Shahid Chamran University of Ahvaz

Irrigation Sciences and Engineering (JISE)
Vol. 44, No. 4, Winter 2022, p. 1-14

Journal homepage: https://jise.scu.ac.ir

Research Paper

EXTENDED ABSTRACT

Effect of Deficit Irrigation on Yield Components and Water Productivity of Pinto Beans Using Drip Tape Irrigation in Khorramabad Climatic

F. Darabi[1], M. Sharifipour[2*] and A.H. Nasrolahi[3]

1- Master of Science in Irrigation and Drainage, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

2- Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran, (sharifipour.m@lu.ac.ir).*

3- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

ARTICLE INFO

Artlcle history:
Received: 23 October 2019
Revised: 5 December 2019
Accepted: 8 December 2019

Keywords:
Drip tape irrigation, Water Productivity, Grain yield, Deficit irrigation.

TO CITE THIS ARTICLE:

Darabi, F., Sharifipour, M., Nasrolahi, A. (2021). 'Effect of Deficit Irrigation on Yield Components and Water Productivity of Pinto Beans Using Drip Tape Irrigation in Khorramabad Climatic', Irrigation Sciences and Engineering, 44(4), pp. 1-14. doi: 10.22055/jise.2020.31391.1885.

Introduction

Irrigation has greatly contributed to crop production in arid and semi-arid regions. In addition, agricultural production in irrigated lands is more sustainable than in rain feed lands, which has helped significantly stabilize food prices in the world (Hanjra et al., 2009; Rosegrant and Cline, 2003). Considering the role of irrigation and scarce water resources, the United Nations Development Program has predicted that the future of food supply for the world's growing population will be affected by the water crisis, not the crisis of arable land (Du Toit, 2011). Therefore water is a major player in increasing agricultural production (Hanjra and Qureshi, 2010). At the same time, competition for water between the agricultural, industrial and urban sectors is also increasing (Dubois, 2011). Under such circumstances, any method or technology that can increase the productivity of water consumption (product per unit volume of water) will contribute to the development of food security. Naturally, cheap and simple methods and technologies, especially among low-income farmers in developing countries, will become more common; deficit irrigation is one of them.

Beans are an important source of protein, fiber, and nutrients and have for centuries played an important role in the human diet (Yonts et al., 2018). The bean is a water-consuming plant, its net water requirement in the Khorramabad Plain (Project Area) is about 5500 m^3/ha, which is 2.5 times more than wheat and 2 times more than rapeseed (Zabihiafrous et al., 2018). Deficit irrigation of beans can be an effective solution to reduce the irrigation water consumption of this crop and increase its water productivity.

Methodology

The field research was conducted at the research farm of the Faculty of Agriculture and Natural Resources of Lorestan University, 5 km southwest of Khorramabad. Experimental treatments consisted of four levels of water supply for bean plant by drip tape irrigation and one by surface

irrigation method. Water supply levels of drip tape irrigation were 120% of water requirement (T_{120}, over-irrigation), 100% of water requirement (control, T_{100}) and two levels of deficit irrigation (80% and 60% of water requirement, T_{80} and T_{60}). In addition, to compare crop yield and productivity in drip tape and surface irrigation methods, a treatment based on 100% water requirement by surface irrigation (S_{100}) was performed.
Experiments were carried out on a randomized complete block design with three replications in fifteen 4m×2.5m plot. The cultivated pinto bean in this study was COS16 genotype. Although the cultivation of this genotype is not conventional by Lorestan farmers because of seed size, but in different studies this genotype had the highest grain yield under normal irrigation conditions and at 80% water requirement, among other genotypes.
Plants were irrigated completely until the four-leaf stage, which is an index of plant establishment. Treatments were then carried out in which the evapotranspiration was estimated by evaporation pan, and irrigation depth was calculated by applying the water requirement level of each treatment. According to fertilizer recommendation, 100 kg Nitrogen per ha was applied in two times; after eight leaflets and before flowering stages.

Results and Discussion

During the growth period for the study area under surface and drip tape irrigation, Bean irrigation water consumption was estimated to be 687.8 and 396.5 mm for full irrigation, respectively. A comparison of the averages of studied traits and water productivity is presented in Table (1).

Table 1- Comparison of mean performance, quality and water productivity indices

Traits investigated	Irrigation treatments				
	S_{100}	T_{120}	T_{100}	T_{80}	T60
Grain yield (kg / h)	3053 a	2752.6 b	2588.2 c	821.7 d	---
Biological yield (kg / h)	6204 a	5874.7 b	5668.0 c	3946.0 d	1605.7 e
Number of seeds in the pod	5.2 a	4.6 b	4.2 bc	3.8 c	---
Number of seeds per plant	21.5 a	21.4 a	20.7 a	8.0 b	---
Hundred seeds weight (gr)	35.5 a	32.3 ab	31.3 b	26.7 c	---
Harvest index	49.0 a	46.8 b	45.7 b	20.8 c	---
Water Productivity per grain yield (kg / m3)	0.40 c	0.52 b	0.59 a	0.23 d	---
Water Productivity per biological yield (kg / m3)	0.81 d	1.13 b	1.28 a	1.08 c	0.56 e

The averages in each Rows with at least one letter in common were not significantly different at the 1% level of probability based on Duncan's test.

Low grain yield at 80% and lack of seed formation at 60%, indicates high susceptibility of this genotype to deficit irrigation. Under dehydrated conditions, plant production is impaired due to damage to plant physiological processes, including photosynthesis. Decreased photosynthetic material buildup and increased intra-plant competition with the fall of flowers due to water deficit stress, will reduce the number of pods and infertility of more pods (Wakrim et al., 2005; Santos et al., 2006). Another possible reason may be that at the end of the growing season, due to the scarcity of available water, the ability to transfer the cultivated material to the seed is reduced and results in a loss of grain yield.

Conclusion

The results show that surface irrigation will still produce the highest yield per unit area if water use efficiency is not the first priority in choosing the irrigation method. This can be a major impediment to farmers' tendency towards more efficient irrigation methods with higher installation costs. The results also show that 20% reduction of water consumption by drip tape irrigation (from 100% to 80% of water requirement) caused a significant decrease in all productivity indices.

Therefore, if water productivity is not a priority, a drip tape irrigation method deficiency will not help increase productivity.

Acknowledgments

This research was funded by the second and third authors' research grant and is hereby to thank the deputy of research and technology at Lorestan University for funding this research.

References

1- Du Toit, D.C., Ramonyai, M.L. and Ntushelo, V., 2011. Food Security by Directorate Economic Services. Production Economics Unit. *Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, South Africa. Available online at: http://www. nda. agric. za/docs/GenReports/FoodSecurity. pdf (accessed 10 April 2017)*.

2- Dubois, O., 2011. *The state of the world's land and water resources for food and agriculture: managing systems at risk.* Earthscan.

3- Hanjra, M.A., Ferede, T. and Gutta, D.G., 2009. Pathways to breaking the poverty trap in Ethiopia: Investments in agricultural water, education, and markets. *Agricultural Water Management*, *96*(11), pp.1596-1604.

4- Rosegrant, M.W. and Cline, S.A., 2003. Global food security: challenges and policies. *Science*, *302*(5652), pp.1917-1919.

5- Santos, M.G., Ribeiro, R.V., de Oliveira, R.F., Machado, E.C. and Pimentel, C., 2006. The role of inorganic phosphate on photosynthesis recovery of common bean after a mild water deficit. *Plant Science*, *170*(3), pp.659-664.

6- Wakrim, R., Wahbi, S., Tahi, H., Aganchich, B. and 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 & environment*, *106*(2-3), pp.275-287.

7- Yonts, C.D., Haghverdi, A., Reichert, D.L. and Irmak, S., 2018. Deficit irrigation and surface residue cover effects on dry bean yield, in-season soil water content and irrigation water use efficiency in western Nebraska high plains. *Agricultural Water Management*, *199*, pp.138-147.

8- Zafarani-Moattar, P., Raey, Y., Ghassemi Golezani, K. and Mohammadi, S.A., 2010. Effect of Limited Irrigation on Growth and Yield of Bean Cultivars. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, 21 (4), pp 85-94. (In Persian).

© 2022 Shahid Chamran Universiry of Ahvaz, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

علوم و مهندسی آبیاری جلد ٤٤، شماره‌ی٤، زمستان ١٤٠٠، مقاله پژوهشی، ص. ١٤-١

اثر کم‌آبیاری بر اجزای عملکرد و بهره‌وری مصرف آب لوبیا چیتی با استفاده از آبیاری قطره‌ای نواری در شرایط اقلیمی خرم‌آباد

فرشته دارابی[۱]، مجید شریفی‌پور[۲*] و علی‌حیدر نصرالهی[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.
۲*- نویسنده مسئول، استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران، sharifipour.m@lu.ac.ir
۳- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

دریافت: ۱۳۹۸/۸/۱ بازنگری: ۱۳۹۸/۹/۱۴ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۱۷

چکیده

بررسی واکنش گیاهان زراعی به کم‌آبی، با هدف افزایش بهره‌وری مصرف آب، به‌عنوان بخشی از راه‌حل سازگاری با کم‌آبی در کشور اهمیت بسیار دارد. این پژوهش به‌منظور بررسی اثر کم‌آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری مصرف آب لوبیا چیتی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه لرستان انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح آبیاری برای گیاه لوبیا چیتی به روش آبیاری قطره‌ای نواری (تِیپ) و یک روش آبیاری سطحی بود. سطوح تأمین آب در آبیاری تیپ شامل؛ ۱۲۰ درصد نیاز آبی ، ۱۰۰ درصد نیاز آبی (شاهد، T_{100})، دو سطح کم‌آبیاری (۸۰ و ٦٠ درصد نیاز آبی، T_{80} و T_{60}) بودند. علاوه بر آن برای مقایسه عملکرد و بهره‌وری محصول در روش‌های آبیاری تیپ و سطحی، یک تیمار براساس تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی به روش آبیاری جویی و پشته‌ای اجرا شد (S_{100}). بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد تولید دانه در تیمارهای S_{100} (۳۰۵۳ kg/ha) و T_{80} (۸۲۱/۷ kg/ha) مشاهده شد، البته گیاه در تیمار T_{60} موفق به تشکیل دانه نشد. عملکرد دانه در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد، در آبیاری سطحی نسبت به آبیاری تیپ، ۱۸ درصد بیشتر بود. در صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته و وزن صد دانه نیز بیش‌ترین عملکردها در تیمار آبیاری سطحی حاصل و کم‌آبیاری موجب کاهش مقادیر صفات شد. بیش‌ترین بهره‌وری آب به‌ازای عملکرد دانه kg/m^3 ۰/۵۹ و به‌ازای عملکرد بیولوژیک kg/m^3 ۱/۲۸ برآورد شد که در تیمار T_{100} به‌دست آمد.

کلید واژه‌ها: آبیاری تیپ، بهره‌وری آب، عملکرد دانه، کم‌آبیاری.

مقدمه

امنیت غذایی یکی از مهمترین مسائل فراروی بشر است (Fisher et al., 2018). در راستای حل این مسئله، آبیاری کمک بزرگی به تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک کرده و علاوه بر آن تولید کشاورزی در اراضی تحت آبیاری، دارای پایداری بالاتری نسبت به اراضی دیم است و همین به تثبیت قیمت مواد غذایی در جهان کمک قابل‌توجهی نموده است (Hanjra et al., 2009; Rosegrant and Cline, 2003). مقدار تولید در واحد سطح در اراضی تحت آبیاری، بسیار بالاتر از اراضی دیم است، به شکلی که بیش از ۴۰ درصد از کل تولیدات کشاورزی جهان در اراضی فاریاب تولید می‌شود که تنها ۲۰ درصد از کل اراضی تحت کشت جهان را در بر می‌گیرند (Anonymous, 2019,a). با توجه به نقش آبیاری و کمبود گسترده منابع آب، دفتر توسعه سازمان ملل متحد پیش‌بینی کرده است که آینده تأمین غذا برای جمعیت در حال رشد جهان متأثر از بحران آب است و نه بحران زمین‌های قابل کشاورزی (Du Toit et al., 2011)، بنابراین آب بازیگر اصلی در افزایش تولیدات کشاورزی است (Hanjra and Qureshi, 2010). درعین‌حال رقابت بر سر آب بین بخش‌های کشاورزی، صنعت و شرب هم در حال افزایش است (Dubois, 2011). در چنین شرایطی هرگونه روش و یا فناوری که بتواند بهره‌وری مصرف آب (تولید محصول به‌ازای واحد حجم آب) را افزایش دهد به توسعه امنیت غذایی کمک خواهد کرد. طبیعتاً روش‌ها و فناوری‌های ارزان‌قیمت و ساده، به‌ویژه بین کشاورزان کم‌درآمد کشورهای درحال‌توسعه، بیشتر رواج خواهد یافت؛ کم‌آبیاری یکی از این روش‌ها است.

کم‌آبیاری روشی است که در آن مقدار آبی که گیاه دریافت می‌کند، کمتر از مقدار لازم برای رشد پتانسیل آن است (Chai et al., 2016; Howell et al., 2007). این روش یکی از فناوری‌های کلیدی صرفه‌جویی در مصرف آب در کشاورزی است (Chai et al., 2014).

حبوبات به‌شکل کلی دومین منبع مهم تأمین غذای بشر، بعد از غلات، به‌شمار می‌روند و جایگزینی کم‌هزینه برای گوشت هستند (Maphosa and Jideani, 2017). لوبیا یک منبع مهم پروتئین، فیبر و مواد مغذی است و قرن‌ها است که نقش مهمی در رژیم غذایی انسان دارد (Yonts et al., 2018). این گیاه یکی از منابع اصلی تأمین پروتیین گیاهی در بسیاری از کشورهای درحال توسعه محسوب می‌شود (Dursun, 2007). مقدار پروتیین لوبیا دو تا چهار برابر غلات و ۱۰ تا ۲۰ برابر گیاهان غده‌ای است (Soheili Movahed et al., 2016). لوبیا ازنظر تولید مهم‌ترین گیاه خانواده حبوبات است؛ ۳۰ میلیون هکتار از اراضی جهان، سالانه ۲۵ میلیون تن لوبیا تولید می‌کنند که این میزان حدود ۵۰ درصد کل حبوبات دانه‌ای جهان است (Farid et al., 2016). در ایران لوبیا در اکثر استان‌ها کشت می‌شود، که در میان آن‌ها استان‌های فارس، لرستان و خوزستان به‌ترتیب با ۲۲/۸، ۱۷/۸ و ۱۵/۲ هزار هکتار، بیش‌ترین سطح زیر کشت و استان‌های فارس، لرستان و زنجان به‌ترتیب با ۵۲/۱، ۴۱/۰ و ۳۱/۳ هزار تن، بیش‌ترین تولید لوبیا را دارند (Anonymous, 2017).

لوبیاچیتی از مهم‌ترین انواع لوبیا است که سطح زیر کشت آن در کشور حدود ۵۰ درصد کل سطح زیر کشت انواع لوبیا است و بیش از نیمی از کل تولید لوبیا به آن اختصاص دارد (Beyzaiee et al.,2013). لوبیاچیتی از گران‌قیمت‌ترین محصولات زراعی است. قیمت هر کیلوگرم لوبیاچیتی هفت برابر گندم، شش برابر جو، دو برابر کلزا و ۱/۵ برابر عدس است (Anonymous, 2019,b). لوبیا گیاهی آب‌دوست است، نیاز خالص آبی آن در دشت خرم‌آباد (منطقه طرح) در حدود ۵۵۰۰ مترمکعب در هکتار است که ۲/۵ برابر بیش از گندم و دو برابر بیش از کلزا می‌باشد (Zabihiafrous et al., 2018). به همین دلیل علی‌رغم ارزش غذایی، قیمت بالای محصول و بازار مناسب آن، محدودیت منابع آب، مانع اصلی گسترش تولید لوبیا است. باوجود حساسیت این گیاه به تنش آبی، در حدود ۶۰ درصد از محصول لوبیا در جهان، در مناطقی به‌دست می‌آید که تحت شرایط کم‌آبی قرار دارند (Souza et al., 2003). کم‌آبیاری لوبیا می‌تواند یک راه‌کار مؤثر برای کاهش مصرف آب آبیاری این محصول و افزایش بهره‌وری آب در آن باشد.

واکنش به تنش خشکی در لوبیا فرایندی پیچیده است (Trapp et al., 2016). تنش رطوبتی باعث کاهش شدید عملکرد لوبیا می‌شود، البته مقدار کاهش عملکرد بسته به زمان و شدت تنش و نیز ژنوتیپ مورد مطالعه متفاوت است (Frahm et al., 2004; Shenkut and Brick, 2003). تنش خشکی در مرحله گل‌دهی و پرشدن غلاف‌های لوبیا، عمدتاً به‌دلیل کاهش اجزای عملکرد دانه (وزن دانه، تعداد دانه در بوته و تعداد غلاف در بوته) باعث کاهش شدید عملکرد می‌شود (Boutraa and Sanders, 2001)، در دوره بعد از گلدهی نیز باعث اختلال در نمو دانه و افزایش تعداد دانه‌های چروکیده و درنهایت کاهش وزن دانه می‌گردد (Işik et al., 2005).

علی‌رغم اهمیت و گستردگی کشت لوبیا در لرستان و نیز سرمایه‌گذاری فراوان برای توسعه روش آبیاری قطره‌ای نواری برای این محصول، تاکنون پژوهشی برای مقایسه روش‌های سطحی و قطره‌ای نواری و نیر بررسی اثر کم‌آبیاری به این روش انجام نشده است.

مواد و روش‌ها

پژوهش میدانی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان، واقع در پنج کیلومتری جنوب‌غربی شهرستان خرم‌آباد انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح آبیاری برای گیاه لوبیاچیتی به روش آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) و یک روش آبیاری سطحی بود. سطوح تأمین آب در آبیاری تیپ شامل؛ ۱۲۰ درصد نیاز آبی (بیش‌آبیاری، T_{120})، ۱۰۰ درصد نیاز آبی (شاهد، T_{100}) و دو سطح کم‌آبیاری (۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی، T_{80} و T_{60}) بودند. علاوه بر آن برای مقایسه عملکرد و بهره‌وری محصول در روش‌های آبیاری تیپ و سطحی، یک تیمار براساس تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی با روش آبیاری سطحی (S_{100}) اجرا شد. تیمارهای آزمایشی در جدول (۱) معرفی شده‌اند.

آزمایش‌ها بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار، در قالب ۱۵ کرت ۲/۵×۴ متر صورت گرفت. قبل از آماده‌سازی زمین، از سه نقطه مزرعه، دو نمونه از عمق‌های ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر برداشت و نمونه ترکیبی ساخته شد، سپس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شد (جدول‌های ۲ و ۳). خصوصیات آب آبیاری مزرعه تحقیقاتی نیز مورد آزمایش قرار گرفت که نتایج آن در جدول (۴) اشاره شده است. زمین مورد نظر پس از شخم و دیسک توسط تراکتور، با استفاده از ریسمان و گچ قطعه‌بندی گردید و تیمارهای آزمایشی با استفاده از جدول اعداد تصادفی در بلوک‌ها جایگزین شدند. هر کرت شامل پنج فارو به طول چهار متر بود که به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از هم قرار گرفتند. کشت لوبیاچیتی در عمق هفت سانتی‌متر و با تراکم ۴۰ بوته در هر مترمربع، به‌صورت خشکه-کاری در دهه اول خردادماه سال ۱۳۹۷ انجام شد.

ارقام لوبیاچیتی به شکل عمومی در سه گروه طبقه‌بندی می‌گردد؛ گروه اول (ارقام ایستاده محدود)، گروه دوم (ارقام ایستاده و رشد نامحدود)، گروه سوم (ارقام رونده و رشد نامحدود)، که ارقام کشت‌شده در استان لرستان بیش‌تر از گروه‌های دوم و سوم هستند. لوبیای کشت‌شده در این تحقیق ژنوتیپ COS16 از گروه اول بود. کاشت این ژنوتیپ توسط کشاورزان لرستانی مرسوم نیست و علت آن دانه‌ریز بودن آن می‌باشد. اما در تحقیقات مختلف این ژنوتیپ بیش‌ترین عملکرد دانه را در شرایط آبیاری نرمال و در سطح تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی، در میان سایر ژنوتیپ‌ها داشته است (Ghanbari and Taheri Mazandarani, 2004; Zafarani-Moattar et al., 2010; Nazari Nasi et al., 2012; Karimzadeh et al., 2017). بذر مورد نیاز از مرکز تحقیقات لوبیا کشور واقع در خمین تهیه گردید.

 DOI: 10.22055/JISE.2020.31391.1885

جدول ۱- تیمارهای آزمایشی

Table 1- Experimental treatments

Treatment name	S100	T120	T100	T80	T60
Irrigation water supply level (%)	100	120	100	80	60
Irrigation method	Surface	Tape	Tape	Tape	Tape

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی خاک محل تحقیق

Table 2- Soil physical properties of research field

Soil Depth (cm)	P.W.P ($\%\Theta_m$)	F.C ($\%\Theta_m$)	Soil Texture	percentage of soil particles		
				Silt	Clay	Sand
0-30	14.5	0-30	Clay-Loam	48	30	22
30-60	14.35	30-60	Clay-Loam	42	36	22

جدول ۳- ویژگی‌های شیمیایی خاک محل تحقیق

Table 3- Soil chemical properties of research field

Soil Depth (cm)	Absorbable Potassium (ppm)	Absorbable Phosphorus (ppm)	N (ppm)	Organic Carbon (%)	Lime (%)	Electrical Conductivity (dS/m)	pH
0-30	545	24	0.09	0.97	30	0.95	7.52
30-60	295	13	0.08	0.78	32	0.64	7.71

جدول ٤- ویژگی‌های آب آبیاری

Table 4- Properties of irrigation water

SAR	Na^{2+} (meq/l)	Mg^{2+} (meq/l)	Ca^{2+} (meq/l)	TDS (mg/l)	EC (dS/m)	PH
0.73	1.28	1.6	4.6	397	0.6	7

آبیاری کرت‌ها در تیمارهای T_{120}، T_{100}، T_{80} و T_{60} توسط سامانه آبیاری قطره‌ای نواری (تِیپ) انجام شد. هر کدام از کرت‌ها دارای شیر قطع و وصل جداگانه بود. آب مورد نیاز برای آبیاری کرت‌ها از خط لوله آب دانشکده تأمین و در دو مخزن پلی‌اتیلن هرکدام به‌ظرفیت دو هزار لیتر ذخیره می‌شد. در نظر گرفتن مخازن به‌دلیل احتمال قطع آب و هم‌چنین منفرد ساختن فشار شبکه آبیاری کرت‌ها از فشار خط لوله تأمین آب بوده است. فشار لازم برای سامانه آبیاری از طریق یک اکتروپمپ با قدرت یک اسب بخار تأمین می‌شد که به لوله خروجی مخازن متصل شده بود. اندازه‌گیری مقادیر آب در هر نوبت آبیاری، توسط یک کنتور حجمی انجام شد. آب‌رسانی به کرت‌ها توسط لوله و اتصالات پلی‌اتیلن صورت گرفت که در نهایت به خطوط آبیاری تیپ منتهی می‌شدند. آبیاری سطحی در تیمار S_{100} نیز به روش جوی و پشته انجام شد که آب آن از طریق خط لوله اصلی سامانه آبیاری تأمین می‌شد. شکل (۱) طرح سامانه آبیاری و جانمایی تیمارها در طرح آزمایشی و شکل (۲) نمایی از مزرعه آزمایشی را نشان می‌دهند.

برای تعیین حجم آب در هر آبیاری از تشت تبخیر کلاس A تعبیه‌شده در مزرعه استفاده شد. ابتدا تبخیرتعرق گیاه مرجع با اندازه‌گیری روزانه تبخیر از تشت و از رابطه (۱) محاسبه شد. سپس با استفاده از رابطه (۲) تبخیرتعرق لوبیا محاسبه و با استفاده از رابطه (۳) عمق آبیاری در روش آبیاری تیپ برای سطح آبیاری ۱۰۰ درصد محاسبه شد.

$$ET_0 = K_p \times E_p \quad (۱)$$

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (۲)$$

$$T_d = ET_c \times (0.1 \times P_d^{0.5}) \quad (۳)$$

در این روابط:

ET_c : تبخیرتعرق گیاه لوبیا.

K_c : ضریب گیاهی لوبیا.

T_d : مقدار نیاز آبی یا تبخیرتعرق روزانه در آبیاری قطره‌ای که فقط بخشی از زمین آبیاری می‌شود.

P_d : درصدی از سطح خاک که توسط پوشش گیاهی در هنگام ظهر خورشیدی سایه اندازی شده و به آن سطح سایه‌انداز می‌گویند.

ET_0 : تبخیرتعرق گیاه مرجع.

K_p : ضریب تشت تبخیر.

E_p : میزان تبخیر از تشت.

بر این اساس مقدار آب مورد نیاز هر تیمار محاسبه و با اعمال ضریب برای هر یک از تیمارهای T_{120}، T_{100}، T_{80} و T_{60} در اختیار گیاه قرار گرفت.

در آبیاری سطحی، سطح خیس‌شده را ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شده به همین دلیل برای برآورد حجم آب آبیاری از رابطه‌های (۱) و (۲) استفاده شد.

ضراب تبخیرتعرق لوبیا از نشریه شماره ۵۶ فائو Allen et al (1998)، با عنوان "تبخیرتعرق گیاهان- راهنمای محاسبه نیاز آبی گیاه"، اخذ شده است. براساس این نشریه ضریب گیاهی لوبیا در مراحل ابتدایی، میانی و انتهایی رشد به‌ترتیب ۰/۴، ۱/۱۵ و ۰/۳۵ می‌باشد. ضریب تشت در منطقه مورد مطالعه ۰/۸۵ برآورد شده است.

آبیاری گیاهان تا مرحله چهار برگچه‌ای شدن که نمایانگر استقرار گیاه است، به صورت کامل انجام گرفت. پس از آن اعمال تیمارها انجام شد که در آن مقدار تبخیرتعرق گیاه به روش ذکرشده برآورد می‌شد و با اعمال سطح تأمین نیاز آبی هر تیمار، عمق آبیاری محاسبه می‌گردید. براساس توصیه کودی، مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره در دو نوبت بعد از هشت برگچه‌ای شدن بوته‌ها و قبل از مرحله گل‌دهی اعمال شد. در طول فصل رشد سه بار وجین دستی انجام شد. هم‌چنین به دلیل بیماری کنه و تریپس، دو بار به فاصله ده روز، سم‌پاشی با سم آبامکتین صورت گرفت.

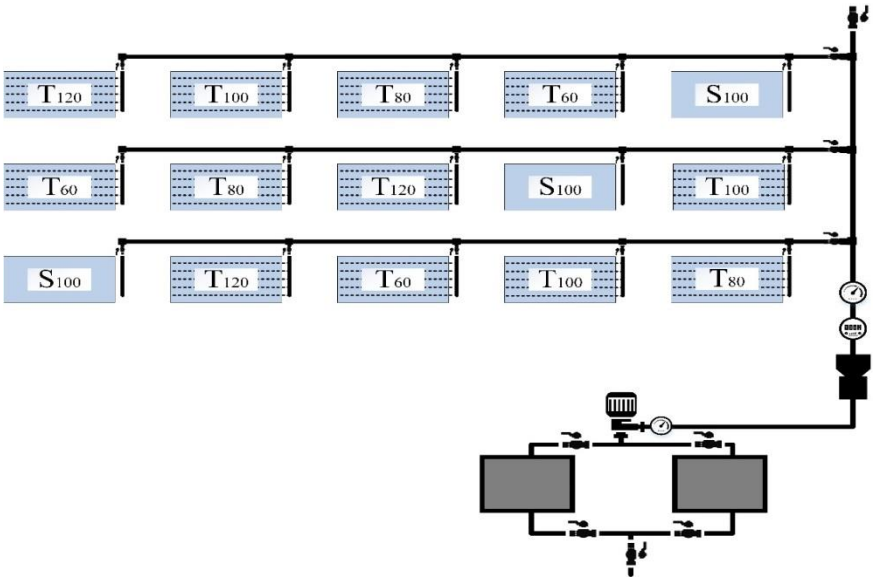

Fig. 1- Irrigation system design and placement of treatments in experimental design
شکل ۱- طرح سامانه آبیاری و جانمایی تیمارها در طرح آزمایشی

Fig. 2- View of the test farm
شکل ۲- نمایی از مزرعه آزمایشی

DOI: 10.22055/JISE.2020.31391.1885

بعد از رسیدگی دانه و حذف اثرات حاشیه‌ای، از هر کرت ۱۵ بوته جهت اندازه‌گیری اجزای عملکرد گیاه به‌صورت تصادفی انتخاب شد. وزن تر و وزن خشک‌شده بوته‌ها توزین شد. پس از آن دانه‌ها از غلاف جداشده توزین و شمارش شدند. از تقسیم تعداد بذرها بر تعداد بوته، تعداد دانه در بوته و از تقسیم تعداد دانه‌ها بر تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف به‌دست آمد. هم‌چنین از تقسیم وزن دانه‌ها بر تعداد دانه، متوسط وزن دانه محاسبه شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و MSTATC انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس جدول (۵) نشان داد که اثر تکرار در هیچ یک از صفات مورد بررسی شامل: تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، شاخص برداشت، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، بهره‌وری آب به‌ازای عملکرد دانه، بهره‌وری آب به‌ازای عملکرد بیولوژیک) معنی‌دار نبود، اما اثر مدیریت آبیاری در تیمارهای مختلف در تمامی این صفات در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است. مقایسه میانگین‌های صفات عملکردی، کیفی و شاخص‌های بهره‌وری آب در جدول (۶) ارایه شده است.

عمق رخدادهای آبیاری در تیمارهای آزمایشی، با توجه به برنامه‌ریزی آبیاری در این پژوهش، در شکل (۳) نشان داده شده است. بر این اساس، آب مصرفی آبیاری لوبیا چیتی در طول دوره رشد برای منطقه مورد مطالعه در روش آبیاری سطحی و تیپ برای تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، به‌ترتیب ۶۸۷/۸ و ۳۹۶/۵ میلی‌متر برآورد گردید که معادل ۶۸۷۸ و ۳۹۶۵ مترمکعب در هکتار است.

جدول ۵ - تجزیه واریانس عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و اجزا عملکرد

Table 5 - Analysis of variance of grain yield, biological yield, yield components and water productivity

Sources of changes	Degrees of freedom	Average of Squares					
		grain performance	Weight of 100 seeds	Grain yield	Number of seeds per pods	Number of seeds per Shrub	Harvest index
Repeat	2	886.95^{ns}	6.41^{ns}	0.00765^{ns}	0.05^{ns}	1.095^{ns}	0.314^{ns}
Irrigation management	3	3040857.37^{**}	46.002^{**}	0.077^{**}	1.03^{**}	131.53^{**}	1474.9^{**}
Error	6	844.90	2.64	0.0019	0.07	0.702	0.21
Coefficient of variation (%)		1.26	5.22	1.67	5.93	4.67	1.60

ns: non-significant, ** : significant at 1% probability level

ادامه جدول ۵

Continued table 5

Sources of changes	Degrees of freedom	Average of Squares	
		Biological Performance	Biological Yield
Repeat	2	0.000^{ns}	2618.46^{ns}
Irrigation management	4	0.247^{**}	11064595.3^{**}
Error	8	0.000	2864.8
Coefficient of variation(%)		1.13	1.38

جدول ٦- مقایسه میانگین‌های صفات عملکردی، کیفی و شاخص‌های بهره‌وری آب

Table 6- Comparison of mean performance, quality and water productivity indices

Traits investigated	Irrigation treatments				
	S_{100}	T_{120}	T_{100}	T_{80}	T60
Grain yield (kg/h)	3053 a	2752.6 b	2588.2 c	821.7 d	---
Biological yield (kg/h)	6204 a	5874.7 b	5668.0 c	3946.0 d	1605.7 e
Number of seeds in the pod	5.2 a	4.6 b	4.2 bc	3.8 c	---
Number of seeds per plant	21.5 a	21.4 a	20.7 a	8.0 b	---
Hundred seeds weight (gr)	35.5 a	32.3 ab	31.3 b	26.7 c	---
Harvest index	49.0 a	46.8 b	45.7 b	20.8 c	---
Water Productivity per grain yield (kg / m3)	0.40 c	0.52 b	0.59 a	0.23 d	---
Water Productivity per biological yield (kg / m3)	0.81 d	1.13 b	1.28 a	1.08 c	0.56 e

The averages in each Rows which having at least one letter in common, were not significantly different at the 1% level of probability based on Duncan's test.

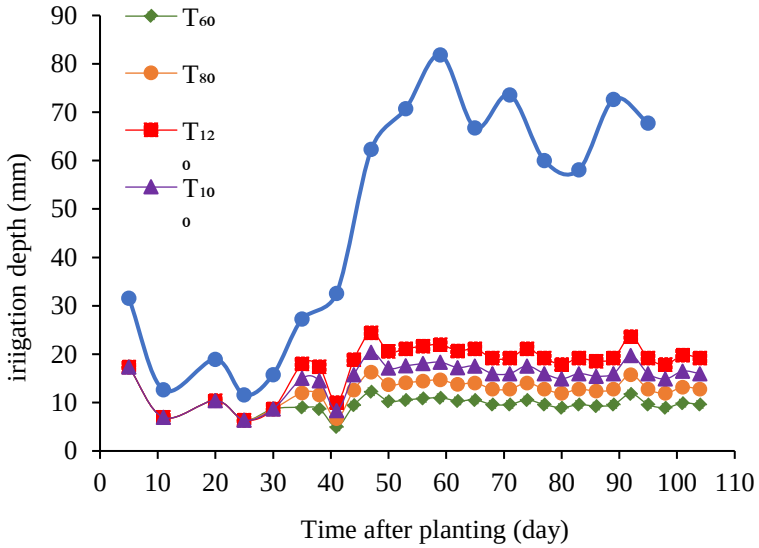

Fig. 3- Depth of irrigation events in experimental treatments

شکل ۳- عمق رخدادهای آبیاری در تیمارهای آزمایشی

عملکرد دانه

با کاهش میزان آب آبیاری اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف از لحاظ عملکرد دانه وجود دارد. بیش‌ترین و کم‌ترین تولید دانه به‌ترتیب در سطوح ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی در آبیاری سطحی (۳۰۵۳ kg/ha) و ۸۰ درصد تأمین نیاز آبی در آبیاری تیپ (۸۲۱/۷ kg/ha) مشاهده شد. عملکرد دانه در سطح تأمین آب ۱۰۰ درصد در آبیاری سطحی، نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی در آبیاری تیپ، ۱۸ درصد بیشتر بود. عملکرد پایین دانه در سطح تأمین آب ۸۰ درصد و عدم تشکیل دانه در سطح تأمین ۶۰ درصد، حاکی از حساسیت بالای این ژنوتیپ به کم‌آبیاری می‌باشد. در شرایط کم‌آبی به دلیل آسیب دیدن فرایندهای فیزیولوژیک گیاه، از جمله فتوسنتز، تولید گیاه کم می‌شود. کاهش ساخت مواد فتوسنتزی و افزایش رقابت درون بوته‌ای حاصل از آن، به همراه ریزش گل‌ها در اثر تنش کمبود آب موجب کاهش تعداد غلاف و ناباروری تعداد بیشتری از غلاف‌های تشکیل شده می‌شود (Wakrim et al., 2005; Santos et al., 2006). دلیل احتمالی دیگر می‌تواند این باشد 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. عدم تشکیل دانه یا کاهش شدید آن در تیمارهای کم‌آبیاری شدید در پژوهش‌های دیگر نیز گزارش شده است (Habibi and Bihamta, 2007; Porch et al., 2009; Bayat et al., 2010; Ramirez-Liodra et al., 2011).

عملکرد دانه در سطح تأمین آب ۱۰۰ درصد به روش آبیاری تیپ، ۹/۸ درصد کمتر از سطح تأمین آب ۱۲۰ درصد (بیش‌آبیاری) بود. اصولاً دلیل انتخاب تیمار بیش‌آبیاری، عدم قطعیت در محاسبات برآورد نیاز آبی گیاه است که ممکن است منجر به تأمین نشدن بخشی از نیاز آبی واقعی شود. هم‌چنین گسترش پیاز رطوبتی در تیمار ۱۲۰ درصد، ممکن است موجب توسعه بیشتر ریشه شده باشد.

DOI: 10.22055/JISE.2020.31391.1885

عملکرد بیشتر گیاه در سایر تحقیقاتی که تیمار بیش‌آبیاری در نظر گرفته‌اند نیز اتفاق افتاده است. از جمله Ahmadpour et al. (2017) در پژوهشی باعنوان "بررسی اثرات کم‌آبیاری بر روند رشد و خصوصیات کمی و کیفی ذرت دانه‌ای در کرمانشاه" یک تیمار با ۲۰ درصد بیش‌آبیاری در نظر گرفتند که عمکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در آن به‌صورت معنی‌داری از تیمار شاهد بیشتر بود. عملکرد ریشه چغندر در پژوهش انجام شده توسط Khorramian و Hosseinpour (2016) در تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی با آبیاری تیپ، بالاتر از تیمار ۱۰۰ درصد بود. Kiani et al. (2013) نیز عملکرد روغن دانه، وزن صد دانه و درصد روغن دانه گیاه آفتاب‌گردان را در تیمار ۲۰ درصد بیش‌آبیاری، بیشتر از تیمار شاهد گزارش کردند.

عملکرد بیولوژیک

با کاهش میزان آب آبیاری عملکرد بیولوژیک کاهش یافت و این کاهش بین تیمارهای متفاوت کاملاً معنی‌دار بود، به شکلی که هیچ کدام از تیمارها در یک سطح معنی‌داری مشترک قرار نگرفتند. بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب در تیمارهای ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی در روش آبیاری سطحی (۶۲۰۴ kg/h) و تیمار ۶۰ درصد تأمین نیاز آبی در روش آبیاری تیپ (۱۶۰۵ kg/h) مشاهده شد. عملکرد بیولوژیک در تیمار ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی در روش آبیاری سطحی نسبت به تیمارهای ۶۰ درصد تأمین نیاز آبی ۲۸۶ درصد بیشتر بود.

کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی در اثر محدودیت آب، توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Ramirez-Liodra et al., 2011). افزایش ماده خشک تولیدی در گیاهان تحت شرایط آبیاری مطلوب می‌تواند به دلیل گسترش بیشتر سطح برگ و نیز داوم آن باشد که با ایجاد منبع فیزیولوژیکی کارآمد جهت استفاده هر چه بیشتر از نور دریافتی، باعث افزایش تولید ماده خشک شده است. این نکته توسط Lak et al. (2007) و Bayat et al. (2010) نیز تأکید شده است.

تعداد دانه در غلاف

با کاهش میزان تأمین آب، تعداد دانه در غلاف نیز کاهش پیدا کرد. بوته‌ها در تیمار T_{60} موفق به تشکیل دانه نشدند. بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد دانه در غلاف، به‌ترتیب در تیمار S_{100} (۵/۲) و تیمار T_{80} (۳/۸) به‌دست آمد. تیمار S_{100} اختلاف معنی‌داری با تیمارهای دیگر داشت، ولی بین تیمارهای (T_{120} و T_{100}) و تیمارهای (T_{100} و T_{80}) اختلاف معنی‌دار در صفت تعداد دانه در غلاف وجود نداشت. در شرایط مختلف محیطی، تعداد دانه در غلاف باثبات‌ترین جزء عملکرد در حبوبات محسوب می‌شود، زیرا در یک ژنوتیپ معین تعداد سلول‌های تخم در همه تخمدان‌ها تقریباً برابر است (Koocheki and Banayane Avval, 1994). با این‌حال، بروز تنش خشکی موجب کاهش تولید ماده خشک در گیاه شده و متعاقب آن تعدادی از دانه‌های تولید شده، سقط می‌گردد. هرچند، اختلاف کم این شاخص در تیمارهای آزمایشی نشان می‌دهد که تعداد دانه در غلاف بیشتر تحت‌تأثیر ژنوتیپ می‌باشد و کم‌آبیاری تأثیر چندانی بر آن ندارد.

Ghasemi Golezani et al. (1997) در مورد نخود و Boutraa و Sanders (2001) در مورد لوبیا نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند.

تعداد دانه در بوته

از نظر شاخص تعداد دانه در بوته، بین تیمارهای ۱۲۰ و ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی در آبیاری تیپ با تیمار ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی در آبیاری سطحی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، اما تعداد دانه در تیمار ۸۰ درصد تأمین نیاز آبی به‌شدت کاهش یافته و با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. تعداد دانه در بوته در تیمار ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی در آبیاری سطحی نسبت به تیمار ۸۰ درصد تأمین نیاز آبی ۱۶۹ درصد بیشتر بود. همان‌طور که گفته شد بوته‌های لوبیا در تیمار ۶۰ درصد تأمین نیاز آبی موفق به تشکیل دانه نشدند (همه غلاف‌های تشکیل‌شده نابارور بودند). در دیگر گزارش‌ها ذکر شده است تأمین آب مورد نیاز و دمای بهینه در حین دوره گل‌دهی باعث حصول عملکرد بالا در گیاه لوبیا می‌گردد، طی این دوره (گل‌دهی) تنش خشکی باعث کاهش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف می‌شود (Lesznyak et al., 2008).

وزن صد دانه

با کاهش میزان آب آبیاری، وزن صد دانه نیز کاهش یافت. وزن صد دانه در تیمار ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی در آبیاری سطحی با تیمار ۱۲۰ درصد تأمین نیاز آبی در آبیاری تیپ و هم‌چنین تیمار ۱۲۰ درصد تأمین نیاز آبی با تیمار۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی اختلاف معنی‌داری نداشتند، اما وزن صدد انه در تیمار ۸۰ درصد با تمام تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد. وزن صد دانه در تیمار ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی در آبیاری سطحی (۳۵/۵ g) نسبت به تیمار ۱۲۰، ۱۰۰ و ۸۰ درصد تأمین نیاز آبی با روش تیپ به‌ترتیب ۱۰، ۱۳/۴ و ۳۳ درصد بیشتر بود. در این پژوهش وزن دانه نسبت به تعداد دانه حساسیت پایین‌تری نشان داد، به‌نظر می‌رسد در شرایط کمبود آب، ابتدا تعداد دانه و در مرحله بعد وزن دانه کاهش می‌یابد، Karimzadeh et al. (2017) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند. علت این موضوع می‌تواند کاهش طول مراحل رشد رویشی و زایشی در اثر تنش رطوبتی باشد که باعث کوتاه شدن طول دوره مؤثر پرشدن دانه و نیز کاهش ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها شده و باعث کاهش وزن صد دانه در تیمارهای تحت تنش شده باشد (Wakrim et al., 2005).

شاخص برداشت

شاخص برداشت نسبت عملکرد اقتصادی، در اینجا دانه لوبیا، به عملکرد بیولوژیک است و نشان‌دهنده میزان تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه می‌باشد. بین تیمارهای ۱۲۰ و ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی در آبیاری تیپ اختلاف معنی‌داری از نظر شاخص برداشت وجود ندارد. اما تیمار ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی در آبیاری سطحی اختلاف معنی‌داری با دیگر تیمارها دارد. بیش‌ترین و کم‌ترین شاخص برداشت به ترتیب در سطوح ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی در آبیاری سطحی (۴۹ درصد) و ۸۰ درصد تأمین نیاز آبی (۲۰/۸ درصد) به‌دست آمد. شاخص برداشت در تیمار ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی در آبیاری سطحی نسبت به تیمارهای ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد تأمین نیاز آبی در آبیاری تیپ به‌ترتیب ۱۳۶، هفت و پنج درصد افزایش داشت. علاوه بر تولید ماده خشک، تسهیم مواد پرورده بین اندام مختلف گیاه از نظر عمکرد اقتصادی بسیار مهم است (Chaves et al., 2003). به‌نظر می‌رسد که در شرایط کم‌آبیاری، عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک با شدت بیشتری کاهش می‌یابد که این امر منجر به کاهش شاخص برداشت شده است. نتایج سایر تحقیقات نیز نشان داده است که به‌دلیل تأثیرگذاری خشکی بر عملکرد دانه، شاخص برداشت در تیمارهای تحت تنش کاهش می‌یابد (Gebeyehu, 2006; Khoshvaghti, 2006).

بهره‌وری آب به‌ازای عملکرد دانه

مفهوم عبارت "بهره‌وری مصرف آب" مقدار تولید به‌ازای واحد حجم آب است. این تولید می‌تواند مقدار ماده خشک، مقدار دانه و یا موارد دیگر باشد. بین تیمارها از لحاظ بهره‌وری مصرف آب به ازای عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بیش‌ترین بهره‌وری مصرف آب در تیمار ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی گیاه در روش تیپ و معادل ۰/۵۹ kg/m^3 (کیلوگرم دانه لوبیا به ازای یک مترمکعب آب) به‌دست آمد که نسبت به تیمارهای تأمین ۱۲۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی با همین روش، به ترتیب ۱۳/۵ و ۱۵۶/۵ درصد، و نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی در آبیاری سطحی ۴۷/۵ درصد بیشتر بود. کم بودن بهره‌وری در تیمار ۸۰ درصد تأمین آب، نمایانگر حساسیت این ژنوتیپ به تنش آبی می‌باشد که محصول و بهره‌وری آن به‌صورت چشم‌گیری کاهش می‌یابد. در پژوهش Wakrim et al. (2005) بهره‌وری مصرف آب در تیمار کم‌آبیاری نسبت به آبیاری کامل نزدیک به ۵۰ درصد افزایش پیدا کرد. افزایش بهره‌وری مصرف آب لوبیا در اثر تنش آبی در سایر تحقیقات هم گزارش شده است (El-Wahed et al., 2017; El-Mageed et al., 2016)

بهره‌وری آب به‌ازای عملکرد بیولوژیک

بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری از لحاظ بهره‌وری مصرف آب به ازای عملکرد بیولوژیک وجود دارد. بیش‌ترین بهره‌وری مصرف آب در تیمار ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی گیاه در روش تیپ و معادل ۱/۲۸ kg/m^3 به‌دست آمد که نسبت به تیمارهای تأمین ۱۲۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی، به‌ترتیب ۱۳/۳ ، ۱۸/۵ و ۱۲۸/۶ درصد و نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی در آبیاری سطحی ۵۸/۰ درصد بیشتر بود. کمتر شدن بهره‌وری بیولوژیک در تیمار ۱۲۰ درصد تأمین نیاز آبی نیز با رژیم آبیاری مشابه نشان داد که افزایش حجم آبیاری می‌تواند باعث افزایش عملکرد شود اما اجباراً موجب افزایش بهره‌وری نخواهد شد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که با وجود افزایش قابل توجه حجم آب در آبیاری سطحی (۷۳ درصد) عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نسبت به همان سطح تأمین آب در آبیاری تیپ، به‌ترتیب ۱۸ و ۹/۵ درصد افزایش یافت. این در صورتی است که با توجه به بحران آب و واقع بودن کشور در اقلیم خشک، شاید این افزایش محصول، توجیه‌کننده افزایش قابل توجه آب مصرفی نباشد. آبیاری تیپ، با کاهش آب مصرفی گیاه به میزان ۵۰ درصد (بعد از دوره استقرار گیاه) بهره‌وری مصرف آب را به‌ازای عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، با توجه به حجم بسیار کمتر آب مصرفی، به میزان چشم‌گیری افزایش داد.

بیشترین تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، شاخص برداشت، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب در تیمار ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی در آبیاری سطحی به‌دست آمد. کمترین مقادیر این صفات در تیمار ۸۰ درصد تأمین نیاز آبی در آبیاری تیپ حاصل شد. متذکر می‌شود که گیاه در تیمار ۶۰ درصد تأمین نیاز آبی به روش آبیاری تیپ، موفق به تولید دانه نشد. این نتایج نشان می‌دهد که اگر بهره‌وری مصرف آب اولویت اول در انتخاب روش آبیاری نباشد، آبیاری سطحی هم‌چنان بیش‌ترین محصول را در واحد سطح تولید می‌کند. همین امر می‌تواند مانع بزرگی در گرایش کشاورزان به سمت روش‌های آبیاری با راندمان بالاتر و هزینه نصب بیشتر باشد. نتایج پژوهش هم‌چنین نشان می‌دهد که کاهش آب مصرفی گیاه به میزان ۲۰ درصد (از سطح ۱۰۰ درصد به سطح ۸۰ درصد تأمین نیاز آبی) سبب کاهش معنی‌دار تمام شاخص‌های بهره‌وری شده است. بنابراین حتی اگر بهره‌وری آب هدف نهایی باشد، کم‌آبیاری در روش آبیاری تیپ، کمکی به افزایش آن نمی‌کند.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با کمک مالی از محل پژوهانه نویسندگان دوم و سوم تأمین شده است که بدینوسیله از معاون پژوهشی و فناوری دانشگاه لرستان برای تأمین مالی این تحقیق تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1- Ahmadpour, A., Farhadi Bansouleh, B. and Ghobadi, M., 2017. Effects of deficit irrigation on growth trend, quantity and quality characteristics of maize in Kermanshah. *Journal of Soil and Water Resources Conservation*, 6 (3), pp.99-112. (In Persian).

2- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. *Fao, Rome*, *300*(9).

3- Anonymous. 2017. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Deputy Director of Planning.

4- Anonymous. 2019, a. AQUASTAT website. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

5- Anonymous. 2019, b. Average weekly report on retail prices for some food products in Tehran on the last week of December. Iranian Central Bank. Bureau of Economic Statistics.

6- Bayat, A. A., Sepehri, A., Ahmadvand, G. and 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. (In Persian).

7- Beyzaiee, E., Dari, H.R., Ghanbari, A.A., Ghaffari Khaliq, H., Rahmani Ghobadi, A., Taheri Mazandarani, M., Shahriyin, N., Hedayatipour, A., Sadri, B., Ardeh, M.J., Yousefi, M., Dadivre, M., Lak, M.R., Hassan Mehraban, A., Samiei, D., Azarmi, M., Purdavai, H., Mostaed, B., Bashtini, E., Hashemi, Sh., Magdenasiri, B., Kamal, M. and Takasi, M., 2013. Cultivar release sadri. *Journal of Breeding Seedlings and Seeds*. 28 (1), pp.335-337. (In Persian).

8- Boutraa, T. and Sanders, F.E., 2001. Influence of water stress on grain yield and vegetative growth of two cultivars of bean (*Phaseolus vulgaris L.*). *Journal of Agronomy and Crop Science*, *187*(4), pp.251-257.

9- Chai, Q., Gan, Y., Turner, N.C., Zhang, R.Z., Yang, C., Niu, Y. and Siddique, K.H., 2014. Water-saving innovations in Chinese agriculture. *Advances in Agronomy*. 126, pp.149-201.

10- Chai, Q., Gan, Y., Zhao, C., Xu, H.L., Waskom, R.M., Niu, Y. and Siddique, K.H., 2016. Regulated deficit irrigation for crop production under drought stress, A review. *Agronomy for Sustainable Development*, *36*(1), p.3.

11- Chaves, M.M., Maroco, J.P. and Pereira, J.S., 2003. Understanding plant responses to drought—from genes to the whole plant. *Functional plant biology*, *30*(3), pp.239-264.

12- Du Toit, D.C., Ramonyai, M.L. and Ntushelo, V., 2011. Food security by directorate economic services. *Production Economics Unit. Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, South Africa. Available online at: http://www. nda. agric. za/docs/GenReports/FoodSecurity. pdf (accessed 10 April 2017)*.

13- Dubois, O., 2011. *The state of the world's land and water resources for food and agriculture: managing systems at risk*. Earthscan.

14- Dursun, A., 2007. Variability, heritability and correlation studies in common bean (phaseolus vulgaris) genotypes. *World Journal of Agricultural Sciences*, 3(1), pp 12-16.

15- El-Mageed, T.A.A., Semida, W.M. and El-Wahed, M.H.A., 2016. Effect of mulching on plant water status, soil salinity and yield of squash under summer-fall deficit irrigation in salt affected soil. *Agricultural Water Management*, *173*, pp.1-12.

16- El-Wahed, M.A., Baker, G.A., Ali, M.M. and El-Fattah, F.A.A., 2017. Effect of drip deficit irrigation and soil mulching on growth of common bean plant, water use efficiency and soil salinity. *Scientia Horticulturae*, *225*, pp.235-242.

17- Farid, M., Earl, H.J. and Navabi, A., 2016. Yield stability of dry bean genotypes across nitrogen-fixation-dependent and fertilizer-dependent management systems. *Crop Science*, 56(1), pp 173-182. (In Persian).

18- Fisher, M.C., Hawkins, N.J., Sanglard, D. and Gurr, S.J., 2018. Worldwide emergence of resistance to antifungal drugs challenges human health and food security. *Science*, *360*(6390), pp.739-742.

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

20- Gebeyehu, S., 2006. *Physiological response to drought stress of common bean (Phaseolus vulgaris L.) genotypes differing in drought resistance*. Cuvillier Verlag.

21- Ghanbari, A. A. and Taheri Mazandarani, M., 2004. Effects of sowing date and plant density on yield of spotted bean. *Journal of Research Seed and Plant*, 19(4), pp 483-496. (In Persian).

22- Ghasemi Golezani, K., Movvahedi, M., Rahimzadeh Khoei, F. and Moghaddam, M., 1997. Effect of water deficit on growth and yield of two pea cultivars in different densities. *Iranian Journal of Agricultural Science*. 7(3, 4), pp 17-42. (In Persian)

23- Habibi, G. R. and Bihamta, M. R., 2007. Study of seed yield and some associate haracteristics in pinto bean under reduced irrigation. *Pajouhesh and Sazandegi*. 20(1), pp.34-46 (In Persian).

24- Hanjra, M.A. and Qureshi, M.E., 2010. Global water crisis and future food security in an era of climate change. *Food Policy*, *35*(5), pp.365-377.

25- Hanjra, M.A., Ferede, T. and Gutta, D.G., 2009. Pathways to breaking the poverty trap in Ethiopia: investments in agricultural water, education, and markets. *Agricultural Water Management*, *96*(11), pp.1596-1604.

26- Howell, T.A., Tolk, J.A., Evett, S.R., Copeland, K.S., Dusek, D.A. and Clemmens, A.J., 2007. Evapotranspiration of deficit irrigated sorghum and winter wheat. In *Proceedings of the USCID Fourth International Conference on Irrigation and Drainage. The Role of Irrigation and Drainage in a Sustainable Future, Sacramento, CA, USA*.

27- Işik, M., Önceler, Z., Cakir, S. and Altay, F., 2005. Effects of different irrigation regimes on the yield and yield components of dry bean (*Phaseolus vulgaris*). *Acta Agronomica Hungarica*, *52*(4), pp.381-389.

28- Karimzadeh, H., Nezami, A., Kafi, M. and Tadayon, M.R., 2017. Effect of deficit irrigation on morphophysiological traits and yield of pinto bean (*Phaseolus vulgaris L.*) genotypes. Ph.D. Thesis, *Ferdowsi University of Mashhad*. (In Persian).

29- Khorramian, M. and Hosseinpour, M., 2016. Autumn sugarbeet irrigation water optimization basis of yield and cost functions in North of the Khuzestan. *Journal of Irrigation Sciences and Engineering*. 39 (3), pp 95- 106. (In Persian).

30- Khoshvaghti, H., 2006. Effect of water limitation on growth rate, grain filling and yield of three pinto bean cultivars. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture. *Tabriz University*. (In Persian).

31- Kiani, M., Gheysari, M. and Mostafazadeh-Fard, B., 2013. Estimation of genetic coefficients and evaluation of OILCROP-SUN model under different levels of nitrogen fertilizer. *Journal of Soil and Water Resources Conservation*. 2 (3), pp 1-11. (In Persian).

32- Koocheki, A. and Banayane Avval, M., 1994. *The physiology of crop yield*. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. (In Persian).

33- Lak, S., Naderi, N., Siadat, S. A., Aynehband, A. and Noormohammadi, Gh., 2007. Effects of water deficiency stress on yield and nitrogen efficiency of grain corn hybrid KSC 704 at different nitrogen rates and plant population. *Iranian Jornal of Agricultural Science and Natural Recourses* 14(2), pp 63-76. (In Persian).

34- Lesznyak, M., Hunyadi Borbely, E. and Csajbok, J., 2008. The role of nutrient-water-supply and the cultivation in the yield of pea (*Pisum sativum L.*). *Cereal Research Communications*, *36*, pp.1079-1082.

35- Maphosa, Y. and Jideani, V.A., 2017. The role of legumes in human nutrition. In *Improve Health through Adequate Food*, pp.103-109.

36- Nazari Nasi, H., Jabari, F., Azimi, M.R. and Noroziyan, M., 2012. Evaluation of the effect of drought stress on cell membrane stability, photosynthesis rate, relative water content and grain yield of four pinto beans cultivars. *Iranian Crop Sciences*, 43(3), pp 491-499. (In Persian).

37- Porch, T.G., Ramirez, V.H., Santana, D. and Harmsen, E.W., 2009. Evaluation of common bean for drought tolerance in Juana Diaz, Puerto Rico. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *195*(5), pp.328-334.

38- Ramirez-Llodra, E., Tyler, P.A., Baker, M.C., Bergstad, O.A., Clark, M.R., Escobar, E., Levin, L.A., Menot, L., Rowden, A.A., Smith, C.R. and Van Dover, C.L., 2011. Man and the last great wilderness: human impact on the deep sea. *PLoS one*, 6(8), p.e22588.

39- Rosegrant, M.W. and Cline, S.A., 2003. Global food security: challenges and policies. *Science*, *302*(5652), pp.1917-1919.

40- Santos, M.G., Ribeiro, R.V., de Oliveira, R.F., Machado, E.C. and Pimentel, C., 2006. The role of inorganic phosphate on photosynthesis recovery of common bean after a mild water deficit. *Plant Science*, *170*(3), pp.659-664.

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

42- Soheili Movahed, S., Esmaili, M. A., Jabari, F. and Fouladi, A., 2016. Evaluation of yield and yield components of some genotypes of beet (*Phaseolus vulgaris L.*) in the end of season water restriction. *Agricultural Ecology*, 9(2), pp 433-444. (In Persian).

43- Souza, G.M., de Tarso Aidar, S., Giaveno, C.D. and de Oliveira, R.F., 2003. Drought stability in different common bean (*Phaseolus vulgaris L.*) genotypes. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, *3*(3) pp.203-208.

44- Trapp, J.J., Urrea, C.A., Zhou, J., Khot, L.R., Sankaran, S. and Miklas, P.N., 2016. Selective phenotyping traits related to multiple stress and drought response in dry bean. *Crop Science*, *56*(4), pp.1460-1472.

45- Wakrim, R., Wahbi, S., Tahi, H., Aganchich, B. and 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 & Environment*, *106*(2-3), pp.275-287.

46- Yonts, C.D., Haghverdi, A., Reichert, D.L. and Irmak, S., 2018. Deficit irrigation and surface residue cover effects on dry bean yield, in-season soil water content and irrigation water use efficiency in western Nebraska high plains. *Agricultural Water Management*, *199*, pp.138-147.

47- Zabihiafrous, R.A., Jahanbakhsh Emami, J.B., Sabet, S.H. and Jawafshavoshkani., S., 2018. *National Water Document: Net Plant Requirement (Information System and Plant Data)* (Vol. 74). (In Persian).

48- Zafarani-Moattar, P., Raey, Y., Ghassemi Golezani, K. and Mohammadi, S.A., 2010. Effect of limited irrigation on growth and yield of bean cultivars. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, 21(4), pp 85-94. (In Persian).