱۳٪ کاهش داد.

مالچ کلشی به‌عنوان یکی از بهترین راه‌های نگهداری آب در خاک و کاهش تبخیر خاک در نظر گرفته می‌شود (۳۴). مالچ‌ها با تعدیل میزان تابش به سطح خاک و جلوگیری از تبخیر آب از سطح آن روی میکروکلیمای مزرعه تأثیر می‌گذارند، تا محیطی مساعد برای رشد و توسعه گیاه فراهم نمایند (۱۸). مالچ‌ها به دلیل نقش خود در کنترل تبخیر، جلوگیری از نوسانات درجه حرارت و تنش‌های رطوبتی، جلوگیری از سله بستن خاک، جلوگیری از تجمع نمک‌ها در سطح خاک، جلوگیری از رشد علف‌های هرز، افزایش حاصلخیزی خاک، تحریک رشد رویشی، افزایش سطح سبز محصول و افزایش راندمان مصرف آب اثر افزایشی بر عملکرد گیاهان زراعی دارند (۱۹). باتری و همکاران (۸) گزارش کردند که خاک‌های با رطوبت کم و حرارت بالا و هم‌چنین خاک‌هایی با فقر غذایی و ظرفیت پایین نگهداری آب، مهم‌ترین مشکل و محدودیت برای ریزوبیوم و تثبیت نیتروژن به‌شمار می‌روند. شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک، محدودیت منابع آب قابل استفاده، کمبود ذخیره‌سازی آب و ساختار ضعیف خاک، مهمترین موانع در توسعه کشاورزی پایدار در بخش وسیعی از کشور به‌شمار می‌روند. در همین راستا است تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر مالچ کلش گندم بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه ارقام لوبیا در شرایط تنش خشکی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، واقع در ۱۲ کیلومتری شرق تبریز با ارتفاع ۱۳۶۰ متر از سطح دریای آزاد، در طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۳ دقیقه شمالی اجرا شد (۱۴). این منطقه جزء اقلیم‌های نیمه استپی و نیمه خشک سرد محسوب می‌شود و براساس آمار هواشناسی، دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم می‌باشد. میانگین بارندگی این ناحیه ۲۷۱/۳ میلی‌متر در سال است که با توجه به منحنی آمبروترمیک در سال ۹۱ بیشترین مقدار آن در خرداد ماه و کمترین مقدار آن در مرداد ماه رخ داده است. نتایج تجزیه خاک قطعه زمین مورد نظر در جدول ۱ ارائه شده است.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل مالچ گندم دو سطح M_1 (فاقد مالچ) و M_2 (دو تن در هکتار مالچ کلش گندم)، فاکتور دوم تنش رطوبتی در دو سطح، I_1 و I_2 به‌ترتیب آبیاری بعد از ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و فاکتور سوم شامل دو رقم لوبیا قرمز، C_1 (رقم اختر با تیپ بوته‌ای) و C_2 (رقم ناز با تیپ رونده) بود.

قطعه زمین مورد نظر در پاییز سال ۱۳۹۰ شخم زده شد و در بهار پس از دو بار دیسک (عمود بر هم)، جوی و پشته‌هایی به فواصل ۵۰ سانتی‌متر توسط شیار بازکن در جهت شمالی- جنوبی ایجاد شد. مساحت هر کرت آزمایشی ۱۲ مترمربع و هر کرت شامل پنج پشته به‌طول چهار متر و فاصله پشته‌ها از هم ۵۰ سانتی‌متر بود. بذور قبل از کاشت با بنومیل به نسبت دو در هزار ضد عفونی شدند. کاشت بذور در ۱۰ خرداد ماه به‌صورت کپه‌ای با فاصله روی ردیف ۸ سانتی‌متر و بین ردیف ۲۵ سانتی‌متر در دو طرف پشته‌ها و در شیارهایی با عمق چهار سانتی‌متر انجام شد. تراکم مطلوب برای لوبیا ۵۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. بذور پس از قرار گرفتن در شیارها پوشانده شدند. بلافاصله پس از کاشت، اقدام به آبیاری کرت‌ها شد. تا استقرار کامل گیاهچه‌ها، آبیاری هر هفته یکبار انجام شد، ولی آبیاری‌های بعدی، متناسب با تیمارهای مربوط انجام پذیرفت. هم‌چنین با استقرار بوته‌ها، مالچ کلش گندم نیز در فواصل بین ردیف‌ها پخش شد. پس از سبز شدن، بوته‌ها تنک شده و به تراکم مورد نظر رسیدند. در طول دوره رشد، علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی کنترل شدند.

برای اندازه‌گیری تعداد گره‌های فعال تثبیت‌کننده نیتروژن در ریشه لوبیا، در مرحله گلدهی تعداد ۱۰ بوته از هر کرت انتخاب و پس از آبیاری ریشه به همراه خاک اطراف آن به آرامی از کرت به بیرون کشیده شد و سپس خاک اطراف ریشه با دقت شسته و جدا شد. بعد از آن تعداد گره‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در هر بوته شمارش و ثبت شد. به‌منظور تعیین تعداد روزنه‌های موجود در سطح برگ لوبیا، سه بوته به‌طور تصادفی هنگام نیام‌دهی محصول انتخاب و سه برگ از سه قسمت فوقانی، میانی و تحتانی همان بوته جدا و به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه لایه اپیدرم تحتانی برگ جدا شد و زیر میکروسکوپ نوری که با عدسی چشمی X10 و عدسی شیئی X40 تنظیم شده بود (۳۳)، تعداد روزنه در میلی‌متر مربع برگ شمارش شد. در زمان رسیدگی محصول با حذف حاشیه‌ها در هر کرت آزمایشی، بوته‌های واقع در ۴/۵ مترمربعی از وسط هر کرت کف بر شده و در داخل پاکت‌های مجزا به آزمایشگاه منتقل شدند. ابتدا تعداد نیام‌های هر بوته شمارش و ثبت شد. سپس نیام‌ها از بوته جدا شده و تعداد بذر آن‌ها نیز شمارش شد. همچنین در نهایت وزن صد دانه و عملکرد دانه ارقام لوبیا در واحد سطح در همه واحدهای آزمایشی اندازه‌گیری شد.

کلیه تجزیه‌های آماری به‌صورت فاکتوریل براساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. این تجزیه‌ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از روش چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. رسم نمودارها با بهره‌گیری از

نرم‌افزار Excel انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

تعداد گره در ریشه

اثر تیمارهای آبیاری، مالچ، رقم و اثر متقابل آبیاری × رقم در سطح احتمال یک درصد بر تعداد گره در ریشه لوبیا معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تعداد گره در ریشه لوبیا در تیمار دارای مالچ به‌طور معنی‌دار بیشتر از تیمار فاقد مالچ بود و کاربرد مالچ گندم تعداد گره در ریشه را ۱۷٪ افزایش داد (شکل ۱- الف). احتمالاً مالچ به دلیل نقش خود در کنترل تبخیر و ایجاد رطوبت کافی در اطراف ریشه، محیط مساعدی برای فعالیت ریزوبیوم‌ها ایجاد کرده و درنتیجه میزان گره‌بندی افزایش پیدا کرده است. اثر متقابل آبیاری × رقم بر تعداد گره در ریشه لوبیا معنی‌دار شد به گونه‌ای که در شرایط کمبود آب در هر دو رقم تعداد گره در ریشه کاهش یافت، اما مقدار کاهش در رقم ناز بیشتر از رقم اختر بود (شکل ۱-ب). علت این امر می‌تواند مربوط به تحمل بیشتر رقم اختر نسبت به تنش رطوبتی باشد.

بین دو رقم لوبیا قرمز اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد گره در ریشه وجود داشت. رقم اختر از تعداد گره در ریشه بالایی نسبت به رقم ناز برخوردار بود (شکل۱- ب). حافظ و همکاران (۱۳) طی آزمایشی روی ارقام مختلف عدس نشان دادند که تعداد گره در ریشه ارقام مختلف تفاوت معنی‌داری داشتند.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک قطعه زمین مورد نظر جهت اجرای آزمایش

Table 1- The results of soil analysis in experimental location

K ($mg\ kg^{-1}$)	P ($mg\ kg^{-1}$)	N (%)	Lime (%)	Organic matter (%)	pH	EC ($dS\ m^{-1}$)	Texture
453	36	0.13	11	1.3	7.6	1.1	Loam-sand

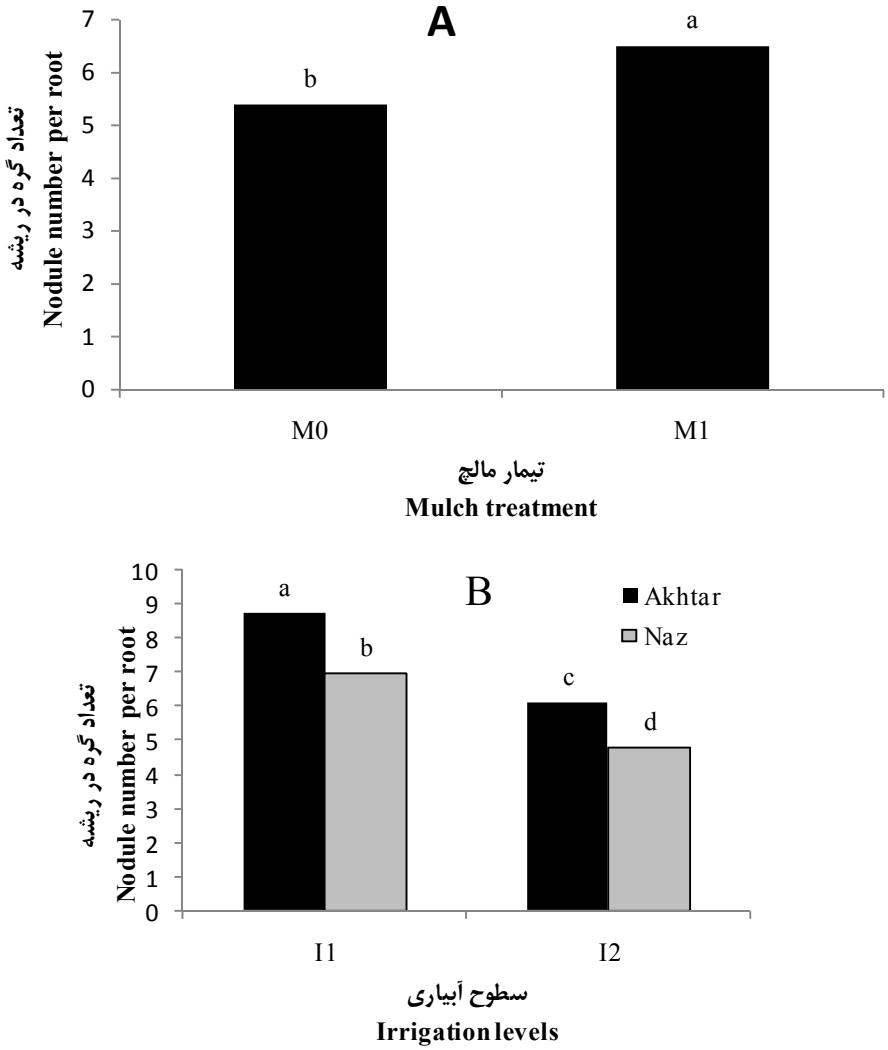
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تعداد گره در ریشه، تراکم روزنه، اجزای عملکرد و عملکرد دانه لوبیا قرمز در تیمارهای آبیاری و مالچ

Table 2- The results of analysis of variance for nodule number per root, stomatal density, yield components and grain yield of red kidney bean at irrigation and mulch treatments

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد گره در ریشه Nodule number per root	تراکم روزنه Stomatal density	تعداد نیام در بوته Pod number /plant	تعداد دانه در نیام Seed number per pod	وزن صددانه 100-seed weight	عملکرد دانه Grain yield
بلوک Block	2	0.128	220.50	0.213	0.021	0.122	935.49
مالچ Mulch	1	7.594**	51.04 ns	3.300**	0.277**	17.170**	1138445.0**
آبیاری Irrigation	1	71.07**	2262.04**	20.720**	8.143**	70.384**	2845715.1**
مالچ× آبیاری Mulch× Irrigation	1	0.01 ns	40.04 ns	0.020 ns	0.001 ns	1.984 ns	6527.1 ns
رقم Cultivar	1	14.26**	3015.04**	6.100**	8.074**	758.25**	2236939.2**
مالچ× رقم Mulch× Cultivar	1	0.02 ns	165.37 ns	0.184 ns	0.0001 ns	0.150 ns	139097.1 ns
آبیاری× رقم Irrigation × Cultivar	1	1.654**	1305.37*	1.170*	0.400**	1.870**	53750.8**
مالچ× آبیاری× رقم Mulch×Irrigation × Cultivar	1	0.004 ns	15.04 ns	0.304 ns	0.008 ns	0.570 ns	21853.3**
خطا Error	14	0.125	235.27	0.164	0.018	0.181	1773.7
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	5.94	5.64	6.2	5.17	1.44	1.89

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and ** means non-significant, significant at 0.05 and 0.01% probability levels, respectively.

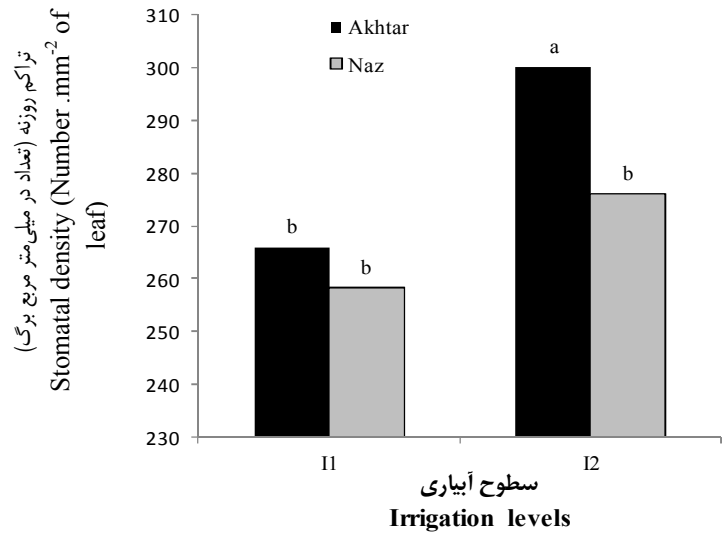


شکل ۱- مقایسه میانگین اثر سطوح مالچ (الف) و اثر متقابل رقم در سطح آبیاری (ب) بر تعداد گره در ریشه لوبیا (M_0 فاقد مالچ و M_1 ۲ تن در هکتار مالچ کلش گندم؛ I_1 آبیاری پس از ۶۰ میلی متر تبخیر و I_2 آبیاری پس از ۱۲۰ میلی متر تبخیر، حروف متفاوت نمایانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است).

Figure 1- The mean comparison for effect of mulch levels (A) and interaction effect of cultivar × irrigation level (B) on nodule number per root (M_0 no mulch and M_1 2 ton/h wheat straw mulch; I_1 and I_2, irrigation after 60 and 120 mm evaporation from class A pan, respectively, different letters indicate significant difference at 5% probability level)

تراکم روزنه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری و رقم در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل آبیاری×رقم در سطح احتمال پنج درصد بر تراکم روزنه معنی‌دار بود (جدول ۲). تحت شرایط تنش رطوبتی (تیمار I_2) تراکم روزنه‌ها افزایش نشان داد، به‌طوری‌که تنش رطوبتی تراکم روزنه‌ها را ۷٪ افزایش داد (شکل ۲). در بررسی اثر متقابل آبیاری×رقم بر تراکم روزنه مشخص شد که در شرایط کمبود آب در هر دو رقم، تراکم روزنه افزایش یافته است، اما افزایش در رقم اختر بیشتر از رقم ناز بود (شکل ۲). علت این امر می‌تواند مربوط به مقاومت بیشتر رقم اختر نسبت به تنش رطوبتی باشد. احتمالاً یکی از علل افزایش تراکم روزنه‌ها در هنگام تنش رطوبتی کوچک‌تر شدن اندازه سلول‌ها است که باعث افزایش بیشتر روزنه در واحد سطح می‌شود. باتری و همکاران (۸) نیز طی تحقیقات خود به نتایج مشابهی با این تحقیق دست یافتند. سینگ (۲۸) عقیده دارد هنگامی که تنش رطوبتی در گندم (*Triticum aestivum* L.) به حد متوسطی می‌رسد، سطح برگ پرچم کاهش می‌یابد، لیکن تعداد روزنه‌های دو سطح آن تمایل نسبی به ثابت ماندن دارند و در نتیجه، روزنه‌ها به هم نزدیک‌تر شده و تراکم آنها زیادتر می‌شود.



شکل ۲- میانگین تراکم روزنه دو رقم لوبیا قرمز در دو سطح آبیاری (I_1 : آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر و I_2 : آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر). حروف متفاوت نمایانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است (آزمون دانکن).

Figure 2- The mean for stomatal density of two red kidneybean cultivars (I_1 and I_2, irrigation after 60 and 120 mm evaporation from class A pan, respectively, different letters indicate significant difference at 5% probability level)

در تیمار آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر، بین دو رقم لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) اختلاف معنی‌داری از نظر تراکم روزنه وجود نداشت، ولی در تیمار تنش رطوبتی (آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر) رقم اختر از تراکم روزنه بالایی نسبت به رقم ناز برخوردار بود (شکل ۲).

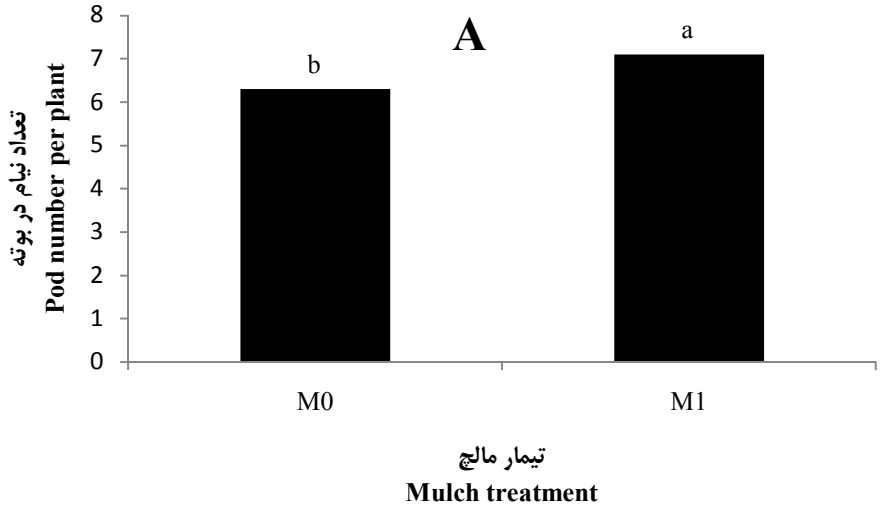
تعداد روزنه‌ها در هر واحد از سطح برگ ممکن است که در بین گونه گیاهی، ارقام و کلون‌ها تغییر کند (۲۳). مارتینز و همکاران (۲۲) نشان دادند که کمبود آب علاوه بر افزایش تراکم روزنه، اندازه روزنه‌های لوبیا را کاهش داد. بر این اساس پژوهشگران تغییرات فوق را عامل افزایش سازگاری گیاه با رطوبتی بیان کردند.

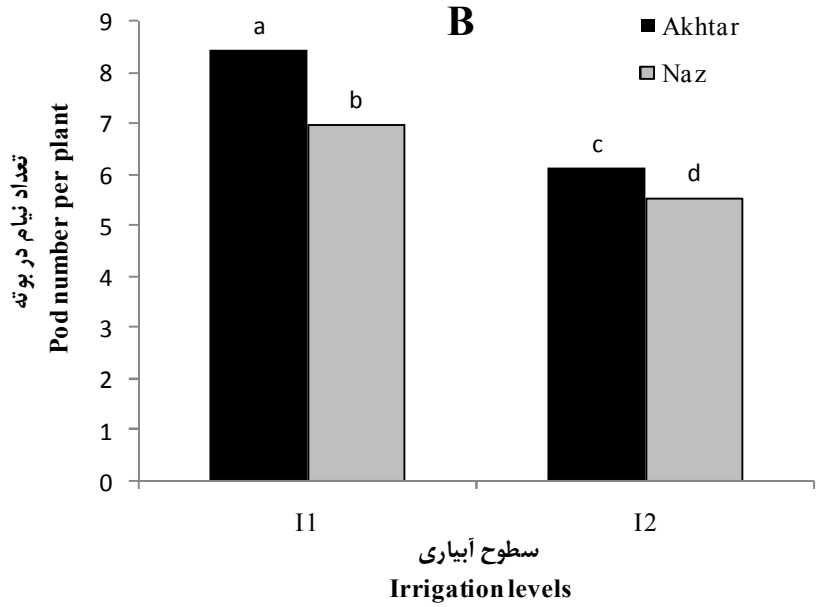
تعداد نیام در بوته

اثر تیمارهای آبیاری، مالچ و رقم در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل آبیاری × رقم در سطح احتمال پنج درصد بر تعداد نیام در بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). در بررسی اثر مالچ بر تعداد نیام در بوته مشاهده شد که مالچ تعداد نیام در بوته را افزایش داده است. تعداد نیام در بوته در تیمار دارای مالچ به‌طور معنی‌دار بیشتر از تیمار فاقد مالچ بود، به بیان دیگر کاربرد مالچ تعداد نیام در بوته را ۱۳٪ افزایش داد (شکل۳-الف). پوشش مالچ با کنترل تبخیر و افزایش رطوبت در محیط ریشه باعث افزایش رشد رویشی و فتوسنتز گردیده، در نتیجه مواد فتوسنتزی بیشتری جهت تشکیل گل و نیام تولید شده و تعداد نیام را افزایش داد (۱).

در بررسی اثر متقابل تیمار آبیاری × رقم مشخص شد که در تیمار آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر، در هر دو رقم تعداد نیام در بوته کاهش یافته است، اما کاهش تعداد نیام در بوته در رقم اختر (۲۷٪) بیشتر از رقم ناز (۲۰٪) بود (شکل۳-ب). با توجه به تیپ رشدی نامحدود رقم ناز، این رقم کاهش در تعداد نیام در بوته را در نتیجه تنش رطوبتی در مراحل بعدی جبران نموده و در نتیجه تعداد نیام کمتر کاهش یافت ولی در رقم اختر به دلیل رشد محدود، کاهش تعداد نیام در بوته بیشتر بود. این موضوع مورد تأیید واکریم و همکاران (۳۱) نیز قرار گرفته است. تعداد نیام در بوته در تیمار I_1 (آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر) به‌طور معنی‌دار بیشتر از تیمار I_2 (آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر) بود، به بیان دیگر، تنش رطوبتی تعداد نیام در بوته را ۲۴٪ کاهش داد (شکل۳-ب). نتایج حاصل در ارتباط با کاهش تعداد نیام در بوته در شرایط تنش رطوبتی با نتایج بوترا و ساندرز (۷) مطابقت دارد. آنها علت کاهش تعداد نیام در بوته در شرایط تنش رطوبتی را اختلال در عمل گرده‌افشانی و کاهش تعداد گل‌ها، ریزش گل‌ها و نیام‌ها ذکر کردند. سزیلاگی (۲۹) نیز با بررسی تنش خشکی بر اجزای عملکرد دانه لوبیا مشاهده نمود که تنش خشکی تعداد نیام در بوته را ۶۰٪ کاهش می‌دهد. به نظر می‌رسد که تعداد نیام در بوته حساس‌ترین جزء عملکرد لوبیا به تنش خشکی باشد. یکی از دلایل کاهش تعداد نیام در بوته در شرایط تنش خشکی، می‌تواند کاهش طول دوره رشد گیاه باشد که در نتیجه آن تولید مواد فتوسنتزی نقصان

می‌یابد کاهش تعداد نیام در بوته بر اثر تنش خشکی بـرای نخـود (۶) نیز گزارش شده است.





شکل ۳- مقایسه میانگین اثر سطوح مالچ (الف) و اثر متقابل رقم در سطح آبیاری (ب) بر تعداد نیام در بوته لوبیا (M_0 فاقد مالچ و M_1 ۲ تن در هکتار مالچ کلش گندم؛ I_1 آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر و I_2 آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر، حروف متفاوت نمایانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است).

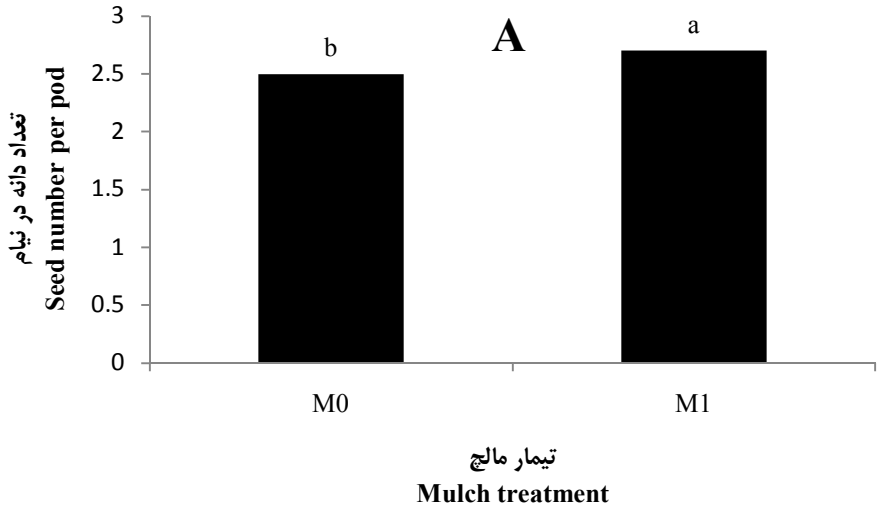
Figure 3- The mean comparison for effect of mulch levels (A) and interaction effect of cultivar × irrigation level (B) on pod number per plant (M_0 no mulch and M_1 2 ton/h wheat straw mulch; I_1 and I_2, irrigation after 60 and 120 mm evaporation from class A pan, respectively, different letters indicate significant difference at 5% probability level)

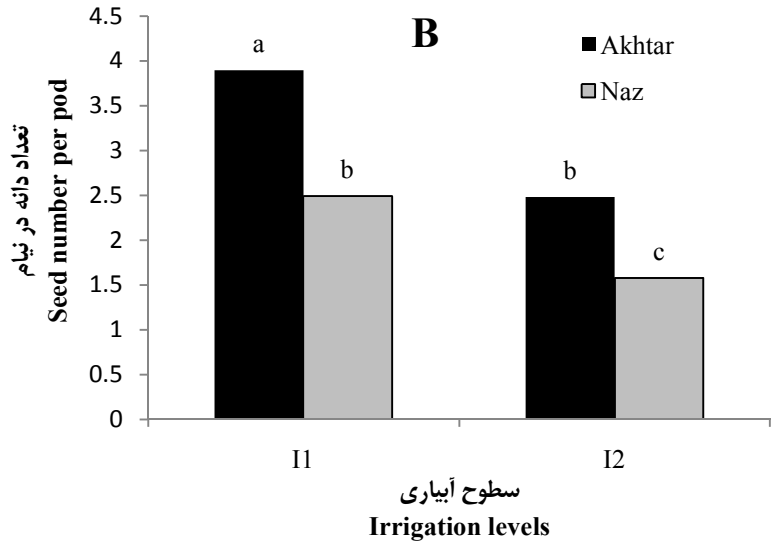
تعداد دانه در نیام

براساس تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) اثر تیمارهـای آبیـاری، مالچ و رقم و اثر متقابل آبیاری × رقم بر تعداد دانه در نیـام در سـطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در بررسی اثر مالچ بـر تعـداد دانـه در نیام مشاهده شد که کاربرد مالچ تعداد دانـه در نیـام لوبیـا را بـه‌طـور معنی‌داری (۸٪) نسبت به تیمار بدون مالچ افزایش داد (شکل ۴-الف). آکازی (۱) نیز گزارش کرد که مالچ با فراهم نمـودن آب کـافی بـرای رشد و توسعه گیاه، باعـث افـزایش تشـکیل گـل و نیـام و در نتیجـه تشکیل تعداد بیشتر دانه در نیام شد.

در بررسی اثر متقابل آبیاری × رقم بر تعداد دانه در نیام مشـخص

شد که در تیمار آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر در هر دو رقم تعداد دانه در نیام کاهش یافت، ولی کاهش تعداد دانه در نیام در رقم ناز بیشتر از رقم اختر بود (شکل۴-ب). تعداد دانه در نیام در تیمار I_1 (آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر) به‌طور معنی‌دار بیشتر از تیمار I_2 (آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر) بود، به بیان دیگر تنش رطوبتی تعداد دانه در نیام را ۳۷٪ کاهش داد. کمبود مواد فتوسنتزی قابل انتقال در تیمار تنش رطوبتی در مرحله رشد زایشی باعث سقط گل و دانه در نیام می‌شود (۳۵). سزیلاگی (۲۹) نیز با بررسی تنش رطوبتی بر اجزای عملکرد دانه لوبیا مشاهده نمود که تنش رطوبتی تعداد دانه در نیام را ۲۶٪ کاهش می‌دهد. بین دو رقم لوبیا قرمز اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد دانه در نیام وجود داشت به‌طوری‌که تعداد دانه در نیام در رقم اختر بیشتر از رقم ناز بود. بقایی (۴) نیز گزارش نمود که ارقام لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) از نظر تعداد نیام در بوته دارای تفاوت معنی‌داری هستند.



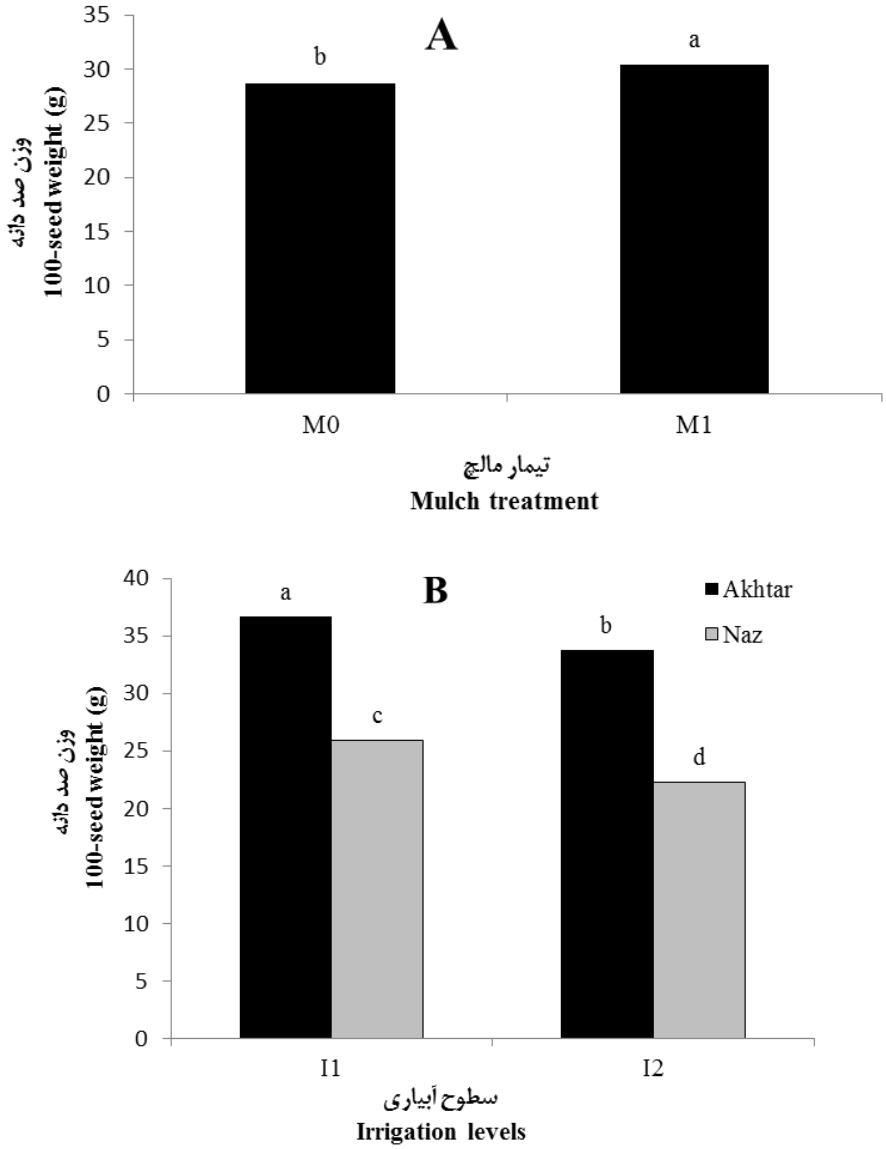


شکل ٤- مقایسه میانگین اثر سطوح مالچ (الف) و اثر متقابل رقم در سطح آبیاری (ب) بر تعداد دانه در نیام لوبیا (M_0 فاقد مالچ و M_1 ۲ تن در هکتار مالچ کلش گندم؛ I_1 آبیاری پس از ٦٠ میلی‌متر تبخیر و I_2 آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر، حروف متفاوت نمایانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است).

Figure 4- The mean comparison for effect of mulch levels (A) and interaction effect of cultivar × irrigation level (B) on seed number per pod (M_0 no mulch and M_1 2 ton/h wheat straw mulch; I_1 and I_2, irrigation after 60 and 120 mm evaporation from class A pan, respectively, different letters indicate significant difference at 5% probability level)

وزن صد دانه

اثر تیمارهای آبیاری، مالچ و رقم و اثر متقابل آبیاری × رقم بر وزن صددانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در بررسی اثر مالچ بر وزن صددانه مشاهده شد که مالچ اثر افزایشی بر وزن صددانه داشت. وزن صددانه لوبیا در تیمار دارای مالچ به‌طور معنی‌دار (۶٪) بیشتر از تیمار فاقد مالچ بود (شکل ۵-الف). علت آن احتمالاً در دسترس بودن آب کافی برای گیاه در مرحله پر شدن دانه‌ها بود که زمینه را برای دوام بیشتر فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی و همچنین انتقال مواد جهت پر کردن دانه‌ها فراهم نموده و از این طریق سبب افزایش وزن دانه‌ها شد (۲۶).



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر سطوح مالچ (الف) و اثر متقابل رقم در سطح آبیاری (ب) بر وزن صد دانه لوبیا (M_0 فاقد مالچ و M_1 ۲ تن در هکتار مالچ کلش گندم؛ I_1 آبیاری پس از ۶۰ میلی متر تبخیر و I_2 آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر. حروف متفاوت نمایانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است).

Figure 5- The mean comparison for effect of mulch levels (A) and interaction effect of cultivar × irrigation level (B) on 100-seed weight of bean (M_0 no mulch and M_1 2 ton/h wheat straw mulch; I_1 and I_2, irrigation after 60 and 120 mm evaporation from class A pan, respectively, different letters indicate significant difference at 5% probability level)

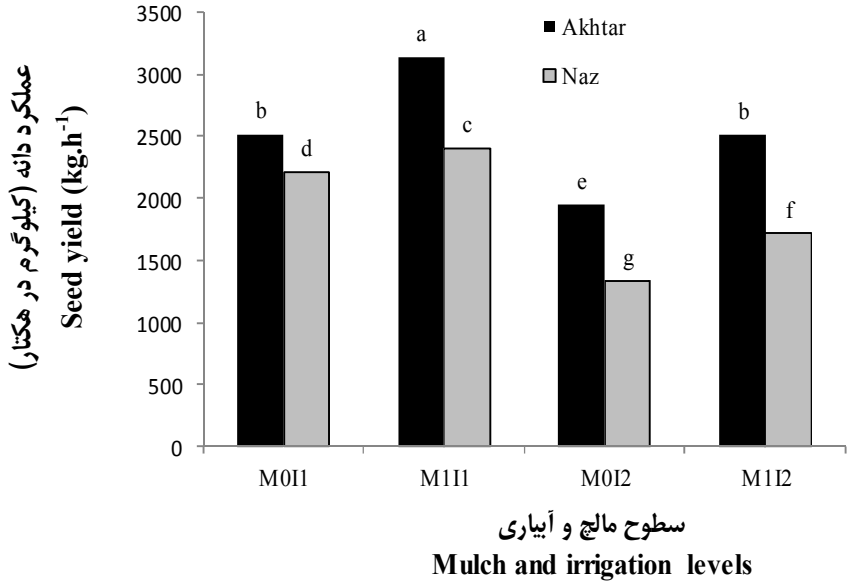
در بررسی اثر متقابل آبیاری × رقم بر وزن صددانه لوبیا مشاهده شد که در هر دو تیمار آبیاری رقم اختر از وزن صد دانه بیشتری برخوردار بوده است. تنش رطوبتی وزن صددانه رقم ناز را نسبت به رقم اختر ۸٪ بیشتر کاهش داده است (شکل ۵-ب). تحقیقات بر روی گونه‌های بومی و ارقام تجاری لوبیا نشان داد که تمام ارقام تحت شرایط کمبود آب کاهش عملکرد دانه داشته‌اند و وزن صددانه آنها کاهش یافته است (۱۱). به نظر می‌رسد کاهش بیشتر وزن صددانه رقم ناز در شرایط تنش رطوبتی به دلیل دوره رشد بیشتر این رقم بوده که موجب کوتاه شدن طول دوره مؤثر پر شدن دانه و نیز کاهش ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها شده و وزن صد دانه را کاهش داده است (۵). وسترمن و کروترز (۳۲) نیز دریافتند که ارقام ایستاده و رشد محدود لوبیا به دلیل زودرس‌تر بودن، کمتر تحت تأثیر تنش رطوبتی قرار گرفته‌اند و از وزن صددانه بیشتری برخوردار بودند. بین دو رقم لوبیا قرمز اختلاف معنی‌داری از نظر وزن صددانه وجود داشت به‌طوری‌که وزن صددانه رقم اختر بیشتر از رقم ناز بود. وسترمن و کروترز (۳۲) نیز مشاهده کردند که ارقام ایستاده لوبیا نسبت به ارقام رونده وزن صد دانه بیشتری داشتند.

عملکرد دانه

اثر اصلی تیمارهای آبیاری، مالچ، رقم و اثر متقابل بین آنها بر عملکرد دانه لوبیا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در بررسی اثر مالچ بر عملکرد دانه مشاهده شد که مالچ اثر افزایشی روی عملکرد دانه داشته است. عملکرد دانه در تیمار کاربرد مالچ به‌طور معنی‌دار (۱۸٪) بیشتر از تیمار فاقد مالچ بود (شکل ۶). فراک و همکاران (۱۰) تأثیر مالچ کلشی را بر عملکرد گوجه فرنگی مورد بررسی قرار داده و اعلام نمودند که استفاده از مالچ کلشی، باعث افزایش عملکرد به میزان ۱۴/۹۸٪ نسبت به تیمار شاهد شد. مالچ تبخیر آب از سطح خاک را کاهش می‌دهد، در نتیجه رطوبت خاک با یکنواختی بیشتری نگهداری می‌شود و به دلیل نبود نور در زیر مالچ امکان فتوسنتز فراهم نبوده و علف‌های هرز نمی‌توانند رشد کنند، از این رو گیاه دسترسی بیشتری به آب و مواد غذایی خواهد داشت. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که در صورت استفاده از مالچ می‌توان آب کمتری به‌کار برد ولی عملکرد بالاتری انتظار داشت (۱۵). آزمایشات کار و کومار (۱۶) نیز نشان داد که بیشترین عملکرد سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در کرت‌های دارای مالچ به‌دست آمد.

مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری× مالچ× رقم نشان داد که عملکرد دانه در رقم اختر در شرایط آبیاری کامل (آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر) و با استفاده از مالچ بیشترین مقدار معادل ۳۱۳۵/۲ کیلوگرم در هکتار و در شرایط تنش رطوبتی (آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر) و فاقد مالچ در رقم ناز کمترین مقدار معادل ۱۳۴۰ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۶). با توجه به نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر می‌توان علت این امر را به کاهش تعداد نیام در بوته در شرایط تنش رطوبتی در رقم ناز نسبت داد. علت تفاوت عملکرد دانه در ارقام تحت تنش رطوبتی عمدتاً ناشی از تفاوت توزیع ماده خشک در شرایط تنش می‌باشد که با نتایج اکوستا و همکاران (۲) در لوبیا مطابقت دارد. عملکرد دانه در رقم اختر در تیمار فاقد مالچ تحت شرایط تنش رطوبتی معادل ۱۹۵۳/۳ کیلوگرم در هکتار و در رقم ناز معادل ۱۳۴۰ کیلوگرم در هکتار بود، با کاربرد مالچ تحت همین شرایط، عملکرد دانه رقم اختر ۲۲/۳٪ و رقم ناز ۲۱/۹٪ افزایش یافته است. با بررسی نتایج به‌دست آمده می‌توان چنین استنباط کرد که مالچ عملکرد دانه را در هر دو رقم تحت تیمار I_2 (آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر) افزایش داده است. علت بالا بودن عملکرد دانه رقم اختر دارای رشد محدود تحت شرایط مالچ در هر دو سطح آبیاری را می‌توان به تأثیر مالچ بر افزایش رطوبت قابل استفاده برای گیاه نسبت داد که با توسعه رشد رویشی و زایشی و تولید و تخصیص مواد فتوسنتزی بیشتر به دانه، باعث بهبود عملکرد دانه در این رقم شده است. رقم اختر به دلیل فرم رشدی ایستاده کمتر سطح مزرعه را پوشش می‌دهد و در نتیجه کاربرد مالچ در سطح خاک، میزان رطوبت قابل استفاده گیاه افزایش می‌یابد، در صورتی‌که رقم ناز به دلیل داشتن فرم رشدی رونده بیشتر در سطح خاک گسترش یافته و پوشش بهتری در مزرعه ایجاد می‌کند و در نتیجه کاربرد مالچ اثر کمتری روی حفظ رطوبت خاک و رشد این رقم داشته است.

عملکرد دانه در تیمار I_1 (آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر) به‌طور معنی‌دار بیشتر از تیمار I_2 (آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر) بود، به بیان دیگر تنش رطوبتی عملکرد دانه را ۲۷٪ کاهش داد. سزیلاگی (۲۹) نیز با بررسی تنش رطوبتی بر عملکرد دانه لوبیا مشاهده نمود که تنش رطوبتی عملکرد دانه را ۸۰٪ کاهش می‌دهد. کاهش عملکرد دانه تحت شرایط تنش رطوبتی را می‌توان به تأثیر کمبود رطوبت بر اجزای عملکرد نسبت داد. امام و همکاران (۹) کاهش عملکرد لوبیا در نتیجه تنش رطوبتی را به تأثیر نامطلوب تنش بر اجزای عملکرد دانه مانند تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، وزن صد دانه و شاخص برداشت دانستند.



شکل ٦- مقایسه میانگین اثر متقابل مالچ× آبیاری × رقم بر عملکرد دانه لوبیا قرمز (M_0 و M_1 به‌ترتیب فاقد مالچ و ۲ تن در هکتار مالچ کلش گندم و I_1 و I_2 به‌ترتیب آبیاری پس از ٦٠ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر. حروف متفاوت نمایانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

Figure 6- The mean comparison for interaction effect of mulch × irrigation × cultivar on seed yield of red kidney bean (M_0 no mulch and M_1 2 ton/h wheat straw mulch; I_1 and I_2, irrigation after 60 and 120 mm evaporation from class A pan, respectively, different letters indicate significant difference at 5% probability level)

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد مالچ کلش گندم باعث افزایش تعداد گره در ریشه لوبیا، اجزای عملکرد و عملکرد دانه لوبیا شد که احتمالاً به دلیل افزایش رطوبت قابل دسترس لوبیا بود. عکس‌العمل ارقام مختلف لوبیا به کاربرد مالچ گندم متفاوت بود به‌طوری‌که تأثیر مالچ گندم بر افزایش عملکرد رقم اختر بیشتر از رقم ناز بود. رقم ناز به دلیل داشتن فرم رشد نامحدود و رونده پوشش بهتری روی سطح خاک ایجاد نموده ولی رقم اختر دارای فرم ایستاده بوده و کمتر سطح خاک را پوشش می‌دهد، در نتیجه کاربرد مالچ گندم در بین ردیف‌های لوبیا تأثیر بیشتری در ذخیره رطوبت و افزایش عملکرد داشته است. در شرایط تنش خشکی، کاربرد مالچ در ارقام مختلف لوبیا می‌تواند باعث افزایش رطوبت قابل دسترس و در نتیجه عملکرد دانه شود که در راستای کشاورزی پایدار خواهد بود.

References

1. Achakzai, A. K. K. 2007. Electronic forum on biotechnology in food and agriculture. www.fao.org/biotech/logs/C14/130307.htm.
2. Acosta, D., Shibata, K., Acosta –Gallegos, J., and Alberto, J. 1997. Yield and it's components in bean under drought conditions. Agricultural Tecnica en Mexico 23: 139-150.
3. Armat, R. 1995. Evaluating the effects of black plastic mulch application in cowpea production on commercial and cultural features and its growth, yield, yield components and quality. Msc Thesis. Azad University of Karaj, Iran. (in Persian with English abstract).
4. Baghaii, N. 1998. Evaluating the effects of water deficit stress at different growth stages on yield and yield components of three pinto bean cultivars. Msc Thesis. Azad University of Karaj, Iran. (in Persian with English abstract).
5. Bayat, A. A., Sepehri, A., Ahmadvand, G., and Dorri, H. R. 2010. Effect of water deficit stress on yield and yield components pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences 12: 42-54. (in Persian with English abstract).
6. Behboudian, M. H., Ma, Q., Turner, N. C., and Palta, J. A. 2001. Reactions of chickpea to water stress: yield and seed composition. Journal of the Science of Food and Agriculture 81: 1288-1291.
7. Boutraa, T., and Sanders, F. E. 2001. Influence of water stress on grain yield and vegetative growth of two cultivars of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agronomy and Crop Science 187: 251-257.

8. Buttery, B. R., Tan, C. S., Buzzell, R. L., Gaynor, J. D., and Mactavish, D. C. 1993. Stomatal numbers of soybean and response to water stress. Plant and Soil 149: 283-288.
9. Emam, Y., Shekoofa, A., Salehi, F., and Jalali, A. H. 2010. Water stress effects on two common bean cultivars with contrasting growth habits. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 9: 495-499.
10. Firak, N. N., Bangal, G. B., and Gutal, G. B. 1991. Soil moisture conservation efficiency of mulches in tomato. Maharashtra Journal of Horticulture 5: 83-87.
11. German, C. 2004. Utilization and determination of water use efficiency (WUE) in the selection of drought tolerant common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Plant Science Seminar. University Idaho.
12. Ghassemi, F., Jakeman, A. J., and Nix, M. A. 1995. Salinization of land and water resources. University of New South Wales Press LTD Sydney, 526 pp.
13. Hafiz, F. Y., Shah, N. H., and Malik, K. A. 2000. Field evaluation of lentil cultivars inoculated with *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* strains for nitrogen fixation using nitrogen –15-isotope dilution. Biology and Fertility of Soils 31: 65-69.
14. Jafarzadeh, A. A., Neyshabouri, M. R., and Oustan, S. 1998. Final report of research project of study the 26 hectares of fields and soils of Karaj Research Station. University of Tabriz. (in Persian with English abstract).
15. Jalini, M. 2011. Evaluating the effects of different levels of water and plastic mulch on yield and water use efficiency of tomato in surface and sub-surface drop irrigation method. Journal of Water and Soil 25 (5): 1025-1032. (in Persian with English abstract).
16. Kar, G., and Kumar, A. 2007. Effects of irrigation and straw mulch on water use and tuber yield of potato in Eastern India. Agricultural Water Management 94: 109-116.
17. Kirda, P., Moutonnet, C., Hera, K., and Nielsen, D. R. 1989. Crop yield response to deficit irrigation. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London. pp. 21-38.
18. Korir, N. K., Aguyohj, N., and Gaoqiong, L. 2006. Enhanced growth and yield of greenhouse produced cucumber under high altitude areas of Kenya. Agricultura Tropica ET Subtropica 39: 321-327.
19. Liu, H. J., Kang, Y. H., and Liu, S. P. 2003. Regulation of field environmental condition by sprinkler irrigation and its effect on water use efficiency of winter wheat. Transactions of CSAE. 19: 46-51.
20. Machado Neto, N. B., and Durães, M. A. B. 2006. Physiological and biochemical response of common bean varieties treated with salicylic acid under water stress. Crop Breeding and Applied Biotechnology 6: 269-277.
21. Maroco, J. P., Pereira, J. S., and Chaves, M. M. 2000. Growth, photosynthesis and water-use efficiency of two C4 sahelian grasses subjected to water deficits. Journal of Arid Environments 45: 119-137.
22. Martinez, J. P., Silva, H., Ledent, J. F., and Pinto, M. 2007. Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). European Journal of Agronomy 26: 30-38.
23. Misirli, A., Topuz, F., and Zeybekoglu, N. 1998. Research on variation of female and male figs in terms of leaf properties and stomatal distribution. Horticultural Science 480: 129-132.
24. Moradi, A. 2005. Physiological response of mung bean to high and moderate drought stress at different growth stages. Msc. Thesis. University of Tehran, Iran. (in Persian with English abstract).
25. Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. Pulses. Jihad Daneshghahi Mashhad Press. (in Persian).
26. Pirboneh, H., Ghasemi, M., Abdzad Gohari, A., Bahari, B., and Babaei Bazkiyaei, Z. 2012. Effect of irrigation and straw mulch on yield and yield components of eggplant (*Solanum melongena* L.). International Journal of Basic and Applied Sciences 3: 46-51.
27. Sing, S. H. 2007. Drought resistance in the Race Durango dry bean landrace and cultivars. Agronomy Journal 99: 1919-1225.
28. Singh, B. D. 2000. Plant Breeding: Principles and methods. Kalyani Publishers. pp. 869.
29. Szilagyi, L. 2003. Influence of drought on seed yield components in common bean. Bulgarian Journal of Plant Physiology 8: 320-330.
30. Teran, H., and Singh, S. P. 2002. Comparison of source and lines selected for drought resistance in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Crop Science 42: 64-70.
31. Wakrim, R., Wahbi, S., Tahi, H., Agachich, B., and Serrah, R. 2005. Comparative effects of partial root drying and regulated deficit irrigation on water relations and water use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Agriculture, Ecosystems and Environment 106: 275-287.
32. Westerman, D. T., and Crothers, S. E. 1977. Plant population effects on the seed yield components of beans. Crop Science 17: 493-496.
33. Yang, H. M., and Wang, G. X. 2001. Leaf stomatal densities and distribution in *Triticum aestivum* under drought and CO_2 enrichment. Acta Phytoecologica Sinica 25: 312-316.
34. Zhang, S. L., Lövdahl, L., Grip, H., Tong, Y. A., Yang, X. Y., and Wang, Q. J. 2009. Effects of mulching and catch cropping on soil temperature, soil moisture and wheat yield on the Loess Plateau of China. Soil Tillage Research 102: 78-86.
35. Zhu, J. K. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. Annual Review of Plant Biology 53: 247-316.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 4, Winter. 2016, p. 687-699

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۴، ص. ۶۹۹-۶۸۷

Effect of Mulch and Water Stress on Some Physiological Traits, Yield Components and Grain Yield of Red Kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

R. Amini[1*]- A. Dabbagh Mohammadi-Nasab[2]- E. Ghalandarzadeh[3]

Received: 04-01-2014
Accepted: 03-01-2015

Introduction

Water use in agricultural production as one of the most important environmental factors affecting plant growth and development, especially in arid and semi-arid climatic conditions of Iran is of special importance (21). One of the ways of alleviating water scarcity is by enhancing its use efficiency or productivity. Improving water use efficiency in arid and semi-arid areas depends on effective conservation of moisture and efficient use of limited water. Mulching is one of the management practices for increasing water use efficiency (WUE) . Straw mulch is commonly used as mulch. Straw mulching has potential for increasing soil water storage (16). Mulches modify the microclimate and growing conditions of crops (16), conserve more water and increase water use efficiency (34).

Red kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is the most important food legume (25) and is an important source of proteins and minerals (28). The majority of red kidney bean production is under drought conditions, and thus yield reductions due to drought are very common (29). This research was carried out to evaluate the effect of wheat straw mulch and water stress on physiological traits, yield components and grain yield of red kidney bean cultivars.

Materials and Methods

A field experiment was conducted in 2012 at the Research Farm of the Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran (latitude 38°05_N, longitude 46°17_E, altitude 1360 m above sea level). In order to investigate the effect of mulch on grain yield and yield components of red kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars at different water stress treatments, a factorial experiment was conducted based on RCB design with three replications. The factors were including water stress treatment (I_1 and I_2, irrigation after 60 and 120 mm evaporation from class A pan, respectively); mulch application at two levels ($M_{1:}$ (no mulch) and $M_{2:}$ 2 ton ha^{-1} wheat straw mulch) and red kidney bean cultivars including Akhtar and Naz.

Results and Discussion

The results indicated that the effects of water stress, mulch, cultivar and interaction of water stress × cultivar were significant on nodule number per plant. The results of mean comparison indicated that mulch application increased nodule number per plant by 17%. This result indicates that mulch increased the soil moisture and finally improved the activity of *Rhizobium.* In water stress treatment the nodule number per root of both cultivars reduced but the reduction in cv. Naz was greater than that of cv. Akhtar.

Analysis of variance indicated that the effects of water stress, cultivar and water stress × cultivar was significant on leaf stomata density. At water stress treatment (I_2) the leaf stomata density increased by 7% but increasing in cv. Akhtar was greater than cv. Naz. One reason for increasing the leaf stomata density at water stress condition could be the reduction in cell size that led to increasing the leaf stomata density.

The effects of water stress, mulch, cultivar and water stress × cultivar was significant on pods per plant. The mulch application increased the pods per plant by 13 %. The interaction effect of water stress × cultivar showed that the reduction of pods per plant in cv. Akhtar (27%) was greater than that of cv. Naz (20%). The cv. Naz had an indeterminate growth pattern and was able to compensate the reduction in pods per plant at later growth stages.

The effects of water stress, mulch, cultivar and water stress × cultivar was significant on 100-grains weight.

1- Associate Professor, Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2- Professor, Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
3- Post Graduate Student, Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
(*- Corresponding Author Email: r_amini@tabrizu.ac.ir)

The 100-grain weight of red kidney bean increased in mulch application treatment by 6%. The explanation for increasing of 100-grains weight could be attributed to improving the water availability and photosynthesis rate by mulch application. The interaction effect of water stress × cultivar showed that in both water stress treatments the cv. Akhtar had higher 100-grain weight than cv. Naz and the reduction percentage in cv. Naz was greater than that of cv. Akhtar. This result could be related to the longer growth period of cv. Naz than cv. Akhtar.

The effects of water stress, mulch, cultivar and the all interaction effects were significant on red kidney bean grain yield. The mulch application increased the grain yield by 18%. The effect of water stress × mulch ×cultivar indicated that the cv. Akhatr in full irrigation treatment and application of straw mulch had the highest grain yield (3135 kg ha^{-1}). Also the cv. Naz in water stress treatment and application of without mulch application had the lowest grain yield (1340 kg ha^{-1}). The cv. Akhtar had a bush type growth pattern and a lower green cover than cv. Naz, therefore mulch application on the soil surface could increase the available water for red kidney bean.

Conclusions

At water limitation conditions by mulch application, the available water, yield components and grain yield of red kidney bean could be increased. Under drought and aridity conditions, field management practices such as selecting high-yielding cultivars and reducing soil evaporation by using of mulch increased the grain yield especially in water limitation condition. Investigating the response of other common bean cultivars to water stress and mulch could be effective for identifying the common bean cultivars with high grain yield at water stress condition with mulch application that is consistent with sustainable agriculture.

Keywords: Cultivar, Grain weight, Irrigation level, Pod number, Stomata density