

Investigating the combined effect of different types of irrigation methods and planting rows on the yield and water productivity of pinto beans under different levels of irrigation

Fatemeh Keykhaei¹, Abolfazl Hedayatipoor², Goodarzi Mustafa³

¹ Assistant Professor, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

² Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Arak, Iran

³ Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Arak, Iran

Extended Abstract

Introduction

Beans are the second largest source of human food after cereals, and beans are considered one of the most important legumes in the world and in Iran. Beans are one of the most important types of legumes from an economic and nutritional point of view. The amount of beans required is 250 thousand tons, and their production in the country is between 270 and 280 thousand tons. The cultivated area of beans in Iran is more than 100 thousand hectares and has a production of more than 200 thousand tons. Markazi province, with 24,713 hectares, is the second most productive province in the country. On average, beans contain 20-23% protein and have a high nutritional value in the diet, which can be considered a good meat substitute, especially in low-income areas. Agricultural mechanization is considered a basic approach in the production of agricultural products. With the development of mechanized row planting of beans, one of the most important issues among farmers is determining the right row on the ridge. In many countries that produce beans, including Latin American countries, the planting method of this product is in rows or stacks in the fields. However, the dominant cultivation method in Iran is flat or linear cultivation, and with the development of drip-tape irrigation in recent years, a change in the cultivation method is necessary. The present research was carried out to investigate the effect of deficit irrigation on the yield of beans in two methods of drip-tape and furrow irrigation under two and three-row cultivation methods on the ridge.

Materials and Methods

In order to investigate the effect of full irrigation and deficit irrigation on the yield of beans and its components in two methods of drip-tape irrigation and furrow irrigation in two-row and three-row planting conditions, this research was carried out. This experiment was conducted in the years 2015 and 2016 at the National Research Station of Lubia Khomein. This station is located at an altitude of 1930 meters above sea level with a longitude of 49 degrees and 57 minutes and a latitude of 33 degrees and 39 minutes. The experiment was carried out in the form of split-plots in the form of a randomized complete block design in three replications. The irrigation method treatments (furrow and drip-tape) were selected as the main factor, and different amounts of irrigation water as a secondary factor. Planting method treatments were implemented as a sub-factor. The treatments and irrigation methods included drip-tape and furrow irrigation. Deficit irrigation treatments, including irrigation at 100% of the water requirement, at 75% of the water requirement and irrigation at 55% of the water requirement were considered.

Results and Discussion

The results showed that the effect of the irrigation method, the effect of water consumption management, the effect of planting, the interaction effect of planting method and irrigation method, and the interaction effect of planting method and irrigation amount at the level of 5% on seed yield were significant. The seed yield in the drip-tape irrigation method was associated with an increase of 8.8% compared to the furrow irrigation method. The effect of water consumption management showed that the seed yield in the full irrigation treatment with an average of 4245 kg/ha was associated with an increase of 7.7 and 69.8 percent, respectively, compared to the 75 and 55 percent water requirement treatments. Considering that seed yield is a part of the total dry matter produced by the plant, the reduction of plant dry matter under stress conditions can justify a part of the decrease in seed yield. The probable reason for this issue is that at the end of the growth period, due to the lack of available water, the ability to transfer nutrients to the seed is reduced, which leads to a drop in seed yield. The seed yield in the conditions of

two rows of cultivation on each stack had an increase of 20.9% compared to three rows of cultivation on each stack. The mutual effect of planting method and irrigation method on grain yield showed that the drip-strip irrigation method was associated with an average of 2144 kg/ha under the condition of two rows of crops on each stack. The interaction effect of planting method and amount of irrigation on seed yield indicated the superiority of the treatments of two rows of planting on the ridge and full irrigation, with an average of 2383 kg/ha. The effect of the year on none of the investigated parameters was significant, which shows that the effect of the uncontrollable factor did not cause a significant difference in the test results.

Conclusion

The combined review of the results regarding productivity shows that two-row crops were less productive than four-row crops, both in furrow irrigation and drip irrigation, so it is necessary to consider this type of cultivation in every irrigation method. On the other hand, the highest efficiency was observed in 75% of the water requirement. Therefore, 75% of the water requirement can be considered to achieve higher physical productivity. Of course, in terms of the amount of yield, the drip method is very profitable and suitable for the farmer, and the farmer can achieve the highest physical water productivity by using the scenario of 75% water requirement and two-row cultivation.

Keywords: Bean cultivar C.O.S16, Planting row, Seed yield, Water requirement.

Article Type: Research Article

Acknowledgement

We would like to express our sincere gratitude to the Markazi agricultural and nature resources research and education center for the financial and logistical support that significantly contributed to the research project.

Conflicts of interest

The authors of this article declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

Data Availability Statement:

The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

Authors' contribution

Fatemeh Keykhaei: Writing - original draft preparation; **Abolfazl Hedayatipoor:** Manuscript editing; **Mustafa Goodarzi:** Formal analysis

*Corresponding Author, E-mail: keykhaei80@gmail.com

Citation: Keykhaei, F., Hedayatipoor, A. and Goodarzi, M. (2025). Investigating the combined effect of different types of irrigation methods and planting rows on the yield and water productivity of pinto beans under different levels of irrigation. *Water and Soil Management and Modelling*, 5 (2), 323-337.
doi: 10.22098/mmws.2024.15439.1479

Received: 10 July 2024, Received in revised form: 18 September 2024, Accepted: 03 October 2024, Published online: 22 June 2025

Water and Soil Management and Modeling, Year 2025, Vol. 5, No. 2, pp. 323-337.

Publisher: University of Mohaghegh Ardabili

© Author(s)





بررسی تأثیر توأمان انواع روش های آبیاری و ردیف های کاشت بر عملکرد و بهره‌وری آب لوبیا چیتی تحت سطوح مختلف آبیاری

فاطمه کیخایی^{۱*}، ابوالفضل هدایتی‌پور^۲، مصطفی گودرزی^۳

^۱ استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
^۲ استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران
^۳ استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر کم آبیاری بر عملکرد لوبیا چیتی رقم C.O.S16 در دو روش آبیاری قطره‌ای-نواری و جویچه‌ای تحت دو روش کشت دو و سه ردیف بر روی پشته اجرا شد. آزمایش به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی لوبیای خمین در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ انجام شد. تیمار روش‌های آبیاری (جویچه‌ای و قطره‌ای-نواری) به عنوان فاکتور اصلی و سطوح مختلف آبیاری شامل آبیاری کامل (تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و دو سطح کم آبیاری (تأمین ۷۵ و ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه)، به عنوان فاکتور فرعی-فرعی شامل دو و سه ردیف کشت بر روی هر پشته بود. نتایج نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه در روش آبیاری قطره‌ای-نواری تحت شرایط دو ردیف کشت بر روی هر پشته با میانگین ۲۱۴۴ کیلوگرم بر هکتار همراه بود. اثر متقابل روش کاشت و مقدار آبیاری بر عملکرد دانه حاکی از برتری تیمارهای دو ردیف کاشت بر روی پشته و آبیاری کامل با میانگین ۲۳۸۳ کیلوگرم بر هکتار بود. اثر سه‌گانه روش کاشت، مقدار آبیاری و روش آبیاری نشان داد که بیش‌ترین بهره‌وری مصرف آب در روش آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی در شرایط دو ردیف کشت بر روی هر پشته با میانگین ۰/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب بود. بررسی تلفیقی نتایج در مورد بهره‌وری نشان داد که کشت‌های دو ردیفه در هر دو روش آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای بهره‌وری کم‌تری نسبت به کشت‌های دو ردیفه داشتند. لذا لازم است حتماً این نوع از کشت در هر روش آبیاری مورد توجه قرار گیرد. از طرف دیگر در ۷۵ درصد نیاز آبی نیز بیش‌ترین بهره‌وری مشاهده شد. از این‌رو شرایط ۷۵ درصد نیاز آبی برای دستیابی به بهره‌وری بالاتر می‌تواند مد نظر قرار گیرد. البته از نظر مقدار عملکرد قطعاً روش قطره‌ای بسیار برای کشاورز سود ده و مناسب بوده و کشاورز می‌تواند با بکارگیری شرایط تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و کشت دو ردیفه به بیشینه بهره‌وری فیزیکی آب دست یابد.

واژه‌های کلیدی: ردیف کشت، عملکرد دانه، لوبیا رقم C.O.S16، نیاز آبی

نوع مقاله: پژوهشی

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: keykhaei80@gmail.com

استناد: کیخایی، فاطمه، هدایتی‌پور، ابوالفضل، گودرزی، مصطفی (۱۴۰۴). بررسی تأثیر توأمان انواع روش‌های آبیاری و ردیف‌های کاشت بر عملکرد و بهره‌وری آب لوبیا چیتی تحت سطوح مختلف آبیاری. مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک، ۵(۲)، ۳۲۳-۳۳۷.
doi: 10.22098/mmws.2024.15439.1479

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۲۰، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۶/۲۸، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۲، تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۴/۰۱

مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک، سال ۱۴۰۴، دوره ۵، شماره ۲، صفحه ۳۲۳ تا ۳۳۷.

ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی



۱- مقدمه

حبوباتی همچون لوبیا، پس از غلات، بیشترین منبع غذایی بشر را تشکیل داده و از مهمترین حبوبات جهان و ایران محسوب می شود. لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L) یکی از گونه های مهم در حبوبات از نظر اقتصادی و تغذیه ای محسوب می شود. میزان نیاز به لوبیا ۲۵۰ هزار تن و تولید آن در کشور بین ۲۷۰ تا ۲۸۰ هزار تن است (Anonymous, 2022). سطح زیر کشت لوبیا در ایران بالغ بر ۱۰۰ هزار هکتار و دارای تولیدی بیش از ۲۰۰ هزار تن است. استان مرکزی با ۲۴۷۱۳ هکتار دومین استان لوبیا خیز کشور است (Hedayatipour et al., 2018). لوبیا به طور متوسط حاوی ۲۰ تا ۲۳ درصد پروتئین است و ارزش غذایی بالایی در جیره غذایی دارد که می تواند جایگزین مناسبی برای گوشت به ویژه در مناطق کم درآمد محسوب شود (Dorri et al., 2017). وقوع خشک سالی های مداوم در سال های اخیر زنگ خطری را برای تولیدات کشاورزی و ثبات تولید به صدا درآورده است. بنابراین یافتن روش هایی که بتوان از منابع آب موجود منطقه و نیز آب قابل دسترس استفاده کارا و مؤثرتری صورت گیرد، به صورت جدی مورد نیاز است. ترویج سیستم های آبیاری قطره ای مخصوصاً قطره ای-نوری برای آبیاری محصولات حبوبات می تواند گامی مهم در این راستا به حساب آید. توجه به اثر تنش های خشکی در مراحل مختلف رشد گیاه با توجه به شایع بودن آن ضروری به نظر می رسد. در کم آبیاری، آب کمتری به گیاه داده می شود، هرچند تولید کمتری حاصل شود. زیرا هدف، افزایش بهره وری آب از طریق کاهش میزان آب در هر آبیاری و یا تعدادی از آبیاری ها است. همچنین مکانیزاسیون کشاورزی به عنوان یک رویکرد اساسی در تولید محصولات کشاورزی مطرح است. با توسعه کشت ردیفی مکانیزه لوبیا، یکی از موضوعات مهم مطرح در بین کشاورزان، تعیین ردیف مناسب بر روی پشته است. در بسیاری از کشورهای تولید کننده لوبیا از جمله کشورهای آمریکای لاتین، روش کشت این محصول به صورت ردیفی و یا جوی و پشته است. با این حال روش کشت غالب در کشور ایران به صورت مسطح و یا خطی کاری بوده و با توسعه آبیاری قطره ای در سال های اخیر تغییر در روش کشت الزامی است (Hedayatipour et al., 2009). توزیع رطوبت در روش پشته ای در مقایسه با روش مسطح از یکنواختی بیشتری برخوردار است. در روش ردیفی و جوی و پشته ای امکان وجین مکانیکی و خاک دهی پای بوته با سهولت بیشتری انجام می شود، ضمن این که عملکرد محصول نیز افزایش می یابد (Hedayatipour et al., 2012). روش اصولی و علمی کشت لوبیا، استفاده از ردیف کارهای مکانیکی و یا پنوماتیکی است. با این حال به دلیل بالا بودن قیمت خرید ردیف کار و توجه به این نکته که اغلب

کشاورزان از خطی کارهای مسطح استفاده می کنند، می توان روش کشت را به صورت پشته ای انجام داد، تا وجین مکانیکی لوبیا و عملیات داشت با سهولت امکان پذیرد و همچنین موجب مصرف کمتر بذر در مرحله کاشت شود. با نصب فاروئر بر روی دستگاه و تغییر نوع شیار بازکن از بیلچه ای به کشکی می توان الگوی کشت ردیفی را ایجاد نمود (Hedayatipour et al., 2009). وجود تنش های غیرزنده محیطی به ویژه تنش خشکی، یکی از مهمترین مشکلات مناطق خشک و نیمه خشک است که رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می دهد و از این طریق عملکرد گیاهان زراعی را محدود می سازد (Aqcheli et al., 2016). دوره گلدهی لوبیا حساس ترین مرحله رشد به تنش آبی است و اعمال کم آبیاری برای این گیاه باید با ملاحظات بیش تری انجام شود. همچنین پایش دقیق رطوبت خاک می تواند در تحلیل نتایج مؤثر باشد (Rafiei Alhoseini et al., 2016). گیاه لوبیا به شرایط آب و خاک و کیفیت آن خیلی حساس بوده و عملکرد آن در دوره های کوتاه مدت تنش صدمه می بیند. کاهش آماس سلولی اولین اثر خشکی است که موجب می شود سرعت رشد محصول و اندازه نهایی آن کاهش یافته و به دنبال آن سرعت رشد و نمو، رشد ساقه و برگ در اثر کم شدن مقدار واحدهای فتوسنتز کننده، تولید مواد فتوسنتزی و انتقال آن به بخش های مختلف کم شده و در نهایت عملکرد کاهش یابد. میزان تأثیر خشکی بر روی عملکرد، بستگی به شدت تنش، زمان اعمال تنش و ژنوتیپ گیاه بستگی دارد. کاهش عملکرد لوبیا در اثر تنش رطوبتی از ۲۰ تا ۸۰ درصد گزارش شد. هدف اصلی کم آبیاری، افزایش بهره وری آب آبیاری یک محصول با حذف آبیاری هایی است که تأثیر کمی بر عملکرد دارند. گیاه لوبیا به نحو مؤثری از مقدار آب مصرفی در راستای تولید دانه به ازای هر متر مکعب آب بهره برداری می کند. افزایش بهره وری آب برای تولید دانه لوبیا در شرایط کم آبی را می توان با هدر رفتن بیش تر آب از طریق تبخیر تعرق و نفوذ عمقی بیش تر در تیمار آبیاری مطلوب و مختل شدن فتوسنتز به دلیل بسته شدن روزنه ها و کاهش سطح برگ و در نهایت به عملکرد در تیمار تنش شدید کم آبی مرتبط دانست (Babazadeh et al., 2015). تنش خشکی متوسط تا شدید می تواند بیوماس، تعداد دانه در بوته، دانه در غلاف، تعداد روز تا رسیدگی، شاخص برداشت، عملکرد دانه و وزن دانه لوبیا را کاهش دهد (Rosales-Serna et al., 2004). در آزمایشی، اثر تنش کمبود آب بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ژنوتیپ های لوبیا چیتی با تیمارهای آبی شامل تبخیر ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ میلی متر از تشتک تبخیر در خمین نشان داد که اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه و شاخص برداشت معنادار بود و آبیاری پس از ۶۰ میلی متر تبخیر بهترین رژیم آبیاری بود، به طوری که

می‌شود (Idris, 2008). بر اساس نتایج، اگر فاصله ردیف در مقایسه با فاصله بذرهای لوبیا از یکدیگر خیلی کم‌تر شود، موجب افزایش تعداد غلاف خواهد شد (Drogar et al., 2014). اثر فاصله بذر بر روی ردیف بر روی عملکرد لوبیا بررسی شد. محقق چهار فاصله ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ سانتی‌متر را آزمایش نمود. فاصله بین ردیف‌ها ۶۰ سانتی‌متر بود. فاصله بذر بر روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر به‌دست آمد (Mekki, 2016). در پژوهشی دو الگوی کشت در لوبیا ارزیابی شد. الگوهای کشت شامل روش مسطح به فاصله ۴۰ سانتی‌متر و روش کشت دو ردیف بر روی پشته به فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر بودند. بر اساس نتایج این پژوهشگران تعداد غلاف در هر بوته در روش دو ردیف بر روی پشته در مقایسه با روش مسطح بیش‌تر بود. هم‌چنین میزان عملکرد در روش دو ردیف بر روی پشته ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بیش‌تر بود (Nadeem et al., 2004). بررسی روش‌های مختلف کشت پشته‌ای نشان داد که الگوی کشت سه ردیف بر روی پشته، باعث کاهش مصرف آب به میزان ۳۵ درصد شد و بهره‌وری آب آبیاری در آن به حدود ۴۵ درصد رسید (Hedayatipour et al., 2018). در گیاهانی مانند لوبیا اجزای عملکرد دانه را تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن متوسط دانه تشکیل می‌دهند (Santos et al., 2006). پژوهش‌ها نشان داد که تنش آبی بر عملکرد دانه بیش‌ترین اثر را دارد و در دوره گلدهی موجب کاهش شدید محصول می‌شود (Abdzad Gohari and Sadeghipour, 2019). شناخت بهترین روش آبیاری در روش‌های کشت مختلف از ضرورت‌های لازم در زراعت لوبیا است. از این رو پژوهش حاضر با هدف تأثیر کم‌آبیاری بر عملکرد لوبیا با استفاده از روش آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای-نواری با روش‌های کشت دو و سه ردیف بر روی پشته در ایستگاه ملی تحقیقات لوبیای خمین بود.

۲- مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر آبیاری کامل و کم‌آبیاری بر عملکرد لوبیا و اجزای آن در دو روش آبیاری قطره‌ای-نواری و جویچه‌ای در شرایط کشت دو ردیف و سه ردیف بر روی پشته این پژوهش اجرا شد. این آزمایش در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در ایستگاه ملی تحقیقات لوبیای خمین به اجرا درآمد. این ایستگاه در ارتفاع ۱۹۳۰ متر از سطح دریا با طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۵۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۹ دقیقه واقع شده است. آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمار روش‌های آبیاری (جویچه‌ای و قطره‌ای-نواری) به‌عنوان فاکتور اصلی و مقادیر مختلف سطوح آبیاری به‌عنوان فاکتور فرعی انتخاب شدند. تیمارهای روش

بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، وزن صد دانه و شاخص برداشت به‌ترتیب با ۵۴۲۸ کیلوگرم در هکتار، ۲۵۲۶ کیلوگرم در هکتار، ۳۸ گرم و ۴۶ درصد در این تیمار حاصل شد (Bayat et al., 2010). پژوهش‌ها نشان داد که استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای-نواری، برای سبزیجات و گیاهان ردیفی مناسب است (Archana et al., 2017). پژوهشگران اثر تنش خشکی و تراکم بوته بر عملکرد لوبیا چیتی رقم C.O.S16 در منطقه یاسوج در بررسی کردند و گزارش نمودند که اعمال تنش خشکی در مراحل زایشی و رویشی ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی، اجزاء عملکرد مانند تعداد غلاف در بوته، متوسط وزن صدانه و شاخص برداشت را کاهش داد. هم‌چنین نتایج نشان دادند که برهم‌کنش تنش خشکی و تراکم بوته بر صفات وزن صدانه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، شاخص برداشت، عملکرد زیست‌توده و دانه معنادار بود (Emadi et al., 2012). تیمار آبیاری کامل (شاهد) در تراکم ۳۵ بوته در مترمربع، بیش‌ترین عملکرد زیست‌توده و دانه را به‌ترتیب برابر ۱۱۲۳۵ کیلوگرم ماده خشک و ۳۳۶۸ کیلوگرم دانه لوبیا در هکتار نشان داد، که با تیمار ۴۵ بوته در مترمربع تفاوت معناداری نداشتند. در شرایط تنش آبی، بیش‌ترین اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد دانه و شاخص برداشت بود (Habibi et al., 2006). پژوهش‌ها نشان داد که در شرایط تنش آبی، ژنوتیپ‌های لوبیا از نظر تعداد غلاف در بوته اختلاف معناداری نداشتند، اما از نظر عرض غلاف و تعداد دانه در غلاف در سطح پنج درصد و از نظر سایر صفات در سطح یک درصد اختلاف معنادار داشتند (Pakmehr et al., 2011). پژوهشگران نشان داد که اثر متقابل تنش خشکی و تراکم بر عملکرد زیستی، عملکرد دانه و شاخص برداشت در لوبیاچیتی معنادار بود (Gharib Ardakani et al., 2012). در پژوهشی اثر تنش کم‌آبیاری بر عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی ارقام لوبیا در منطقه گنبد کاووس بررسی شد و گزارش شد که تنش خشکی بعد از غلاف‌دهی با تنش جزئی (آبیاری با تخلیه ۳۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) و تنش شدید (آبیاری با تخلیه ۷۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) بر چهار رقم لوبیا تأثیرگذار بوده و حالت تنش باعث کاهش عملکرد محصول در تمام ارقام شد (Davoodi et al., 2018). پژوهشگران در پژوهشی با هدف تعیین پاسخ دو رقم معمولی لوبیا، با عادات رشدی متفاوت (رقم صیاد به‌عنوان رقم نامشخص و رقم D81083 به‌عنوان رقم معین) به شرایط تنش آبی، گزارش کردند که ارتفاع بوته، تعداد برگ، سطح برگ، تعداد غلاف، وزن خشک غلاف و وزن خشک کل هر دو رقم به‌طور معناداری به شرایط تنش آبی واکنش نشان دادند (Emam et al., 2010). هم‌چنین گزارش شد که تنش آبی باعث کاهش ارتفاع ساقه و کاهش سطح برگ و وزن خشک غلاف در لوبیا

گرفتند. آبیاری تا استقرار کامل گیاهچه در مرحله ظهور سومین سه برگچه‌ای به صورت یکسان انجام شد و مقدار آب آبیاری‌های بعدی بر اساس کمبود آب نسبت به رطوبت ظرفیت زراعی خاک و با اندازه‌گیری رطوبت خاک با استفاده از TDR مدل $XI6.050$ در وسط هر کرت و در کنار ردیف کاشت در طول دوره رشد محاسبه شد.



شکل ۱- نمایی از تیمارهای مزرعه مطالعاتی در مرکز تحقیقات خمین

Figure 1- View of the experimental treatments at the research farm in Khomein Research Center

کاشت به عنوان فاکتور فرعی اجرا شد. تیمار روش‌های آبیاری شامل آبیاری قطره‌ای-نواری و جویچه‌ای بود. تیمارهای سطوح آبیاری شامل سه سطح آبیاری با تأمین ۷۵، ۱۰۰ و ۵۵ درصد نیاز آبی گیاه در نظر گرفته شد. تیمارهای روش کاشت شامل دو ردیف کشت بر روی پشته و سه ردیف کشت بر روی پشته بود. تاریخ‌های کاشت در سال اول و دوم به ترتیب $1395/03/10$ و $1396/03/10$ ، و تاریخ‌های برداشت در این سال‌ها به ترتیب ۲۵ شهریور ۱۳۹۵ و ۷ مهر ۱۳۹۶ بود. مشخصات هواشناسی در دو سال در دوره رشد گیاه در جدول ۱ ارائه شد. قبل از شروع آزمایش، نمونه آب و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی استان مرکزی، اندازه‌گیری شد (جدول ۲). قبل از کاشت، عملیات آماده‌سازی زمین با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار و دیسک انجام شد. کاشت نیز با دستگاه انجام شد. در هر یک از الگوهای کشت، عملیات واسنجی انجام شد. طول هر پلات آزمایش ۵ متر و عرض آن ۳ متر بود. فاصله بین خطوط کاشت در روش دو ردیفه ۳۰ سانتی‌متر، در روش سه ردیفه ۱۵ سانتی‌متر بر روی هر پشته و عمق کاشت ۱۵ سانتی‌متر بود. پس از آن بر اساس تیمارهای آزمایش، عملیات کشت انجام شد (شکل ۱). نوارهای آبیاری قطره‌ای بر روی پشته‌ها قرار

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی منطقه مورد مطالعه

Table 1- Meteorological information of the study area

Month	Min Temp (°C)	Min Temp (°C)	Max Temp (°C)	Max Temp (°C)	Min Humidity (%)	Min Humidity (%)	Max Humidity (%)	Max Humidity (%)	Wind Speed (m/s)	Wind Speed (m/s)	Sunshine (hrs/day)	Sunshine (hrs/day)	Precipitation (mm)	Precipitation (mm)
Year	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
June	12.20	12.40	29.90	30.90	11.80	11.90	35.70	36.70	1.87	1.87	12.20	12.30	0.00	0.00
July	18.30	18.60	35.50	36.80	12.50	12.60	28.80	29.60	1.79	1.80	10.30	10.40	0.00	0.00
August	16.80	17.10	34.80	35.90	11.60	11.70	28.20	29.10	1.82	1.83	11.40	11.50	0.00	0.00
September	14.10	14.20	32.30	33.20	11.70	11.90	31.40	32.70	1.72	1.72	10.40	10.50	0.20	0.30

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک و کیفیت آب آبیاری در منطقه مورد مطالعه

Table 2- Physical and chemical properties of the soil and irrigation water quality in the study area

Soil Physical and Chemical Properties				Irrigation Water Quality	
Parameter	Depth 0-30 cm	Depth 30-60 cm		pH (Water)	7.00
Soil Texture	Loam	Loam		Electrical Conductivity of Water (dS/m)	2.50
Clay (%)	18.00	20.00		Water Potassium (mg/L)	6.60
Silt (%)	38.00	38.00		Water Calcium (mg/L)	11.43
Sand (%)	44.00	42.00		Water Zinc (mg/L)	0.01
Nitrogen (%)	0.18	0.19		Water Manganese (mg/L)	0.02
Phosphorus (mg/kg)	25.00	22.00		Water Iron (mg/L)	0.01
Potassium (mg/kg)	491.00	473.00			
Organic Matter (%)	—	—			
Field Capacity (%)	26.30	27.60			
Permanent Wilting Point (%)	12.60	13.70			
Electrical Conductivity (dS/m)	1.20	1.10			
Bulk Density (g/cm ³)	1.44	1.44			

از ابتدای گلدهی تا مرحله تشکیل غلاف است و کمبود آب در این دوره خسارت زیادی به لوبیا وارد می‌کند، لذا تمام تیمارها در این دوره رشد به صورت یکسان آبیاری شدند. در هر نوبت عمق آب آبیاری برای تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه با اندازه‌گیری

زمان مناسب آبیاری برای هر تیمار زمانی بود که کمبود آب منطقه ریشه برابر با حداکثر تخلیه مجاز آب^۱ (طبق گزارش‌های فائو برای لوبیا ۴۵ درصد است) بود و رطوبت برای هر تیمار اندازه‌گیری شد. با توجه به این که مرحله حساس لوبیا به تنش آبی

¹ Maximum Allowable Deficit (MAD)

در غلاف به‌دست آمد. بذره‌های حاصل از ده بوته در اندازه‌گیری عملکرد دانه تیمارها، لحاظ شد. برای اندازه‌گیری وزن صد دانه، چهار نمونه صدتایی از توده بذر مربوط به هر تیمار انتخاب و با ترازوی دقیق توزین و میانگین آن‌ها به‌عنوان وزن صد دانه گزارش شد. برای تعیین تعداد گیاهچه‌های سبز شده در واحد سطح و درصد جوانه‌زنی، در دهه اول مرداد در هر کرت آزمایشی، مساحت یک متر و نیم مترمربع برای اندازه‌گیری استفاده شد. بر اساس تعداد بذرها سبز شده درصد سبزشدگی با استفاده از رابطه محاسبه شد (Anon, 1993).

$$PE = (n/N) \times 100 \quad (2)$$

در رابطه (۲)، PE درصد جوانه‌زنی، n تعداد بذره‌های جوانه زده شده یا گیاهچه‌های شمرده شده در واحد سطح و N تعداد کل بذرهایی است که در واحد سطح کشت شدند. تعداد بذره‌های کاشت شده براساس وزن هزاردانه کاشت‌شده در هر کرت محاسبه شدند. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد زیستی به دست آمد. از این قطعات ۱۰ بوته به‌صورت کفبر برداشت و نمونه‌های برداشت شده به‌مدت ۴۸ ساعت در دستگاه آون با دمای ۵۵ درجه قرار داده شدند تا کاملاً خشک شوند. سپس وزن ماده خشک شامل وزن اندام‌های رویشی و دانه و همچنین وزن دانه خشک تعیین و در نهایت شاخص برداشت محاسبه شد. برای اندازه‌گیری حجم آب آبیاری در هر تیمار در طول دوره رشد از کنتور استفاده شد. میزان آب مصرفی از مجموع آب آبیاری و بارندگی به دست آمد. بهره‌وری مصرفی از تقسیم عملکرد دانه (کیلوگرم) بر مقدار آب مصرفی (مترمکعب) انجام گرفت (Abdzaad Gohari and Sadeghipour, 2019). تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها (در سطح احتمال ۵ درصد) با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1.3 انجام شد.

۳- نتایج و بحث

مقدار تبخیر-تعرق لوبیا در طول فصل رشد به تفکیک هر سال زراعی براساس سندملی آب کشور در جدول ۳ و نیز مقادیر آب مصرفی در تیمارهای آزمایشی در طی سال‌های آزمایش در جدول ۴ ارائه شده است.

۳-۱- عملکرد زیستی

اثر روش آبیاری، اثر مدیریت آب مصرفی و اثر کاشت در سطح پنج درصد بر عملکرد زیستی معنادار شد (جدول ۵). نتایج پژوهش‌ها نشان داد که تنش خشکی به‌طور معناداری سبب کاهش عملکرد دانه و عملکرد زیستی داشت (Bayati et al.,

درصد رطوبت خاک از دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متر و با توجه به اختلاف درصد میانگین رطوبت خاک در دو عمق با استفاده رابطه^۱ اندازه‌گیری شد (Kamali and Ansari, 2023).

$$dn = (FC - PWP) \times MAD \times \frac{D}{100} \quad (1)$$

که در آن، FC رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه (برحسب درصد)، d_n عمق آب آبیاری بر حسب میلی‌متر، PWP نقطه پژمردگی دائم (بر حسب درصد) و D عمق ریشه بر حسب میلی‌متر بود. عمق توسعه ریشه به‌صورت مستقیم با حفر پروفیل تعیین شد. راندمان در روش جویچه‌ای ۵۰ درصد و در روش قطره‌ای ۸۰ درصد در نظر گرفته شد. آخرین نوبت آبیاری زمانی بود که حدود ۲۵ درصد از غلاف‌های لوبیا رسیده بودند. تبخیر-تعرق واقعی گیاه برحسب سند ملی آب کشور^۱ ارائه شده برای منطقه، در نظر گرفته شد. در این سند تبخیر-تعرق گیاه، حاصل ضرب دو پارامتر تبخیر-تعرق-مرجع، ET_0 و ضریب گیاهی، K_c است (Allen, 1998) و آمار هواشناسی ۳۰ ساله به‌صورت اصلاح شده به‌عنوان پارامتر ورودی برای برآورد ET_0 استفاده شده است. روش محاسباتی نرم‌افزار Netwat روش پنمن مانیتث فائو است. (مقادیر ضرایب گیاهی بر اساس نوع و مرحله رشد گیاه و شرایط اقلیمی هر دشت در این نرم‌افزار به‌عنوان پارامتر ورودی تعریف شده است). قبل از مرحله گلدهی در هر دو سال آزمایش عملیات خاک‌دهی و مبارزه با علف‌های هرز با استفاده از وجین کن پنجه‌غازی انجام شد. عملیات کوددهی طبق آزمون خاک انجام شد. به‌طوری‌که در ابتدا و حین کاشت بذر، از کود سوپر فسفات تربیل به میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار و از کود سولفات پتاسیم به مقدار ۷۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. از کود اوره به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار در زمان جوانه‌زنی و مابقی کود اوره به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار در زمان گلدهی به زمین داده شد. از سم آدامکتین به میزان ۷۵ سی‌سی در ۱۰۰ لیتر آب، برای مبارزه با حشره کنه، در تمام تیمارها به‌صورت یکسان و همزمان استفاده شد. در پایان دوره رشد پس از حذف نیم متر از بالا و پایین هر کرت و دو خط حاشیه، ۱۰ بوته انتخاب شد. بعد غلاف‌ها، برگ‌ها و ساقه‌ها از گیاه جدا گشتند و در داخل آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد. سپس وزن دانه و از مجموع وزن ساقه خشک و وزن برگ خشک و وزن غلاف خشک (همراه با دانه)، وزن ماده خشک برحسب گرم به‌دست آمد. سپس به واحد کیلوگرم در هکتار تبدیل شد. تعداد ده بوته به صورت تصادفی از هر کرت انتخاب و اجزاء عملکرد شامل تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته در آن‌ها اندازه‌گیری و میانگین‌گیری شد. از تقسیم تعداد دانه در بوته بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه

¹ Netwat

Alomari-Mheidat et al., 2018). عملکرد زیستی در روش آبیاری قطره‌ای-نواری با افزایش ۱۵/۴ درصد نسبت به روش آبیاری جویچه‌ای همراه بود (جدول ۶). اثر مدیریت آب مصرفی نشان داد که عملکرد زیستی در تیمار آبیاری کامل با میانگین ۴۲۴۵ کیلوگرم بر هکتار نسبت به تیمار ۷۵ و ۵۵ درصد نیاز آبی به‌ترتیب با افزایش ۷ و ۴۷/۵ درصدی همراه بود (جدول ۶). نتایج پژوهشی نشان داد که عملکرد زیستی در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی نسبت به شرایط ۱۰۰ درصد نیاز آبی دارای کاهش ۲/۳۲ درصدی بود (Abdzad Gohari and Sadeghipour, 2019). نتایج پژوهش نشان داد که کاهش میزان آبیاری به مقدار ۵۵ درصد آبیاری کامل، به‌دلیل کاهش شدید عملکرد توصیه نمی‌شود (Maleki et al., 2015). در پژوهشی گزارش شد که کاهش عملکرد لوبیا در اثر خشکی در برخی تیمارها، به‌دلیل اثرات متقابل زمان و شدت تنش است (Rafiei Alhoseini, 2016). عملکرد زیستی در شرایط دو ردیف کشت بر روی هر پشته، افزایش ۱۶/۷ درصدی نسبت به سه ردیف کشت بر روی هر پشته داشت (جدول ۶).

۳-۲- عملکرد دانه

اثر روش آبیاری، اثر مدیریت آب مصرفی، اثر کاشت، اثر متقابل روش کاشت و روش آبیاری و اثر متقابل روش کاشت و مقدار آبیاری در سطح پنج درصد بر عملکرد دانه معنادار شد (جدول ۵). کاهش معنادار عملکرد دانه در شرایط تنش کمبود آب در نتایج سایر پژوهشگران نیز گزارش شد (Khoshvaghti, 2006; Zafarani-Moattar et al., 2012). آبیاری قطره‌ای-نواری نسبت به روش آبیاری جویچه‌ای با افزایش ۸/۸ درصدی همراه بود (جدول ۶). اثر مدیریت آب مصرفی نشان داد که عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل با میانگین ۴۲۴۵ کیلوگرم بر هکتار نسبت به تیمار ۷۵ و ۵۵ درصد نیاز آبی به‌ترتیب با افزایش ۷/۷ و ۶۹/۸ درصدی همراه بود (جدول ۶). با توجه به این که عملکرد دانه بخشی از مجموع ماده خشک تولیدی گیاه است، کاهش ماده خشک گیاهی در شرایط تنش می‌تواند توجیه‌کننده بخشی از کاهش عملکرد دانه باشد. دلیل احتمالی این موضوع این است که در پایان دوره رشد به‌دلیل کمبود آب قابل دسترس، قدرت انتقال مواد پرورده به دانه کاهش یافته و منجر به افت عملکرد دانه می‌شود. عملکرد دانه در شرایط دو ردیف کشت بر روی هر پشته، افزایش ۲۰/۹ درصدی نسبت به سه ردیف کشت بر روی هر پشته داشت (جدول ۶). اثر متقابل روش کاشت و روش آبیاری بر عملکرد دانه نشان داد که روش آبیاری قطره‌ای-نواری تحت شرایط دو ردیف کشت بر روی هر پشته با میانگین ۲۱۴۴ کیلوگرم بر هکتار همراه بود (شکل ۲). اثر متقابل

روش کاشت و مقدار آبیاری بر عملکرد دانه حاکی از برتری تیمارهای دو ردیف کاشت بر روی پشته و آبیاری کامل با میانگین ۲۳۸۳ کیلوگرم بر هکتار بود (جدول ۷). نتایج نشان داد که تنش بر تمام صفات مورد بررسی اثر معنادار داشت و میزان پروتئین دانه در شرایط تنش نسبت به شاهد در کلیه ارقام افزایش یافت و بیش‌ترین کاهش عملکرد دانه طی تنش شدید مربوط به لوبیا سفید و کم‌ترین این مقدار مربوط به لوبیا چیتی بود. در صورتی که کشت لوبیا به صورت دو و سه ردیف بر روی پشته باشد، مناسب‌ترین تراکم ۱۲۰ کیلوگرم در هر هکتار است (Hedayatipour et al., 2018). همانطور که در جدول ۵ مشاهده شد اثر سال بر هیچ یک از پارامترهای مورد بررسی معنادار نشد که نشان می‌دهد اثر عامل غیرقابل کنترلی (چون تغییرات مربوط به آب و هوا) موجب تفاوت معناداری بر نتایج آزمایش نداشته و تفاوت‌های مشاهده شده در نتایج، نتیجه اثر تیمارهای آزمایش بر پارامترهای اندازه‌گیری شده است. در صورت رخ دادن تغییرات بارزی در رطوبت، دما، بارش و باد در سال‌های انجام آزمایش، این تغییرات نتایج آزمایشات را تحت تأثیر قرار می‌دهند که با بررسی اثر سال، این مقدار تأثیر (خطا) از خطای کل آزمایش کم می‌شود تا مقدار تأثیر عوامل اصلی بر نتایج به‌دست آید.

۳-۳- شاخص برداشت

اثر مدیریت آب مصرفی در سطح پنج درصد بر شاخص برداشت معنادار شد (جدول ۵). اثر مدیریت آب مصرفی نشان داد که شاخص برداشت در تیمار آبیاری کامل با میانگین ۳۴/۴ درصد نسبت به تیمار ۷۵ و ۵۵ درصد نیاز آبی به‌ترتیب با افزایش ۰/۸ و ۱۰/۲ درصدی همراه بود (جدول ۶). شاخص برداشت نشان‌دهنده میزان تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه است. نتایج به‌دست آمده نشان داد که کاهش تعداد غلاف در بوته که سهم مهمی در تولید عملکرد دارد، از دلایل مهم کاهش شاخص برداشت در تیمارهای تنش آبی محسوب می‌شود.

۳-۴- وزن صد دانه

اثر روش آبیاری، اثر مدیریت آب مصرفی و اثر کاشت در سطح پنج درصد بر وزن صد دانه معنادار شد (جدول ۵). وزن صد دانه در روش آبیاری قطره‌ای-نواری با افزایش ۲۹/۷ درصد نسبت به روش آبیاری جویچه‌ای همراه بود (جدول ۶). اثر مدیریت آب مصرفی نشان داد که وزن صد دانه در تیمار آبیاری کامل با میانگین ۵۴/۳ گرم نسبت به تیمار ۷۵ و ۵۵ درصد نیاز آبی به‌ترتیب با افزایش ۴۳/۳ و ۵۸/۸ درصدی همراه بود (جدول ۶). وزن صد دانه در شرایط دو ردیف کشت بر روی هر پشته، افزایش

به تیمار ۷۵ و ۵۵ درصد نیاز آبی به‌ترتیب با افزایش ۵/۵ و ۳۵/۷ درصدی همراه بود (جدول ۶). پژوهشی نشان داد که تعداد دانه در غلاف در گیاه لوبیا در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی (میانگین ۱۴ عدد) نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی (میانگین ۱۶ عدد) با کاهش ۱۴/۳ درصدی همراه بود (Abdzaad Gohari and Sadeghipour, 2019).

جدول ۳- مراحل رشد و تبخیر-تعرق اندازه‌گیری شده گیاه لوبیا

Table 3- Growth stages and measured evapotranspiration of the bean plant

Month	Decade	Evapotranspiration (mm)	
		Year 1	Year 2
June	3	28	25
July	1	28	25
July	2	46	55
July	3	77	85
August	1	85	85
August	2	83	85
August	3	82	80
September	1	74	70
September	2	43	45
September	3	22	30
Total		568	585

۳۲/۹ درصدی نسبت به سه ردیف کشت بر روی هر پشته داشت (جدول ۶). پژوهشگران گزارش کردند که وزن صددانه در شرایط ۵۰ درصد نیاز آبی نسبت به شرایط ۱۰۰ درصد نیاز آبی با کاهش ۳۳/۴ درصدی همراه بود و همچنین بیان داشتند که اگر تنش در دوره رشد گیاه لوبیا، شدید و مداوم باشد، وزن بذر کاهش می‌یابد و در نتیجه، کاهش وزن صددانه را به‌همراه خواهد داشت (Abdzaad Gohari and Sadeghipour, 2019). پژوهشگران اظهار نمودند که تنش آبی منجر به کاهش فتوسنتز در گیاه شده که نتیجه آن کاهش تولید مواد غذایی است (Hemmati Nafar and Rahimi, 2016; Abdzaad Gohari and Sadeghipour, 2019). تنش آبی همچنین، انتقال مواد غذایی را از برگ‌ها به دانه‌ها کاهش داده و موجب رسیدگی سریع دانه‌ها و در نهایت کاهش وزن دانه خواهد داشت.

۳-۵- تعداد دانه در غلاف

اثر مدیریت آب مصرفی در سطح پنج درصد بر تعداد دانه در غلاف معنادار شد (جدول ۵). اثر مدیریت آب مصرفی نشان داد که تعداد دانه در غلاف در تیمار آبیاری کامل با میانگین ۳/۸ عدد نسبت

جدول ۴- حجم آب مصرفی در تیمارهای آزمایشی در طی سال‌های مورد مطالعه

Table 4. Volume of water used in the experimental treatments during the study years

Year	Irrigation Method	Treatment 55% (m ³ /ha)	Treatment 75% (m ³ /ha)	Treatment 100% (m ³ /ha)
First Year	Furrow Irrigation	6160	8400	11200
	Drip Tape Irrigation	3850	5250	7000
Second Year	Furrow Irrigation	6273	8554	11406
	Drip Tape Irrigation	3866	5272	7030
Two-Year Average	Furrow Irrigation	6217	8477	11303
	Drip Tape Irrigation	3858	5261	7015

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری شده در منطقه مورد مطالعه

Table 5- Combined analysis of variance for the measured traits in the study area

Source of Variation	Df	Mean Squares-Biological Yield	Mean Squares-Grain Yield	Harvest Index	100-Grain Weight	Number of Grains per Pod	Number of Pods per Plant	Plant Height	Greenness Percentage	Irrigation Water Use Efficiency
Block	1	177359	179055	16.27	1688	0.96	1.84	3.01	12.13	0.0047
Year	1	3115424	5610133	316.6	2618	0.198	50.5	512	37.12	0.147
Error a	2	85122	76306	23.5	3542	0.942	8.64	4.75	48.4	0.0016
Irrigation Method	1	5017584*	456649*	24.9 ns	2142*	0.126	1.3	18	33.7	0.45*
Year × Irrigation Method	1	15.12	109668	15.12	1870	0.14	0.25	26.8	0.04	0.0169
Error b	2	13047	3577	0.44	3677	0.108	1.28	36.7	1.96	0.0001
Irrigation Amount	2	12672114*	5749743*	73.37*	2667*	5.77*	111.7*	0.05	1032.6*	0.022*
Irrigation Amount × Method	2	931	23603	6.07	1879	0.045	4.34	10.16	84.9*	0.0021 ns
Irrigation Amount × Year	2	32002	110156	0.2	1907	0.087	1.16	3.5	11.59	0.0005
Irrigation × Method × Year	2	13074	3577	0.44	1838	0.108	1.28	18.38	1.99	0.0005
Error c	8	163179	9853	2.8	1923	0.195	3.13	52.7	17.83	0.00001
Planting Method	1	5889884*	2265610*	10.27 ns	2541*	1.274 ns	33.2*	3.5	513.6 ns	0.060*
Planting Method × Year	1	3974	98272	3.64	1934	0.247	0.133	18	5.95	0.002
Planting Method × Irrigation	1	51253	18688*	1.5	1841	0.046	0.133	0.22	0.45	0.007 ns
Planting × Irrigation	2	3574*	45.82*	1.67	1804	0.187	2.41	40.05*	1.21	0.002*
Planting × Irrigation × Year	2	956	35511	0.4	2004	0.158	1.62	10.16	0.82	0.00005
Planting × Irrigation × Method	2	42128	3511	2.24	1756	0.051	1.46	5.05	3.62	0.0016*

Planting × Method × Year	1	40280	3146	0.53	1925	0.019	3.25	3.55	0.10	0.00039
Planting × Irrigation × Method × Year	2	25556	4063	0.193	1809	0.13	0.87	13.38	9.9	0.00091
Error d	12	118610	2944	2.9	1871	0.12	1.65	11.46	6.5	0.00005

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در شرایط روش آبیاری، مدیریت آب مصرفی و روش کاشت

Table 6- Comparison of mean values of the studied traits under different irrigation methods, water management practices, and planting methods

Treatments	Biological Yield (kg/ha)	Grain Yield (kg/ha)	Harvest Index (%)	100-Grain Weight (g)	Number of Grains per Pod	Number of Pods per Plant	Greenness (%)	Water Use Efficiency (kg/m ³)
Irrigation Method	Furrow	3430b	1791b	3.28a	36.7b	3.4a	8.6a	63.8a
	Drip Tape	3958a	1950a	32.6a	47.6a	3.3a	8.3a	65.2a
	Full Irrigation	4245a	2229a	34.4a	54.3a	3.7a	9.8a	68.8a
Irrigation Amount	75%	3367b	2070b	34.1a	37.9b	3.6b	9.6a	67.7a
	55%	2871c	1313c	31.2a	34.2b	2.8b	6.0b	57.0b
Planting Method	Two Rows on Ridge	3980a	2048a	33.6b	48.1a	3.5a	9.2a	62.2a
	Three Rows on Ridge	3408b	1693b	32.8a	36.2b	3.2a	7.8b	61.9a

جدول ۷- اثر متقابل مدیریت آب مصرفی و روش کاشت بر صفات مورد بررسی در طی سال‌های مورد مطالعه

Table 7. Interaction effect of water management and planting method on the studied traits during the study years

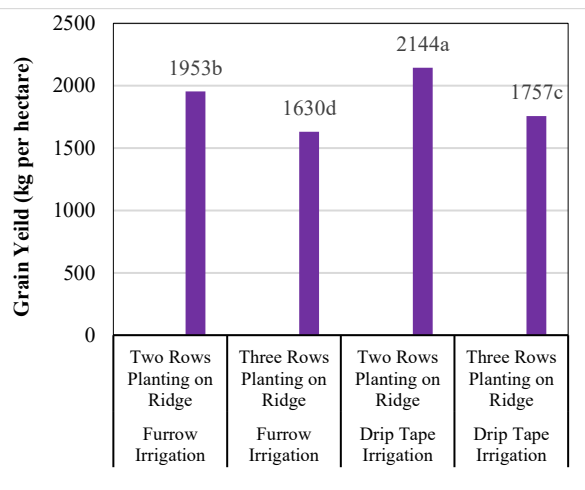
Planting and Irrigation Management Treatments	Grain Yield (kg/ha)	Plant Height (cm)	Water Use Efficiency (kg/m ³)
Two Rows Planting on Ridge	Full Irrigation	2383a	83ab
	75% Water Requirement	2076c	81c
	55% Water Requirement	2298b	81c
Three Rows Planting on Ridge	Full Irrigation	1843d	84a
	75% Water Requirement	1465e	82bc
	55% Water Requirement	1162f	82bc

۳-۶- تعداد غلاف در بوته

اثر مدیریت آب مصرفی و اثر کاشت در سطح پنج درصد بر تعداد غلاف در بوته معنادار شد (جدول ۵). اثر مدیریت آب مصرفی نشان داد که تعداد غلاف در بوته در تیمار آبیاری کامل با میانگین ۹/۸ عدد نسبت به تیمار ۷۵ و ۵۵ درصد نیاز آبی به ترتیب با افزایش ۲/۱ و ۶۳/۳ درصدی همراه بود (جدول ۶). تعداد غلاف در بوته در شرایط دو ردیف کشت بر روی هر پشته، افزایش ۱۷/۹ درصدی نسبت به سه ردیف کشت بر روی هر پشته داشت (جدول ۶). در بین اجزای عملکرد، تعداد غلاف در بوته مهم‌ترین صفت در تعیین عملکرد لوبیا است (Khoshvaghti, 2006). یکی از دلایل کاهش تعداد غلاف در بوته در می‌تواند کاهش طول دوره رشد گیاه باشد که در نتیجه آن تولید مواد فتوسنتزی نقصان می‌یابد (Wakrim et al., 2005). کاهش مواد فتوسنتزی و افزایش رقابت درون بوته‌ای به همراه ریزش گل‌ها در اثر تنش کمبود آب باعث کاهش تعداد غلاف در بوته شد. نتایج پژوهش نشان داد که تعداد غلاف در بوته حساس‌ترین صفت به تنش کمبود آب است (Bayat et al, 2010).

۳-۷- ارتفاع بوته

اثر متقابل روش کاشت و مقدار آب مصرفی بر ارتفاع بوته در سطح پنج درصد معنادار شد (جدول ۵). تیمار سه ردیف کاشت بر روی پشته و آبیاری کامل با میانگین ۸۴ سانتی‌متر بیش‌ترین میزان ارتفاع بوته را داشت (جدول ۷). گزارش شد که ارتفاع بوته در



شکل ۲- اثر متقابل روش کاشت و روش آبیاری بر عملکرد دانه

Figure 2- Interaction effect of planting method and irrigation method on grain yield

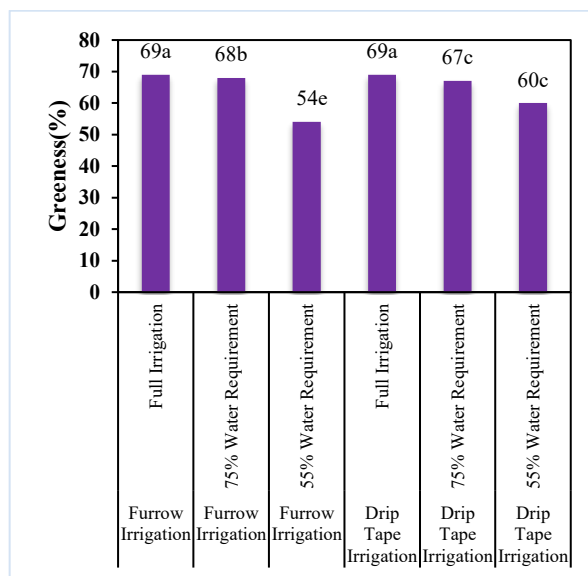
پژوهش‌ها نشان داد که اثرات تنش آبی در دوره‌های مختلف رشد گیاه لوبیا بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه نظیر تعداد دانه در غلاف مؤثر است و با کاهش میزان آبیاری تعداد دانه در غلاف نیز به طور معنی‌داری کاهش یافت (Nazarizadeh et al., 2017). پژوهشگران دلیل عمده کاهش تعداد دانه در غلاف در گیاه لوبیا را در شرایط تنش آبی به عدم تأمین مواد فتوسنتزی لازم برای رشد جنین و تکامل بذر بیان کردند (Beheshti et al., 2016; Abdzad Gohari and Sadeghipour, 2019).

مقدار آبیاری و روش آبیاری بر بهره‌وری مصرف آب بر در سطح پنج درصد بر بهره‌وری مصرف آب معنادار شد (جدول ۵). بهره‌وری مصرف آب در روش آبیاری قطره‌ای-نواری نسبت به روش آبیاری جویچه‌ای با افزایش ۴۷/۶ درصدی همراه بود (شکل ۳). اثر مدیریت آب مصرفی نشان داد که بهره‌وری مصرف آب در تیمار آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی با میانگین ۰/۳۲ کیلوگرم بر مترمکعب نسبت به تیمار ۱۰۰ و ۵۵ درصد نیاز آبی به‌ترتیب با افزایش ۲۳/۱ و ۱۴/۲ درصدی همراه بود (شکل ۳). بهره‌وری مصرف آب در شرایط دو ردیف کشت بر روی هر پشته، افزایش ۲۳/۱ درصدی نسبت به سه ردیف کشت بر روی هر پشته داشت. اثر متقابل روش کاشت و مقدار آبیاری بر بهره‌وری مصرف آب نشان داد که روش آبیاری قطره‌ای-نواری تحت شرایط دو ردیف کشت بر روی هر پشته با میانگین ۰/۳۶ کیلوگرم بر مترمکعب همراه بود (جدول ۷). اثر سه‌گانه روش کاشت، مقدار آبیاری و روش آبیاری نشان داد که بیش‌ترین بهره‌وری مصرف آب در روش آبیاری قطره‌ای-نواری با تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی در شرایط دو ردیف کشت بر روی هر پشته با میانگین ۰/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب بود (شکل ۳). در شکل ۴ در آبیاری دو ردیفه و نشتی بیش‌ترین بهره‌وری آب در ۸۵۰۰ مترمکعب در هکتار بدست آمده است، لذا در این روش کاشت و سیستم نشتی ۸۵۰۰ مترمکعب آب برای دستیابی به بیشینه بهره‌وری پیشنهاد می‌شود. از طرف دیگر بررسی آب مصرفی و بهره‌وری مصرف آب در آبیاری قطره‌ای در شکل ۵ ارائه شده است. بررسی نتایج در آبیاری قطره‌ای نشان می‌دهد که مقدار ۵۲۰۰ مترمکعب آب در هکتار بیش‌ترین بهره‌وری مصرف آب را داشته است. لذا برای آبیاری قطره‌ای دو ردیفه بهتر است ۵۲۰۰ مترمکعب آب مصرف شود. در بین گزینه‌های بررسی شده نیز، بیش‌ترین بهره‌وری مصرف آب در روش آبیاری قطره‌ای دو ردیفه به‌دست آمد. همچنین بررسی تلفیقی نتایج در مورد بهره‌وری نشان داد که کشت‌های دو ردیفه در آبیاری جویچه‌ای و آبیاری قطره‌ای، بهره‌وری کم‌تری نسبت به کشت‌های دو ردیفه داشتند. لذا لازم است حتماً این نوع از کشت در هر روش آبیاری مورد توجه قرار گیرد. از طرف دیگر در ۷۵ درصد نیاز آبی نیز بیش‌ترین بهره‌وری مشاهده شد. لذا شرایط ۷۵ درصد نیاز آبی برای دستیابی به بهره‌وری فیزیکی بالاتر می‌تواند مد نظر قرار گیرد. البته از نظر مقدار عملکرد قطعاً روش قطره‌ای بسیار سودمند و مناسب بوده و کشاورز می‌تواند با به‌کارگیری شرایط ۷۵ درصد نیاز آبی و کشت دو ردیفه به بیشینه بهره‌وری آب نیز دست یابد.

تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی (با میانگین ۲۵/۸ سانتی‌متر) با کاهش ۱۲/۸ درصدی نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی (با میانگین ۲۹/۱ سانتی‌متر) همراه بود (Abdzaad Gohari and Sadeghipour, 2019). کاهش ارتفاع بوته لوبیا در اثر شرایط تنش آبی در آزمایش‌های پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است (Emadi, 2012; Zhu, 2002).

۳-۸- درصد سبزشدگی

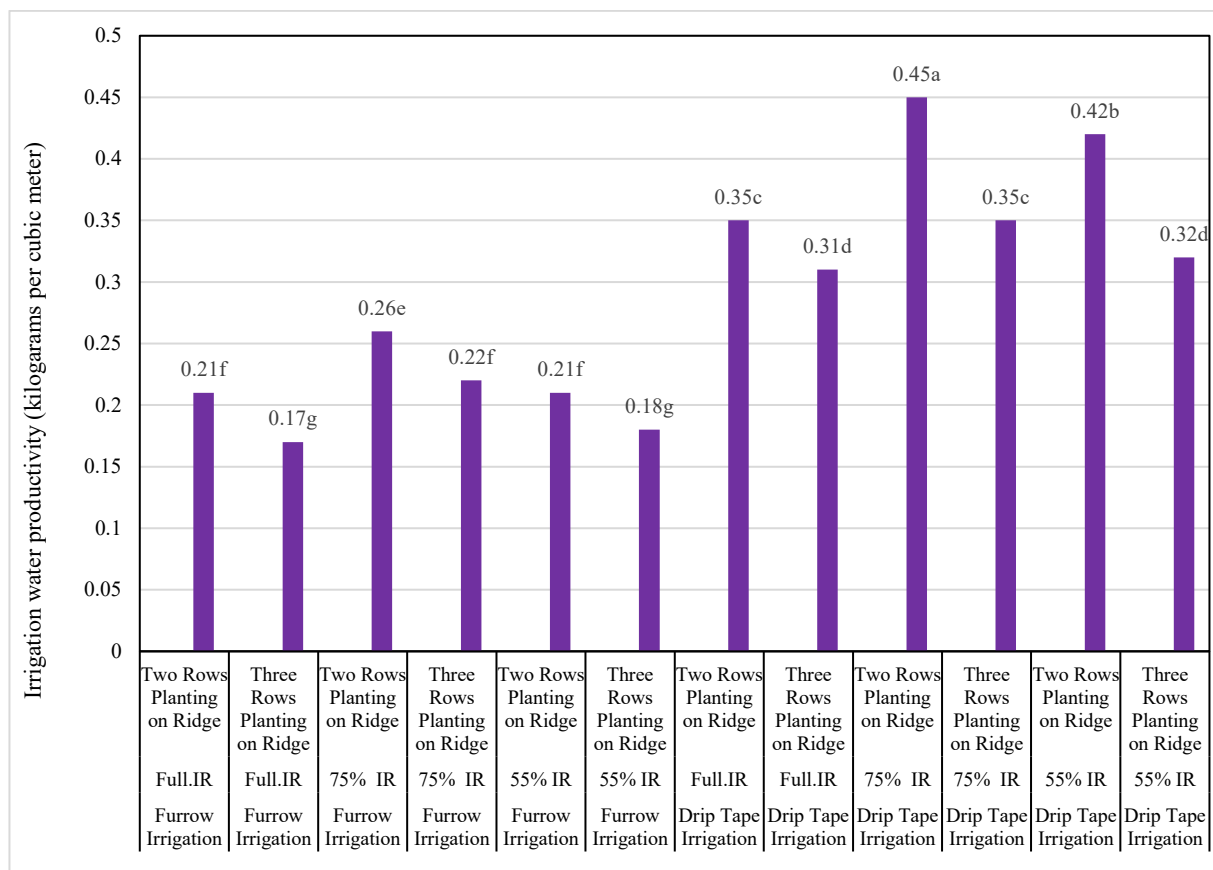
اثر مدیریت آب مصرفی و اثر متقابل مقدار آبیاری و روش آبیاری در سطح پنج درصد بر درصد سبزشدگی معنادار شد (جدول ۵). اثر مدیریت آب مصرفی نشان داد که درصد سبزشدگی در تیمار آبیاری کامل با میانگین ۶۸/۸ نسبت به تیمار ۷۵ و ۵۵ درصد نیاز آبی به‌ترتیب با افزایش ۱/۶ و ۲۰/۷ درصدی همراه بود (جدول ۶). اثر متقابل مقدار آبیاری و روش آبیاری نشان داد که روش آبیاری قطره‌ای-نواری در شرایط آبیاری کامل با میانگین ۶۹ درصد بیش‌ترین درصد سبزشدگی را داشت (شکل ۲).



شکل ۲- اثر متقابل مقدار و روش آبیاری بر درصد سبزشدگی
Figure 2- Interaction effect of irrigation amount and method on greenness percentage

۳-۹- بهره‌وری آب آبیاری

اثر روش آبیاری، اثر مدیریت آب مصرفی، اثر روش کاشت، اثر متقابل روش کاشت و مقدار آبیاری و همچنین اثرات سه‌گانه روش کاشت،



شکل ۳- اثر سه‌گانه روش کاشت، مقدار آبیاری و روش آبیاری بر بهره‌وری مصرف آب

Figure 3. Triple interaction effect of planting method, irrigation amount, and irrigation method on water use efficiency

۴- نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش نشان داد که در اثر کاهش میزان آب به دلیل اعمال تیمارهای کم‌آبیاری، عملکرد دانه نسبت به سایر شاخص‌های اندازه‌گیری شده، با شدت بیش‌تری کاهش یافت. هم‌چنین تنش آبی شدید در هر دو روش آبیاری قطره‌ای-نواری و جویچه‌ای، موجب کاهش شدید عملکرد دانه و اجزای آن شد و در کم‌آبیاری ۵۵ درصد تا ۴۰ درصد مقدار عملکرد دانه کاهش یافت. در تمام تیمارها، عملکرد دانه نسبت به وزن دانه حساسیت بالاتری نسبت به کمبود آب داشت به این دلیل، جهت حصول عملکرد مطلوب، تیمار تنش آبی شدید برای لوبیا توصیه نمی‌شود. براساس نتایج به‌دست آمده و سهولت پخش نواریها بر روی پشته، روش دو ردیف کشت برروی پشته توصیه می‌شود. هم‌چنین بر اساس نتایج این پژوهش، برای ارتقاء بهره‌وری آب در کشت لوبیا در منطقه خمین، روش آبیاری قطره‌ای-نواری با اعمال کم‌آبیاری ۷۵ درصد توصیه می‌شود. پیشنهاد می‌شود که پژوهش حاضر برای ارقام دیگر لوبیا به‌عنوان موضوع پژوهشی جدید، توسط سایر پژوهشگران انجام شود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاران گرامی، جناب آقایان دکتر علی عبدزادگوهری و دکتر آرش تافته که در نگارش مقاله ما را یاری رساندند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

دسترسی به داده‌ها

همه اطلاعات و نتایج در متن مقاله ارائه شده است.

مشارکت نویسندگان

فاطمه کیخایی: نگارش نسخه اولیه مقاله؛ ابوالفضل هدایتی‌پور: بازبینی مقاله؛ مصطفی گودرزی: تحلیل و بررسی نرم افزار آماری

منابع

- آقچه‌لی، سامیه، راحمی کاریزکی، علی، و غلامعلی پور علمداری، ابراهیم، و قلی زاده، عبداللطیف (۱۳۹۵). تأثیر تنش خشکی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی در غلات سردسیری در شرایط گلخانه. دومین کنگره سراسری در مسیر توسعه علوم کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه فرهنگیان گرگان. ۷-۱.
- بابازاده، حسین، عبدزادگوهری، علی، و آرش، خنک (۱۳۹۴). اثر مدیریت آبیاری و سطوح مختلف مالچ کاه بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه لوبیا. پژوهش آب در کشاورزی. ۲۹(۲). ۱۴۰-۱۲۹. doi: 10.22092/jwra.2015.101652
- بهشتی، صدیقه، تدین، علی، و فلاح، سیف‌الله (۱۳۹۵). اثر سطوح اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا لیما در شرایط تنش خشکی. پژوهش‌های حیوانات ایران، ۷(۳)، ۱۷۵-۱۸۷. doi: 10.22067/ijpr.v7i2.46533
- بیات، علی‌اکبر، سپهری، علی، احمدوند، گودرز، و دری، حمیدرضا (۱۳۸۹). اثر تنش کمبود آب بر عملکرد و اجزای عملکرد در ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی. علوم زراعی ایران، ۱۲(۱)، ۴۲-۵۴. doi: 20.1001.1.15625540.1389.12.1.4.1
- بیاتی، خیرالله، مجنون حسینی، ناصر، مقدم حسین، و بصیری، رضا (۱۳۹۶). تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی و نیتروژن بر عملکرد دانه و برخی صفات زراعی دو رقم لوبیا قرمز. علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۸(۴)، ۱۰۶۹-۱۰۸۱. doi: 10.22059/ijfcs.2017.205386.654094
- بی‌نام. آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی (۱۴۰۱). گزارش سطح، تولید و عملکرد محصولات زراعی. ۹۸ صفحه.
- پاک‌مهر، آرش، راستگو، مهدی، شکاری، فرید، صبا، جلال، وظایفی، مریم و زنگانی، اسماعیل (۱۳۹۰). تأثیر پرایمینگ سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه لوبیا چشم‌بلبلی تحت تنش کم‌آبی در مرحله زایشی. پژوهش‌های حیوانات ایران، ۱۲(۱)، ۵۳-۶۴. doi: 10.22067/ijpr.v13i2.46920
- حبیبی، غلامرضا، قنادها، محمدرضا، سوهانی، علیرضا، و دری، حمیدرضا (۱۳۸۵). بررسی روابط عملکرد دانه با برخی صفات مهم زراعی لوبیا قرمز با روش‌های مختلف آماری در شرایط آبیاری محدود. علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳(۳)، ۴۴-۵۸.
- خوشوقت، حسین (۱۳۸۵). تأثیر محدودیت آبی بر نرخ رشد، پر شدن دانه و عملکرد در سه رقم لوبیاچیتی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تبریز. ۱۰۰ صفحه.
- داودی، سیده حکیمه، راحمی‌کاریزکی، علی، نخزری مقدم، علی، غلامعلی‌پور علمداری، ابراهیم (۱۳۹۷). اثر تنش کم‌آبیاری بر عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی ارقام لوبیا. فناوری تولیدات گیاهی، ۱(۱)، ۸۳-۹۵. doi: 10.22084/ppt.2018.9633.1537
- دری، حمیدرضا، قنبری، علی‌اکبر، لک، محمدرضا، و بنی‌جمالی، محمد (۱۳۸۷). راهنمای لوبیا، کاشت داشت و برداشت. سازمان ترویج، آموزش و تحقیقات کشاورزی. دفتر خدمات تکنولوژی آموزشی. ۱۵ صفحه.
- رفیعی‌الحسینی، محمد، صالحی، فرود، و مظهری، مرضیه (۱۳۹۵). اثر شدت و زمان تنش خشکی بر ویژگی‌های زراعی دو رقم لوبیا. مهندسی اکوسیستم بیابان، ۵(۱۱)، ۵۶-۴۵.
- زعفرانی معطر، پریسا، راعی، یعقوب، قاسمی گل‌دانی، کاظم، و محمدی، سید ابوالقاسم (۱۳۹۰). اثر کم‌آبی بر رشد و عملکرد ارقام لوبیا. دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۱(۴)، ۹۴-۸۵.
- عبدزادگوهری، علی، و صادقی‌پور، امید (۱۳۹۸). تأثیر کم‌آبیاری و اسید هیومیک بر عملکرد و کارایی مصرف آب در لوبیا. پژوهش آب در کشاورزی، ۳۳(۳). doi: 10.22092/jwra.2019.124988.623
- عمادی، نویدالله، بلوچی، حمیدرضا، و جهانبین، شاهرخ (۱۳۹۱). اثر تنش خشکی و تراکم بوته بر عملکرد، اجزا عملکرد و برخی خصوصیات ریخت‌شناسی لوبیا چیتی رقم C.O.S.16 در منطقه یاسوج. تولید گیاهان زراعی، ۵(۲)، ۱۷-۱۰.
- غریب اردکانی، لیلیا، فرجی، هوشنگ، و کلیدری، عبدالصمد (۱۳۹۱). اثر تنش خشکی و تراکم بر ویژگی کمی و فیزیولوژیک لوبیا چیتی. سومین همایش ملی حیوانات ایران. جهاد کشاورزی استان کرمانشاه. ۱۰۲-۱۰۸.
- فرشی، علی‌اصغر، شریعتی، محمدرضا، جلالی، رقیه، قائمی، محمدرضا، شهابی، فر، مهدی، و تولایی، مسعود (۱۳۷۷). برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (گیاهان زراعی). جلد اول. نشر آموزش کشاورزی. دفتر خدمات تکنولوژی آموزشی. وزارت جهاد کشاورزی. ۹۸۱ صفحه.
- کمالی، محمد اسماعیل، و انصاری، حسین (۱۴۰۲). تعیین عمق مناسب آبیاری و میزان حساسیت آن به قیمت آب با استفاده از تابع تولید. پژوهش آب ایران، ۱۷(۲)، ۸۵-۹۶. doi: 10.22034/iwrj.2023.14134.2466
- ملکی، عباس، اثنی‌عشری، نگار، و عالی‌نژادیان، افسانه (۱۳۹۴). تعیین کارایی مصرف آب با سطوح مختلف آبیاری در کشت لوبیا چشم‌بلبلی. اولین کنگره ملی توسعه و ترویج مهندسی کشاورزی و علوم خاک ایران، تهران. ۱۴ صفحه.
- نظری‌زاده، مرضیه، قاسمی، احمدرضا، قبادی‌نیا، مهدی و دانش، عبدالرزاق (۱۳۹۶). بهبود کارایی مصرف آب گیاه لوبیا تحت تأثیر کم‌آبیاری در مراحل مختلف رشد. دومین همایش بین‌المللی افق‌های نوین در علوم کشاورزی. منابع طبیعی و محیط زیست. تهران.
- هدایتی‌پور، ابوالفضل، کلایی، علی، لک، محمدرضا. دری، حمیدرضا، رودبارانی، جهانگیر، مرادآبادی، غلامرضا، و رحمتی، محمد هاشم (۱۳۸۸). بررسی امکان کاشت ردیفی لوبیا با استفاده از ردیف کار با تکیه بر مبارزه مکانیکی با علف‌های هرز. گزارش نهایی پروژه. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۵۰ صفحه.
- هدایتی‌پور، ابوالفضل، کیخایی، فاطمه، صادقی، صادق و قدیری، عادل (۱۳۹۷). مقایسه روش‌های کشت لوبیا با بکارگیری روش آبیاری میکرو (تیپ). گزارش نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۴۸ صفحه.

همتی نفر، کیامرث، و رحیمی، محمد مهدی (۱۳۹۶). تأثیر سطوح مختلف سوپر جاذب بر کارایی مصرف آب و صفات کمی سورگوم در رژیم های مختلف آبیاری. *اکوفیزیولوژی گیاهی*، ۹ (۳۱)، ۳۱-۴۰.

هدایتی پور، ابوالفضل، لک، محمدرضا، قدیری، عادل، و مرادآبادی، غلامرضا (۱۳۹۱). بررسی کارایی روش های وجین مکانیکی علف های هرز در لوبیا. گزارش نهایی پروژه. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۴۲ صفحه.

References

- Abdzaad Gohari, A., & Sadeghipour, O. (2019). Effect of deficit irrigation and humic acid on yield and water use efficiency in common bean. *Water Research in Agriculture*, 33(3), 383-395. doi: 10.22092/jwra.2019.124988.623 [in Persian].
- Allen, R.G. (1998). Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrig Drain*, 56, 147-151.
- Alomari-Mheidat, M., Martín-Palomo, M.J., Castro-Valdecantos, P., Medina-Zurita, N., Moriana, A., & Corell, M. (2023). Effect of water stress on the yield of indeterminate-growth green bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) during the autumn cycle in southern Spain. *Agriculture*, 23, 13-46. doi:10.3390/agriculture13010046
- Anon. (1993). RNAM Test codes and procedures for farm machinery. Technical Series. No.1254.
- Anonymous. (2022). Statistics of the Ministry of Agricultural Jihad. Report on the level, production and yield of crops. 98 p [in Persian].
- Aqcheli, S., Rahmi Karizki, A., Gholamali Pouralmadari, A., & Qolizadeh, A. (2016). The effect of drought stress on some morphological characteristics in cold-season cereals under greenhouse conditions. The second national congress on the development of agricultural sciences and natural resources, Farhangian University of Gorgan, 1-7. [in Persian].
- Archana, H.A., N. Asoka Raja., R. Mahesh. & R. Kalpana. (2017). Effect of low-cost drip tape irrigation system on yield and economics of sweet corn. *Bangladesh Agronomy Journal*, 19(2), 71-81. doi:10.3329/baj.v19i2.31855
- Babazadeh, H., Abdzaad Gohari, A., Khonok, A. (2015). Effect of Irrigation Management and Different Levels of Straw Mulch on Yield and Yield Components of Bean (*Phaseolus Vulgaris* L.). *Journal of Water Research in Agriculture*, 29(2), 129-140. doi:10.22092/jwra.2015.101652 [in Persian].
- Bayat, A.A., Sepehri, A., Ahmadvand, G., & Dorri, H. R. (2010). Effect of water deficit stress on yield and yield components of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 12(1), 42-54. doi: 20.1001.1.15625540.1389.12.1.4.1 [in Persian].
- Bayati, K., Majnoon Hosseini, N., Moghadam, H., & Basiri, R. (2018). Effects of drought stress and nitrogen on grain yield and some agronomic traits of red kidney bean cultivars. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 48(4)4, 1069-1081. doi: 10.22059/ijfcs.2017.205386.654094 [in Persian].
- Beheshti, S., Tadayyon, A., & Fallah, S. (2016). Effect of humic acid on the yield and yield components of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) under drought stress conditions. *Iranian journal of pulses Research*, 7(2), 175-187. doi: 10.22067/ijpr.v7i2.46533 [in Persian].
- Davoodi, S.H., Rahemi-karizaki, A., Nakhzari-Moghadam, A., & Gholamalipour alamdari, E. (2018). The effect of deficit irrigation on yield and physiological traits of bean cultivars. *Journal of Plant Production Technology*, 10 (1), 83-95. doi: 10.22084/ppt.2018.9633.1537 [in Persian].
- Dorri, H.R., Ghanbari, A.A. Lek, M.R. & Bani Jamali, M. (2017). Guide to beans, planting and harvesting. Agricultural Research Education and Extension Organization. Office of educational technology services, 15 p [in Persian].
- Drogar, N., Mojaddam, M., & Nejad, T.S. (2014). The effect of plant population on growth parameters and seed yield of faba bean. *Journal of Biosciences*. 4(3), 149-157. doi:10.12692/ijb/4.3.149-157.
- Emadi, N., Balouchi, H.R., & Jahanbin, S.H. (2012). Effect of drought stress and plant density on yield, yield components and some morphological characters of pinto bean (cv. c.o.s16) in Yasouj region. *Crop Production*, 5(2), 1-18 [in Persian].
- Emam, Y., Shikora, A., Salehi, F., & Jalali, A. (2010). Water stress effects on two common bean cultivars with contrasting growth habits. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 9(5), 495-499. doi:10.1080/03650340.2010.530256
- Farshi, A.A., Shariati, M., Jarlallahi, R., Ghaemi, M.R., ShahabiFar, M., & Tolai, M. (1998). Estimated water requirements of the country's major agricultural and horticultural plants (crop plants). The first volume. Publication of agricultural education. Office of Educational Technology Services. Ministry of Jihad and Agriculture. 981 p [in Persian].
- Gharib Ardakani, L., Farhi, H., & Kilidari, A. (2012). The effect of drought stress and compaction on the quantitative and physiological characteristics of pinto beans. The third national conference of Iranian legumes, Agricultural jahad of Kermanshah province. 108-102 [in Persian].

- Habibi, G.H., M.R. Ghanadha, A.R. Sohani and H.R. Dorri. (2006). Evaluation of relation of seed yield with im-portant agronomic traits of red bean by different analysis methods in water stress condition. *Journal of Agriculture Science and Natural Resources*, 13(3), 44-58 [in Persian].
- Hedayatipour, A., Keykhaei, F., Sadeghi, S. & Ghadiri, A. (2018). Comparison of bean cultivation methods using micro irrigation (tape) method. Research Institute of Agricultural Engineering. Final report of the project, 48 p. [in Persian].
- Hedayatipour, A., Kolaei, A., Lak, M.R. Dorri, H. R., Roudbarani, J., Moradabadi, G. & Rahmati, M.H. (2009). Investigating the possibility of planting beans in rows using working rows, relying on mechanical weed control. Research Institute of Agricultural Engineering. Final report of the project, 50p. [in Persian].
- Hedayatipour, A., Lak, M.R., Ghadiri, A., & Moradabadi, G.R. (2012). Investigating the effectiveness of mechanical weeding methods in beans. Research Institute of Agricultural Engineering. Final report of the project, 42 p. [in Persian].
- Hemmati Nafar, K. & Rahimi, M.M. (2016). Effect of different levels of superabsorbent polymers on water use efficiency and characteristics of sorghum in different water regimes. *Journal of plant Ecophysiology*, 9 (31), 31-40 [in Persian].
- Idris, A.Y. (2008). Effect of seed size and plant spacing on yield and yield components of faba bean (*Vicia Faba* L.). *Research Journal Agriculture and BioScience*, 4(2), 146-148.
- Kamali, M.I. & Ansari, H. (2023). Determination of appropriate irrigation water depth and its sensitivity to water price using the production function. *Iranian Water Research Journal*, 17 (2), 85-96 [in Persian]. doi:10.22034/iwrj.2023.14134.2466
- Khoshvaghti, H. 2006. The effect of water limitation on growth rate, seed filling and yield in three bean cultivars. Master's thesis. Faculty of Agriculture. Tabriz University. 100 p. [in Persian].
- Maleki, A. Asna Ashari, N. & Aali Nejadian, A. (2015). Determining the efficiency of water use with different levels of irrigation in the cultivation of cowpea. The first national congress of development and extension of agricultural engineering and soil science of Iran, Tehran. 14 p [in Persian].
- Mekki, B.E. (2016). Effect of bio-organic chemical fertilizers and their combination on growth, yield and some macro and micronutrients contents of faba bean (*Vicia faba* L.). *Bioscience Research*, 13 (1), 8-14.
- Nadeem, M.A., Ali, A., Sohail, R., & Maqbool, M. (2004). Effect of different planting pattern on growth, yield and quality of grain legumes. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences*, 2(2), 132-135 .
- Nazarizadeh, M., Ghasemi, A., Ghobadnia, M., & Danesh, A.A. (2017). Improving the water consumption efficiency of bean plants under the influence of deficit irrigation in different stages of growth. International Conference on the New Horizons in the Agricultural Sciences, Natural Resources and Environment, 7 p [in Persian].
- Pakmehr, A., Rastgoo, M., Shekari, F., Saba, J., Vazayefi, M., & Zangani, E., (2011). Effect of salicylic acid priming on yield and yield components of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under water deficit at reproductive stage. *Iranian journal of pulses Research*, 2(1), 53-64. doi: 10.22067/ijpr.v1393i2.46920 [in Persian].
- Rafiei Alhoseini, M., Salehi, F., & Mazhari, M. (2016). The effect of drought stress intensity and stage on agronomic characteristics of two common bean cultivars. *Journal of Desert Ecosystem Engineering*, 5(11), 45-56 [in Persian].
- Rosales-Serna, R., Kohashi Shibata, J., Acosta-Gallegos, J.A., Trejo-López, C., Ortiz-Cereceres, J., James & Kelly, D. (2004). Biomass distribution maturity acceleration and yield in drought stress common bean cultivars. *Field crops research*, 85, 203-211. doi:10.1016/S0378-4290(03)00161-8
- Santos, M.G., Ribeiro R.V., Oliverira, R.F., Machado, E.C., & Pimetel, C. (2006). The role of in organic phosphate on photosynthesis recovery of common bean after a mild water deficit. *Plant Science*, 170, 659-664. doi:10.1016/j.plantsci.2005.10.020
- Wakrim, R., Wahbi, S., Tahi, H., Aganchich, B., & Serraj, R. (2005). Comparative effects of partial root drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) on water relations and water use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 106(2-3), 275-287. doi: 10.1016/j.agee.2004.10.019
- Zafarani-Moattar, P., Raey, Y., Ghassemi Golezani, K., & Mohammadi, S.A. (2012). Effect of limited irrigation on growth and yield of bean cultivars. *Agricultural Science and Sustainable Production*, 21(4), 85-94 [in Persian].
- Zhu, J.K. (2002). Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annual Review of Plant Biology*, 53: 247-316. doi: 10.1146/annurev.arplant.53.091401.143329