

Economic evaluation of surface and subsurface drip irrigation systems for cotton crops (case study: Orzoueyeh County)

Mahdieh Saei^{1*}, Nader Koohi² and Hamid Najafinezhad³

Extended Abstract

Introduction:

Given the increasing population, the decreasing of annual precipitation, and the scarcity of water supply resources, optimal use of existing water resources is one of the best options for achieving sustainable agriculture. Maximizing irrigation water productivity has been a central policy of managers and planners of the agricultural sector in recent years. Among the appropriate techniques for improving productivity and efficiency of water use are modern irrigation systems and the application of management scenarios such as deficit irrigation. In the field of modern irrigation, the invention of the subsurface drip irrigation system represents a major advance in the drip irrigation technology. Cotton is one of the most important agricultural products that, in addition to providing raw materials for the textile and oil industries, plays a significant role in jobs creation across the agricultural, industrial, and commercial sectors. Regarding continuous and severe droughts in Kerman province, especially in the Orzoueyeh agricultural region, and the lack of comprehensive studies on this issue—which challenges the economic justification for implementing modern irrigation systems—it is necessary to evaluate both surface and subsurface drip irrigation systems from technical and economic perspectives, particularly for cotton crops in Orzoueyeh County.

Materials and Methods:

The present study was conducted at the Orzoueyeh Research Farm, affiliated with the Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Orzoueyeh County, Kerman, Iran, during 2024-2025. To evaluate surface and subsurface drip irrigation systems on cotton yield, an experiment was conducted using split strip plots in a randomized complete block design with three replications. This experiment consisted of 12 treatments, three irrigation levels ($I_1=125$, $I_2=100$, and $I_3=75$ percent of water requirement), and two irrigation systems including surface drip irrigation (S_1) and subsurface drip irrigation (S_2), as well as two lateral placement patterns (all rows= L_1 and alternate-row= L_2). The factors I and S were applied in strip and cross arrangements, respectively. In each replication, factor I was arranged vertically, and factor S horizontally. Factor L was assigned to the plots resulting from the intersection of the two factors I and S. To measure and calculate the studied traits after removing the margins, two middle lines of each plot were used. Finally, the yield of the plant per hectare, the number of bolls per plant, and the water use efficiency (WUE) were measured and calculated as the amount of product per volume of water used. The studied traits were subjected to a combined analysis of variance for two years using SAS 9.2 software, and the least significant difference (LSD) test was applied at a probability level of 5% to compare the means. After collecting field data to economically select the best treatment, the results were examined using the partial budgeting method and investment priority analysis. Since determining the investment priority among the treatments under study was essential, an analysis of the final rate of return on investment was conducted.

1- Assistant Prof, Economic, Social and Extension Research Department, Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kerman, Iran.

2- Assistant Prof, Agricultural Engineering Research Department, Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kerman, Iran.

3- Associate Prof, Agricultural and Horticultural Research Department, Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kerman, Iran.

* Corresponding Author: m.saei@areeo.ac.ir

Received: 2026/03/30

Accepted: 2026/07/11

Results and Discussions:

Based on the results, the crop yield at the irrigation level of 100 percent of water requirement was obtained as 2292 and 2555 kg/ha, and the lateral placement pattern in all rows and alternate rows at this irrigation level yielded 2565 and 2282 kg/ha, in surface and subsurface drip irrigation systems, respectively. The study of various indicators of crop yield, water consumption, water use efficiency, number of bolls per plant, boll weight, and the results of economic analysis of the treatments indicated the superiority of the subsurface drip irrigation over the surface irrigation system, and the superiority of the lateral placement pattern in all rows over the alternate-row, during cotton cultivation for the following reasons. The cotton crop yield in the subsurface drip irrigation system treatment was 234 kg/ha higher than that in the surface drip irrigation system. The number of bolls per plant and boll weight in the subsurface drip irrigation system were 16 and 3 percent higher, respectively, compare with the surface irrigation system. The cotton yield in the all-row irrigation pattern was 254 kg/ha higher than in the alternate-row lateral pattern. Despite the same amount of water consumption, the water use efficiency in the all-row irrigation pattern was about 8 percent higher than in the alternate-row lateral pattern. The number of bolls per plant and boll weight in the all-row irrigation pattern were 12 and 3 percent higher, respectively, than in alternate-row lateral pattern. From an economic point of view, investing in the $I_2S_2L_1$ treatment (subsurface drip irrigation at 100 percent of water requirement and with planting pattern in all rows) was preferable to investing in other treatments.

Conclusion:

Investment in the $I_2S_2L_1$ treatment (subsurface drip irrigation at 100 percent water requirement and in the in all rows lateral placement) was preferable to investment in other treatments. The results of the technical analysis of the project also showed that the $I_2S_2L_1$ treatment had the best statistical position. Considering that cotton is a water-intensive crop and the amount of irrigation has a great impact on yield, all the studied traits showed better results in the 100 percent water requirement treatment compared with the other two treatments. Therefore, it can be conducted that this treatment is more economically justifiable. In addition, the full irrigation treatment was made based on economic evaluation and profitability for the farmer. Although deficit irrigation is beneficial for water conservation in the field, it is seldom adopted by farmers who primarily prioritize maximizing financial returns.

Keywords: Drip irrigation systems, Economic analysis, Final rate of return analysis, Minimum acceptable rate of return, Partial budgeting.

Citation:

Saei.M., Koohi.N., Najafinezhad.H.,2026. Economic evaluation of surface and subsurface drip irrigation systems for cotton crops (case study: Orzouyeh County). Iranian Water Research Journal, 20(62), pp. 75-90.
<https://dx.doi.org/10.22034/iwrj.2026.14976.2640>

Copyright: © Authors, Published by Iranian Water Research Journal. This is an open-access article distributed under the CC-BY 4.0 (license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



ارزیابی اقتصادی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی محصول پنبه (مطالعه موردی: شهرستان ارزوئیه)

مهدیه ساعی^{*}، نادر کوهی^۱ و حمید نجفی‌نژاد^۲

چکیده

با توجه به افزایش جمعیت، کاهش سالانه نزولات جوی و محدود بودن منابع تأمین‌کننده آب، استفاده بهینه از منابع آبی موجود یکی از بهترین گزینه‌ها برای کشاورزی پایدار است. اگرچه آبیاری قطره‌ای سطحی روش آبیاری مؤثری است؛ اما به‌خاطر معایبی مانند تبخیر سطحی خاک و هدررفت آب، دارای محدودیت‌هایی است. اخیراً روش آبیاری زیرسطحی که قادر است از بروز مشکلات ذکر شده جلوگیری کند، در جهان گسترش پیدا کرده است. با توجه به تابش شدید آفتاب و بالا بودن تبخیر سطحی در بسیاری از مناطق ایران، آبیاری زیرسطحی می‌تواند در کاهش تبخیر بسیار مفید باشد. از طرفی با اعمال کم‌آبیاری اصولی و تنظیم شده ضمن افزایش کیفیت محصول، می‌توان از آب استفاده بهینه نمود. هدف از انجام پژوهش حاضر، ارزیابی اقتصادی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی محصول پنبه در شهرستان ارزوئیه است. برای دستیابی به اهداف مطالعه، از روش بودجه‌بندی جزئی شامل تعیین ارجحیت سرمایه‌گذاری و محاسبه نرخ بازده نهایی (MRR) بین تیمارهای غیرمغلوب استفاده شد. براساس نتایج، سرمایه‌گذاری در تیمار $I_2S_2L_1$ (آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در سطح ۱۰۰ در صد نیاز آبی و در الگوی کارگذاری در تمام ردیف‌ها) بر سرمایه‌گذاری در سایر تیمارها ارجح است. نتایج فنی نیز این نتیجه را تأیید کرد و نشان داد که عملکرد محصول پنبه در تیمار سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی بالاتر بوده و علی‌رغم یکسان بودن میزان آب مصرفی، کارایی مصرف آب در تیمار آبیاری قطره‌ای زیرسطحی حدود ۸ درصد بیشتر از تیمار آبیاری قطره‌ای سطحی است.

واژه‌های کلیدی: بودجه‌بندی جزئی، تجزیه و تحلیل نرخ بازده نهایی سرمایه‌گذاری، تحلیل اقتصادی، حداقل نرخ بازده قابل قبول، سیستم‌های آبیاری قطره‌ای

ارجاع: ساعی، م.، کوهی، ن.، حمید نجفی‌نژاد، ح. ۱۴۰۵. ارزیابی اقتصادی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی محصول پنبه (مطالعه موردی: شهرستان ارزوئیه). مجله پژوهش آب ایران، ۲۰ (۶۲)، صص. ۷۵-۹۰. <https://dx.doi.org/10.22034/iwrj.2026.14976.2640>

۱- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران

۲- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی-مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران

۳- دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران

* نویسنده مسئول: m.saei@areeo.ac.ir

مقدمه

با توجه به این که میانگین بارندگی سالانه در جهان حدود ۸۰۰ میلی متر در سال گزارش شده است، کشور ایران با متوسط بارندگی کمتر از ۲۵۰ میلی متر در سال، جزء مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می شود. علاوه بر کمبود باران، توزیع زمانی و مکانی آن نیز بسیار غیر یکنواخت است، به طوری که در فصل تابستان، حتی در پر باران ترین نقاط کشور نیز نیاز به آبیاری وجود دارد (Asadi, 2011). از سوی دیگر در اکثر مناطق کشور، آب لازم برای محصولات کشاورزی از طریق آبیاری، از همین نزولات تأمین می شود، بنابراین مدیریت صحیح و بهینه سازی مصرف آب در مزرعه امری اجتناب ناپذیر است. سطح زیر کشت پنبه (اعم از آبی و دیم) در کشور ۸۸۳۳۷ هکتار است که از این سطح، عملکرد آبی به میزان ۲۸۵۹ کیلوگرم و ش در هکتار و تولید کل معادل ۲۴۹۱۲۵ تن گزارش شده است (Agricultural Statistics, 2024). کشت پنبه در استان کرمان غالباً منحصر به منطقه ارزوئیه (محل انجام تحقیق حاضر) با سطحی حدود ۲۷۶۳ هکتار، متوسط عملکرد و ش حدود ۲۸۷۰ کیلوگرم در هکتار و تولید ۷۹۳۰ تن در هکتار است (Agricultural Statistics, 2024).

از جمله فنون مناسب برای بهبود بهره وری و کارایی مصرف آب، سامانه های نوین آبیاری و اعمال سناریوهای مدیریتی نظیر کم آبیاری است (Saeedi et al., 2022). حداکثر سازی بهره وری آب آبیاری، یکی از مهم ترین سیاست های مدیران و برنامه ریزان بخش کشاورزی کشور در سالیان اخیر بوده است. مدیریت بهینه زراعی (افزایش تولید با حفظ منابع آبی موجود) و آبیاری (حفظ تولید موجود با مصرف آب کمتر) دو رویکرد اساسی برای ارتقاء بهره وری آب به شمار می آید (Muneer et al., 2018). سیستم آبیاری قطره ای به دلیل پتانسیل بالای صرفه جویی در مصرف آب و سهمی که در پایداری محیط زیست ایفا می کند، جایگاه و نقش ویژه ای در حفاظت از منابع آب و خاک دارد (Patel and Rajput, 2007).

یکی از مهم ترین پیشرفت ها در سیستم آبیاری قطره ای، ابداع سیستم آبیاری قطره ای زیر سطحی است که در آن لوله های قطره چکان دار در عمق مناسبی زیر سطح خاک دفن می شوند (Alama and Broner, 2000). ورود مستقیم آب به ناحیه توسعه ریشه موجب کاهش تبخیر از سطح خاک شده و بدین ترتیب پتانسیل دستیابی به کارایی بالاتر مصرف آب را فراهم می کند (Suarez-Rey et al., 2000).

پنبه از مهم ترین محصولات کشاورزی است که علاوه بر تأمین مواد اولیه صنایع نساجی و روغن کشی در اشتغال زایی بخش های کشاورزی، صنعت و بازرگانی نقش مهمی ایفا می کند؛ اما بروز خشکسالی های مستمر و شدید در استان کرمان و خصوصاً منطقه زراعی ارزوئیه و عدم وجود اطلاعات دقیق از میزان آب مورد نیاز این محصول از یک سو و لزوم انجام تحقیق در به کارگیری آبیاری تحت فشار برای استفاده بهینه از آب از سوی دیگر، ضرورت انجام مطالعه در شرایط کاربرد سامانه های تحت فشار را توجیه می نماید. در حال حاضر با توجه به محدودیت منابع آب کشور، توجه به اصلاح الگوی مصرف در بخش کشاورزی با بهره گیری از روش های مناسب آبیاری و یا مدیریت صحیح می تواند یکی از مؤثرترین اقدامات برای صرفه جویی آب و افزایش عملکرد در واحد سطح باشد. در این راستا انجام طرح های تحقیقاتی با موضوع مقایسه روش های آبیاری محصولات کشاورزی از جمله پنبه که یکی از محصولات باارزش در چرخه تولید کشور به حساب می آید، می تواند بسیار مفید باشد.

نتایج مطالعه Ghadami Firoz Abadi et al. (2011) در انتخاب بهترین رقم کلزا از نظر عملکرد و درصد روغن، تحت دو سامانه آبیاری قطره ای و شیاری، حاکی از عملکرد و کارایی مصرف آب بالاتر روش آبیاری قطره ای نسبت به روش شیاری و میانگین حجم آب مصرفی کمتر آن بود. نسبت منفعت به هزینه طرح، نشان از عدم توجیه اقتصادی استفاده از آبیاری قطره ای (تیپ)، در کشت کلزا داشت.

مقایسه دو روش آبیاری سطحی و قطره ای در کشت زیر پوشش پلاستیک محصول گوجه فرنگی، بهترین تیمار را روش آبیاری قطره ای با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی و حجم آب مصرفی ۴۶۲۵ مترمکعب با عملکرد ۴۲ تن در هکتار معرفی کرد. کمترین عملکرد نیز مربوط به تیمار آبیاری سطحی با تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی بود. نتایج اقتصادی طرح نیز تیمار آبیاری قطره ای با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی را به عنوان تیمار ارجح از لحاظ اقتصادی معرفی نمود (Saei, 2011).

Fooladmand et al. (2012) استفاده از سیستم آبیاری قطره ای نواری سطحی را از نظر اقتصادی تجزیه و تحلیل کردند. نتایج بودجه بندی جزئی در ارزیابی اقتصادی تیمارها نشان داد که تیمار ۶۰ سانتی متر با آبیاری یک در میان اقتصادی ترین حالت برای کشت ذرت با سیستم آبیاری قطره ای نواری در منطقه مورد مطالعه است.

تیمار ۶۰ درصد، ۳/۸ درصد کاهش داشت. عملکرد گیاهان تحت تیمارهای ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی نسبت به آبیاری کامل، به ترتیب ۳۷/۲ و ۱۵/۶ درصد، تعداد غوزه ۳۷ و ۹/۵ درصد و وزن غوزه ۲۴/۵ و ۳ درصد کاهش داشت. عملکرد محصول، بهره‌وری آب، تعداد غوزه در بوته و وزن غوزه در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به قطره‌ای سطحی ۱۲/۱، ۱۲/۷، ۲۷/۲ و ۱۷/۵ درصد بیشتر بود. بنابراین، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با ۸۰ درصد نیاز آبی در کشت پنبه راهکار مناسبی برای صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش بهره‌وری در دوره‌های خشک‌سالی منطقه شناخته شد.

Ghadami Firouzabadi et al. (2018) نشان دادند که اثر دو سیستم آبیاری تیپ و نشتی بر میزان عملکرد محصول و وزن سیرچه معنی‌دار نبوده و دو سیستم مورد استفاده، عملکرد تقریباً یکسانی داشته‌اند. میانگین کارایی مصرف آب در دو روش آبیاری تیپ و نشتی به ترتیب ۵/۶ و ۲/۴ کیلوگرم بر مترمکعب تعیین و سیستم آبیاری تیپ با کاهش ۵۴ درصدی در آب مصرفی نسبت به روش نشتی، باعث افزایش ۱۳۸ درصدی کارایی مصرف آب شد. با توجه به این‌که نسبت منفعت به هزینه در دو سناریوی افزایش سطح زیر کشت و حفظ منابع آب به ترتیب ۲/۸۴ و ۲/۵۴ بود، بنابراین به‌کارگیری سیستم آبیاری قطره‌ای نواری در زراعت سیر اقتصادی است. Moghbeli damaneh et al. (2018) تأثیر روش‌های مختلف کم‌آبیاری، در سه روش آبیاری قطره‌ای سطحی، قطره‌ای زیرسطحی و زیرسطحی عمقی بر رشد سبزینه‌ای و عملکرد مرکبات (پرتقال) را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که کم‌آبیاری و آبیاری زیرسطحی در افزایش کارایی مصرف آب و صرفه‌جویی در مصرف آب بسیار مؤثر هستند. طبق نتایج مطالعه Ghadami Firoz Abadi et al. (2020) با هدف بررسی فنی و اقتصادی آبیاری قطره‌ای نواری، متوسط حجم آب مصرفی و بهره‌وری مصرف آب در محصول خیار و گوجه فرنگی به ترتیب ۷۹۴۸ و ۱۰۲۵۵ مترمکعب در هکتار و ۸/۷ و ۷/۲ کیلوگرم بر مترمکعب تعیین شد. تحلیل اقتصادی نشان داد که استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای در محصولات خیار و گوجه فرنگی، از بازده اقتصادی بالایی برخوردار است. به‌طوری‌که میانگین نسبت منفعت به هزینه در مزارع خیار و گوجه فرنگی به ترتیب ۲۶/۹ و ۷/۸ محاسبه شد.

Asadi and Baghani (2021) روش‌های مختلف آبیاری در استفاده از انرژی نو (خورشیدی) و مرسوم (شبکه) را در تولید گندم بررسی کردند. طبق نتایج، میزان صرفه‌جویی مصرف آب

براساس نتایج مطالعه Jolaini and Mehrabadi (2012) مقدار عملکرد و ش در آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی به ترتیب ۳۰۷۴ و ۳۹۸۸ کیلوگرم در هکتار بود که با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند. کارایی مصرف آب الگوهای مذکور، به ترتیب ۰/۳۴۹ و ۰/۲۶۸ کیلوگرم و ش به ازاء مصرف هر مترمکعب آب بود. بیشترین عملکرد و کارایی مصرف آب در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با دور آبیاری ۴ روز به ترتیب به میزان ۴۳۱۵ کیلوگرم در هکتار و ۰/۳۷۵ کیلوگرم و ش بر مترمکعب و کمترین عملکرد و کارایی مصرف آب در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با دور آبیاری ۲ روز به ترتیب به میزان ۳۱۰۷ کیلوگرم در هکتار و ۰/۲۶۵ کیلوگرم و ش بر مترمکعب به دست آمد. در نهایت روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با دور آبیاری چهار روز به عنوان تیمار برتر انتخاب گردید.

Asadi and Karandish (2016) تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری و نحوه آرایش سیستم آبیاری قطره‌ای نواری روی خیار گلخانه‌ای را بررسی نمودند. تیمارهای آبیاری شامل چهار آستانه پتانسیل مکش جهت شروع آبیاری ($I_1=45$ ، $I_2=55$ ، $I_3=65$ و $I_4=75$) به عنوان عامل اصلی و دو سامانه آبیاری به صورت آبیاری قطره‌ای سطحی (S_1) و آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (S_2) به عنوان عامل فرعی و دو الگوی کارگذاری لوله آبد به صورت یک خط لوله آبد برای هر ردیف کشت (L_1) و یک خط لوله آبد برای دو ردیف کشت (L_2) بودند. براساس نتایج، کمینه (۱۳۶/۳۶) و بیشینه (۲۶۹/۱۱) عملکرد (تن در هکتار) به ترتیب مربوط به تیمارهای $I_4S_1L_2$ و $I_1S_2L_1$ بود. با این وجود، تیمار $I_2S_2L_1$ ضمن کاهش ۱۱/۷ درصد آب مصرفی در مقایسه با تیمار $I_1S_2L_1$ ، تنها باعث یک درصد افت محصول شده و بیشترین سود خالص را به همراه داشت. این در حالی است که بالاترین بهره‌وری آب آبیاری در تیمار $I_4S_2L_1$ مشاهده شد. لذا، با در نظر گرفتن توأمان صرفه‌جویی در مصرف آب و حفظ منافع اقتصادی کشاورزان، استفاده از روش اتخاذ شده در تیمار $I_2S_2L_1$ در کشت خیار گلخانه‌ای در شهرستان جیرفت، افزایش کارایی مصرف آب و نرخ بازده نهایی را به همراه داشته است.

Rezaei et al. (2017) نتیجه گرفتند که در هر دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی، گیاهان تحت تیمارهای ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی نسبت به آبیاری کامل، به ترتیب ۳۲۰۰ و ۱۵۰۰ مترمکعب آب در هکتار نسبت به آبیاری کامل، صرفه‌جویی داشتند. نسبت به تیمار آبیاری کامل، بهره‌وری آب در گیاهان تحت تیمار ۸۰ درصد، ۰/۷ درصد افزایش و در

تیمار بدون آبیاری و آبیاری کامل به ترتیب ۳۱۱۹ و ۷۶۷۱ گرم در هر درخت بود. نتایج ارزیابی اقتصادی بدون در نظر گرفتن ارزش واقعی آب نشان داد که تیمارهای بیشتر آبیاری شده نسبت به سایر تیمارها دارای سود خالص بیشتر و با در نظر گرفتن ارزش واقعی آب، تیمارهای بیشتر آبیاری شده دارای اولویت اقتصادی نبوده و بهترین تیمار از نظر اقتصادی تیمار دیم بوده است. (Yurteri and Topak, 2017) با مقایسه روش‌های آبیاری بارانی و آبیاری قطره‌ای از جنبه اقتصادی نشان دادند که بین آبیاری بارانی و قطره‌ای در کشت لوبیای دیم از نظر هزینه‌های آبیاری، هزینه‌های کل و درآمدها تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. تحلیل اقتصادی کشت گوجه‌فرنگی تحت سیستم آبیاری بارانی در جنوب هاریانا توسط Walia et al. (2023a) نشان داد که هزینه متغیر کل برای کشت گوجه‌فرنگی در مناطق ریواری و بیوانی به ترتیب ۱۴۰۲۰۳/۲۰ و ۱۴۴۴۷۶/۲، هزینه کل در منطقه ریواری کمتر از هزینه کل در منطقه بیوانی و سود خالص دریافتی در منطقه ریواری بیشتر از منطقه بیوانی بود. نسبت منفعت به هزینه در مناطق ریواری، بیوانی و کل به ترتیب ۲/۴۹، ۲/۲۴ و ۲/۳۶ به دست آمد. همچنین در بررسی امکان‌سنجی اقتصادی سیستم آبیاری بارانی در جنوب هاریانا، Walia et al. (2023b) هزینه کل کشت در نصب سیستم آبیاری بارانی برای مناطق ریواری و بیوانی را به ترتیب ۱۴۸۹۵۷/۸۳ و ۱۵۳۸۱۱/۳۵ و هزینه عملیاتی را به ترتیب ۱۶۴۹۱/۴۸ و ۱۴۸۳۰/۸۷ محاسبه نمودند. مقادیر NPV، IRR، نسبت منفعت به هزینه و دوره بازگشت سرمایه برای سیستم آبیاری بارانی به ترتیب ۳۸۴۸۹۵/۲۲، ۵۷/۹۹، ۳/۳۰ و ۳ سال به دست آمد. بر این اساس سرمایه‌گذاری در سیستم آبیاری بارانی از نظر اقتصادی مقرون به صرفه بوده است.

روش بودجه‌بندی جزئی

در این روش ابتدا درآمد ناخالص و هزینه‌های متغیر تیمارهای آزمایش محاسبه می‌شوند. درآمد خالص از کسر هزینه‌های متغیر از درآمد ناخالص به دست می‌آید.

تجزیه و تحلیل ارجحیت سرمایه‌گذاری در تیمارها

در روش تعیین ارجحیت سرمایه‌گذاری، تیمارها براساس افزایش هزینه‌های متغیر (از کم به زیاد) مرتب می‌شوند و سپس میزان سود خالص و هزینه‌های متغیر دوباره تیمارها مقایسه و ارجحیت سرمایه‌گذاری مشخص می‌شود. سود خالص از کسر هزینه‌های متغیر (در اینجا وجوه تمایز هزینه‌ها) تیمارها از درآمد ناخالص آن‌ها به دست می‌آید. اگر

در روش‌های آبیاری قطره‌ای نواری و سنتریوت نسبت به روش آبیاری مرسوم بارانی به ترتیب ۲۲/۸ و ۱۷/۶ درصد، میانگین منافع خالص تولید گندم در روش‌های آبیاری بارانی، سنتریوت و قطره‌ای نواری با استفاده از برق شبکه به ترتیب ۸۴/۶، ۸۵/۶ و ۹۰/۷ میلیون ریال در هکتار و با استفاده از سلول‌های خورشیدی به ترتیب ۷۲/۴، ۷۹/۷ و ۸۵/۳ میلیون ریال در هکتار محاسبه شد. در مجموع تیمار روش‌های قطره‌ای نواری با کاربرد برق شبکه، به عنوان تیمار برتر و اقتصادی در تولید گندم توصیه گردید.

(Faghani et al. 2021) نتیجه گرفتند که روش آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه تأثیری نداشته؛ اما کشت نشایی، عملکرد، درصد زودرسی، وزن غوزه و کارایی مصرف آب بیشتری به میزان ۱۴، ۱۸۰، ۴/۸ و ۱۱/۳ درصد نسبت به کشت مستقیم داشته است. تیمارهای مقادیر مختلف آب آبیاری، تأثیری بر عملکرد نداشت؛ اما تأثیر آن بر اجزای عملکرد، معنی‌دار بود. بیشترین کارایی مصرف آب، مربوط به تیمار ۵۰ درصد آب آبیاری بود که نسبت به تیمارهای ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد آب آبیاری به ترتیب، ۱۹/۶، ۴۳ و ۶۹/۸ درصد بیشتر بود. در نهایت، بهترین تیمار، کشت نشایی با دور آبیاری ۱۰۵ میلیمتر تبخیر از تشت با مقدار ۵۰ درصد آب آبیاری بود. همچنین، کشت نشایی به نسبت کشت مستقیم، باعث افزایش عملکرد می‌شود؛ اما از نظر اقتصادی، مقرون به صرفه نیست؛ با این حال، در صورت افزایش قیمت پنبه توصیه می‌شود.

(Saeedi et al. 2022) با هدف بررسی اثر مقدار آب آبیاری و عمق جایگذاری لاترال‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر عملکرد و کارایی مصرف آب محصول گندم نشان دادند که استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به سیستم قطره‌ای سطحی، دارای کارایی مصرف آب آبیاری و بهره‌وری آب مصرفی بالاتری است. در شرایط محدودیت آب، سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با عمق جایگذاری لاترال ۴۰ سانتی‌متر با اعمال سناریو مدیریتی کم آبیاری با سطح آب آبیاری برابر ۸۰ درصد نیاز آبی، برای آبیاری اراضی زیرکشت گندم آبی شهرستان سنندج پیشنهاد گردید.

براساس نتایج مطالعه Shahrokhnia et al. (2025) افزایش میزان آبیاری در محدوده نیاز آبی گیاه، خصوصیات رویشی، فیزیولوژیکی و صفات کمی و کیفی انجیر منطقه استهبان بهبود یافت. بهترین وضعیت مربوط به تیمار بدون تنش (۱۰۰ درصد نیاز آبی) و میزان عملکرد محصول در

طولانی‌تر باشد، حداقل نرخ بازده نیز به همان نسبت بالاتر خواهد بود. در مناطقی که نرخ تورم بسیار بالا است، این محدوده باید با توجه به نرخ تورم در طول دوره کشت به سمت بالا تنظیم شود.

بازار غیررسمی سرمایه

یک روش جایگزین برای برآورد حداقل نرخ بازده، بررسی بازار سرمایه غیررسمی است. در بسیاری از مناطق، کشاورزان به اعتبار نهاده‌ها دسترسی ندارند. آن‌ها یا باید از سرمایه خود استفاده کنند و یا از بازار سرمایه غیررسمی، مانند وام‌دهندگان روستایی، بهره ببرند. نرخ‌های بهره تعیین شده در بخش غیررسمی، شروعی برای برآورد حداقل نرخ بازده است. برای برآورد حداقل نرخ بازده در این مورد، باید مبلغ دیگری نیز اضافه شود تا تلاش کشاورزان برای یادگیری و استفاده از فناوری جدید را جبران کند. این مبلغ اضافی را می‌توان با دو برابر کردن هزینه سرمایه تخمین زد (مگر اینکه فناوری، تعدیل بسیار ساده‌ای در رویه‌ها ایجاد کند). بنابراین در این مثال، حداقل نرخ بازده ۱۰۰ درصد تخمین زده می‌شود. مجدداً باید تأکید کرد که این راه صرفاً برای استخراج یک تخمین تقریبی از سطح بازده مورد نیاز کشاورزان است.

بازار سرمایه رسمی

همچنین می‌توان حداقل نرخ بازده را با استفاده از اطلاعات بازار سرمایه رسمی تخمین زد. پس از محاسبه هزینه سرمایه در بازار رسمی، می‌توان با دو برابر کردن این نرخ، تخمینی از حداقل نرخ بازده به دست آورد. این کار ایده‌ای تقریبی از نرخ بازده‌ای که کشاورزان برای سرمایه‌گذاری در یک فناوری جدید در صورت دریافت وام قابل قبول می‌دانند، ارائه می‌دهد.

مروری بر مطالعات پیشین نشان می‌دهد که استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به سیستم قطره‌ای سطحی، دارای کارایی مصرف آب آبیاری و بهره‌وری آب مصرفی بالاتری است؛ اما، نبود مطالعه و تحقیق جامع و قابل استناد در این موضوع و از طرفی تردید در توجیه‌پذیری اقتصادی اجرای این سامانه‌ها ایجاب می‌کند که سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی محصول پنبه در شهرستان ارزوئیه از نظر فنی و اقتصادی ارزیابی شوند.

تیماری هزینه بیشتری داشته باشد، ولی سود خالص کمتری نسبت به تیمار قبلی بدهد، مغلوب و حذف می‌شود و در نهایت تجزیه و تحلیل نرخ بازده نهایی بین تیمارهای غیرمغلوب انجام می‌شود.

تجزیه و تحلیل نرخ بازده نهایی سرمایه‌گذاری

برای تعیین نرخ بازده نهایی سرمایه‌گذاری (MRR) و تعیین ارجحیت سرمایه‌گذاری، میزان تغییرات سود خالص و هزینه‌های متغیر منتج از جایگزینی یک تیمار به جای تیماردیگر محاسبه و تحت عنوان سود خالص نهایی و هزینه متغیر نهایی معرفی می‌شود. حاصل ضرب خارج قسمت موارد فوق در عدد ۱۰۰، معرف نرخ بازده نهایی سرمایه‌گذاری است. چنانچه این نرخ بالاتر از حداقل نرخ بازده قابل قبول باشد، سرمایه‌گذاری در تیمار با سود خالص بیشتر نسبت به تیمار دیگر (تیماری که سود خالص کمتری دارد) ارجحیت دارد.

حداقل نرخ بازده قابل قبول ($MARR$)

برای توصیه تحلیل نهایی به کشاورز بایستی حداقل نرخ بازده قابل قبول کشاورزان را برآورد نمود. در برآورد حداقل نرخ بازده قابل قبول، باید مبلغی به هزینه سرمایه افزود تا هزینه زمان و تلاش صرف شده کشاورزان برای یادگیری مدیریت فناوری نوین جبران شود.

روش‌های مختلفی برای تخمین حداقل نرخ بازده قابل قبول (یا به عبارت ساده‌تر، حداقل نرخ بازده) وجود دارد.

تقریب حداقل نرخ بازده قابل قبول

تجربه نشان داده است که در اکثر موقعیت‌ها، حداقل نرخ بازده قابل قبول برای کشاورزان بین ۵۰ تا ۱۰۰ درصد خواهد بود. چنانچه فناوری برای کشاورزان ناآشنا و مستلزم یادگیری برخی مهارت‌های جدید باشد، برآورد حداقل نرخ بازده ۱۰۰ درصد، معقول به نظر می‌رسد (CIMMYT, 1998).

اگر این فناوری صرفاً تعدیلی در شیوه فعلی کشاورزان باشد (مانند نرخ کود متفاوت برای کشاورزانی که در حال حاضر از کود استفاده می‌کنند)، حداقل نرخ بازده تا ۵۰ درصد ممکن است قابل قبول باشد. با این حال، چنانچه سرمایه به راحتی در دسترس باشد و هزینه‌های یادگیری نیز بسیار پایین باشد، بعید است که نرخ بازده زیر ۵۰ درصد پذیرفته شود. لازم به ذکر است که این محدوده، برآوردی برای چرخه‌های کشت چهار تا پنج ماهه است. اگر چرخه کشت

2. Minimum Attractive Rate of Return

1. Marginal Rate of Return

مواد و روش‌ها

الف. منطقه اجرای طرح

مطالعه حاضر در مزرعه تحقیقاتی ارزوئیه وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان در دو سال ۱۴۰۳ و ۱۴۰۴ اجرا گردید. منطقه ارزوئیه در ۲۷۰ کیلومتری جنوب غربی شهر کرمان و در محدوده جغرافیایی ۲۸ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۲۸ درجه و ۳۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۷ درجه و ۷ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۳۲ دقیقه طول شرقی واقع شده و دارای ارتفاع ۱۰۴۴ متر بالاتر از سطح دریا است. شهرستان ارزوئیه براساس طبقه بندی گوپن-گایگر (Koppen-Geiger) دارای اقلیم گرم و خشک از نوع نیمه بیابانی گرم (BSH) است و میانگین بارندگی سالانه این منطقه، در حدود ۱۲۲ میلی‌متر می‌باشد.

ب. قالب طرح و روش اجرا

به منظور ارزیابی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر عملکرد پنبه در ارزوئیه استان کرمان، آزمایشی به صورت کرت‌های نواری خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. این آزمایش در قالب ۱۲ تیمار، سه سطح آبیاری: $I_1=125$ ، $I_2=100$ و $I_3=75$ درصد نیاز آبی و دو سیستم آبیاری شامل آبیاری قطره‌ای سطحی (S_1) و آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (S_2) و همچنین دو الگوی کارگذاری لوله آبدۀ (در تمام ردیف‌ها L_1 و یک در میان L_2) اجرا شد. عامل‌های I و S به صورت نواری و متقاطع (سطوح عامل I به صورت عمودی و سطوح عامل S به صورت افقی) در هر تکرار اجرا و عامل L داخل کرت‌های حاصل از تقاطع دو عامل I و S خرد شده است (جدول ۱). تیمارها در کرت‌هایی به عرض $3/5$ و طول ۶ متر اجرا شدند. هر کرت شامل ۴ ردیف کاشت بود که فقط از دو ردیف وسط برای تهیه داده‌های آزمایش استفاده شد. فاصله بین ردیف‌های کاشت در آرایش نصب لوله آبدۀ در تمام ردیف‌ها و در آرایش نصب لوله آبدۀ به صورت یک در میان، ۷۰ سانتی‌متر بود. فاصله بین بوته‌ها ۱۵ سانتی‌متر، فاصله بین تکرارها $2/5$ و فاصله بین کرت‌های متوالی $1/5$ متر در نظر گرفته شد. تعداد تیمارها برابر با $12 = 3 \times 2 \times 2$ و تعداد کل کرت‌های آزمایشی با احتساب تکرارها برابر با ۳۶ بود. در سیستم آبیاری S_1 ، نوارهای دوجداره (تیپ) روی سطح خاک و در کنار ساقه گیاه قرار گرفتند؛ ولی در سیستم آبیاری S_2 ، نوارهای دوجداره (تیپ) در عمق ۲۰ سانتی‌متر از سطح خاک قرار گرفتند. حجم آب برای هر کرت، توسط کنتور حجمی

اندازه‌گیری و رطوبت خاک در مراحل مختلف رشد از طریق وزنی پایش شد. برای اندازه‌گیری و محاسبه صفات مورد بررسی پس از حذف حاشیه، از دو خط وسط هر کرت استفاده شد. در نهایت، عملکرد و ش در هکتار، تعداد غوزه در بوته و کارایی مصرف آب (WUE) به صورت مقدار محصول به حجم آب مصرفی، اندازه‌گیری و محاسبه شد.

واحد آب مصرفی/عملکرد (فتوستتزی، بیولوژیکی و

اقتصادی)=کارایی مصرف آب

کارایی مصرف آب

$$= \frac{\text{عملکرد (فتوستتزی، بیولوژیکی و اقتصادی)}}{\text{واحد آب مصرفی}}$$

صفات مورد بررسی برای دو سال با استفاده از نرم‌افزار SAS.9.2. مورد تجزیه واریانس مرکب قرار گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

پس از جمع‌آوری داده‌های مزرعه به منظور انتخاب بهترین تیمار از نظر اقتصادی، ابتدا با استفاده از روش بودجه‌بندی جزئی و تجزیه و تحلیل ارجحیت سرمایه‌گذاری به بررسی نتایج پرداخته شد. لازم به ذکر است گاهی اوقات برای تعیین ارجحیت سرمایه‌گذاری در تیمارهای تحت بررسی، انجام تجزیه و تحلیل نرخ بازده نهایی سرمایه‌گذاری اجتناب‌ناپذیر است. در این مطالعه نیز، تصمیم‌گیری در تحلیل ارجحیت سرمایه‌گذاری منوط به انجام تحلیل نرخ بازده نهایی سرمایه‌گذاری بود که این تحلیل صورت گرفت.

جدول ۱- نقشه جانمایی یکی از تکرارها

	I_1 (۱۲۵ درصد)	I_2 (۱۰۰ درصد)	I_3 (۷۵ درصد)
	نیاز آبی	نیاز آبی	نیاز آبی
S_1	L_1	L_2	L_1
(آبیاری قطره‌ای سطحی)	L_2	L_1	L_2
S_2	L_2	L_1	L_1
(آبیاری قطره‌ای زیرسطحی)	L_1	L_2	L_2

نتایج و بحث

نتایج حاصل از صفات اندازه‌گیری شده تیمارهای مورد مطالعه، در جداول ۲ و ۳ آمده است.

جدول ۲- جدول تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد	کارایی مصرف آب	تعداد غوزه در هر بوته	وزن غوزه
سال (Y)	۱	۵۲۳۶۰/۵۵۵۶ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{**}	۱۰/۸۸۹ ^{ns}	۱/۴ ^{ns}
خطا	۴	۷۳۷۸۵/۰۲۸	۰/۰۰۰	۱۲/۱۱۱	۰/۰۹۱
آبیاری (I)	۲	۲۸۰۶۱۲۱/۳۷۵ ^{**}	۰/۰۰۳ ^{**}	۲۱۴/۲۹۲ ^{**}	۶/۶۸ ^{**}
سال×آبیاری (Y×I)	۲	۳۲۸۴/۰۱۴ ^{**}	۰/۰۰۰ ^{ns}	۲/۶۸۱ ^{**}	۰/۰۰۷ ^{ns}
خطا	۸	۳۶۸/۶۹۴	۰/۰۰۰	۰/۱۵۳	۰/۰۰۳
نوع سیستم (S)	۱	۱۰۵۸۹۹۷/۵۵۶ ^{**}	۰/۰۱۳ ^{**}	۹۸ ^{**}	۰/۲۰۹ ^{**}
سال×نوع سیستم (Y×S)	۱	۱۲۳۳/۳۸۹ ^{ns}	۰/۰۰۰ ^{ns}	۰/۵ ^{ns}	۰/۰۰۰ ^{ns}
خطا	۴	۶۹۸۸/۶۳۹	۰/۰۰۰	۰/۴۱۷	۰/۰۰۱
آبیاری×نوع سیستم (I×S)	۲	۲۷۸۴۹/۰۱۴ ^{**}	۰/۰۰۰ ^{ns}	۱/۵۴۲ ^{ns}	۰/۰۰۶ ^{ns}
سال×آبیاری×نوع سیستم (Y×I×S)	۲	۳۸/۵۹۷ ^{ns}	۰/۰۰۰ ^{ns}	۰/۰۴۲ ^{ns}	۰/۰۰۰ ^{ns}
خطا	۸	۵۱۰/۰۹۷	۰/۰۰۰	۰/۳۳۳	۰/۰۰۱
الگوی کارگذاری (L)	۱	۱۲۴۷۶۷۳/۳۸۹ ^{**}	۰/۰۱۴ ^{**}	۵۶/۸۸۹ ^{**}	۰/۱۸۸ ^{**}
سال×الگوی کارگذاری (Y×L)	۱	۱۳۵۲ ^{ns}	۰/۰۰۰ ^{ns}	۱/۳۸۹ ^{**}	۰/۰۰۰ ^{ns}
آبیاری×الگوی کارگذاری (I×L)	۲	۲۷۶۱۰/۲۶۴ ^{**}	۰/۰۰۰ ^{ns}	۰/۰۱۴ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}
نوع سیستم×الگوی کارگذاری (S×L)	۱	۲۳۵۷/۵۵۶ ^{ns}	۰/۰۰۰ ^{ns}	۰/۰۵۶ ^{ns}	۰/۰۱۶ ^{ns}
سال×نوع سیستم×الگوی کارگذاری (Y×S×L)	۱	۴/۵ ^{ns}	۰/۰۰۰ ^{ns}	۰/۰۰۰ ^{ns}	۰/۰۰۰ ^{ns}
آبیاری×نوع سیستم×الگوی کارگذاری (I×S×L)	۲	۲۰۱۶۴/۰۱۴ ^{**}	۰/۰۰۰ ^{**}	۰/۰۹۷ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}
سال×آبیاری×نوع سیستم×الگوی کارگذاری (Y×I×S×L)	۴	۲۸/۲۵ ^{ns}	۰/۰۰۰ ^{ns}	۰/۲۸۷ ^{ns}	۰/۰۰۰ ^{ns}
خطا	۲۴	۶۲۵/۵۴۲	۰/۰۰۰	۰/۱۳۹	۰/۰۰۳

^{**} و ^{ns}: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و غیرمعنی‌دار

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر اثر متقابل (آبیاری×نوع سیستم×الگوی کارگذاری)

تیمارها	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
I ₁ S ₁ L ₁	۲۴۰۸d	۰/۲۴d
I ₁ S ₁ L ₂	۲۱۷۶f	۰/۲۲f
I ₁ S ₂ L ₁	۲۷۲۲b	۰/۲۵c
I ₁ S ₂ L ₂	۲۳۸۷de	۰/۲۴d
I ₂ S ₁ L ₁	۲۶۴۱c	۰/۲۵c
I ₂ S ₁ L ₂	۲۳۷۵e	۰/۲۳e
I ₂ S ₂ L ₁	۲۹۵۵a	۰/۲۹a
I ₂ S ₂ L ₂	۲۶۲۱dc	۰/۲۷b
I ₃ S ₁ L ₁	۲۰۳۴h	۰/۲۵c
I ₃ S ₁ L ₂	۱۸۰۲i	۰/۲۴d
I ₃ S ₂ L ₁	۲۱۴۱g	۰/۲۹a
I ₃ S ₂ L ₂	۲۰۱۴h	۰/۲۷b
میانگین کل	۲۳۵۶	۰/۲۶

میانگین‌هایی که با حروف مشابه در هر ستون نشان داده شده‌اند، از نظر آماری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد، اختلاف معنی‌داری ندارند

ارزیابی اقتصادی تیمارها با استفاده از روش بودجه بندی جزئی

در بودجه بندی جزئی برای مقایسه تیمارها، باید درآمد ناخالص و هزینه هایی که در تیمارهای مختلف متفاوت هستند محاسبه گردد؛ لذا، هزینه آماده سازی زمین، هزینه بذر، بذرکاری، کود، علف کش، سمپاشی، وجین و اجاره بها که در مورد کلیه تیمارها یکسان است، از تحلیل حذف می گردد.

در مطالعه حاضر، میزان آب مصرفی تیمارهای ۱۲۵، ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی به ترتیب برابر با ۱۰۷۷۰، ۹۴۸۰ و ۷۳۹۰ مترمکعب در هکتار است که برای تیمارهای یاد شده در هر کرت به ترتیب برابر با ۳۷/۰۸، ۳۲/۶۴ و ۲۵/۴۴۹ مترمکعب خواهد بود. بهاء هر مترمکعب آب تحت سناریوهای مختلف در سال ۱۴۰۳ (سناریوی ۱: قیمت تمام شده هر مترمکعب آب در مناطق روستایی ۸۰۰۰ ریال، سناریوی ۲: قیمت هر مترمکعب فروش آب شرب طبق قانون هفتم بودجه ۲۰۰۰ ریال، سناریوی ۳: قیمت هر مترمکعب آب بالاتر از الگوی مصرف ۴۰۰۰ ریال و سناریوی ۴: تعرفه غیریارانه ای آب ۹۰۰۰ ریال) محاسبه شده است (جدول ۴). هزینه هر متر لوله آیده برابر با ۲۰۰۰ ریال و هزینه عملیات نصب هر متر لوله برای تیمارهای مختلف ۲۶۰۰ ریال است.

هزینه آب، سایر هزینه ها و مجموع هزینه تیمارها تحت سناریوهای مختلف به ترتیب در جداول ۴، ۵ و ۶ آمده است. همچنین میزان عملکرد و درآمد ناخالص تیمارهای مختلف با احتساب قیمت هر کیلوگرم محصول پنبه برابر با ۷۰۰۰۰۰ ریال در جدول ۷ آمده است. براساس اطلاعات جدول یاد شده، حداکثر درآمد ناخالص مربوط به تیمار $I_2S_2L_1$ و حداقل درآمد ناخالص مربوط به تیمار $I_2S_1L_2$ است. به منظور تجزیه و تحلیل نهایی، سناریوی دوم (قیمت هر مترمکعب آب برابر با ۲۰۰۰ ریال (کمترین قیمت) در نظر گرفته شد.

تجزیه و تحلیل اقتصادی تیمارها به روش تعیین ارجحیت سرمایه گذاری

در روش تعیین ارجحیت سرمایه گذاری، تیمارها براساس افزایش هزینه های متغیر (از کم به زیاد) مرتب می شوند و سپس میزان سود خالص و هزینه های متغیر دوه دوی تیمارها مقایسه و ارجحیت سرمایه گذاری مشخص می شود. سود خالص از کسر هزینه های متغیر (در اینجا وجوه تمایز هزینه ها) تیمارها از درآمد ناخالص آن ها به دست می آید. اگر تیماری هزینه بیشتری داشته باشد، ولی سود خالص کمتری نسبت به تیمار قبلی بدهد مغلوب و حذف می شود و در نهایت تجزیه و تحلیل نرخ بازده نهایی بین تیمارهای غیرمغلوب انجام می شود (جدول ۸).

جدول ۴- هزینه آب تیمارها تحت سناریوهای مختلف در هر کرت

تیمار	آب (سناریوی اول)		آب (سناریوی دوم)		آب (سناریوی سوم)		آب (سناریوی چهارم)	
	متوسط میزان مصرفی (مترمکعب)	هزینه (ریال)	متوسط میزان مصرفی (مترمکعب)	هزینه (ریال)	متوسط میزان مصرفی (مترمکعب)	هزینه (ریال)	متوسط میزان مصرفی (مترمکعب)	هزینه (ریال)
$I_1S_1L_1$	۳۷/۰۸	۲۹۶۶۴۰	۳۷/۰۸	۷۴۱۶۰	۳۷/۰۸	۱۴۸۳۲۰	۳۷/۰۸	۳۳۳۷۲۰
$I_1S_1L_2$	۳۷/۰۸	۲۹۶۶۴۰	۳۷/۰۸	۷۴۱۶۰	۳۷/۰۸	۱۴۸۳۲۰	۳۷/۰۸	۳۳۳۷۲۰
$I_1S_2L_1$	۳۷/۰۸	۲۹۶۶۴۰	۳۷/۰۸	۷۴۱۶۰	۳۷/۰۸	۱۴۸۳۲۰	۳۷/۰۸	۳۳۳۷۲۰
$I_1S_2L_2$	۳۷/۰۸	۲۹۶۶۴۰	۳۷/۰۸	۷۴۱۶۰	۳۷/۰۸	۱۴۸۳۲۰	۳۷/۰۸	۳۳۳۷۲۰
$I_2S_1L_1$	۳۲/۶۴	۲۶۱۱۲۰	۳۲/۶۴	۶۵۲۸۰	۳۲/۶۴	۱۳۰۵۶۰	۳۲/۶۴	۲۹۳۷۶۰
$I_2S_1L_2$	۳۲/۶۴	۲۶۱۱۲۰	۳۲/۶۴	۶۵۲۸۰	۳۲/۶۴	۱۳۰۵۶۰	۳۲/۶۴	۲۹۳۷۶۰
$I_2S_2L_1$	۳۲/۶۴	۲۶۱۱۲۰	۳۲/۶۴	۶۵۲۸۰	۳۲/۶۴	۱۳۰۵۶۰	۳۲/۶۴	۲۹۳۷۶۰
$I_2S_2L_2$	۳۲/۶۴	۲۶۱۱۲۰	۳۲/۶۴	۶۵۲۸۰	۳۲/۶۴	۱۳۰۵۶۰	۳۲/۶۴	۲۹۳۷۶۰
$I_3S_1L_1$	۲۵/۴۵	۲۰۳۶۰۰	۲۵/۴۵	۵۰۹۰۰	۲۵/۴۵	۱۰۱۸۰۰	۲۵/۴۵	۲۲۹۰۵۰
$I_3S_1L_2$	۲۵/۴۵	۲۰۳۶۰۰	۲۵/۴۵	۵۰۹۰۰	۲۵/۴۵	۱۰۱۸۰۰	۲۵/۴۵	۲۲۹۰۵۰
$I_3S_2L_1$	۲۵/۴۵	۲۰۳۶۰۰	۲۵/۴۵	۵۰۹۰۰	۲۵/۴۵	۱۰۱۸۰۰	۲۵/۴۵	۲۲۹۰۵۰
$I_3S_2L_2$	۲۵/۴۵	۲۰۳۶۰۰	۲۵/۴۵	۵۰۹۰۰	۲۵/۴۵	۱۰۱۸۰۰	۲۵/۴۵	۲۲۹۰۵۰

جدول ۵- سایر هزینه‌ها در هر کرت

تیمار	عملیات نصب لوله		لوله		جمع سایر هزینه‌ها
	متوسط طول به کار رفته (متر)	هزینه (ریال)	متوسط طول به کار رفته (متر)	هزینه (ریال)	
I ₁ S ₁ L ₁	۲۴	۴۸۰۰۰	۲۴	۶۲۴۰۰	۵۴۲۰۰۰
I ₁ S ₁ L _۲	۱۲	۲۴۰۰۰	۱۲	۳۱۲۰۰	۲۷۱۲۰۰
I ₁ S _۲ L ₁	۲۴	۴۸۰۰۰	۲۴	۶۲۴۰۰	۵۴۲۰۰۰
I ₁ S _۲ L _۲	۱۲	۲۴۰۰۰	۱۲	۳۱۲۰۰	۲۷۱۲۰۰
I _۲ S ₁ L ₁	۲۴	۴۸۰۰۰	۲۴	۶۲۴۰۰	۵۴۲۰۰۰
I _۲ S ₁ L _۲	۱۲	۲۴۰۰۰	۱۲	۳۱۲۰۰	۲۷۱۲۰۰
I _۲ S _۲ L ₁	۲۴	۴۸۰۰۰	۲۴	۶۲۴۰۰	۵۴۲۰۰۰
I _۲ S _۲ L _۲	۱۲	۲۴۰۰۰	۱۲	۳۱۲۰۰	۲۷۱۲۰۰
I _۳ S ₁ L ₁	۲۴	۴۸۰۰۰	۲۴	۶۲۴۰۰	۵۴۲۰۰۰
I _۳ S ₁ L _۲	۱۲	۲۴۰۰۰	۱۲	۳۱۲۰۰	۲۷۱۲۰۰
I _۳ S _۲ L ₁	۲۴	۴۸۰۰۰	۲۴	۶۲۴۰۰	۵۴۲۰۰۰
I _۳ S _۲ L _۲	۱۲	۲۴۰۰۰	۱۲	۳۱۲۰۰	۲۷۱۲۰۰

جدول ۶- هزینه تیمارها تحت سناریوهای مختلف آب در هر کرت

تیمار	سناریوی اول		سناریوی دوم		سناریوی سوم		سناریوی چهارم	
	مجموع هزینه‌ها (ریال)	مجموع هزینه‌ها (ریال)	مجموع هزینه‌ها (ریال)	هزینه آب (ریال)	مجموع هزینه‌ها (ریال)	هزینه آب (ریال)	مجموع هزینه‌ها (ریال)	هزینه آب (ریال)
I ₁ S ₁ L ₁	۲۹۶۶۴۰۰	۳۵۰۸۸۰۰	۷۴۱۶۰	۶۱۶۵۶۰	۱۴۸۳۲۰	۶۹۰۷۲۰	۳۳۳۷۲۰۰	۳۸۷۹۶۰۰
I ₁ S ₁ L _۲	۲۹۶۶۴۰۰	۳۲۳۷۶۰۰	۷۴۱۶۰	۳۴۵۳۶۰	۱۴۸۳۲۰	۴۱۹۵۲۰	۳۳۳۷۲۰۰	۳۶۰۸۴۰۰
I ₁ S _۲ L ₁	۲۹۶۶۴۰۰	۳۵۰۸۸۰۰	۷۴۱۶۰	۶۱۶۵۶۰	۱۴۸۳۲۰	۶۹۰۷۲۰	۳۳۳۷۲۰۰	۳۸۷۹۶۰۰
I ₁ S _۲ L _۲	۲۹۶۶۴۰۰	۳۲۳۷۶۰۰	۷۴۱۶۰	۳۴۵۳۶۰	۱۴۸۳۲۰	۴۱۹۵۲۰	۳۳۳۷۲۰۰	۳۶۰۸۴۰۰
I _۲ S ₁ L ₁	۲۶۱۱۲۰۰	۳۱۵۳۶۰۰	۶۵۲۸۰	۶۰۷۶۸۰	۱۳۰۵۶۰	۶۷۲۹۶۰	۲۹۳۷۶۰۰	۳۴۸۰۰۰۰
I _۲ S ₁ L _۲	۲۶۱۱۲۰۰	۲۸۸۲۴۰۰	۶۵۲۸۰	۳۳۶۴۸۰	۱۳۰۵۶۰	۴۰۱۷۶۰	۲۹۳۷۶۰۰	۳۲۰۸۸۰۰
I _۲ S _۲ L ₁	۲۶۱۱۲۰۰	۳۱۵۳۶۰۰	۶۵۲۸۰	۶۰۷۶۸۰	۱۳۰۵۶۰	۶۷۲۹۶۰	۲۹۳۷۶۰۰	۳۴۸۰۰۰۰
I _۲ S _۲ L _۲	۲۶۱۱۲۰۰	۲۸۸۲۴۰۰	۶۵۲۸۰	۳۳۶۴۸۰	۱۳۰۵۶۰	۴۰۱۷۶۰	۲۹۳۷۶۰۰	۳۲۰۸۸۰۰
I _۳ S ₁ L ₁	۲۰۳۶۰۰۰	۲۵۷۸۴۰۰	۵۰۹۰۰	۵۹۳۳۰۰	۱۰۱۸۰۰	۶۴۴۲۰۰	۲۲۹۰۵۰۰	۲۸۳۲۹۰۰
I _۳ S ₁ L _۲	۲۰۳۶۰۰۰	۲۳۰۷۲۰۰	۵۰۹۰۰	۳۲۲۱۰۰	۱۰۱۸۰۰	۳۷۳۰۰۰	۲۲۹۰۵۰۰	۲۵۶۱۷۰۰
I _۳ S _۲ L ₁	۲۰۳۶۰۰۰	۲۵۷۸۴۰۰	۵۰۹۰۰	۵۹۳۳۰۰	۱۰۱۸۰۰	۶۴۴۲۰۰	۲۲۹۰۵۰۰	۲۸۳۲۹۰۰
I _۳ S _۲ L _۲	۲۰۳۶۰۰۰	۲۳۰۷۲۰۰	۵۰۹۰۰	۳۲۲۱۰۰	۱۰۱۸۰۰	۳۷۳۰۰۰	۲۲۹۰۵۰۰	۲۵۶۱۷۰۰

جدول ۷- آنالیز درآمد تیمارها در هر کرت

تیمار	عملکرد (کیلوگرم)	درآمد ناخالص محصول (ریال)
I ₁ S ₁ L ₁	۵/۰۶	۳۵۴۲۰۰۰
I ₁ S ₁ L _۲	۴/۵۷	۳۱۹۹۰۰۰
I ₁ S _۲ L ₁	۵/۷۲	۴۰۰۴۰۰۰
I ₁ S _۲ L _۲	۵/۰۱	۳۵۰۷۰۰۰
I _۲ S ₁ L ₁	۵/۵۵	۳۸۸۵۰۰۰
I _۲ S ₁ L _۲	۴/۹۹	۳۴۹۳۰۰۰
I _۲ S _۲ L ₁	۶/۲۱	۴۳۴۷۰۰۰
I _۲ S _۲ L _۲	۵/۵۱	۳۸۵۷۰۰۰
I _۳ S ₁ L ₁	۴/۲۷	۲۹۸۹۰۰۰
I _۳ S ₁ L _۲	۳/۷۸	۲۶۴۶۰۰۰
I _۳ S _۲ L ₁	۴/۴۹	۳۱۴۳۰۰۰
I _۳ S _۲ L _۲	۴/۲۲	۲۹۵۴۰۰۰

جدول ۸- تجزیه و تحلیل تیمارها به روش تعیین ارجحیت سرمایه گذاری

تیمار	سود خالص (ریال)	هزینه های متغیر	تغییر تیمار	تحت تسلط
$I_2S_2L_2$	۲۶۳۱۹۰۰	۳۲۲۱۰۰		خیر
$I_2S_2L_2$	۳۵۲۰۵۲۰	۳۳۶۴۸۰	از $I_2S_2L_2$ به $I_2S_2L_2$	خیر
$I_1S_2L_2$	۳۱۶۱۶۴۰	۳۴۵۳۶۰	از $I_2S_2L_2$ به $I_1S_2L_2$	بلی
$I_2S_2L_1$	۲۵۴۹۷۰۰	۵۹۳۳۰۰	از $I_2S_2L_2$ به $I_2S_2L_1$	بلی
$I_2S_2L_1$	۳۷۳۹۳۲۰	۶۰۷۶۸۰	از $I_2S_2L_2$ به $I_2S_2L_1$	خیر
$I_1S_2L_1$	۳۳۸۷۴۴۰	۶۱۶۵۶۰	از $I_2S_2L_1$ به $I_1S_2L_1$	بلی

بنابراین، تیمارهای $I_2S_2L_2$ ، $I_2S_2L_1$ و $I_2S_2L_2$ به مرحله بعد راه پیدا می کنند. در این مرحله مجدداً تیمارها براساس افزایش هزینه های متغیر مرتب می شوند.

محاسبه نرخ بازده نهایی (MRR)

با استفاده از تیمارهای غیر مغلوب، افزایش در هزینه های متغیر و سود خالص ناشی از تغییر از یک روش با هزینه متغیر کمتر به یک روش با هزینه متغیر بالاتر و سپس نرخ بازده نهایی محاسبه می شود. نرخ بازده نهایی نشان می دهد که کشاورزان در ازای سرمایه گذاری خود، هنگام تصمیم به تغییر از یک روش (یا مجموعه ای از روش ها) به روش دیگر، به طور متوسط چه مقدار سود به دست می آورند. نتایج مربوط به محاسبه نرخ بازده نهایی تیمارها در جدول ۹ آمده است.

جدول ۹- محاسبه نرخ بازده نهایی

تیمار	سود خالص (ریال)	هزینه های متغیر	سود خالص نهایی	هزینه متغیر نهایی	نرخ بازده نهایی
	NFB	CV	ΔNFB	ΔCV	$MRR\%$
$I_2S_2L_2$	۲۶۳۱۹۰۰	۳۲۲۱۰۰			
$I_2S_2L_2$	۳۵۲۰۵۲۰	۳۳۶۴۸۰	-۸۸۸۶۲۰	-۱۴۳۸۰	۶۱۷۹/۵
$I_2S_2L_1$	۳۷۳۹۳۲۰	۶۰۷۶۸۰	-۲۱۸۸۰۰	-۲۷۱۲۰۰	۸۰/۶

سرمایه گذاری در تیمار $I_2S_2L_2$ ، پنبه کاران یک به اضافه ۶۱/۷۹ ریال اضافی تحت عنوان سود به دست می آورند. از آن جا که MRR حاصل بیشتر از حداقل نرخ بازده قابل قبول ($MARR=50\%$) است، تغییر از تیمار $I_2S_2L_2$ به تیمار $I_2S_2L_2$ در مزارع پنبه سودآور است و تیمار $I_2S_2L_2$ رد می شود. این نشان می دهد که استفاده از تیمار $I_2S_2L_2$ در عملکرد و قیمت نهاده ها و محصولات فعلی برتر است.

در گام بعد تیمار پذیرفته شده در مرحله قبل ($I_2S_2L_2$) با تیمار بعدی ($I_2S_2L_1$) مقایسه می شود. نرخ بازده نهایی (MRR) در انتقال از تیمار $I_2S_2L_2$ به تیمار $I_2S_2L_1$ برابر با ۸۰/۶ درصد است که چون از حداقل نرخ بازده قابل قبول ($MARR=50\%$) بیشتر است، پس تیمار جدید ($I_2S_2L_1$) اقتصادی است و پذیرفته می شود. بنابراین سرمایه گذاری در تیمار $I_2S_2L_1$ (آبیاری قطره ای زیرسطحی در سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی و در الگوی کارگذاری

براساس جدول ۸ و بنا به تعریف، اولین تیمار تحت تسلط نیست. تیمار $I_2S_2L_2$ نسبت به تیمار $I_2S_2L_2$ سود بیشتر و هزینه بالاتری دارد، پس $I_2S_2L_2$ حذف نمی شود. تیمار $I_1S_2L_2$ نسبت به تیمار $I_2S_2L_2$ سود کمتر و هزینه بالاتری دارد، پس $I_1S_2L_2$ مغلوب است و حذف می شود.

تیمار بعدی $I_2S_2L_1$ با $I_2S_2L_2$ مقایسه می شود. تیمار $I_2S_2L_1$ سود کمتر و هزینه بالاتری دارد، پس $I_2S_2L_1$ مغلوب است و حذف می شود. تیمار $I_2S_2L_1$ نسبت به تیمار $I_2S_2L_2$ (آخرین تیمار انتخاب شده) سود بیشتر و هزینه بالاتری دارد، پس $I_2S_2L_1$ حذف نمی شود.

تیمار $I_1S_2L_1$ نسبت به $I_2S_2L_1$ (آخرین تیمار انتخاب شده) سود کمتر و هزینه بالاتری دارد، پس حذف می شود.

انتخاب سودآورترین تیمار

سودآورترین تیمار، آخرین تیماری است که شرط « $MRR \geq MARR$ » برای آن برقرار است.

حداقل نرخ بازده قابل قبول ($MARR$)

(1998) CIMMYT اشاره کرد که حداقل نرخ بازده نهایی قابل قبول برای کشاورزان قبل از تصمیم گیری برای تغییر از یک روش قدیمی به یک روش جدید بین ۵۰ تا ۱۰۰ درصد است. در پروژه حاضر، از آن جا که انتقال از یک فناوری به فناوری دیگر صرفاً تعدیلی در شیوه فعلی کشاورزان است، حداقل نرخ بازده ۵۰ درصد در نظر گرفته شد.

براساس نتایج جدول ۹، نرخ بازگشت سرمایه نهایی از تیمار $I_2S_2L_2$ به تیمار $I_2S_2L_2$ ۶۱۷۹/۵ درصد است که بسیار فراتر از ۵۰ درصد است و نشان می دهد که به ازای هر یک ریال

پلاستیک محصول گوجه‌فرنگی، بهترین تیمار را روش آبیاری قطره‌ای با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی معرفی کرد که نتایج اقتصادی نیز این نتیجه را تأیید نمود.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج، عملکرد محصول در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی، در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی به‌ترتیب برابر با ۲۲۹۲ و ۲۵۵۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و الگوی کارگذاری در تمام ردیف‌ها و یک‌درمیان نیز در این سطح آبیاری، به‌ترتیب عملکرد ۲۵۶۵ و ۲۲۸۲ کیلوگرم در هکتار از خود به‌جای گذاشت.

بررسی شاخص‌های مختلف میزان عملکرد محصول، آب مصرفی، کارایی مصرف آب، تعداد غوزه در بوته، وزن غوزه و نتایج تحلیل اقتصادی تیمارها گویای برتری سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر سیستم آبیاری سطحی و برتری الگوی کارگذاری در تمام ردیف‌ها نسبت به الگوی کارگذاری لوله‌های آبد به‌صورت یک‌درمیان در کشت پنبه به دلایل زیر است:

- عملکرد محصول پنبه در تیمار سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌میزان ۲۳۴ کیلوگرم در هکتار بیشتر از سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی است.
- تعداد غوزه در بوته و وزن غوزه در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌ترتیب ۱۶ و ۳ درصد نسبت به سیستم آبیاری سطحی بیشتر است.
- عملکرد محصول پنبه در تیمار الگوی کارگذاری لوله‌های آبد در تمام ردیف‌ها به‌میزان ۲۵۴ کیلوگرم در هکتار بیشتر از الگوی کارگذاری لوله‌های آبد به‌صورت یک‌درمیان است.
- علیرغم یکسان بودن میزان آب مصرفی، کارایی مصرف آب در تیمار الگوی کارگذاری در تمام ردیف‌ها حدود ۸ درصد بیشتر از تیمار الگوی کارگذاری لوله‌های آبد به‌صورت یک‌درمیان است.
- تعداد غوزه در بوته و وزن غوزه در الگوی کارگذاری در تمام ردیف‌ها به‌ترتیب ۱۲ و ۳ درصد نسبت به الگوی کارگذاری لوله‌های آبد به‌صورت یک‌درمیان بیشتر است.
- از نظر اقتصادی نیز سرمایه‌گذاری در تیمار $I_2S_1L_1$ (آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی و در الگوی کارگذاری در تمام ردیف‌ها) بر سرمایه‌گذاری در سایر تیمارها ارجح است.

در تمام ردیف‌ها) بر سرمایه‌گذاری در سایر تیمارها ارجح است. نتایج حاصل از تحلیل فنی پروژه نیز نشان داد که تیمار $(I_2S_1L_1)$ دارای بهترین جایگاه آماری (A) می‌باشد.

با توجه به اینکه پنبه محصولی آب‌بر است و مقدار آبیاری روی عملکرد تأثیر زیادی دارد، تمامی صفات مورد مطالعه در تیمار سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی نسبت به دو تیمار دیگر، از جایگاه بهتری برخوردار است. لذا می‌توان گفت این تیمار از قابلیت بهتری برای توجیه برخوردار می‌باشد. علاوه بر این‌که، انتخاب تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی، با توجه به ارزیابی اقتصادی و سود حاصله برای کشاورز انجام شده و تیمار کم‌آبیاری برای نگهداشت آب در مزرعه مفید است، به‌دلیل اینکه کشاورزان همواره در پی سود هستند، این امر از سوی کشاورزان انجام نمی‌گیرد. این یافته در تطابق با نتایج سایر محققین، مبنی بر بهبود عملکرد محصول سیستم قطره‌ای زیرسطحی نسبت به سیستم قطره‌ای سطحی می‌باشد. این امر به‌دلیل اثربخشی سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در حفظ رطوبت خاک در منطقه توسعه ریشه است که باعث می‌شود در طول دوره رشد، به‌طور مداوم آب در دسترس گیاه قرار گیرد و گیاه کمتر دچار تنش آبی شود. همچنین استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی سبب کاهش تلفات نفوذ عمقی، کنترل شوری و افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی می‌گردد. (Saeedi et al. (2022 نشان دادند که استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به سیستم قطره‌ای سطحی، دارای کارایی مصرف آب آبیاری و بهره‌وری آب مصرفی بالاتری می‌باشد. نتایج این مطالعه حاکی از برتری تیمار (آبیاری کامل با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی با سیستم قطره‌ای زیرسطحی و عمق جایگذاری لاترال برابر ۳۰ سانتی‌متر) با عملکرد $10/9 \text{ ton/ha}$ بود که با عملکرد $10/2 \text{ ton/ha}$ تیمار (کم‌آبیاری برابر ۸۰ درصد نیاز آبی با سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و لاترال در عمق ۴۰ سانتی‌متر) اختلاف معنی‌دار نداشت. نتایج مطالعه (Jolaini and Mehrabadi (2012 نیز نشان داد که مقدار عملکرد و ش در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بالاتر از آبیاری قطره‌ای سطحی است که با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند. همچنین براساس نتایج مطالعه Rezaei et al. (2017) عملکرد محصول، بهره‌وری آب، تعداد غوزه در بوته و وزن غوزه در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به قطره‌ای سطحی به‌ترتیب $12/1$ ، $12/7$ ، $27/2$ و $17/5$ درصد بیشتر بود. (Saei (2011 نیز در مقایسه دو روش آبیاری سطحی و قطره‌ای در کشت زیر پوشش

6. CIMMYT. 1988. From Agronomic Data to Farmer Recommendations: An Economics Training Manual. Completely revised edition. Mexico. D.F.
7. Faghani, M., Ghorbani, Kh., Ghorbani Nasrabad, Gh. and Hessam, M., 2021. The effect of irrigation management and direct and transplanting methods on cotton yield and yield components. *Iranian Water Research Journal*, 15(2), pp. 31-40. [in persian].
8. Fooladmand, H., Zarrinbal, A. and Zare, E., 2012. Economic evaluation of surface drip irrigation in corn cropping. *Water and Soil Science*, 22(4), pp. 173-182. [in persian].
9. Ghadami Firozabadi, A., Seyedan, M. and MazaheriLaghab, H., 2011. Technical and Economical assessment of micro and furrow irrigation methods on grain yield and water use efficiency in four rapeseed cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 13(2), pp. 325-335. [In Persian].
<https://doi.org/20.1001.1.15625540.1390.13.2.8.4>
10. Ghadami Firouzabadi, A., Nosrati, E., Dehghanisanij, H., Jafari, A.M. and Bahramloo, R., 2018. Technical and Economical Comparison of Two Irrigation Systems, Tape and Furrow Irrigation and Different Levels of Nitrogen on Yield, Water use Efficiency of Garlic Product. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 2(12), pp. 283-292. [in persian]
11. Ghadami Firouzabadi, A., asadian, GH., Jafari, A., and Bahramloo, A., 2020. Technical and Economical evaluation of Trickle irrigation systems (Tape) in the cucumber and tomato fields. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 14(1), pp. 263-274. [in persian].
<https://doi.org/20.1001.1.20087942.1399.14.1.23.6>
12. Jolaini, M. and Mehrabadi, H. R., 2012. Investigation the Effect of Surface and Subsurface Drip Irrigation Methods and Irrigation Interval on Yield Quality and Quantity of Cotton. *Journal of Water and Soil*, 26(3), pp. 736-742. [in persian].
<https://doi.org/10.22067/jsw.v0i0.14942>
13. Major Irrigation Store. (2024). Major irrigation store website. <https://www.irrigationshop.ir/>
14. Moghbeli damaneh, E., Fatahi, R., Ghorbani, B., Rabiei, GH. and Esfandiyari, S., 2018. Assessment of Effect of deficit irrigation under surface and subsurface irrigation conditions on vegetative development and yield of Citrus. *Journal of Plant Production Research*, 25(3), pp. 69-82. [in persian].
<https://doi.org/10.22069/JOPP.2018.14084.2263>
15. Muneer, S., Xia, W. Y., Ming, Y. J., Faiz, M. A., Hao, J., Michel T., Yi, Z., Chen, R. and Xiang, H. J., 2018. Regulated deficit irrigation impact at various

تضاد منافع نویسندگان

در این مقاله هیچ گونه تضاد منافع وجود ندارد و این مسئله مورد تأیید همه نویسندگان است.

دسترسی به داده ها

داده های استفاده شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر عملی رعایت نموده اند و این موضوع مورد تأیید همه آنها می باشد.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: جمع آوری و تحلیل اولیه داده ها و نگارش پژوهش
نویسنده دوم: جمع آوری داده ها و راهنمایی و بازبینی مقاله
نویسنده سوم: جمع آوری داده ها و راهنمایی و بازبینی مقاله

منابع

1. Agricultural Statistics., 2024. Ministry of agriculture-jahad. Planning and Economic Affairs Deputy, Technology, Information, and Communication Center. Volume one, Crops. [in persian]
2. Alama, M. and Broner, I., 2000. Subsurface drip SDI, Colorado state university cooperative extension fact sheet. 4, Accessed on December 19, 2017. Available at:
<http://www.ext.colostate.edu/pubs/crops/04716.html>
3. Asadi, R., 2011. Effect of Surface and Subsurface Drip Irrigation Systems on Yield of Cotton in Orzoueyeh, Kerman Province. Zabol University Thesis, 142 p. [in persian].
4. Asadi, R. and Karandish, F., 2016. Influence of Irrigation Management and Drip Irrigation Laterals on Water Use, Yield and Net Benefits in Greenhouse Cucumber Production. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 47(1), pp. 13-24. [in persian].
<https://doi.org/10.22059/IJSWR.2016.57974>
5. Asadi, H. and Baghani, J., 2021. Economical assessment of different irrigation methods using new and traditional energies in irrigated wheat cultivation. *Water Resources Engineering*, 13(47), pp. 101-108. [in persian].
<https://doi.org/20.1001.1.20086377.1399.13.47.8.5>

- growth stages and productivity of soybean. *Journal of Natural Sciences Research*, 8(12), pp. 18-23.
16. Patel, N. and Rajput, T. B. S., 2007. Effect of drip tape placement depth and irrigation level on yield of potato. *Journal of Agriculture Water Management*, 88, pp. 209-223. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2006.10.017>
17. Rezaei Estakhroei, A., Irandost, M. and Kambakhsh, M., 2017. Effect of deficit irrigation on water use efficiency, yield and its components of cotton ('Varamin' cultivar). *Journal of Water and Irrigation Management*, 6(2), pp. 205-216. [in persian]. <https://doi.org/10.22059/JWIM.2017.63780>
18. Saei, M., 2011. Economic Comparison of Furrow and Micro Irrigation Methods on Tomato Production under Plastic Coverage in Jiroft Region. *Iranian Water Research Journal*, 5(8), pp. 89-98. [in persian].
19. Saeedi, M., Fathi, P. and Kouchakzadeh, M., 2022. Effect of Irrigation Water on Water Productivity and Yield of Winter Wheat under Surface and Subsurface Drip Irrigation. *Environment and Water Engineering*, 8(1), pp. 192-204. [in persian]. <https://doi.org/10.22034/JEWE.2021.292016.1587>
20. Shahrokhnia, M.A., Zare, H. and Shajari, SH., 2025. Technical and economic effects of different amounts of irrigation water on the vegetative, physiological, quantitative and qualitative characteristics of Sabz fig fruit in the Estahban region. *Iranian Water Research Journal*, 58(3), pp. 95-108. [in persian]. <https://dx.doi.org/10.22034/iwrj.2025.15234.2689>
21. Suarez-Rey, E., Choi, C. Y., Waller, P. M. and Kopec, D. M., 2000. Comparison of subsurface drip irrigation and sprinkler irrigation for Bermuda grass turf in Arizona. *Trans. American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 43(3), pp. 631-645. <https://doi.org/10.13031/2013.2744>
22. Yurteri, E. and Topak, R., 2017. Economical Analysis of Sprinkler and Drip Irrigated-Dry Bean Production. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 31(2), pp. 68-75. <https://doi.org/10.15316/SJAFS.2017.21>
24. Walia, I., Kumar, S. and Bajwan, A., 2023a. Comparative economic analysis of tomato cultivation under sprinkler irrigation system in southern Haryana. *Journal of Eco-friendly Agriculture*, 18(2), pp. 426-428. <https://doi.org/10.48165/jefa.2023.18.02.38>
25. Walia, I., Kumar, S. and S. Papang, J., 2023b. Economic viability of sprinkler irrigation system in southern Haryana, *Economic Affairs*, 68(1), pp. 533-539. <https://doi.org/10.46852/0424-2513.1.2023.22>

