Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Plant Production Research

Print ISSN: 2322-2050
Online ISSN: 2322-2778

Effect of drought stress on yield and yield components and radiation use efficiency of three types of red, white and pinto beans

Zahra Rashidi[1], Mohammad Bannayan Aval[*2], Khosro Azizi[3], Mehdi Nasiri Mahallati[4]

1. Ph.D. Student of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. E-mail: rashidi_z@ymail.com
2. Corresponding Author, Dept. of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. E-mail: mobannayan@yahoo.com
3. Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran. E-mail: azizi.kh@lu.ac.ir
4. Dept. of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. E-mail: mnassiri@um.ac.ir

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 10.27.2021
Revised: 12.11.2021
Accepted: 01.26.2023

Keywords:
100 seed weight,
Drought stress,
Number of pod per plant,
Seed number per pod

ABSTRACT

Background and Objectives: Bean plant is very sensitive to water and soil conditions and its yield is damaged even in short periods of stress. Water shortage has very negative effects on grain yield and bean yield components. Due to the fact that drought stress is one of the most important environmental stresses in the agricultural sector, many efforts have been made to maintain crop yields under drought conditions. Conditions are shortages or high water prices. Therefore, due to the importance of this issue, this study was conducted to investigate the effect of drought stress on yield, yield components and radiation use efficiency (RUE) in growing different types of beans in Mashhad climate.

Materials and Methods: To investigate the effect of irrigation treatments on grain yield and yield components and radiation use efficiency in three types of experimental beans in the form of split plots based on randomized complete blocks in three replications in the spring of 2016-2017 and 2017-97 in the research farm of faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad was implemented. Experimental factors include normal irrigation (irrigation based on 100 percent of plant water requirement) and drought stress levels (irrigation based on 75 percent of plant water requirement and irrigation based on 50 percent of plant water requirement) as the main plot and three types of beans including red beans (*Phaseolus calcaratus*) white beans (*Phaseolus lanatus*) and pinto beans (*Phaseolus vulgaris Pinto Group*) were sub-plots. Data analysis was performed using SAS software and comparison of the mean of treatments based on Duncan test at a probability level of five percent.

Results and Discussion: The results showed that the interaction effect of irrigation and bean type on grain yield, biological yield, harvest index, number of pods per plant, number of seeds per pod and radiation use efficiency (RUE) were significant. Because red beans were able to use the light reaching the vegetation more efficiently, as a result, grain yield, biological yield and harvest index (1421.44 and 4126.6 kg / ha and 35.76 percent) caused higher the amount of these traits (872.67 and 2225.5 kg / ha and 30.52 percent) in pinto beans were reduced. Based on the results, normal irrigation treatment showed the highest grain yield,

biological yield and harvest index (1602.28 and 4811.9 kg / ha and 39.24 percent) and the lowest grain yield, biological yield and harvest index. (1093.222 and 3388.8 kg/ha and 33.06 percent) were obtained in drought stress treatment (irrigation based on 50 percent of water requirement). While normal irrigation increased the number of pods per plant in red beans and white beans (13 pods per plant), this irrigation treatment (with a reduction of 38.08%) reduced this trait in pinto beans (8.05 pods per plant). In drought stress treatment (irrigation based on 50% of water requirement), red beans and pinto beans had the highest (6.82 seeds per pod) and the lowest (2.47 seeds per pod) number of seeds per pod, respectively. The highest 100-seed weight was obtained in normal irrigation (28.39 g) and drought stress (irrigation based on 50 percent water requirement) resulted in the lowest amount of this trait (26.04 g). Among bean varieties, the highest 100-grain weight (31.16 g) was obtained in red beans. As the intensity of drought stress increased, the radiation use efficiency decreased and the radiation use efficiency in normal irrigation conditions (1.8 g / mJ) was higher than that in drought stress treatment (irrigation based on 50 percent of water requirement). Red beans (1.9 g / mJ) had higher radiation use efficiency than white beans (1.6 g / mJ) and pinto beans (1.5 g / mJ). Normal irrigation treatment (irrigation based on 100 percent of plant water requirement) increased radiation use efficiency in red beans (1.3 g / mJ) and drought stress (irrigation based on 50 percent of plant water requirement) in white beans reduced this trait.

Conclusion: According to the results, normal irrigation and red beans seem to be desirable to achieve higher yields.

Cite this article: Rashidi, Zahra, Bannayan Aval, Mohammad, Azizi, Khosro, Nasiri Mahallati, Mehdi. 2022. Effect of drought stress on yield and yield components and radiation use efficiency of three types of red, white and pinto beans. *Journal of Plant Production Research*, 29 (3), 143-164.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/JOPP.2022.19586.2884
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۵۰
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۷۸

اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و کارآیی مصرف تابش در سه نوع لوبیا قرمز، سفید و چیتی

زهرا رشیدی[۱]، محمد بنایان اول*[۲]، خسرو عزیزی[۳]، مهدی نصیری محلاتی[۴]

۱. دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. رایانامه: rashidi_z@ymail.com
۲. نویسنده مسئول، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. رایانامه: mobannayan@yahoo.com
۳. گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. رایانامه: azizi.kh@lu.ac.ir
۴. گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. رایانامه: mnassiri@um.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۰۵
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۹/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۰۶

واژه‌های کلیدی:
تعداد دانه در غلاف،
تعداد غلاف در دانه،
تنش خشکی،
وزن صد دانه

چکیده

سابقه و هدف: گیاه لوبیا به شرایط و کیفیت آب و خاک بسیار حساس بوده و عملکرد آن حتی در دوره‌های کوتاه‌مدت تنش صدمه می‌بیند. کمبود آب تأثیرات بسیار منفی بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد لوبیا دارد. با توجه به این‌که تنش خشکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی در بخش کشاورزی است، تلاش‌های زیادی برای حفظ عملکرد گیاهان تحت شرایط خشکی صورت گرفته است. کم‌آبیاری، انتخاب یک راهبرد بهینه و برتر برای استفاده از آب تحت شرایط کمبود و یا بالا بودن قیمت آب است. بنابراین با توجه به اهمیت موضوع، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارآیی مصرف تابش در کشت انواع مختلف لوبیا در شرایط آب و هوایی مشهد انجام گردید.

مواد و روش‌ها: برای بررسی تأثیر تیمارهای آبیاری بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد و کارآیی مصرف تابش در سه نوع لوبیا آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در بهار دو سال ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل آبیاری بدون تنش (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و سطوح تنش خشکی (آبیاری بر اساس ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و آبیاری بر اساس ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) به‌عنوان کرت اصلی و سه نوع لوبیا شامل لوبیا قرمز (*Phaseolus calcaratus*) لوبیا سفید (*Phaseolus lanatus*) و لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris Pinto Group*) به‌عنوان کرت فرعی بودند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین تیمارها بر مبنای آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد اثر متقابل آبیاری و نوع لوبیا بر عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و کارایی مصرف تابش معنی‌دار بود. از آن‌جا که لوبیا قرمز توانست نور رسیده به پوشش گیاهی را با کارایی بهتری استفاده نماید، در نتیجه عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت (به ترتیب ۱۴۲۱/۴۴ و ۴۱۲۶/۶ کیلوگرم در هکتار و ۳۵/۷۶ درصد) بالاتری را موجب گردید و مقدار این صفات (به ترتیب ۸۷۲/۶۷ و ۲۲۲۵/۵ کیلوگرم در هکتار و ۳۰/۵۲ درصد) در لوبیا چیتی کاسته شد. بر اساس نتایج، تیمار آبیاری بدون تنش بالاترین عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت (به‌ترتیب ۱۶۰۲/۲۸ و ۴۸۱۱/۹ کیلوگرم در هکتار و ۳۹/۲۴ درصد) را نشان داد و کم‌ترین میزان عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت (به ترتیب ۱۰۹۳/۲۲ و ۳۳۸۸/۸ کیلوگرم در هکتار و ۳۳/۰۶ درصد) در تیمار تنش خشکی (آبیاری بر اساس ۵۰ درصد نیاز آبی) حاصل گردید. در حالی‌که آبیاری بدون تنش موجب افزایش تعداد غلاف در بوته در لوبیا قرمز و لوبیا سفید (۱۳ غلاف در بوته) گردید، این تیمار آبیاری (با ۳۸/۰۸ درصد کاهش) منجر به کاهش این صفت در لوبیا چیتی (۸/۰۵ غلاف در بوته) شد. در تیمار تنش خشکی (آبیاری بر اساس ۵۰ درصد نیاز آبی)، لوبیا قرمز و لوبیا چیتی به ترتیب دارای بیش‌ترین (۶/۸۲ دانه در غلاف) و کم‌ترین (۲/۴۷ دانه در غلاف) تعداد دانه در غلاف بودند. بیش‌ترین وزن صد دانه در آبیاری بدون تنش (۲۸/۳۹ گرم) به‌دست آمد و تنش خشکی (آبیاری بر اساس ۵۰ درصد نیاز آبی) منجر به حصول کم‌ترین میزان این صفت (۲۶/۰۴ گرم) گردید. در بین انواع لوبیا، بالاترین وزن صد دانه (۳۱/۱۶ گرم) در لوبیای قرمز به‌دست آمد. با افزایش شدت تنش خشکی بر میزان کارایی مصرف تابش کاسته شد و میزان کارایی مصرف تابش در شرایط آبیاری بدون تنش (۱/۸ گرم بر مگاژول) بالاتر از میزان آن در تیمار تنش خشکی (آبیاری بر اساس ۵۰ درصد نیاز آبی) بود. لوبیا قرمز (۱/۹ گرم بر مگاژول) نسبت به لوبیا سفید (۱/۶ گرم بر مگاژول) و لوبیا چیتی (۱/۵ گرم بر مگاژول) از کارایی مصرف تابش بالاتری برخوردار بود. تیمار آبیاری بدون تنش (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) باعث افزایش کارایی مصرف تابش در لوبیا قرمز (۱/۳ گرم بر مگاژول) شد و تنش خشکی (آبیاری بر اساس ۵۰ دصد نیاز آبی گیاه) در لوبیا سفید موجب کاهش این صفت گردید.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج حاصله آبیاری بدون تنش و لوبیای قرمز جهت حصول به عملکرد بالاتر مطلوب به نظر می‌رسد.

استناد: رشیدی، زهرا، بنایان اول، محمد، عزیزی، خسرو، نصیری محلاتی، مهدی (۱۴۰۱). اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و کارآیی مصرف تابش در سه نوع لوبیا قرمز، سفید و چیتی. *نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۲۹ (۳)، ۱۶۴-۱۴۳.
DOI: 10.22069/JOPP.2022.19586.2884

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

گزارش سازمان ملل متحد مبنی بر افزایش سالانه حدود ۱/۴ درصد در جمعیت کره زمین و احتمال افزایش جمعیت جهان به ۸/۳ میلیارد نفر تا سال ۲۰۳۰ آن را چالشی بزرگ دانست و بیان کرد که با چنین شتابی جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ به حدود ۱۰ میلیارد نفر خواهد رسید که در این شرایط افزایش میزان تولید گیاهان زراعی ضروری است تا بتوان پروتئین و کالری مورد نیاز این جمعیت را فراهم کرد (۱ و ۲). محدودیت تولید پروتئین دامی، توجه پژوهش‌گران را به رفع نیازهای پروتئینی از طریق تولیدات گیاهی معطوف کرده است (۲). حبوبات از مهم‌ترین منابع پروتئینی در رژیم غذایی انسان به شمار می‌آید (۳). این گیاهان، مکمل خوبی برای پروتئین غلات بوده و در سامانه‌های کشاورزی کم‌نهاده، دارای اهمیت هستند (۴). وسعت تمام زمین‌های زیرکشت حبوبات در دنیا ۸۹ میلیون هکتار، با تولید کُل ۸۸ میلیون تُن و متوسط عملکرد ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار است (۱). این مقادیر برای ایران به ترتیب ۰/۶۸ میلیون هکتار، ۰/۴۳ میلیون تن و ۶۵۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (۱).

در بین حبوبات، لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) از نظر سطح زیر کشت و تولید مقام اول را در جهان دارا است (۳). این گیاه از نواحی جنوبی و مرکزی قاره آمریکا منشأ گرفته است. سطح زیر کشت لوبیا در ایران، ۶۰ هزار هکتار با تولید کل ۱۲۲ هزار تن می‌باشد (۱). دانه این گیاه دارای ۲۵-۲۰ درصد پروتئین و ۵۶-۵۰ درصد کربوهیدرات بوده و در مقایسه با غلات دارای ۲ تا ۳ برابر پروتئین است (۵). ارقام و توده‌های لوبیا از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی هستند. لوبیا قرمز، لوبیا سفید و لوبیا چیتی از اساسی‌ترین نمونه‌های لوبیا در ایران هستند (۶). لوبیا گونه‌ای پلی‌مورفیک است که تنوع زیادی از نظر عادت رشدی، ویژگی‌های رویشی، رنگ گل، اندازه، شکل و رنگ غلاف‌ها و بذور دارد (۷).

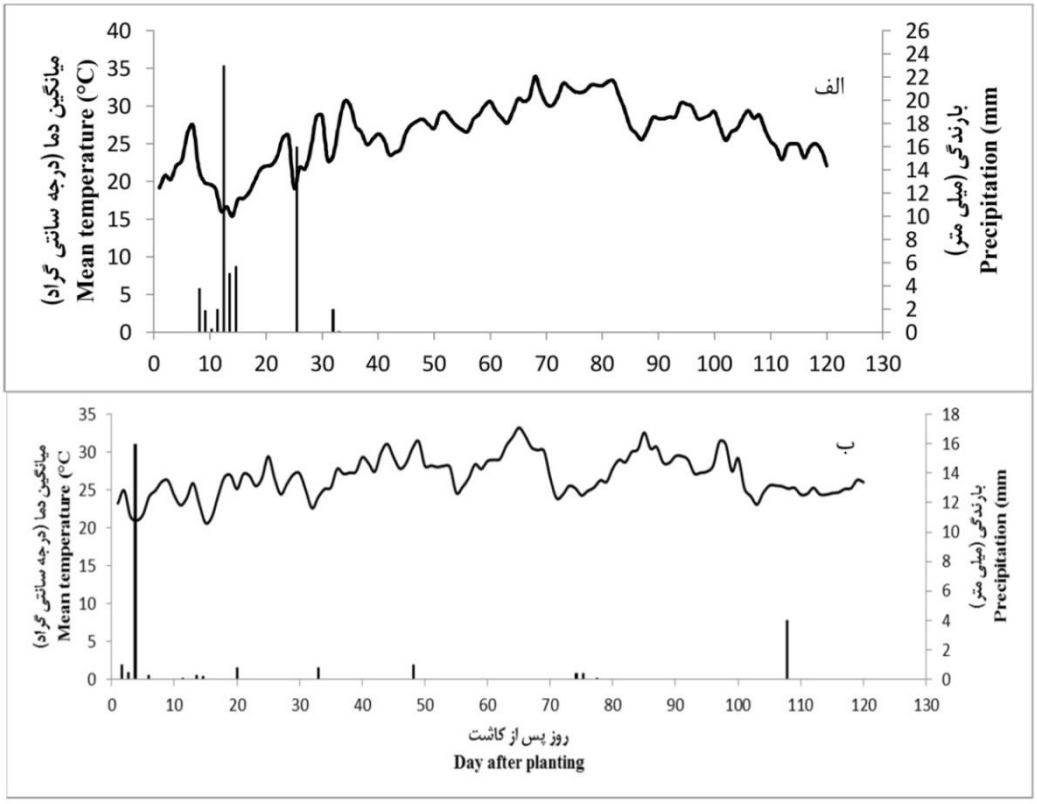
شرایط محیطی و مدیریت مزرعه ممکن است بر رشد و نمو گیاه اثر گذاشته و در نتیجه منجر به افزایش و یا کاهش عملکرد گردد (۸). لوبیا مانند سایر گیاهان زراعی تحت‌تأثیر انواع تنش‌های محیطی قرار می‌گیرد که در این میان، خشکی یکی از عوامل محدودکننده عملکرد آن محسوب می‌شود. لوبیا تحمل کمی به تنش آبی دارد و در حدود ۶۰ درصد از محصول لوبیا در جهان، از مناطقی به‌دست می‌آید که تحت شرایط کم‌آبی قرار دارد (۹). ترآن و سینگ (۲۰۰۲) و سزیلاگی (۲۰۰۳) بیان داشتند که مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید لوبیا در سراسر جهان، تنش خشکی می‌باشد (۱۰ و ۱۱). هم‌چنین جرمن و ترآن (۲۰۰۶) گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش زیست‌توده، عملکرد دانه، شاخص برداشت و وزن دانه می‌شود (۱۲). خاقانی و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی صفات کمی و کیفی لوبیا سفید و لوبیا قرمز در شرایط تنش خشکی بیان کردند که عملکرد تک بوته در لوبیا قرمز و وزن خشک برگ، وزن خشک بوته و وزن صد دانه در لوبیا سفید کاهش بیش‌تری نسبت به بقیه صفات داشتند (۱۳). براساس گزارش فائو حدود ۹۰ درصد از کشور ایران در نواحی خشک و نیمه‌خشک قرار دارد (۱۴). اقلیم خشک و نیمه‌خشک، اغلب مناطق ایران را تحت‌تأثیر قرار داده است، به ویژه خشک‌سالی‌های اخیر بر چالش کم‌آبی افزوده است. بر این پایه، تنش خشکی به‌عنوان یکی از چالش‌های تولید گیاهان زراعی در کشور و دیگر مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان شناخته شده است (۱۵). از آن‌جا که کشور ایران با متوسط بارندگی سالیانه ۲۶۰ میلی‌متر جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب شده و نیمی از اراضی قابل کشت کشورمان در این مناطق قرار دارند، بنابراین زراعت لوبیا در این مناطق می‌تواند با محدودیت آب مواجه شود.

بنابراین اتخاذ روش‌هایی برای استفاده بهینه از منابع آب موجود از جمله کشت گیاهان متحمل و استفاده از روش‌های کم‌آبیاری می‌تواند بسیار مؤثر باشد (۱۶). با این حال به نظر می‌رسد تنها گزینه موثر برای تأمین امنیت غذایی برای جمعیت رو به افزایش جهان، استفاده از کشاورزی آبی است. زیرا میزان محصول کشاورزی تولید شده تحت آبیاری دو برابر میزان محصول تولید شده در شرایط دیم است. هم‌چنین لازم است تا مناطق کشاورزی تحت آبیاری بیش از ۲۰ درصد افزایش یابد و میزان تولید محصولات نیز تا حدود ۴۰ درصد افزایش یابد تا بتوان در سال ۲۰۲۵ غذای ۸ بیلیون نفر جمعیت جهان را تأمین کرد (۱۷).

نور از مؤلفه‌های اصلی رشد و تولید زیست‌توده در گیاهان بوده و تولید ماده خشک تابعی از نور جذب شده و کارایی مصرف تابش در طول دوره رشد است (۱۸). گیاهان جهت رشد، نیازمند جذب و تحلیل (آسیمیلاسیون) گاز کربنیک با استفاده از تابش خورشیدی هستند و ماده خشک گیاهان زراعی رابطه خطی با مقدار تابش خورشیدی دریافت شده دارد و کارایی مصرف تابش در واقع شیب خط رگرسیون بین این دو متغیر می‌باشد (۱۹). بنابراین یکی از پیش‌شرط‌های لازم برای دستیابی به تولید بالا تأمین شرایط مطلوب جهت استفاده از تابش به منظور تولید مواد فتوسنتزی در بالاترین حد کارآیی آن است (۲۰). از میان عوامل مدیریتی، میزان تابش موجود در محیط تحت کنترل زارع نیست و به فصل سال، عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و ترکیبات اتمسفر منطقه بستگی دارد. اما میزان جذب تشعشع توسط گیاه وابسته به شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و آرایش فضایی اندام‌های هوایی گیاه می‌باشد (۲۱). از طرفی رژیم آبیاری نیز ساختمان پوشش گیاهی، الگوی انتشار تابش درون پوشش گیاهی و در نهایت کارآیی مصرف تابش گیاه را تغییر می‌دهد. ارل و داویس (۲۰۰۳) در آزمایشی بیان کردند کمبود آب خاک، تولید ماده خشک گیاهان را به‌علت کاهش جذب تابش فعال فتوسنتزی ناشی از سطح برگ، پژمردگی، جمع شدن پهنک و در نهایت پیری زودرس برگ‌ها و هم‌چنین کاهش کارآیی تبدیل تابش جذب شده به ماده خشک تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (۲۲). آرواس و همکاران (۲۰۰۲) با برآورد کارایی مصرف تابش از طریق محاسبه شیب خط رگرسیون بین ماده خشک تجمعی و میزان نور جذب شده تجمعی (۲۳) گزارش کردند کارآیی مصرف تابش با توزیع بهتر تشعشع فعال فتوسنتزی در پوشش گیاهی تحت شرایط تنش خشکی افزایش می یابد و تأثیر تنش خشکی بر کاهش عملکرد از طریق کاهش سطح برگ و تسریع پیری برگ‌ها بسیار مهم‌تر از تأثیرگذاری آن بر فتوسنتز می باشد (۲۴). محاسبه کارآیی مصرف تابش روش مؤثر و کارآمد برای کمی کردن تجمع ماده خشک است و به صورت افزایش ماده خشک به ازای جذب هر واحد تابش فعال فتوسنتزی تعریف می‌شود و اغلب به صورت شیب رگرسیونی خطی زیست‌توده در مقابل تابش جذب شده تجمعی محاسبه می‌شود (۲۵). در شرایطی که کمبود آب و مواد غذایی وجود نداشته باشد و در غیاب مشکل آفات و بیماری‌ها، تولیدات گیاهی یک رابطه خطی با مقدار تابش تجمعی دریافتی دارند و تابش فعال فتوسنتزی جذب شده به‌عنوان مهم‌ترین عامل رشد گیاه خواهد بود (۲۱). بنابراین با توجه به اهمیت موضوع، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارآیی مصرف تابش در کشت انواع مختلف لوبیا در شرایط آب و هوایی مشهد انجام گردید.

مواد و روش‌ها

دو آزمایش مزرعه‌ای در بهار دو سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب شرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ درجه شرقی با ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا با بارندگی سالانه ۲۸۶ میلی‌متر و دمای متوسط سالیانه ۱۷ درجه سانتی‌گراد به انجام رسید. آب و هوای منطقه بر اساس روش آمبرژه سرد و خشک است. مشخصات هواشناسی محل آزمایش در طول فصل رشد لوبیا در دو سال مورد مطالعه برای ایستگاه هواشناسی مشهد در شکل یک نشان داده شده است. میزان بارندگی سالانه در سال ۱۳۹۶ حدود ۱۸۴ میلی‌متر و در سال ۱۳۹۷ به‌میزان ۲۳۵ میلی‌متر و دمای متوسط سالیانه در سال ۱۳۹۶ حدود ۱۹ درجه سانتی‌گراد و در سال ۱۳۹۷ حدود ۱۷ درجه سانتی‌گراد بود.



شکل ۱- بارندگی و میانگین دمای روزانه ایستگاه هواشناسی مشهد در طول فصل رشد لوبیا در سال ۱۳۹۶ (الف) و ۱۳۹۷ (ب).

Fig. 1. Daily precipitation and mean temperature of Mashhad meteorological station during the bean growing season in 2017 (A) and 2018 (B).

این پژوهش به صورت طرح کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. آبیاری بدون تنش (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و سطوح تنش خشکی (آبیاری بر اساس ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و آبیاری بر اساس ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) به عنوان کرت اصلی و سه نوع لوبیا قرمز (*Phaseolus calcaratus*) رقم یاقوت، لوبیا سفید (*Phaseolus lanatus*) رقم درسا و لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris Pinto Group*) رقم کوشا به‌عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند

(جدول ۱) (۲۶). بذرهای لوبیا از مرکز ملی تحقیقات لوبیای خمین تهیه شدند. زمین اجرای آزمایش در هر دو سال یکسان بود. قبل از انجام آزمایش به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در هر دو سال از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مکان پژوهش، نمونه‌برداری به صورت تصادفی انجام و به آزمایشگاه منتقل شد که نتایج آن در جدول دو نشان داده شده است.

جدول ۱- میانگین عملکرد دانه، وزن صد دانه، طول دوره رشد و تعداد شاخه‌دهی ارقام لوبیا.

Table 1. Mean of seed yield, 100-seed weight, growth period length and number of branching bean cultivars.

ارقام لوبیا Bean type	میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Mean of Seed yield (kg/ha)	وزن صد دانه (گرم) 100-seed weight (g)	طول دوره رشد (روز) Growth period length (Day)	تعداد شاخه‌دهی (شاخه) Number of branching (Branch)
لوبیا قرمز رقم یاقوت Red bean	2900	29	90	7-8
لوبیا سفید رقم درسا White bean	3320	32	95	5-7
لوبیا چیتی رقم کوشا Pinto bean	3200	40	102	4-6

آماده‌سازی و عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح زمین مطابق عرف منطقه در بهار دو سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ انجام شد. کاشت لوبیا اواخر اردیبهشت انجام گردید. همه بذور قبل از کاشت با سم بنومیل به نسبت دو در هزار ضدعفونی گردیده و سپس در هر کرت فرعی در شش ردیف به طول چهار متر با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر در عمق پنج سانتی‌متر کاشته شد.

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی در سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷.

Table 2. Physical and chemical particular of research station soil in 2017 and 2018.

سال Year	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی عصاره اشباع (دسی‌زیمنس بر متر) EC (d S m^{-1})	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	فسفر (درصد) Phosphorus (%)	پتاسیم (درصد) Potassium (%)	کلاس بافت خاک Soil texture class
1396	8.01	0.56	1.45	0.067	0.004	0.074	Silty loam
1397	8.05	0.84	1.32	0.078	0.007	0.066	Silty loam

اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی متناسب با تیمارهای مربوطه بر اساس نیاز گیاه و شرایط محیطی هر چهار تا هفت روز یکبار انجام گردید. تیمار تنش خشکی در مرحله سومین برگ سه برگچه‌ای گیاه لوبیا اعمال شد و تا آخرین آبیاری ادامه داشت.

حجم آب مصرفی مورد نیاز در هر مرحله از آبیاری گیاه جهت اعمال تنش خشکی با استفاده از تشتک تبخیر کلاس A محاسبه و تبخیر روزانه از تشت اندازه‌گیری شد؛ که بر اساس ضریب تشت و ضریب گیاهی، حجم آب مصرفی مورد نیاز در هر مرحله از آبیاری از رابطه زیر تعیین شد.

$$V= PE*KC*A /Ei \quad (۱)$$

که در آن، V حجم آبیاری بر حسب مترمکعب، PE تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A بر حسب میلی‌متر، KC ضریب گیاهی، A مساحت آبیاری شده بر حسب مترمربع و Ei کارایی آبیاری می‌باشد. کارایی آبیاری ۵۱ درصد در نظر گرفته شد (۲۷). ضریب گیاهی لوبیا از ۰/۱۵ در اوایل رشد (از زمان کاشت تا نزدیک به زمان برقراری پوشش گیاهی ۱۰ درصد)، ۱/۱۵ در اواسط رشد (از زمان پوشش گیاهی ۱۰ درصد تا زمان رسیدن محصول) و از ۰/۲۶ در مرحله برداشت (از زمان شروع رسیدن محصول تا برداشت یا پلاسیدگی کامل گیاه) متفاوت است (۲۸). آبیاری کرت‌ها توسط لوله‌های پلی‌اتیلن و حجم آب ورودی به کرت با کنتور آب کنترل گردید.

به منظور تعیین کارایی جذب و مصرف تابش بعد از اعمال تنش خشکی در سومین برگ سه برگچه‌ای هر ۱۴ روز یک بار میزان تشعشع در بالا و پایین پوشش گیاهی در طول دوره رشد، اندازه‌گیری شد. میزان تابش در بالا و پایین پوشش گیاهی توسط دستگاه PAR Ceptometer مدل LP-80 ساخت کشور آمریکا اندازه‌گیری شد. در هر مورد، دو اندازه‌گیری از زیر پوشش گیاهی (جهت محاسبه تابش عبور یافته از پوشش گیاهی) و سه اندازه‌گیری از بالای پوشش گیاهی (جهت اندازه‌گیری کل تابش رسیده به سطح پوشش گیاهی) انجام شد. برای اندازه‌گیری مقدار تابش رسیده به پایین پوشش گیاهی، دستگاه به شکلی در زیر پوشش گیاهی قرار گرفت که حس‌گرها بین دو ردیف مجاور تقسیم شوند و سایه‌اندازی پوشش گیاهی در طرفین ردیف کاشت به دقت اندازه‌گیری شود. سپس با استفاده از معادله لامبرت- بیر (رابطه ۲) مقدار ضریب خاموشی تابش محاسبه شد. در این معادله I_0 تابش اندازه‌گیری شده در بالای پوشش گیاهی، I_t تابش اندازه‌گیری شده در پایین پوشش گیاهی، k ضریب خاموشی تابش و LAI شاخص سطح برگ می‌باشد. میزان تابش ورودی روزانه (I) به روش ارائه شده توسط خودریان و فانلار (۲۹) با احتساب ساعات آفتابی هر روز برآورد شد. مقدار ضریب خاموشی تابش ۰/۶۷ در نظر گرفته شد (۱۸). با داشتن مقادیر شاخص سطح برگ روزانه (LAI) و تابش ورودی روزانه (I_0)، مقادیر تابش جذب شده روزانه (I_a) توسط گیاه بر حسب مگاژول در مترمربع در روز با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد.

$$LN\left(\frac{I_t}{I_0}\right) = -K \times LAI \quad (۲)$$

$$I_a = I_0 . (1 - e^{-LAI}) \quad (۳)$$

در پایان برای هر یک از تیمارها، میزان کل تابش جذب شده از مجموع مقادیر تابش روزانه جذب شده در طی فصل رشد و کارآیی مصرف تابش از شیب خط رگرسیون بین ماده خشک (y) و میزان تابش جذب شده تجمعی (x) به‌دست آمد (۳۰). عرض از مبدأ صفر می‌باشد. در طول فصل رشد با فاصله زمانی هر ۱۴ روز یک‌بار نمونه‌گیری انجام گردید. در هر نمونه‌گیری سه بوته از زمین خارج و جهت اندازه‌گیری سطح برگ و وزن خشک به آزمایشگاه منتقل گردید. سطح برگ گیاهان در آزمایشگاه با استفاده از دستگاه "سطح برگ‌سنج" (Model: VM-900 E/K) اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها پس از تفکیک به اجزای تشکیل‌دهنده (برگ، ساقه و میوه) درون پاکت‌های جداگانه‌ای قرار داده شد و پس از برچسب‌گذاری جهت تعیین وزن خشک به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شدند.

به منظور تعیین اجزای عملکرد، در پایان فصل رشد تعداد پنج بوته به طور تصادفی از هر کرت برداشت و تعداد غلاف بارور، تعداد دانه در هر غلاف و وزن ۱۰۰ دانه اندازه‌گیری و ثبت شد. برای محاسبه عملکرد زیستی پس از حذف اثر حاشیه و برداشت از وسط هر کرت به ابعاد دو در سه متر بوته‌های موجود در هر واحد آزمایشی برداشت و پس از خشک نمودن، وزن خشک آن‌ها بر اساس کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد زیستی به‌دست آمد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها: تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس طرح آزمایشی (طرح کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی) با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین تیمارها بر مبنای آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

تعداد غلاف در بوته: نتایج نشان داد که اثر سال، تنش خشکی، نوع لوبیا و اثر متقابل تنش خشکی در نوع لوبیا و اثر متقابل سال در نوع لوبیا در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که بیش‌ترین تعداد غلاف در بوته (۱۳ غلاف در بوته) در آبیاری بدون تنش (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) در لوبیا قرمز و سفید بود و کم‌ترین تعداد غلاف در بوته (۸/۰۵ غلاف در بوته) در لوبیا چیتی (با ۳۸/۰۸ درصد کاهش) در آبیاری بدون تنش (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) به‌دست آمد (جدول ۶).

در شرایط بدون تنش تعداد غلاف در بوته در لوبیا قرمز و سفید بیش‌ترین و در لوبیا چیتی کم‌ترین مقدار بود. در شرایط تنش متوسط (آبیاری بر اساس ۷۵ درصد نیاز آبی) اختلاف تعداد غلاف بین لوبیا قرمز و سفید بیش‌تر بود و این تفاوت در شرایط تنش شدید نیز بیش‌تر بود. اما در هر سه تیمار آبیاری تعداد غلاف در بوته در لوبیا چیتی کم‌تر از سایر لوبیاها بود (جدول ۶). در بررسی عملکرد دانه و عملکرد زیستی نیز لوبیا چیتی کم‌ترین مقادیر را به خود اختصاص داد که یکی از دلایل آن کاهش تعداد غلاف در بوته بود. در یک پژوهش گزارش شد که اثر تیمار آبیاری بر تعداد غلاف در بوته لوبیا قرمز کاهش یافت. به‌طوری‌که در شرایط آبیاری بر اساس ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (تنش خفیف) نسبت به آبیاری طبیعی، تعداد غلاف در بوته ۱۷/۷ درصد کاهش یافت و با افزایش تنش شدید خشکی (آبیاری بر اساس ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) این کاهش تعداد غلاف در شرایط تنش خشکی می‌تواند به‌دلیل اختلال در عمل گرده‌افشانی و کاهش تعداد گل‌ها، ریزش گل‌ها و غلاف‌ها باشد (۳۱). پژوهش‌گران گزارش کردند که اختلاف تعداد غلاف در گیاه باعث کاهش عملکرد دانه در کلزا شد (۱۶). سایر پژوهش‌گران نیز کاهش عملکرد دانه را به‌علت کاهش تعداد غلاف در بوته در سه گیاه لوبیا سبز (*Phaseolus vulgaris* L.)، لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata*) و نخود گزارش نمودند که دلیل آن مواجه شدن تنش خشکی در زمان گلدهی و غلاف‌بندی بود (۳۲). در یک بررسی اثر تنش خشکی بر شش ژنوتیپ لوبیا نشان داد که هر چند تعداد غلاف در بوته در اثر تنش خشکی در همه ژنوتیپ‌ها کاهش یافته است اما کاهش تعداد غلاف در بوته بسته به ژنوتیپ بین ۲۰ الی ۷۳ درصد بود. نگهداری و عدم سقط غلاف عامل مهمی در تعیین عملکرد دانه و صفت مطلوبی برای لوبیا می‌باشد (۱۰).

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت، تعداد غلاف بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه در لوبیا.

Table 3. Analysis of variance (mean squares) of seed yield, biological yield, harvest index, pod number in plant, seed number in pod and 100 seed weight in bean.

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیستی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	تعداد غلاف در بوته No. of Pod per plant	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	وزن صددانه 100 seed weight
سال Year	1	130832.67	965757.94	0.3952667	18.7384**	1.01407**	3.32518
تکرار در سال R×Y	4	6984.70	92204.31	2.9364370	0.07025	0.1466	0.809048
تنش خشکی Drought stress	2	484820.07**	2419460.92**	32.791168**	1.39985**	0.1849**	24.85521**
سال × تنش خشکی Year × Drought stress	2	454.22	24530.45	0.6635056	0.09155	0.00071	0.00739
خطا Error a	8	14358.593	184555.8	1.9534315	0.09377	0.07004	1.096742
نوع لوبیا Bean type	2	2415084.79**	33309489.19**	356.29176**	82.9596**	76.6968**	223.0348**
تنش خشکی × نوع لوبیا Drought stress × Bean type	4	69598.68	830596.73	3.77266	1.63097**	0.74478**	0.528483
سال × نوع لوبیا Year × Bean type	2	7713.5	296858.07	4.89526	1.05214**	0.00421	0.06847
سال × تنش خشکی × نوع لوبیا Year × Drought stress × Bean type	4	6461.39	123111.4	2.829905	0.18347	0.003107	0.02072
خطا Error b	24	39760.65	423143.34	4.61022	0.19555	0.01775	5.38902
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient variation (%)		15.86	17.28	6.24	4.29	2.56	8.53

* و ** به ترتیب معنی‌داری سطوح احتمال پنج و یک درصد، ^{ns} غیرمعنی‌دار

*, ** are significant at 5 and 1% probability levels, ^{ns} Non-significant

جدول ۴- اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت، وزن صد دانه در لوبیا.

Table 4. The effect of drought stress on seed yield, biological yield, harvest index and 100 seed weight in bean.

آبیاری Irrigation	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg/ha)	عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg/ha)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	وزن صد دانه (گرم) 100 seed weight (g)
۱۰۰ درصد نیاز آبی 100 percent of water requirement	1421.44 ^{a}	4126.6 ^{a}	35.76 ^{a}	28.39 ^{a}
۷۵ درصد نیاز آبی 75 percent of water requirement	1254.89 ^{b}	3777.1 ^{ab}	34.26 ^{ab}	27.14 ^{b}
۵۰ درصد نیاز آبی 50 percent of water requirement	1093.22 ^{c}	3388.8 ^{b}	33.06 ^{b}	26.04 ^{b}

تعداد دانه در غلاف: نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال، تنش خشکی، نوع لوبیا و اثر متقابل تنش خشکی در نوع لوبیا در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین تعداد دانه در غلاف در تنش خشکی بر اساس ۵۰ درصد نیاز آبی در لوبیا قرمز و کم‌ترین آن در لوبیا چیتی (با ۶۳/۷۸ درصد کاهش) در تنش خشکی بر اساس ۵۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمد (جدول ۶). اختلاف تعداد دانه در غلاف در لوبیا قرمز و سفید در هر دو سطح تنش خشکی بر اساس ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی معنی‌دار نبود. به عبارتی دیگر لوبیا قرمز و سفید در شرایط تنش متوسط و شدید توانسته‌اند تعداد دانه در غلاف را افزایش دهند، در حالی‌که تعداد غلاف در آن‌ها در اثر تنش شدید کاهش معنی‌داری نشان داد (جدول ۶). در یک پژوهش اثر تنش خشکی بر تعداد دانه در غلاف در کلزا نشان داد که فراهمی رطوبت در طی دوره رشد گیاه باعث افزایش رشد رویشی و به‌دنبال آن افزایش تعداد دانه در غلاف شد و افزایش آبیاری از حدی در مرحله گلدهی باعث افزایش بیش از حد رشد رویشی و برخورد گیاه به دوره خشکی انتهای فصل و در نتیجه کاهش تعداد دانه در غلاف می‌شود (۳۳). در گیاه نخود گزارش شده است که در آغاز گلدهی دارای رشد رویشی سریعی است که در شرایط فراهم بودن رطوبت قابل دسترس، طول دوره رشد زایشی و میزان فتوسنتز جاری آن افزایش می‌یابد که نتیجه افزایش فتوسنتز جاری، تشکیل گل‌های بیش‌تر در گیاه می‌باشد که بر تشکیل غلاف‌های بارور و تولید دانه مؤثر است (۳۴). عدم تامین مواد فتوسنتزی لازم برای رشد جنین و تکامل بذر، یکی از دلایل عمده کاهش تعداد دانه در بوته در شرایط تنش خشکی می‌باشد. برخی پژوهش‌گران اعلام کردند که آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی باعث افزایش تعداد دانه در بوته می‌شود. علت کاهش تعداد دانه در شرایط تنش خشکی، کاهش تعداد غلاف در ساقه‌های اصلی و فرعی است (۳۵). یکی از ویژگی‌های مهم جهت سازگاری به خشکی در لوبیا، داشتن قدرت توزیع مجدد مواد ذخیره شده به سمت دانه‌ها است. ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی ممکن است بازده بالاتری در تولید مواد فتوسنتزی و انتقال آن‌ها به‌سمت دانه‌ها داشته باشند (۳۶). به‌نظر می‌رسد در پژوهش حاضر لوبیا قرمز و لوبیا سفید در تنش شدید توانسته‌اند توزیع مجدد مواد ذخیره شده به سمت دانه‌ها را افزایش دهند و این امر باعث سقط دانه و کاهش تعداد دانه در غلاف نشده است. اما در شرایط بدون تنش لوبیا سفید تعداد دانه کم‌تری نسبت به لوبیا قرمز داشت.

وزن صد دانه: نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر تنش خشکی و اثر نوع لوبیا در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین وزن صد دانه در آبیاری بدون تنش (۲۸/۳۹ گرم) به دست آمد و تنش خشکی (آبیاری بر اساس ۵۰ درصد نیاز آبی) منجر به حصول کم‌ترین میزان این صفت (۲۶/۰۴ گرم) گردید و با تنش خشکی بر اساس نیاز آبی ۷۵ درصد از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴). بیش‌ترین وزن صد دانه در لوبیا قرمز به دست آمد و پس از آن لوبیا سفید و چیتی در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. اختلاف وزن صد دانه لوبیا سفید و چیتی از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۵). پژوهش‌گران بیان کردند که رقم لوبیا چیتی نسبت به لوبیا سفید و لوبیا سبز در شرایط مطلوب (بدون تنش آبی) وزن دانه بیش از سه برابر داشت درصورتی که لوبیا سبز کم‌ترین وزن دانه را داشت. هم‌چنین در سطح تنش خشکی متوسط، رقم لوبیا چیتی نسبت به سایر ارقام از وزن دانه بیش‌تری برخوردار بود اما لوبیا سفید نسبت به سایر ارقام از وزن دانه کم‌تری برخوردار بود. این پژوهش‌گران اشاره کردند که از

آن‌جایی که لوبیا چیتی با داشتن تعداد دانه کم‌تر مواد حاصل از فتوسنتز خود را به دانه کم‌تری اختصاص می‌دهد در نتیجه از وزن دانه بیش‌تری برخوردار است اما لوبیا سبز با داشتن تعداد دانه بیش‌تر از وزن دانه کم‌تری برخوردار است. در تنش خشکی متوسط وزن دانه لوبیا سبز بیش‌تر از شرایط نرمال بود که ممکن است به دلیل کم‌تر بودن تعداد دانه و انتقال کم‌تر مواد فتوسنتزی به دانه در این رقم در شرایط تنش خشکی متوسط نسبت به شرایط نرمال باشد (۳۷). در پژوهش حاضر بیش‌ترین وزن صد دانه متعلق به شرایط بدون تنش بود و با افزایش تنش وزن صد دانه نیز کاهش نشان داد اگرچه تفاوت در شرایط تنش متوسط و شدید از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). این امر با روند کاهش تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف تشابه داشت. به عبارتی بهتر در شرایط تنش آبی هم تعداد دانه و هم وزن صد دانه کاهش یافت. به نظر با کاهش مقدار آب از شرایط نرمال به تنش متوسط میزان مواد ذخیره‌ای به دانه کاهش چشمگیر داشته است اما با افزایش شدت تنش، این انتقال مواد ذخیره‌ای کاهش معنی‌داری نداشت و به این علت اختلاف وزن صد دانه در دو مرحله تنش متوسط و شدید معنی‌دار نبود. در مورد انواع لوبیا به نظر می‌رسد لوبیا قرمز در شرایط نرمال و تنش متوسط و شدید آبی نسبت به سایر انواع لوبیا توانسته است مواد فتوسنتزی بیش‌تری را به دانه منتقل نماید و بنابراین وزن دانه بیش‌تری نسبت به سایرین داشت. از نظر وزن صد دانه، لوبیا سفید و چیتی اختلاف معنی‌دار نداشتند (جدول ۴).

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر تنش خشکی و اثر نوع لوبیا بر عملکرد دانه درسطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بر اساس نتایج بیش‌ترین عملکرد دانه (۱۴۲۱/۴۴ کیلوگرم در هکتار) در آبیاری بدون تنش (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و کم‌ترین عملکرد دانه در تنش خشکی (۱۰۹۳/۲۲ کیلوگرم در هکتار) (آبیاری براساس ۵۰ درصد نیاز آبی) به‌دست آمد (جدول ۴). نتایج نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه مربوط به لوبیا قرمز بود و پس از آن لوبیا سفید و چیتی در رده‌های بعد قرار گرفتند (جدول ۵). پژوهش‌گران اثر تنش خشکی را در سه سطح شاهد، متوسط و شدید روی انواع لوبیا مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها گزارش کردند که بیش‌ترین عملکرد دانه مربوط به لوبیا چیتی در شرایط شاهد و کم‌ترین عملکرد دانه مربوط به لوبیا سفید در شرایط تنش شدید بود (۳۷). در یک پژوهش اعمال تنش خشکی در مرحله رویشی و زایشی لوبیا چیتی در مقایسه با شرایط آبیاری معمولی از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. اگرچه کاهش میزان عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی در مرحله زایشی ناشی از حساسیت بیش‌تر بوته لوبیا چیتی به تنش خشکی در این مرحله است اما ایجاد اختلال در سوخت‌وساز گیاه از دلایل کاهش عملکرد دانه در این شرایط است. به‌علاوه این‌که تأثیر کاهش انتقال مواد پرورده تحت‌تأثیر کمبود آب از جمله عوامل مؤثر بر کاهش عملکرد دانه لوبیا چیتی تحت شرایط تنش خشکی است (۸). جیبیو (۲۰۰۶) گزارش کرد که لوبیا چیتی در همه مراحل رویش به کمبود آب حساس است (۳۸). پارژول (۲۰۰۱) نشان داد که تنش آب در مرحله گرده‌افشانی باعث کاهش تشکیل گل می‌شود. اگرچه اکثر پژوهش‌ها نشان دادند که تنش آب از مرحله گلدهی تا غلاف‌بندی عملکرد را کاهش می‌دهد. به نظر می‌رسد که لوبیا از تنش آب در همه مراحل رشد آسیب می‌بینید اما تنش قبل از گلدهی تا غلاف‌بندی بیش‌ترین صدمه را باعث می‌شود و کاهش عملکرد عمدتاً ناشی از تعداد غلاف‌های کم‌تر در گیاه است (۳۹). پژوهش‌گران گزارش کردند که کاهش عملکرد دانه لوبیا قرمز در شرایط نرمال و تنش نسبت به لوبیا سفید و چیتی

بیش‌تر بود. این پژوهش‌گران کاهش عملکرد دانه لوبیا را ناشی از مضرات تنش خشکی بر هر یک از اجزای عملکرد مرتبط دانسته‌اند (۶). ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در میانگین سه تیمار آبیاری در جدول ۸ آورده شده است. نتایج نشان داد عملکرد دانه با عملکرد زیستی، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف دارای همبستگی مثبت و قوی می‌باشد، ولی با وزن صد دانه و شاخص برداشت همبستگی منفی دارد. از این رو مقادیر بالای تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف منجر به بالا رفتن عملکرد دانه شده است. این امر نشان‌دهنده ارتباط مثبت بین کارآیی فتوسنتز و عملکرد دانه می‌باشد، به این صورت که گیاهانی که مواد فتوسنتزی بیش‌تری را در اندام‌های خود ذخیره می‌کنند عملکرد بالاتری خواهند داشت. پژوهش‌گران نیز در یک بررسی بیش‌ترین همبستگی عملکرد دانه با تعداد غلاف را در لوبیا گزارش کردند (۴۰). از طرفی بالا بودن ضریب همبستگی عملکرد دانه با عملکرد زیستی، نشان‌دهنده آن است که با افزایش کل زیست‌توده، عملکرد دانه افزایش یافته است (۴۰).

عملکرد زیستی: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر تنش خشکی و اثر نوع لوبیا بر عملکرد زیستی درسطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین عملکرد زیستی (۴۱۲۶/۶ کیلوگرم در هکتار) در آبیاری بدون تنش (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و کم‌ترین عملکرد زیستی (۳۳۸۸/۸ کیلوگرم در هکتار) در تنش خشکی (آبیاری بر اساس ۵۰ درصد نیاز آبی) به‌دست آمد (جدول ۴). اختلاف تیمار آبیاری بدون تنش (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) با تنش خشکی (آبیاری براساس ۷۵ درصد نیاز آبی) از نظر آماری معنی‌دار نبود. نتایج پژوهش حاضر اثر نوع لوبیا بر عملکرد زیستی نشان داد که لوبیا قرمز (۴۸۱۱/۹ کیلوگرم در هکتار) و لوبیا سفید (۴۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) بالاترین میزان عملکرد زیستی را به خود اختصاص دادند و میزان این صفت در لوبیا چیتی (۲۲۲۵/۵ کیلوگرم در هکتار) کاسته شد. اختلاف عملکرد زیستی در لوبیا قرمز و سفید از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۵). پژوهش‌گران بیان کردند که در سه سطح تنش خشکی (عدم تنش، آبیاری بر اساس ۳۰ درصد تخلیه رطوبت ظرفیت زراعی و آبیاری براساس ۷۰ درصد ظرفیت زراعی) میزان عملکرد زیستی در سه سطح تنش خشکی در لوبیا چیتی بیش‌ترین و لوبیا سفید کم‌ترین بود (۳۷). نتایج یک پژوهش نشان داد که اثر تیمار رژیم آبیاری، ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی و برهم‌کنش رژیم آبیاری در ژنوتیپ بر عملکرد زیستی معنی‌دار بود. با کاهش میزان آب آبیاری به ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی عملکرد زیستی در ژنوتیپ KS32293 به‌ترتیب ۹/۳ و ۷۹/۷ درصد و در ژنوتیپ C.O.S.16 به‌ترتیب ۴۲/۴ و ۹۵ درصد کاهش داشت (۴۱). تفاوت در تجمع ماده خشک ارقام لوبیا که تحت تنش رطوبتی متوسط تا شدید قرار داشتند در سایر پژوهش‌ها نیز گزارش شده است (۳۶). در بررسی شش ژنوتیپ لوبیا در شرایط تنش خشکی گزارش کردند که کمبود آب باعث کاهش متفاوتی در زیست توده هر شش ژنوتیپ شد (۴۲). در مطالعه این پژوهش‌گران میزان کاهش در اثر کمبود آب برای همه ژنوتیپ‌ها یکسان نبود. همبستگی بین اجزای عملکرد دانه و عملکرد زیستی نشان‌دهنده تغییرات یک سویه این صفات است یعنی با کاهش ماده خشک تولیدی، اجزای عملکرد دانه کاهش می‌یابد. بنابراین تجمع ماده خشک به عنوان یک صفت مهم برای حصول عملکرد بالا در حبوبات مورد توجه می‌باشد (۴۳).

شاخص برداشت: بر اساس نتایج به‌دست آمده اثر تنش خشکی و اثر نوع لوبیا بر شاخص برداشت در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش شدت تنش خشکی میزان شاخص برداشت کاسته شد به‌طوری که بیش‌ترین میزان شاخص برداشت (۳۵/۷۶

درصد) در آبیاری بدون تنش (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و کم‌ترین میزان شاخص برداشت (۳۳/۰۶) در تنش خشکی بر اساس ۵۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمد (جدول ۴). بیش‌ترین شاخص برداشت در لوبیا قرمز (۳۹/۲۴ درصد) و کم‌ترین شاخص برداشت (۳۰/۵۴ درصد) در لوبیا چیتی به دست آمد (جدول ۵). نتایج پژوهشی بر روی لوبیا قرمز نشان داد که تأثیر تنش خشکی بر شاخص برداشت معنی‌دار بود. با افزایش تنش خفیف خشکی (آبیاری طبیعی بر اساس ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) شاخص برداشت به میزان ۱۴/۹ درصد و با افزایش بیش‌تر تنش (آبیاری بر اساس ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) این مقدار به ۳۳/۷ درصد نسبت به آبیاری طبیعی کاهش داشت. این مسأله نشان‌دهنده تأثیر آب در انتقال مؤثر فراورده‌های فتوسنتز به مخزن‌های مهمی مانند دانه‌ها است که تنش آبی از طریق افزایش غلظت شیره سلولی از آن ممانعت به عمل می‌آورد (۳۱). پژوهش‌گران بیان کردند سطوح مختلف آبیاری تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت نخود (*Cicer arietinum*) داشت. بیش‌ترین شاخص برداشت به تیمار آبیاری کامل با ۳۱/۷ درصد و کم‌ترین آن مربوط به تیمار آبیاری در مرحله گلدهی با ۲۴ درصد بود. با توجه به این‌که در مراحل تشکیل دانه‌ها کمبود رطوبت باعث کاهش فتوسنتز برای پرشدن دانه‌ها می‌شود بنابراین شاخص برداشت کاهش می‌یابد (۴۴). تنش خشکی شدید در اوایل گسترش غلاف‌ها رشد آن‌ها را کاهش می‌دهد و منجر به کاهش قابل‌توجه تعداد غلاف و در نتیجه کاهش شاخص برداشت می‌شود. فراهمی رطوبت در مرحله پرشدن دانه از طریق افزایش فتوسنتز جاری و سهولت در انتقال مواد فتوسنتزی به دانه باعث شاخص برداشت می‌شود (۴۵). پژوهش‌گران با بررسی ژنوتیپ‌های لوبیا در سه رژیم رطوبتی گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش شاخص برداشت ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گردید. به نظر می‌رسد کاهش شاخص برداشت در شرایط کم‌آبیاری به این دلیل است که عملکرد دانه نسبت به عملکرد زیستی با شدت بیش‌تری کاهش یافته است (۴۲). برخی از پژوهش‌گران بیان کردند که تنش خشکی در لوبیا باعث کاهش زیست‌توده، عملکرد دانه، شاخص برداشت و وزن دانه می‌شود (۴۶). در مطالعه روابط میان عملکرد و اجزای عملکرد در ۳۰ رقم لوبیا نشان داده شد که بین ارقام در همه ۱۸ صفت مورد بررسی، اختلاف معنی‌دار وجود دارد که دلالت بر وجود تنوع ژنتیکی بین آن‌ها است (۴۰).

جدول ۵- اثر نوع لوبیا بر عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت و وزن صد دانه در لوبیا.

Table 5. The effect of bean type on seed yield, biological yield, harvest index and 100 seed weight in bean.

نوع لوبیا Bean type	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg/ha)	عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg/ha)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	وزن صد دانه (گرم) 100 weight seed (g)
قرمز Red bean	1602.28 [a]	4811.9 [a]	39.24 [a]	31.16 [a]
سفید White bean	1294.61 [b]	4250 [a]	33.29 [b]	26 [b]
چیتی Pinto bean	872.67 [c]	2225.5 [b]	30.54 [c]	24.43 [b]

جدول ۶- اثر متقابل تنش خشکی در نوع لوبیا بر تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف در لوبیا.

Table 6. The effect of drought stress × bean type interaction on pod number per plant and seed number per pod in bean.

آبیاری Irrigation	نوع لوبیا Bean type	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod
۱۰۰ درصد نیاز آبی 100 percent of water requirement	قرمز Red	13 ^{a}	6.27 ^{b}
	سفید White	13 ^{a}	5.96 ^{c}
	چیتی Pinto	8.05 ^{de}	3.07 ^{d}
۷۵ درصد نیاز آبی 75 percent of water requirement	قرمز Red	12.66 ^{ab}	6.44 ^{ab}
	سفید White	10.06 ^{c}	6.18 ^{bc}
	چیتی Pinto	8.26 ^{d}	2.88 ^{de}
۵۰ درصد نیاز آبی 50 percent of water requirement	قرمز Red	12.09 ^{b}	6.82 ^{a}
	سفید White	9.29 ^{cd}	6.6 ^{ab}
	چیتی Pinto	8.66 ^{d}	2.47 ^{e}

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت و وزن صد دانه در لوبیا.

Table 7. Correlation coefficients between on seed yield, biological yield, harvest index and 100 seed weight in bean.

	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیستی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	تعداد غلاف در بوته No. of Pod per plant	تعداد دانه در غلاف Seed number per plant	وزن صد دانه 100 seed weight
عملکرد دانه Seed yield	1					
عملکرد زیستی Biological yield	0.96**	1				
شاخص برداشت Harvest index	-0.44**	-0.67**	1			
تعداد غلاف در بوته No. of Pod per plant	0.89**	0.85**	-0.42**	1		
تعداد دانه در غلاف Seed number per plant	0.91**	0.87**	-0.44**	0.96**	1	
وزن صد دانه 100 seed weight	-0.5**	-0.6**	0.64**	-.64**	-0.66**	1

* و ** به ترتیب معنی‌داری سطوح احتمال پنج و یک درصد، ^{ns} غیرمعنی‌دار

*, ** are significant at 5 and 1% probability levels, ^{ns} Non-significant

کارآیی مصرف تابش: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی و نوع لوبیا و اثر متقابل تنش خشکی و نوع لوبیا بر کارآیی مصرف تابش در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۸). تیمار آبیاری بدون تنش (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) باعث افزایش کارایی مصرف تابش در لوبیا قرمز (۱/۳ گرم بر مگاژول) شد و با کاهش میزان آب آبیاری در تیمار تنش خشکی (آبیاری بر اساس ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) کارایی مصرف تابش در لوبیا سفید کاهش یافت (شکل ۳). کارایی مصرف تابش در تیمار بدون تنش (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) (۱/۳ گرم بر مگاژول) نسبت به دیگر تیمارهای آبیاری بیش‌تر و با افزایش تنش، کارآیی مصرف تابش کاهش یافت (شکل ۲).

جدول ۸- تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) کارایی مصرف تابش در لوبیا.

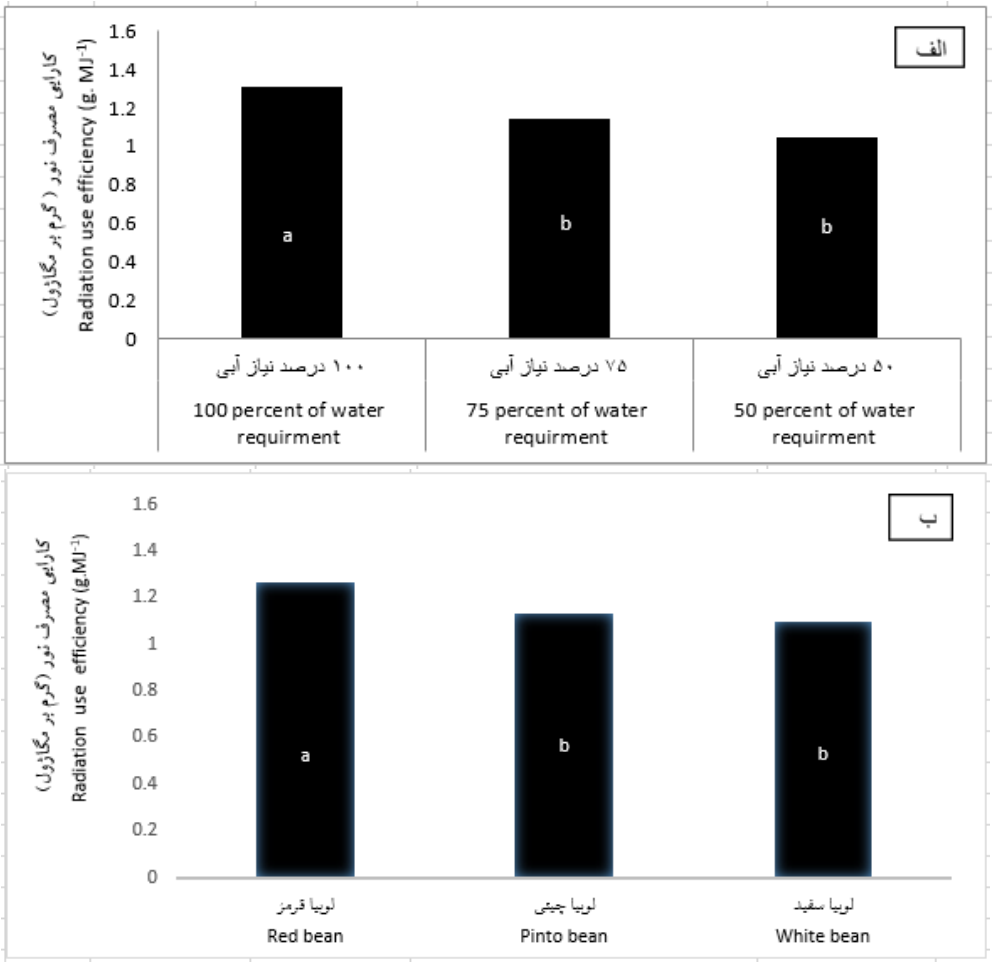
Table 8. Analysis of variance (mean squares) of radiation use efficiency (RUE) in Bean.

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of Squares	F	ضریب تغییرات Coefficient variation
سال Year	1	0.00518		
تکرار در سال R×Y	4	2.0444		
تنش خشکی Drought stress	2	0.3209	16772.4366**	
سال × تنش خشکی Year × Drought stress	2	1.9136	0.0027	
خطا Error a	8	0.0068		7.1618
نوع لوبیا Bean type	2	0.1434	19255.8549**	
تنش خشکی × نوع لوبیا Drought stress × Bean type	4	0.0377	4506.2003**	
سال × نوع لوبیا Year × Bean type	2	7.4512	0.00128	
سال × تنش خشکی × نوع لوبیا Year × Drought stress × Bean type	4	8.3664	0.00144	
خطا Error b	24	0.00781759		6.5864

* و ** به ترتیب معنی‌داری سطوح احتمال پنج و یک درصد، ns غیرمعنی‌دار

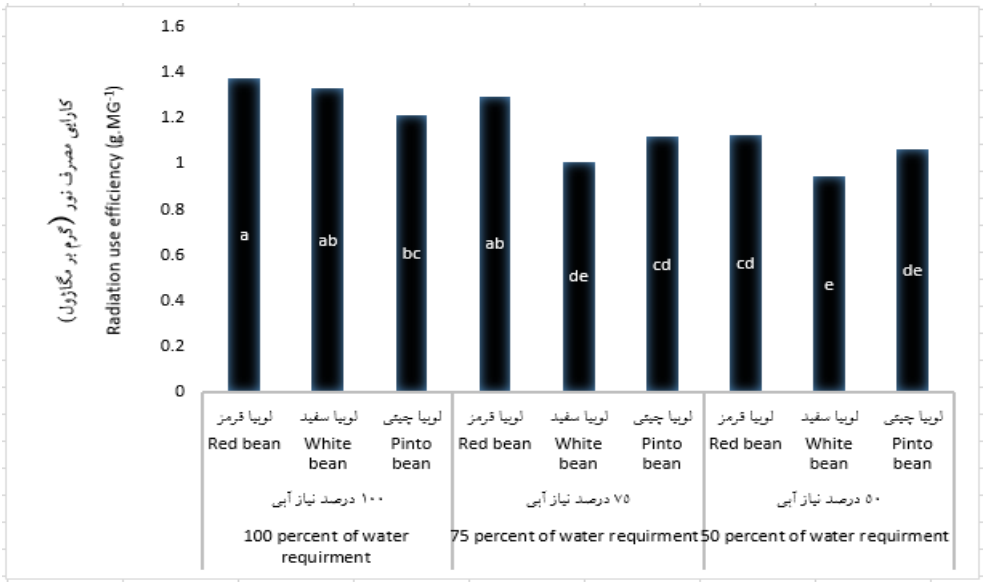
*, ** are significant at 5 and 1% probability levels, ns Non-significant

در یک بررسی کارآیی مصرف تابش برای لوبیا با استفاده از محاسبه شیب خط رگرسیون بین ماده خشک تجمعی و میزان نور جذب شده تجمعی (۲۳) ۱/۶ گرم بر مگاژول ذکر گردید که مقدار گزارش شده اختلاف ناچیزی با مقادیر به‌دست آمده در این آزمایش دارد (۴۷). به نظر می‌رسد در پژوهش حاضر نیز لوبیا قرمز نسبت به لوبیا سفید و چیتی از توانایی بیش‌تری برای استفاده از یک واحد تابش در تولید زیست‌توده داشته است و بالا بودن عملکرد زیستی و شاخص برداشت در لوبیا قرمز نیز بیانگر این امر است. پژوهش‌گران در آزمایشی با استفاده از دستگاه تابش‌سنج مدل SSI-UM-1.05 کارایی مصرف تابش را بر اساس روش مونتیث (۲۳) بررسی و بیان کردند در کلزا رقم زرفام، اکاپی، اس ال ام ۰۴۶ و لیکورد به ترتیب بالاترین کارآیی مصرف تابش متعلق به تیمار ۱۰۰ درصد تامین نیاز آبی بود. آن‌ها نشان دادند که در مقایسه سطوح تنش خشکی بیش‌ترین کارآیی مصرف تابش در تیمار شاهد حاصل شد که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت (۴۸). این پژوهش‌گران بیان کردند که این نتایج تفاوت ارقام در بهره‌گیری از تشعشع و تولید ماده خشک در کلزا را نشان می‌دهد و به احتمال زیاد مقدار زیادی از این تفاوت ناشی از اختلاف در شاخص سطح برگ ارقام در سطوح مختلف تامین نیاز آبی بود. بخش دیگری از تفاوت‌های ایجاد شده در تجمع ماده خشک ناشی از عوامل دیگری مانند کارآیی فتوسنتزی است (۴۸). پژوهش‌گران اثر رژیم‌های مختلف آبیاری را بر ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی بررسی و گزارش کردند کارایی مصرف تابش که بر اساس روش مونتیث (۲۳) با استفاده از دستگاه PAR Ceptometer مدل LP-80 برآورد شده بود در شرایط تامین ۶۰ درصد نیاز آبی در همه ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی بررسی شده در آزمایش کاهش یافت (۴۹). پژوهش‌گران بیان کردند که کارآیی مصرف تابش در گیاهان تحت شرایط تنش خشکی معمولاً کاهش می‌یابد، به‌عنوان مثال تنش خشکی باعث کاهش کارآیی استفاده از تابش بر اساس روش مونتیث (۲۳) توسط بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea*) (۵۰) و کلزا (*Brassica napus*) (۵۱) شده است. در اثر تنش خشکی هم میزان نور جذب شده و هم ماده خشک تولیدی کاهش می‌یابد. در شرایط تنش خشکی کاهش آب قابل‌دسترس باعث کاهش رشد سلولی و به دنبال آن کاهش شاخص سطح برگ می‌شود و هرچه نسبت ماده خشک تولیدی به تابش جذب شده کم‌تر باشد کارآیی مصرف تابش کم‌تر می‌شود (۶).



شکل ۲- اثر تنش خشکی بر کارایی مصرف تابش (الف) و اثر نوع لوبیا بر کارایی مصرف تابش (ب).

Fig. 2. The effect of drought stress on radiation use efficiency (RUE) (A) and the effect of bean type on radiation use efficiency (RUE) (B).



شکل ۳- اثر متقابل تنش خشکی و انواع لوبیا بر کارایی مصرف تابش.

Fig. 3. The effect of drought stress × bean type interaction on radiation use efficiency (RUE).

نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان داد عملکرد دانه و اجزای عملکرد از تیمارهای آبیاری و نوع لوبیا متأثر شدند. تأثیر آبیاری بدون تنش در مقایسه با تیمارهای تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد غالب بود و بیانگر این موضوع می‌تواند باشد که لوبیا کاهش میزان آبیاری را نمی‌تواند تحمل کند. کارایی مصرف تابش در شرایط آبیاری بدون تنش بیش‌ترین بود و با افزایش تنش، کارایی مصرف تابش کاهش یافت. کارایی مصرف تابش در لوبیا قرمز بیش‌تر از سایر ارقام لوبیا بود. با توجه به نتایج حاصله آبیاری بدون تنش (آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و لوبیای قرمز جهت حصول به عملکرد بالاتر، مطلوب به نظر می‌رسد. در اثر تنش خشکی هم میزان نور جذب شده و هم ماده خشک تولیدی کاهش می‌یابد. هرچه نسبت ماده خشک تولیدی به تابش جذب شده کم‌تر باشد کارآیی مصرف تابش کم‌تر می‌شود. به نظر می‌رسد در پژوهش حاضر نیز لوبیا قرمز نسبت به لوبیا سفید و چیتی از توانایی بیش‌تری برای استفاده از یک واحد تابش در تولید زیست‌توده داشته است و بالا بودن عملکرد زیستی و شاخص برداشت در لوبیا قرمز نیز بیانگر این امر است. با توجه به اهمیت موضوع خشکی در کشور، ارائه راهکارهای مختلف برای کاهش اثرات این تنش ضرورت یافته است. با توجه به حساسیت گیاه لوبیا به شرایط کمبود آب لازم است پژوهش‌های بیش‌تری بر روی انواع مختلف لوبیا در شرایط متنوع آب و هوایی در کشور انجام پذیرد. برای اطمینان از نتایج حاصل تکرار این آزمایش پیشنهاد می‌گردد.

منابع

1.FAO. 2019. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

2.Salehi, F. 2015. Principles of breeding and cultivation of common bean. AREEO. (In Persian)

3.Dorri, H.R. 2008. Bean Agronomy. Publication Series of Research Center of Bean, Khomein. P 46. Agric. Forest Met. 139: 74-83. (In Persian)

4.Bagheri, A., Nezami, A. and Soltani, M. 2000. Improvement of cool season pulse crops for tolerance against stresses. AREEO. 445p. (In Persian)

5.Majnoun Hosseini, N. 2008. Grain legume production. Tehran Univ Press, Tehran, Iran. 105p. (In Persian)

6.Ghanbari, A.A., Keshavarz, S., Mousavi, S.H. and Abbasian, A. 2012. Effect of water deficiency on yield and yield components of red and white bean and pinto bean. Fifth National Congress of Pulses. https://civilica.com/doc/275796/.

7.Fageria, N.K. and Santos, A.B. 2008. Yield physiology of dry bean. J. Plant Nutr. 31: 983-1004.

8.Ghanbari, A.M. and Taheri Mazandarani, A. 2004. Effect of sowing date and plant density on yield of spotted bean. J. Seed Plant. 19: 483-496. (In Persian)

9.Souza, G.M., Aidar, S.T., Giaveno, C.D. and Oliveira, R.F. 2003. Drought stability in different commonbean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. Crop Breed. Appl. Biotechnol. 3: 3. 203-208.

10.Teran, H. and Singh, S.P. 2002. Comparison of sources and lines selected for drought resistance in common bean. Crop Sci. 42: 1. 64-70.

11.Szilagyi, L. 2003. Influence of drought on seed yield components in common bean. Bulgarian. J. Plant Physiol. 9: 320-330.

12.German, C. and Teran, H. 2006. "Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars". Crop Sci. 46: 2111-2120.

13.Khaghani, SH., Bihamta, M.R., Changizi, M., Dari, H., Khaghani, Sh., Bakhtiari, A. and Safapour, M. 2010. Compare quantitative and qualitative traits of white and kidney bean in normal irrigation and drought stress conditions. Env. Stresses Crop Sci. 1: 2. 169-182.

14.FAO. 2010. FAOSTAT. Available in http://faostat.fao.org/ [28 May 2010].
15.Ebadi, M., Majnoon Hosseini, N. and Chai Chi, M. 2016. Effect of root fungus and humic compounds on yield and yield components of single cross 704 maize under low irrigation conditions. J. Crop Sci. 47: 2. 174-165.
16.Vafabakhsh, J., Nassiri Mahallati, M. and Koocheki, A. 2012. Effect of drought stress on yield and radiation use efficiency of rape seed (*Brassica napus* L.). Iranian J. Crop Res. 6: 1. 193-204. (In Persian with English abstract)
17.Sepaskhah, A.R. and Ahmadi, S.H. 2010. A review on partial root zone drying irrigation. Int. J. Plant. Pro. 4: 4. 241-259.
18.Tsubo, M., Walker, S. and Mukhala, E. 2001. Comparisons of radiation use efficiency of mono/intercropping system with different row orientation. Field Crops Res. 71: 17-29.
19.Anonymous. 2009. Statistics of Agricultural Crops. Center of Statistics and Information, Ministry of Agriculture Jihad, Tehran, Iran. (In Persian)
20.German, C. and Henry, T. 2006. Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars. Crop Sci. 46: 2111-2120.
21.Tohidi, M., Nadery, A., Siadat, S. and Lak, S. 2012. Variables productivity of light interception in grain maize hybrids at various amount of nitrogen. World Appl. Sci. J. 16. 86-93.
22.Earl, H.J. and Davis, R.F. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. Agron. J. 95: 688-696.
23.Monteith, J.A. 1977. Climate and efficiency of crop production in Britain. Phil. Trans. R. Soc. London Ser. B, 281: 277-294.
24.Araus, J.L., Salfer, G.A., Reynold, M.P. and Royo, C. 2002. Plant breeding and drought in C3 cereals: What should we breed for? Ann. Bot. 89: 925-240.
25.Bai, Z., Mao, S., Han, Y., Feng, L., Wang, G. and Yang, B. 2016. Study on light interception and biomass production of different cotton cultivars. Publish with PLOS ONE. 11: 5. 1-17.
26.Kamel, M., Shobeiri, S. and Mohammadi, B. 2016. Technical instructions of beans planting, holding and harvesting and cultivars introduction. Agricultural Research, Education and Extension Organization. 27p. (In Persian)
27.Abbasi, F., Sohrab, F. and Abbasi, N. 2017. Evaluation of irrigation efficiencies in Iran. Irrig. Drain. Struc. Eng. Res. (In Persian with English abstract)
28.Alamdari, E. 2018. The effect of deficit irrigation on yield and physiological traits of bean cultivars. Plant Prod. Sci. 18: 1. 47-61. (In Persian with English abstract)
29.Nasiri Mahallati, M. 2008. Modeling. The book of modern agriculture. Collectors: Kouchaki, A., and Khajeh Hosseini, M. Mashhad University Jihad Publications, Mashhad. (In Persian)
30.Monteith, J.A. 1977. Climate and efficiency of crop production in Britain. Phil. Trans. R. Soc. London Ser. B. 281: 277-294.
31.Habib Porkashefi, E., Gharineh, M.H., Shafei Nia, A. and Rooz Rokh, M. 2017. Effect of different levels of zeolite on yield and yield components of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under drought stress in Kermanshah weather. Plant Prod. Sci. 1: 57-69.
32.Tesfaye, K., Walker, S. and Tsubo, M. 2006. Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in a semi-arid environment. Europ. J. Agron. 25: 60-70.
33.Nezami, A., Sedaghat Khahi, H., Porsa, H., Parsa, M. and Bagheri, A. 2009. Evaluation of fall sowing of cold tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes to cold under supplemental irrigation in Mashhad. Iranian J. Crop Res. 8: 415-423 (In Persian with English abstract)
34.Amiri Dehghani, S.R., Parsa, M. and Gangeali, A. 2010. The effects of drought stress at different phonological stages on morphological traits and yield component of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in greenhouse conditions. Iranian J. Crop Res. 8: 1. 157-166. (In Persian with English abstract)

35.Parsa, M., Ganjeali, A., Rezayanzadeh, E. and Nezami, A. 2012. Effects of supplemental irrigation on yield and growth indices of three chickpe (*Cicer arietinum* L.). Iran. J. Crop Sci. 9: 1-14 (In Persian with English abstract)
36.Rosales-Serna, R., Kohashi-Shibata, J., Acosta-Gallegos, J.A., Trejo-Lo'pez, C., Soritz-Cereceres, J. and Kelly, J.D. 2004. Biomass distribution, maturity acceleration and yield in drought-stresses common bean cultivars. Field Crops Res. 85: 203-211.
37.Davoodi, S.H., Rahemi Karizaki, A., Nakhzari Moghaddam, A. and Gholamalipour, E. 2018. The effect of deficit irrigation using drought tolerance indices in Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Crop Ecophy. (In Persian with English abstract)
38.Gebeyehu, S. 2006. Physiological response to drought stress of common bean (*Phaseoulus vulgaris* L.) genotype differing in drought resistance. Ph.D. Thesis, University of Giessen. Germany.
39.Parjol, Y. 2001. Water use efficiency and evapotranspiration of winter wheat and its response to irrigation regime in the north China plain. Agric. Forest Met. 148: 1848-1859.
40.Sabokdast, M. and Khyalparast, F. 2008. A study of relationship between grain and yield components in common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Sci. Tech. Agric. Nat. Res. 11: 42. 123-134. (In Persian)
41.Karimzadeh, H.A., Nezami, A., Kafi, M. and Taddayon, M.R. 2017. Effect of deficit irrigation on yield and yield components of pinto bean genptypes in Shahrekord. Iran J. Puls Res. 8: 1. 113-126. (In Persian with English abstract)
42.Ramirez Builes, V.H., Porch, T.G. and Harmsen, E.W. 2011. Genotypic difference in water use efficiency of common bean under drought stress. Agron. J. 103: 1206-1215.
43.Ghalandari, S., Kafi, M., Goldani, M. and Bagheri, A. 2019. Effect of drought stress on some morphological and physiological traits of pinto bean cultivars. Iran J. Puls Res. 10: 1. 114-125. (In Persian with English abstract)
44.Amiri, S.A., Parsa, M., Bannayan Aval, M., Nassiri Mahallati, M. and Deyhim Fard, R. 2015. Effect of irrigation level and nitrogen on yiled and yield component of *Cicer arietinum* L. under Mashhad weather. Iran J. Puls. Res. 6: 1. 66-77. (In Persian with English abstract)
45.Liu, F., Jensen, C.R. and Andersen, M.N., 2004. Drought stress on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development: its implication in altering pod set. Field Crop Res. 86: 1-13.
46.German, C. and Henry, T. 2006. Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars. Crop Sci. 46: 2111-2120.
47.Coulson, C.L. 1985. Radiant energy conversion in three cultivars of *Phaseolus vulgaris*. Agric. Forest Met. 35: 21-29.
48.Vafabakhsh, J., Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A. 2012. Effect of drought stress on yield and radiation use efficiency of rape seed (*Brassica napus* L.). Iranian J. Crop Res. 6: 1. 193-204. (In Persian with English abstract)
49.Karimzadeh Sooreshjani, H., Nezami, A., Kafi, M. and Tadayon, M.R. 2018. Evaluation of radiation use efficiency and growth indices of bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) in deficit irrigation condition. Iranian J. Crop Res. 16: 3. 525-540. (In Persian with English abstract)
50.Ricardo, J.H., Dardanelli, J.L., Otegui, M.E. and Collino, D.J. 2008. Seed yield determination of peanut crops under water deficit: soil strength effects on pod set, the source- sink ratio and radiation use efficiency. Field Crops Res. 109: 24-33.
51.Hamzei, J. and Soltani, J. 2012. Deficit irrigation of rapeseed for water-saving: effects on biomass accumulation, light interception and radiation use efficiency under different N rates. Agric. Ecosys. Environ. 155: 153-160.