



## Profitability Analysis of Grain Maize Cultivation under Saline Water and Deficit Irrigation in a Tape Drip Irrigation System in Fars Province

Mahboobeh Lor Mohammad Hasani<sup>1</sup> | Rezvan Talebnejad<sup>2✉</sup> | Masoud Noshadi<sup>3</sup>

1. Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran, Email:

[Mahbobehhasani75@gmail.com](mailto:Mahbobehhasani75@gmail.com)

2. Corresponding Author, Water Engineering Department and Drought Research Center, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran, Email: [rtalebnejad@shirazu.ac.ir](mailto:rtalebnejad@shirazu.ac.ir)

3. Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran, Email: [noshadi@shirazu.ac.ir](mailto:noshadi@shirazu.ac.ir)

Article Info	ABSTRACT
<p><b>Article type:</b> Research Article</p> <p><b>Article history:</b></p> <p><b>Received:</b> Jan. 14, 2026</p> <p><b>Revised:</b> Feb. 1, 2026</p> <p><b>Accepted:</b> June. 6, 2026</p> <p><b>Published online:</b> June. 2026</p> <p><b>Keywords:</b> <i>Benefit-cost ratio,</i> <i>Unconventional water,</i> <i>Economic water productivity,</i> <i>Water scarcity</i></p>	<p>In order to evaluate the economic feasibility of growing grain maize under deficit irrigation and irrigation water salinity, an experiment was conducted at the research farm of the Water Engineering Department, Faculty of Agriculture in the 2019. Therefore, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications. Four levels of irrigation water salinity were applied, including control (0.6), 2, 3.5, and 5 dS.m<sup>-1</sup>. Irrigation water treatment was applied at three water levels: FI, 0.75FI, and 0.5FI, equivalent to full irrigation, 75% full irrigation, and 50% full irrigation. The results showed that the maximum leaf area index (5.82) and seed yield (9.53 Mg.ha<sup>-1</sup>) were obtained in the full irrigation treatment with irrigation water salinity of 0.6 dS.m<sup>-1</sup>. Based on the results of economic analysis, the highest benefit-cost ratio of maize was 2.64 in full irrigation and irrigation water salinity of 0.6 dS.m<sup>-1</sup>. Based on the results of economic analysis, in the full irrigation treatment and 75% full irrigation at irrigation water salinity levels of 0.6 and 2 dS.m<sup>-1</sup>, the benefit-cost ratio was greater than one and the economic water productivity was also a positive number. Thus, the economic efficiency of water in full irrigation at irrigation water salinity levels of 0.6 and 2 dS.m<sup>-1</sup> was 0.064 and 0.012 USD.m<sup>-3</sup>, respectively, and in 75% full irrigation it was 0.044 and 0.012 USD.m<sup>-3</sup>, respectively. Therefore, these treatments are economically justified. While in the 50% full irrigation treatment, at all levels of irrigation water salinity, the benefit-cost ratio was less than one and the economic water productivity was a negative number. Therefore, increasing the salinity of irrigation water to 2 dS.m<sup>-1</sup> in full irrigation and 75% full irrigation in grain maize cultivation in the study area is economically justified.</p>

Cite this article: Lor Mohammad Hasani, M., Talebnejad, R., Noshadi, M., (2026) Profitability Analysis of Grain Maize Cultivation Under Saline Water and Deficit Irrigation in a Tape Drip Irrigation System in Fars Province, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 57 (4), 907-927. <https://doi.org/10.22059/ijswr.2026.409748.670085>

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijswr.2026.409748.670085>





## EXTENDED ABSTRACT

### Introduction

The economies of many developing countries rely heavily on agriculture, which plays a crucial role in contributing to gross domestic product and ensuring food security. However, drought and salinity are among the most significant abiotic stresses affecting plant growth, crop productivity, and water-use efficiency. Providing sufficient food for a growing global population remains a major challenge, particularly in developing countries where population growth continues to increase pressure on agricultural systems. Consequently, the demand for food is rising, leading to the excessive exploitation of water and land resources. To mitigate the adverse effects of drought and salinity on plant growth and crop production, it is essential to adopt multiple management strategies. One such approach is the use of unconventional water resources for irrigation. Given the high-water consumption in the agricultural sector, improving water productivity has become increasingly important. Tape-drip irrigation is a suitable method in this regard due to its high application efficiency and minimal water losses. Furthermore, deficit irrigation is an effective management strategy for enhancing water productivity under conditions of limited water availability. In drip irrigation systems, water is applied precisely and uniformly to the root zone, minimizing fluctuations in soil matric potential. This helps compensate for the reduction in osmotic potential caused by saline irrigation water and maintains a more favorable water balance for plant growth. Therefore, modern irrigation systems such as drip irrigation are considered suitable for the use of saline water because of their frequent irrigation intervals and ability to maintain higher soil moisture levels in the root zone. Maize (*Zea mays* L.) is one of the most important cereal crops worldwide. It ranks third in cultivated area after wheat and rice and second in total production after sugarcane. Similar to wheat, barley, and rice, maize is a strategically important irrigated crop that plays a significant role in meeting the nutritional needs of both humans and livestock. Considering the economic importance of maize grain production and its extensive use in edible oil production, livestock and poultry feed, and various industrial applications, as well as the increasing challenges associated with water scarcity in the country and the region, this study aimed to evaluate the economic profitability of maize cultivation under deficit irrigation and different irrigation water salinity levels using tape-drip irrigation in the Bajgah region of Fars Province.

### Materials and Methods

In order to investigate the economic profitability of grain maize cultivation at different levels of irrigation water salinity and deficit irrigation, an experiment was conducted at the research farm of the Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Shiraz University in 2019. The Faculty of Agriculture is located 16 kilometers north of Shiraz, at a longitude of 32°52' and a latitude of 32°29', at an altitude of 1810 meters above sea level. To conduct the research, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications. Four levels of irrigation water salinity were applied, including control (0.6), 2, 3.5, and 5 dS.m<sup>-1</sup>, equivalent to EC1, EC2, EC3, and EC4. Irrigation water treatment was applied at three water levels: FI, 0.75FI, and 0.5FI, equivalent to full irrigation, 75% full irrigation, and 50% full irrigation. The field was irrigated using tape-drip irrigation with outlet spacing of 20 cm and a flow rate of 3 liters per hour per meter of tape length. In order to investigate the effect of different levels of irrigation water salinity and deficit irrigation in tape drip irrigation on leaf area index, plant height, and seed yield in maize, analysis of variance and Duncan's range comparison test were used in SAS software version 9.4. In this study, with the aim of evaluating the economic feasibility of planting grain maize, engineering economics methods, namely net present value (NPV) and benefit-cost ratio (BCR), were used.

### Results and Discussion

The results showed that applying irrigation water salinity and deficit irrigation reduced the leaf area index, plant height, and seed yield in maize. The main effect of irrigation water salinity showed that increasing irrigation water salinity from 0.6 to 2, 3.5, and 5 dS.m<sup>-1</sup> caused a 1.4, 2.5, and 3.6 % reduction in plant height, respectively. The results showed that the highest economic water productivity of 0.064 USD.m<sup>-3</sup>, present value of \$1178.53, and benefit-cost ratio of 2.64 were achieved in full irrigation with irrigation water salinity of 0.6 dS.m<sup>-1</sup>. In the full irrigation and 75% full irrigation treatments, the benefit-cost ratio was 2.64 and 1.85, respectively, at irrigation water salinity of 0.6 dS.m<sup>-1</sup>, and 1.32 and 1.27, respectively, at irrigation water salinity of 2 dS.m<sup>-1</sup>. The economic water productivity values for full irrigation and 75% full irrigation at irrigation water salinity of 0.6 dS/m were 0.064 and 0.044 USD.m<sup>-3</sup>, respectively, and for irrigation water salinity of 2 dS.m<sup>-1</sup>, they were 0.012 and 0.014 USD.m<sup>-3</sup>, respectively. Given that these values were positive, these treatments are economically justified in terms of economic water productivity. Therefore, in terms of benefit-cost ratio and economic efficiency of water, irrigation water salinity treatment of 3.5 and 5 dS.m<sup>-1</sup> in

full irrigation, 75% full irrigation, and 50% deficit irrigation treatment are not economically justified at different levels of irrigation water salinity. According to the results of this study, under conditions of 50% full irrigation, the benefit-cost ratio is less than one at all levels of irrigation water salinity and the economic productivity of water is a negative number. Therefore, maize cultivation is not economically justified under 50% full irrigation in the region. These findings indicate the relative sensitivity of maize to water salinity and its high-water requirement. Therefore, in conditions of shortage of available freshwater and water shortage from the perspective of water resources management, 75% full irrigation treatment with a salinity of  $2 \text{ dS.m}^{-1}$  is economically recommended for grain maize cultivation in the study area.

**Funding**

The study was funded by Shiraz University, Iran national Science foundation (INSF), and Grant No. 2GCU1M222614.

**Authorship contribution**

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

**Declaration of Generative AI and AI-assisted technologies in the writing process**

During the preparation of this work no AI-assisted technology was used.

**Data availability statement**

Data will be made available on request.

**Acknowledgements**

The authors gratefully acknowledge Shiraz University Research Council, the Drought Research Center, and the Iran National Science Foundation (NSF) for funding.

**Ethical considerations**

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

**Conflict of interest**

The author declares no conflict of interest.

## تحلیل سودآوری کشت ذرت دانه‌ای تحت آب شور و کم‌آبیاری در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری در استان فارس

محبوبه لر محمد حسنی<sup>۱</sup>، رضوان طالب نژاد<sup>۲</sup>✉، مسعود نوشادی<sup>۳</sup>

۱. بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران، ایمیل: [Mahbobehhasani75@gmail.com](mailto:Mahbobehhasani75@gmail.com)  
۲. نویسنده مسئول، بخش مهندسی آب و مرکز مطالعات خشکسالی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران، ایمیل: [talebnejad@shirazu.ac.ir](mailto:talebnejad@shirazu.ac.ir)  
۳. بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران، ایمیل: [noshadi@shirazu.ac.ir](mailto:noshadi@shirazu.ac.ir)

اطلاعات مقاله	چکیده
<b>نوع مقاله:</b> مقاله پژوهشی	
<b>تاریخ دریافت:</b> ۱۴۰۴/۱۰/۲۴	به منظور ارزیابی محصول اقتصادی و بهره‌وری اقتصادی کشت ذرت دانه‌ای در شرایط کم‌آبیاری و شوری آب آبیاری پژوهشی در مزرعه تحقیقاتی بخش مهندسی آب دانشکده کشاورزی در سال زراعی ۱۳۹۸ انجام شد. جهت انجام پژوهش آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمد، چهار سطح شوری آب آبیاری شامل شاهد (۰/۶)، ۲، ۳/۵ و ۵ دسی-زیمنس بر متر و تیمار آب آبیاری در سه سطح آبیاری کامل، ۷۵ درصد آبیاری کامل و ۵۰ درصد آبیاری اعمال گردید. نتایج نشان داد که حداکثر مقدار شاخص سطح برگ (۵/۸۲) و محصول دانه (۹/۵۳ مگاگرم در هکتار) در تیمار آبیاری کامل با شوری آب آبیاری ۰/۶ دسی-زیمنس بر متر حاصل شد. بر اساس نتایج حاصل از تحلیل اقتصادی بیشترین مقدار نسبت سود به هزینه ذرت ۲/۶۴ در آبیاری کامل و شوری آب آبیاری ۰/۶ دسی-زیمنس بر متر حاصل شد. بر اساس نتایج تحلیل اقتصادی در تیمار آبیاری کامل و ۷۵ درصد آبیاری کامل در سطوح شوری آب آبیاری ۰/۶ و ۲ دسی-زیمنس بر متر نسبت سود به هزینه بیشتر از یک و بهره‌وری اقتصادی آب نیز عدد مثبتی حاصل شد. به طوریکه، بهره‌وری اقتصادی آب در آبیاری کامل در سطوح شوری آب آبیاری ۰/۶ و ۲ دسی-زیمنس بر متر به ترتیب ۰/۰۶۴ و ۰/۰۱۲ دلار بر متر مکعب و در ۷۵ درصد آبیاری کامل به ترتیب ۰/۰۴۴ و ۰/۰۱۲ دلار بر متر مکعب حاصل شد. بنابراین این تیمارها توجیه اقتصادی دارند. در حالی که در تیمار ۵۰ درصد آبیاری کامل در همه سطوح شوری آب آبیاری نسبت سود به هزینه کمتر از یک و بهره‌وری اقتصادی آب عدد منفی بدست آمد. بنابراین افزایش شوری آب آبیاری تا ۲ دسی-زیمنس بر متر در آبیاری کامل و ۷۵ درصد آبیاری کامل در کشت ذرت دانه‌ای در منطقه مورد مطالعه توجیه اقتصادی دارد.
<b>واژه‌های کلیدی:</b> آب نامتعارف، بهره‌وری اقتصادی آب، کمبود آب، نسبت سود به هزینه	
<b>استناد:</b> لر محمد حسنی؛ محبوبه، طالب نژاد؛ رضوان، نوشادی؛ مسعود، (۱۴۰۵) تحلیل سودآوری کشت ذرت دانه‌ای تحت آب شور و کم‌آبیاری در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری در استان فارس، <i>مجله تحقیقات آب و خاک ایران</i> ، ۵۷ (۴)، ۹۰۷-۹۲۷. <a href="https://doi.org/10.22059/ijswr.2026.409748.670085">https://doi.org/10.22059/ijswr.2026.409748.670085</a>	
ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.	© نویسندگان.
DOI: <a href="https://doi.org/10.22059/ijswr.2026.409748.670085">https://doi.org/10.22059/ijswr.2026.409748.670085</a>	



## مقدمه

امروزه مسئله کمبود آب به یکی از نگران‌کننده‌ترین مسائل پیش روی کشور ایران تبدیل شده است. کشور ایران با قرار گرفتن در کمربند خشک جهانی، از مناطق کم‌باران دنیا به حساب می‌آید، به طوری که میانگین بارش سالانه ۲۵۴ میلی‌متر (بلندمدت) و ۲۱۰ میلی‌متر (دوره خشکسالی)، میانگین سالانه تبخیر پتانسیل ۲۰۰۰ میلی‌متر و تسلط اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک بر ۸۵ درصد مساحت آن در یکی از کم‌آب‌ترین منطقه‌های دنیا قرار گرفته است (بذرافشان و همکاران، ۱۴۰۰). ایران نیز دارای منابع آب محدود بوده و میزان بارش آن یک سوم میانگین جهانی است و از لحاظ مکانی و زمانی توزیع بارش با نیازهای کشاورزی که مصرف‌کننده اصلی آب است مطابقت ندارد. تنش‌های غیر زیستی با تغییر شرایط آب و هوای جهان به شکل جدیدی در می‌آیند و باعث ایجاد اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی گیاهان می‌شود که در نتیجه باعث کاهش معنادار محصول می‌شوند. در این راستا، شوری آب آبیاری یک چالش زیست‌محیطی جهانی است (Zhang et al., 2022).

خشکی و شوری مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی هستند که بر رشد و بهره‌وری آب گیاه تأثیر می‌گذارند (Roy et al., 2011; Shelake et al., 2022). اقتصاد بسیاری از کشورهای در حال توسعه متکی بر کشاورزی است و امروزه کشاورزی یک فعالیت اقتصادی است که سهم بسیار مهمی در تولید ناخالص داخلی هر کشور و تأمین امنیت غذایی مردم آن ایفا می‌کند. تأمین غذای مورد نیاز همچنان چالش اصلی در بسیاری از مناطق جهان، به ویژه در کشورهای در حال توسعه که جمعیت انسانی در آن‌ها همچنان در حال افزایش است باقی‌مانده است. در نتیجه تقاضای جهانی برای غذا، خوراک و سوخت در حال افزایش است و این امر منجر به استفاده بی‌رویه از منابع آب و زمین و در نتیجه تسریع تخریب زمین و محیط‌زیست می‌شود که عامل اصلی کاهش بهره‌وری در کشاورزی هستند. شوری یکی از مشکلات قابل توجهی است که معمولاً در اراضی کشاورزی آبی مشاهده می‌شود و یک تهدید بزرگ زیست‌محیطی برای تولید محصولات زراعی است. امروزه نشان داده شده است که خاک‌های شور بین ۲۰ تا ۵۰ درصد از اراضی قابل کشت آبی در سراسر جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Rachid et al., 2022; Geerts et al., 2008; Godfray et al., 2010; Gonzalez et al., 2015). بسیاری از مناطق جهان به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک تحت تأثیر مشکلات شوری قرار دارند و در نتیجه محصولات کمی را می‌توان در این مناطق کشت کرد. افزایش جمعیت و نیاز به غذا از یک طرف و محدودیت استفاده از منابع آب‌های متعارف و توسعه تدریجی شوری منابع آب و خاک از طرف دیگر باعث شده است که راه‌کارها و اقدامات پایدار تولید در منابع آب و خاک نامتعارف اهمیت دو چندان پیدا کنند. ضروری است که برای به حداقل رساندن تأثیر تنش شوری و خشکی بر رشد گیاه و تولید محصول استراتژی‌های متعددی به کار گرفته شود. در این راستا، می‌توان از مصرف آب‌های باکیفیت پایین یا آب‌های غیرمتعارف برای رفع این مشکل استفاده کرد به این منظور مدیریت جامع آب‌وخاک و افزایش بهره‌وری آب ضروری است (Huang et al., 2019). مصرف زیاد آب در بخش کشاورزی، نیاز به اتخاذ استراتژی‌های مختلف دستیابی به کارایی مناسب مصرف آب دارد. به این منظور استفاده از آبیاری قطره‌ای-نواری با توجه به راندمان بالا و هدر رفت کم، گزینه مناسبی است. کم‌آبیاری یک راه‌کار مدیریتی جهت افزایش کارایی مصرف آب در بخش کشاورزی می‌باشد (Huang et al., 2019). استفاده از آبیاری قطره‌ای موجب کاهش تلفات آبیاری، افزایش بهره‌وری آب و افزایش کیفیت محصول می‌شود (Ouma et al., 2024). در آبیاری قطره‌ای، آب به‌طور دقیق و یکنواخت در اختیار ریشه گیاه قرار می‌گیرد و تغییرات پتانسیل ماتریک در منطقه ریشه را محدود می‌کند، بنابراین اثر کاهنده پتانسیل اسمزی ناشی از آبیاری با آب شور را جبران کرده و پتانسیل آب برای رشد گیاه را در حد متعادلی حفظ می‌کند. کاربرد سیستم‌های نوین آبیاری همچون آبیاری قطره‌ای به دلیل دور آبیاری کم و بالا نگه‌داشتن رطوبت خاک یکی از گزینه‌های مناسب در مورد کاربرد آب‌های شور می‌باشد (Huang et al., 2019). در آبیاری قطره‌ای با مدیریت صحیح آبشویی، میزان کاهش عملکرد با افزایش شوری در مقایسه با آبیاری سطحی کم‌تر است و آبیاری قطره‌ای به‌عنوان قابل‌اطمینان‌ترین راه سازگار با محیط‌زیست در شرایط کم‌آبی برای استفاده از منابع آب نامتعارف است (Liu et al., 2015; Li et al., 2015). یکی از مهم‌ترین معایب سیستم آبیاری قطره‌ای، احتمال بروز مشکلاتی نظیر ترکیبگی لوله‌های تیپ و یا انسداد قطره‌چکان‌ها است. چنین مشکلاتی می‌تواند کارایی کل سامانه را تحت تأثیر قرار دهد و منجر به اختلال در توزیع یکنواخت آب گردد (Bhavsar et al., 2023). در این راستا (Li et al., 2015) گزارش کردند که مسأله مسدود شدن قطره‌چکان‌ها همیشه مانع اصلی استفاده از آبیاری قطره‌ای در مقیاس‌های بزرگ در کاربرد آب‌های نامتعارف بوده است، زیرا این امر به‌طور مستقیم بر عملکرد سیستم و عمر مفید سیستم اثر می‌گذارد. هر چند با طراحی دقیق سیستم کنترل مرکزی و انتخاب فیلترهای مناسب و اسیدشویی دقیق می‌توان این مشکلات را به حداقل رساند. مقدار محصول تولیدی در



روش آبیاری قطره‌ای با آب‌شور بیش‌تر از سایر روش‌های آبیاری می‌باشد (Li, 2015). در این شرایط کاربرد آبیاری قطره‌ای نسبت به سیستم‌های بارانی ارجحیت دارد (Hanson, 2008). آبیاری قطره‌ای یکی از بهترین روش‌ها برای اصلاح خاک‌های با شوری بالا بوده و می‌توان از این سامانه در شرایط آب‌وهوای خشک با آب شور، با اعمال روش‌های مدیریتی مناسب در کشت ذرت استفاده کرد (Wan et al., 2012). لمر محمد حسنی و همکاران (۱۴۰۱) با انجام پژوهشی در منطقه باجگاه استان فارس در کشت ذرت دانه‌ای نشان دادند که در شرایط منابع آب شور، کاربرد آبیاری قطره‌ای نواری می‌تواند با بالا نگه‌داشتن رطوبت خاک در ناحیه ریشه، درصد کاهش محصول به ازای یک واحد افزایش شوری را کاهش دهد. در یک تحقیق، (Wan et al., 2012) با استفاده از آبیاری قطره‌ای برای ذرت در شرایط شوری نشان دادند که آبیاری قطره‌ای می‌تواند به‌طور موفقیت‌آمیزی در رشد ذرت تحت شرایط شوری و خشکی بالا به کار گرفته شود اگر راهکار مدیریتی مناسب اتخاذ گردد.

ذرت از لحاظ سطح زیر کشت در بین گیاهان زراعی دنیا پس از گندم و برنج مقام سوم و از نظر میزان عملکرد پس از نیشکر مقام دوم را به خود اختصاص داده است، هم‌چنین این گیاه منبع غنی از روغن و پروتئین است که بین ۸ تا ۱۵ درصد پروتئین مورد نیاز دنیا را تأمین می‌کند (پارسا و همکاران، ۱۴۰۰). تنوع موارد مصرف (تغذیه انسان، دام و طیور، مصارف صنعتی و دارویی)، خواص مختلف زراعی مطلوب و بهره‌برداری اقتصادی خوب و سازگاری بالای ذرت با شرایط مختلف آب و هوایی باعث شده سالیانه قسمت اعظمی از اراضی دنیا به کشت این گیاه ارزشمند اختصاص یابد (جعفری و همکاران، ۱۴۰۰). در بین گیاهان زراعی که به صورت آبی تحت کشت قرار می‌گیرند، گیاه ذرت به لحاظ تأمین نیاز غذایی انسان و دام، مانند گندم، جو و برنج، دارای اهمیت راهبردی است و در مباحث مرتبط با شوری آب آبیاری، می‌تواند مورد مناسبی برای انجام پژوهش باشد (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۷). بر اساس آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی طی سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ میزان تولید ذرت دانه‌ای آبی در کشور ۱/۱۴ میلیون تن بود (ماهرخ و همکاران، ۱۴۰۴) و در سال زراعی ۱۳۹۷ میزان تولید ذرت دانه‌ای در استان فارس ۱۰۲۳۳۶ تن، بوده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷).

محدود بودن منابع آبی و وجود خشکسالی‌ها و کمبود منابع آب شیرین و کاهش کیفیت منابع آبی، کمبود غذا را روز به روز تشدید می‌کند. بحران آب یکی از مهم‌ترین عواملی است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک برای تولید محصولات کشاورزی محدودیت ایجاد می‌کند، بنابراین برای رسیدن به امنیت غذایی مطلوب استفاده بهینه از منابع آب امری بسیار ضروری است. در این راستا استفاده از شیوه‌های نوین آبیاری از جمله آبیاری قطره‌ای نواری تیپ از جمله راه‌کارهایی است که به‌منظور افزایش بهره‌وری اقتصادی آب در کشور توسعه یافته است. از طرفی با توجه به محدودیت منابع آبی کشور، بهره‌برداری بهینه از منابع موجود و ارتقای بهره‌وری اقتصادی آب در بخش کشاورزی، دستیابی به توسعه پایدار و امنیت غذایی ضروری است. در شرایطی که کشاورزی با چالش‌هایی همچون تغییرات اقلیمی، خشکسالی و شوری آب مواجه است، بررسی راهکارهای مدیریتی نظیر استفاده از آب شور و اعمال کم‌آبیاری می‌تواند نقش مهمی در مدیریت منابع آب ایفا کند. انجام تحقیقاتی به‌منظور شناخت کامل از ویژگی‌های آب، خاک و واکنش گیاه ذرت به شوری با توجه به حساسیت نسبی ذرت به شوری و گسترش اراضی شور و کیفیت پایین آب آبیاری، با روش آبیاری نوار تیپ با توجه به اهمیت این گیاهان جهت ورود به الگو کشت و بررسی اقتصادی آن ضروری می‌باشد. بنابراین با توجه به اهمیت این موضوع در پژوهش حاضر به تعیین بهره‌وری اقتصادی آب و ارزیابی اقتصادی در کاشت ذرت دانه‌ای با کاربرد آب آبیاری شور و کم‌آبیاری در منطقه باجگاه استان فارس پرداخته شده است.

با توجه به اهمیت کشت ذرت دانه‌ای در کشور و مصارف آن در تولید روغن مایع خوراکی، تغذیه دام و طیور و مصارف صنعتی و با توجه به چالش‌های موجود در کشور و منطقه در رابطه با محدودیت منابع آب، این تحقیق با هدف ارزیابی اقتصادی کشت ذرت دانه‌ای به عنوان یک گیاه با ارزش اقتصادی زیاد و آب مصرفی قابل ملاحظه در شرایط کم‌آبیاری و شوری آب آبیاری در روش آبیاری قطره‌ای نواری، در منطقه باجگاه استان فارس در سال ۱۳۹۸ انجام گردید.

## پیشینه پژوهش

تحلیل اقتصادی به‌منظور ارزیابی سود کشاورز جهت ترویج محصولات کشاورزی در الگوی کشت اهمیت ویژه‌ای دارد، لذا از دیرباز مورد توجه محققین بوده است. محققان (Kledzik et al (2017) با انجام آزمایشی در لهستان، به‌منظور ارزیابی اقتصادی آبیاری ذرت دانه‌ای نشان دادند سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی نسبت به روش آبیاری سطحی با افزایش سطح زیر کشت، هزینه‌ها کاهش و سودآوری محصول بیشتر بود. (Bassey et al (2025) با انجام تحقیقی در نیجریه به‌منظور تحلیل اقتصادی در ذرت انجام دادند آنها مقدار نسبت سود به هزینه را ۱/۹ گزارش کردند که نشان دادند ذرت دارای سودآوری اقتصادی است. (Biswas et al (2022) به‌منظور تحلیل سودآوری کشت ذرت در منطقه بنگالادش مقادیر نسبت سود به هزینه را در مزارع کوچک و متوسط به ترتیب ۱/۵۳ و ۱/۴۰ گزارش کردند. مهری و

همکاران (۱۴۰۱)، (Muyu et al (2025) با انجام آزمایشی در شمال غربی کامرون نشان دادند نسبت سود به هزینه در ذرت از یک بیشتر شد، و کشت ذرت در آنجا از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر بود. مهری و همکاران (۱۴۰۱) به‌منظور ارزیابی اقتصادی کشت ذرت دانه‌ای در روش‌های کم‌آبیاری موجی و یک در میان، پژوهشی در دشت جایدرد شهرستان پل دختر انجام دادند. نتایج نشان داد بیشترین سود خالص نسبت به آب مصرفی در روش آبیاری موجی، ۹/۸۷ هزار ریال بر متر مکعب حاصل شد و در رژیم‌های مختلف آبیاری، بیشترین سود خالص نسبت به مقدار آب مصرفی در آبیاری کامل با مقدار ۸/۲۹ هزار ریال بر متر مکعب تعیین شد. آنها نشان دادند تیمار آبیاری موجی با نسبت قطع و وصل جریان دو به یک و ۸۰ درصد نیاز آبی با نسبت سود به هزینه ۱/۰۱ دارای بهترین توجیه اقتصادی است. ماهرخ و همکاران (۱۴۰۴) در پژوهشی به بررسی ارزیابی اقتصادی کشت ذرت دانه‌ای در شهرستان شوش پرداختند، نسبت فایده به هزینه تولید محصول تحت مدیریت توصیه شده و مرسوم به ترتیب ۱/۹۷ و ۱/۱۷ و بهره‌وری اقتصادی آب به ترتیب ۱۶۱۷۴/۶ و ۳۳۸۰/۲ ریال بر متر مکعب برآورد شد. ناظمی و همکاران (۱۳۹۸) با انجام آزمایشی در بررسی ارزیابی اقتصادی عملکرد ذرت دانه‌ای در منطقه اسلام آباد غرب، سود خالص نسبت به مقدار آب مصرفی را در سال اول و دوم کشت به ترتیب ۳/۵۰ و ۳/۲۰ هزار ریال بر متر مکعب در رژیم آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی گزارش کردند. سیدان و متقی (۱۳۹۸) با انجام تحقیقی در همدان مقدار بهره‌وری اقتصادی آب برای ذرت دانه‌ای در سامانه آبیاری سنتی و مدرن به ترتیب ۲۸۴۹ و ۳۶۶۵ ریال بر متر مکعب گزارش کردند. ناظمی و همکاران (۱۳۹۸) بیشترین سود خالص به ازای آب مصرفی در ذرت دانه‌ای را در ۷۵ درصد نیاز آبی گزارش کردند، و نسبت سود به هزینه را ۱/۰۳ گزارش کردند. اسدی و همکاران (۱۳۸۸) در پژوهشی به بررسی سودآوری تولید ذرت دانه‌ای در دشت سرخه در شهرستان شوش از استان خوزستان پرداختند، میانگین سود خالص تولید این محصول ۵۴۶۸ هزار ریال در هکتار و بهره‌وری اقتصادی آن ۸/۳ ریال در متر مکعب گزارش کردند. شیخ زین الدین و فتحی (۱۴۰۰) در تحلیل مدیریت تولید پایدار زراعت ذرت دانه‌ای در کشور با رویکرد منافع اجتماعی محققین به این نتیجه رسیدند که تولید این محصول در همه استان‌های این کشور دارای سود اقتصادی می‌باشد.

تحلیل اقتصادی برای کشت سایر محصولات شامل غلات و دانه‌های روغنی نیز از دیرباز مورد توجه محققین بوده است. به عنوان مثال، درگاهی و همکاران (۱۳۹۵) آزمایشی به‌منظور تحلیل اقتصادی کشت کلزا تحت شرایط آبی و دیم در استان گلستان انجام دادند و نتایج نشان داد که نسبت سود به هزینه تولید در مزارع آبی ۲/۰۹ و در مزارع دیم ۲/۱۲ بدست آمد که نشان دادند کشت کلزا در آنجا دارای توجیه اقتصادی است. Moghimi and Sepaskhah, 2015 با انجام پژوهشی بر روی ذرت و برنج نشان دادند اعمال کم‌آبیاری بهره‌وری آب را افزایش داد و از طرف دیگر کم‌آبیاری از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر بود. علیخانی مهوار و همکاران (۱۴۰۳) طی انجام پژوهشی در مزرعه تحقیقاتی ساری مقدار بهره‌وری اقتصادی آب در گیاه آفتابگردان در آبیاری کامل، ۷۵ و ۵۵ درصد آبیاری کامل به ترتیب ۳۷۹/۸، ۴۱۴/۶ و ۲۷۷/۱ هزار ریال بر متر مکعب گزارش کردند. ورجاوند و همکاران (۱۴۰۰) با انجام آزمایشی در شهرستان‌های اهواز و دشت آزادگان، مقدار بهره‌وری اقتصادی آب در تولید گندم را به ترتیب ۷۴۵۶ و ۵۳۷۷ ریال به ازای هر متر مکعب آب گزارش کردند. اسدی و همکاران (۱۴۰۰) پژوهشی در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در استان البرز انجام دادند و نتایج نشان داد سود حاصل از مصرف هر متر مکعب آب آبیاری مصرفی در تولید گندم، جو، کلزا و ذرت علوفه‌ای به ترتیب ۱۱۹۱/۱، ۱۰۷۵۰، ۷۲۹۱/۷ و ۱۳۱۲/۲ ریال بر متر مکعب تعیین شد. بهرامی و همکاران (۱۳۹۹) طی انجام پژوهشی در منطقه شهرداری تهران، مقدار بهره‌وری اقتصادی آب در روش آبیاری سنتی و نوین در ذرت علوفه‌ای به ترتیب ۴۶۴۶ و ۶۴۱۷/۲ ریال بر متر مکعب گزارش کردند. جعفری و عباسی (۱۴۰۲) با انجام آزمایشی در دشت مغان مقدار بهره‌وری اقتصادی آب در گندم، ذرت دانه‌ای، ذرت علوفه‌ای، برنج، جو و چغندر قند را به ترتیب ۱۵۶۵، ۷۰۰، ۱۳۳۰، ۶۵۰، ۱۴۳۵ و ۱۴۵۰ تومان بر متر مکعب گزارش کردند.

کشاورزی با چالش‌های زیادی مانند تغییرات آب و هوایی، خشکسالی و شوری آب آبیاری مواجه است استفاده از آب شور و کم‌آبیاری در شرایط کمبود آب از مهم‌ترین مشکلاتی هستند که کشاورزان با آن مواجه می‌باشند. با توجه به محدودیت منابع آبی در کشور، بهره‌برداری بهینه از منابع و افزایش بهره‌وری اقتصادی آب در تولید محصولات برای رسیدن به رشد اقتصادی در بخش اقتصادی کاملاً ضروری است. بنابراین، پرداختن به موضوع بهره‌وری اقتصادی آب و تحلیل اقتصادی در ذرت دانه‌ای با توجه به حساسیت نسبی ذرت به شوری و گسترش اراضی شور و کیفیت پایین آب آبیاری، از جایگاهی ویژه برخوردار است. از طرفی با توجه به پژوهش‌های انجام شده اطلاعات محدودی در ایران در مورد ارزیابی اقتصادی و بهره‌وری اقتصادی آب در کشت ذرت دانه‌ای با کاربرد همزمان آب شور و کم‌آبیاری با روش آبیاری نوار تیپ وجود دارد. در این راستا انجام تحقیقاتی به‌منظور ارزیابی اقتصادی کشت ذرت دانه‌ای در شرایط تنش شوری و خشکی با روش آبیاری قطره‌ای نواری در شرایط آب و هوایی مزارع استان فارس با توجه به اهمیت این گیاهان جهت ورود به الگو کشت و بررسی اقتصادی آن و ارزیابی سود کشاورز جهت ترویج محصولات کشاورزی در الگوی کشت ضروری می‌باشد که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است.



## مواد و روش‌ها

### مشخصات محل پژوهش

به منظور بررسی اقتصادی کشت ذرت دانه‌ای در سطوح مختلف شوری آب آبیاری و کم‌آبیاری، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی بخش مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در سال ۱۳۹۸ انجام شد. دانشکده کشاورزی واقع در ۱۶ کیلومتری شمال شیراز با طول جغرافیایی  $52^{\circ} 32'$  و عرض جغرافیایی  $29^{\circ} 32'$  و در ارتفاع ۱۸۱۰ متری از سطح دریای آزاد واقع شده است. جهت انجام پژوهش آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا در آمد، چهار سطح شوری آب آبیاری شامل شاهد ( $0/6$ )،  $2$ ،  $3/5$  و  $5$  دسی‌زیمنس بر متر معادل EC0.6، EC2، EC3.5، EC5 و اعمال گردید و تیمار آب آبیاری در سه سطح آبی FI،  $0.75FI$  و  $0.5FI$  به ترتیب معادل آبیاری کامل،  $75$  و  $50$  درصد آبیاری کامل است. آبیاری مزرعه به صورت قطره‌ای-نواری و فواصل خروجی  $20$  سانتی‌متر با دبی  $3$  لیتر بر ساعت در متر طول نوار انجام گردید. فواصل بین ردیف‌ها  $75$  سانتی‌متر در نظر گرفته شد. برای اعمال تیمارهای شوری آب، با شوری‌های مورد نظر، تعدادی مخزن  $20$  لیتری تهیه و هر مخزن به سه عدد نوار تیپ متصل گردید که تکرارهای آزمایش محسوب می‌شدند. برای جلوگیری از حرکت و نشست نمک به تیمارهای کناری، بین هر تیمار با تیمار مجاور یک ردیف ذرت در نظر گرفته شد. آب با شوری‌های مختلف با اضافه نمودن نمک‌های NaCl و  $CaCl_2$  به وزن یکسان اکی والانتی به آب شاهد با شوری  $0/6$  دسی‌زیمنس بر متر تهیه شد. کیفیت شیمیایی آب آبیاری در تیمار شاهد در جدول ۱ ارائه شده است. آزمایش مورد نظر در خاک با بافت لوم رسی با ظرفیت زراعی  $32$  درصد حجمی (رطوبت در مکش  $0/33$  بار) و نقطه پژمردگی دائم  $19$  درصد حجمی انجام شد، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- آنالیز شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده در آزمایش.

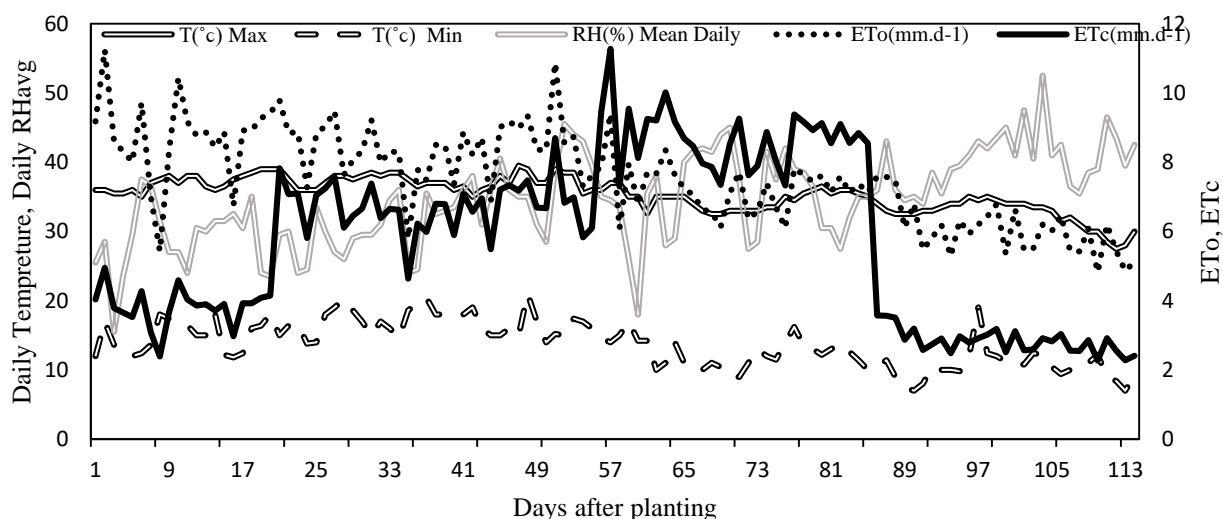
شوری عصاره اشباع خاک (دسی‌زیمنس بر متر)	کلر (میلی‌اکی‌والانت بر لیتر)	پتاسیم (میلی‌اکی‌والانت بر لیتر)	سدیم (میلی‌اکی‌والانت بر لیتر)	کلسیم (میلی‌اکی‌والانت بر لیتر)	منیزیم (میلی‌اکی‌والانت بر لیتر)	نسبت جذب سدیم
۰/۶۹۲	۰/۲	۰/۲۷	۰/۴	۱/۲	۱/۶	۰/۲۸۲

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه

جدول خصوصیات فیزیکی و شیمیایی	عمق خاک (cm)		
	۹۰-۶۰	۶۰-۳۰	۳۰-۰
ظرفیت زراعی ( $cm\ cm^{-3}$ )	۰/۳۲	۰/۳۳	۰/۳۴
نقطه پژمردگی دائم ( $cm\ cm^{-3}$ )	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۲۰
چگالی ظاهری ( $g\ cm^{-3}$ )	۱/۴۷	۱/۶	۱/۶۶
شن %	۳۳/۵	۲۲/۳	۲۰
سیلت %	۳۴/۲	۳۶/۹	۳۸/۱
رس %	۳۲/۳	۴۰/۸	۴۱/۹
بافت خاک	لومرسی	لومرسی	لومرسی
ECe ( $dS\ m^{-1}$ )	۰/۸	۰/۹۲	۱/۱
Cl <sup>-</sup> ( $meq\ l^{-1}$ )	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۴
Na <sup>+</sup> ( $meq\ l^{-1}$ )	۰/۳۹	۰/۶۴	۰/۹
Ca <sup>2+</sup> ( $meq\ l^{-1}$ )	۱/۴	۱/۸	۲/۴
Mg <sup>2+</sup> ( $meq\ l^{-1}$ )	۱/۶	۲	۲/۲
N- No3 ( $mg\ kg\ soil^{-1}$ )	۱۸/۷	۵/۸۵	۱۷/۷
P ( $mg\ kg^{-1}$ )	۱۸/۲	--	--
K ( $meq\ kg^{-1}$ )	۰/۳۶	۰/۲۹	۰/۱۹
Organic C (%)	۱/۴۶	۱/۲۲	۰/۸۵

-- داده اندازه گیری شده وجود ندارد.

دمای حداکثر، حداقل، میانگین رطوبت نسبی در طول فصل رشد از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک واقع در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز جمع آوری شد. میانگین حداکثر و حداقل دما به ترتیب ۳۵/۳ و ۱۳/۷ درجه سانتی‌گراد بود، و میانگین رطوبت نسبی نیز ۳۴/۷ درصد بود (شکل ۱). مقادیر تبخیر تعرق گیاه مرجع ( $ET_0$ ) در طول دوره رشد (۱۱۴ روز) گیاه ذرت به صورت روزانه به روش Razzaghi and Sepaskhah, محاسبه شد و مجموع تبخیر تعرق گیاه مرجع دوره رشد برابر با ۸۶۰/۸ میلی‌متر و میانگین روزانه تبخیر تعرق گیاه مرجع برابر با ۷/۵۵ میلی‌متر در روز بوده است.



شکل ۱- دمای حداکثر و حداقل روزانه، میانگین رطوبت نسبی روزانه، تبخیر تعرق گیاه مرجع و تبخیر تعرق پتانسیل ذرت در طول دوره کشت در سال ۱۳۹۸.

## عملیات زراعی

### آماده‌سازی زمین و کاشت

پس از شخم و دیسک زمین، ۴۰ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص به صورت کود سوپر فسفات تریپل ( $Ca(H_2PO_4)_3$ ) که حاوی ۴۶ درصد  $P_2O_5$  است با لایه سطحی خاک مخلوط و به‌عنوان کود شیمیایی مورد نیاز به مزرعه داده شد و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به صورت اوره یا خلوص ۴۶ درصد، طی دو مرحله در ابتدای کاشت (۷۵ کیلوگرم در هکتار در ۲۷ خرداد ۱۳۹۸) و آغاز گلدهی (۷۵ کیلوگرم در هکتار در ۳۱ مرداد ۱۳۹۸) به مزرعه داده شد. در مجموع ۳۶ پلات به ابعاد ۳ متر در ۲/۵ متر و هر پلات شامل ۳ ردیف به فاصله ۷۵ سانتی‌متر از یکدیگر وجود داشت. ذرت رقم سینگل کراس، واریته ۷۰۴ با فاصله ۱۰ سانتی‌متر و تراکم ۷۵ هزار بوته در هکتار در عمق تقریبی ۵ سانتی‌متر روی پشته‌ها با بذریاش کشت گردید. کاشت محصول در تاریخ ۲۷ خرداد ۱۳۹۸ و برداشت محصول ۱۱۴ روز بعد از کاشت در تاریخ ۱۶ مهر ۱۳۹۸ انجام شد، مقدار محصول دانه هر کرت به‌طور جداگانه بسته‌بندی شد. وزن کل تر با ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد و سپس برای اندازه‌گیری وزن خشک گیاه، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شد و به مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و سپس وزن خشک اندازه‌گیری شد. به‌منظور کنترل آفات از سم دیازینون به مقدار یک در هزار یکبار در طول فصل رشد استفاده گردید. به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف شوری آب آبیاری و کم‌آبیاری در آبیاری قطره‌ای نواری بر شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه و محصول دانه در ذرت از تجزیه واریانس و آزمون دانکن مقایسه میانگین‌ها، در نرم‌افزار SAS نسخه 9.4 استفاده گردید.

### نیاز آبی و روش آبیاری

مقدار آب آبیاری با توجه به مقدار تبخیر تعرق بالقوه روزانه گیاه مرجع ( $ET_0$ ) و ضریب گیاهی ذرت با استفاده از معادله پنمن-ماتیت فائو محاسبه شد (Allen et al., 1998). این معادله با توجه به شرایط اقلیمی نیمه‌خشک منطقه مورد مطالعه، طبق اصلاحات ارائه شده توسط



Razzaghi and Sepaskhah, (2012) به کار گرفته شد. اطلاعات هواشناسی از ایستگاه هواشناسی واقع در دانشکده کشاورزی تهیه شد. به کمک معادله پنمن-مانتیت فائو اصلاح شده، تبخیر-تعرق گیاه مرجع محاسبه و مقدار ضریب گیاهی ذرت برای مرحله ابتدایی رشد: ۰/۴۴، مرحله میانی رشد: ۱/۲ و مرحله پایانی رشد: ۰/۳۵-۰/۶ و مقدار ضریب سایه‌انداز ذرت برای مراحل رشد ابتدایی و توسعه‌ای، میانی و پایانی به ترتیب ۰/۱۹، ۰/۳۶، ۰/۶۷ و ۰/۹۳ در نظر گرفته شد و تبخیر-تعرق ذرت و نیاز آبی خالص ذرت بر اساس معادلات (۱) تا (۳) محاسبه شد.

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$D_R = ET_c \times A \times K_r \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$K_r = [GC + 0.15(1 - GC)] \quad \text{رابطه (۳)}$$

در روابط فوق  $ET_c$  تبخیر تعرق پتانسیل گیاه ( $mm.d^{-1}$ )،  $K_c$  ضریب گیاهی،  $ET_0$  تبخیر-تعرق بالقوه گیاه مرجع ( $mm.d^{-1}$ )،  $K_r$  ضریب سایه‌انداز،  $D_R$  نیاز آبی خالص گیاه ( $L.d^{-1}$ )،  $A$  مساحت مربوط به هر بوته و  $GC$  درصد پوشش گیاهی است. آبیاری مزرعه به صورت قطره‌ای-نواری با فواصل خروجی ۲۰ سانتی‌متر و دبی ۳ لیتر بر ساعت انجام گردید. دور آبیاری سه روز با توجه به شرایط رطوبتی خاک در نظر گرفته شد. حجم آب آبیاری مورد نیاز برای تیمار آبیاری کامل با استفاده از مقدار تبخیر-تعرق پتانسیل روزانه ذرت و با در نظر گرفتن راندمان کاربرد آب در مزرعه (۹۰ درصد) تعیین شد. مقدار کل آب آبیاری در فصل رشد در رژیم‌های آبیاری کامل، ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل به ترتیب ۱۲۵۳۰، ۹۳۹۷ و ۶۲۶۵ متر مکعب در هکتار بود.

#### اندازه‌گیری شاخص سطح برگ و ارتفاع گیاه

شاخص سطح برگ قبل از اعمال تیمارهای شوری طی سه مرحله اندازه‌گیری انجام شد به این صورت که سه گیاه به‌عنوان نماینده در ابتدا، وسط و انتهای زمین در نظر گرفته شد و طول و عرض و مساحت برگ‌ها اندازه‌گیری گردید و سپس ۶۲ روز پس از کاشت در مرحله میانی رشد و بعد از اعمال تیمارهای شوری آب آبیاری و کم‌آبیاری در فصل رشد، دو گیاه از هر کرت آزمایشی انتخاب گردید و طول و عرض برگ ذرت اندازه‌گیری شد و مساحت سطح برگ و شاخص سطح برگ ( $LAI$ ) تعیین شد مساحت سطح برگ ( $m^2.plant^{-1}$ ) با ضرب طول و عرض حداکثر اندازه‌گیری شده از هر برگ از گیاه با ضریب شکل ۰/۸۰۴ برای ذرت تخمین زده شد (Zand Parsa et al., 2006).

$$LA = 0.804(L * W) \quad \text{رابطه (۴)}$$

در این رابطه:  $LA$  مساحت سطح برگ ( $cm^2$ )،  $L$  طول برگ ( $cm$ ) و  $W$  عرض برگ ( $cm$ ) می‌باشد. ۰.۸۰۴ ضریب شکل ذرت است. شاخص سطح برگ از تقسیم مساحت برگ‌های هر گیاه به مساحت اشغال شده توسط هر گیاه از معادله زیر به دست آمد:

$$LAI = \frac{A}{A_c} \quad \text{رابطه (۵)}$$

در این رابطه:  $LAI$  شاخص سطح برگ،  $A$  مساحت برگ‌های هر گیاه ( $cm^2$ ) و  $A_c$  مساحت اشغال شده توسط هر گیاه ( $cm^2$ ) است که از حاصل ضرب فاصله بوته‌ها در فاصله ردیف‌های کاشت گیاه در مزرعه به دست آمد. ارتفاع گیاه نیز برحسب سانتی‌متر در طول دوره‌ی رشد اندازه‌گیری شد. منظور از ارتفاع گیاه، بلندی آن از سطح زمین تا بالاترین نقطه‌ی گل‌آذین اصلی آن است.

#### ارزیابی اقتصادی

در این مطالعه با هدف ارزیابی اقتصادی کاشت ذرت دانه‌ای، از روش‌های اقتصاد مهندسی یعنی ارزش کنونی<sup>۱</sup> (NPV)، و نسبت سود به هزینه<sup>۲</sup> (BCR) استفاده شد. محاسبات اقتصادی ذرت با در نظر گرفتن قیمت فروش ۰/۱۸ دلار به ازای هر کیلوگرم (۲۰ هزار ریال به ازای هر کیلوگرم) محاسبه گردید.

### روش تحلیل ارزش کنونی

یکی از روش‌های متداول تحلیل اقتصادی و مقایسه پروژه‌های سرمایه‌گذاری، محاسبه معادل ارزش کنونی هر پروژه است. در این روش، گردش نقدی پیش‌بینی شده آینده با استفاده از ضرایب ارزش کنونی پرداخت یکبار، سری یکنواخت و یا سری متغیر و حداقل نرخ قابل قبول، به معادل ارزش کنونی آن تبدیل می‌شود. سپس، این رقم با هزینه اولیه پروژه جمع شده تا معیاری برای مقایسه پروژه‌ها بدست آید. بر اساس این معیار، پروژه بهینه پروژه‌ای است که از بالاترین ارزش کنونی مثبت و یا کمترین ارزش کنونی منفی برخوردار باشد. لازم به ذکر است که هزینه‌ی پروژه به‌طور قراردادی با علامت منفی و منافع یا درآمدهای پروژه با علامت مثبت نشان داده شد. منظور از زمان کنونی، ابتدای سال شروع سرمایه‌گذاری است که در اصطلاح اقتصاد مهندسی، سال صفر نامیده می‌شود. برای تبدیل ارزش آینده  $F$  به حال از معادله (۶) استفاده شد (Sullivan et al., 2014).

$$P = \frac{F}{(1+i)^n} = F(P/F, i, n) \quad \text{رابطه ۶}$$

که در آن،  $P$  مبلغ کنونی،  $F$  ارزش آینده،  $i$  نرخ بهره و  $n$  عمر مفید اقتصادی است در این پژوهش در کشت ذرت دانه‌ای نرخ بهره ۱۸٪ و  $n$  یک سال در نظر گرفته شده است.

### روش سود به هزینه

در این روش، نسبت میانگین منافع احتمالی سالانه و یا معادل یکنواخت منافع احتمالی سالانه به معادل هزینه یکنواخت سالانه محاسبه شد. نسبت محاسبه شده، با معیار یک مقایسه گردید. در صورتی که این نسبت بزرگتر از یک بود پروژه قبول و در غیر این صورت رد می‌شود. در این مطالعه با استفاده از معادله (۷) معادل درآمد یکنواخت سالانه<sup>۱</sup> (EUAB)، و معادله (۸) معادل هزینه یکنواخت سالانه<sup>۲</sup> (EUAC) محاسبه گردید و بر اساس معادله (۹) نسبت سود به هزینه (BCR) محاسبه شد (Sullivan et al., 2014).

$$EUAB = F \left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] = F \left( \frac{A}{F}, i\%, n \right) \quad \text{رابطه ۷}$$

$$EUAC = P \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] = P \left( \frac{A}{P}, i\%, n \right) \quad \text{رابطه ۸}$$

$$BCR = \frac{EUAB}{EUAC} \quad \text{رابطه ۹}$$

که در آن‌ها  $F$  ارزش آینده هزینه‌ها یا درآمدها،  $P$  ارزش حال هزینه‌ها یا درآمدها،  $A$  هزینه‌ها و درآمدهای یکنواخت سالیانه،  $i$  نرخ بهره و  $n$  عمر مفید اقتصادی است.

### بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری

بهره‌وری اقتصادی آب میزان سود خالص به ازای آب آبیاری است. هدف از این روش تعیین میزان سود حاصل از هر مترمکعب آب است، جهت تعیین بهره‌وری اقتصادی آب پس از جمع‌آوری اطلاعات هزینه و درآمد، شاخص بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری<sup>۳</sup> (EWP) بر اساس معادله (۱۰) محاسبه شد (Fernández et al., 2020):

$$EWP = \frac{EUAB - EUAC}{IWU} \quad \text{رابطه ۱۰}$$

که در آن  $EWP$  بهره‌وری اقتصادی به ازای هر واحد حجم آبیاری ( $\text{USD} \cdot \text{m}^{-3}$ )،  $EUAB$  معادل یکنواخت درآمد سالانه و  $EUAC$  معادل یکنواخت هزینه سالانه ( $\text{USD} \cdot \text{ha}^{-1}$ )،  $IWU$  حجم آب آبیاری کاربردی ( $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) است. هزینه‌های کشت در هر هکتار ذرت دانه‌ای در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۸ در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- هزینه‌های کشت هر هکتار ذرت دانه‌ای (دلار) در منطقه باجگاه استان فارس در سال ۱۳۹۸.

نوع عملیات	مقدار	واحد	قیمت واحد	هزینه کل
شخم	۱	مرحله	۹/۰۹	۹/۰۹
دیسک	۱	مرحله	۳/۶۳	۳/۶۳
لولر	۱	مرحله	۳/۶۳	۳/۶۳
کود شیمیایی اوره	۱۵۰	کیلو گرم	۰/۰۷	۱۰/۵
کود شیمیایی فسفات	۴۰	کیلو گرم	۰/۱	۴
بذر	۲۰	کیلو گرم	۰/۱۸	۳/۶۳
کود پاشی	۳	نفر	۳/۶۳	۱۰/۹
سم	-	لیتر	۱۳/۶	۱۳/۶
سم پاشی	۳	نفر	۳/۶۳	۱۰/۹
کارگری	۷	نفر	۳/۶۳	۲۵/۴
کمباین	۱	دستگاه	-	۱۳/۶
حمل و نقل	۱	دستگاه	۱۱/۸	۱۱/۸
هزینه متفرقه (برق و استهلاک پمپ)	-	دلار در هکتار	۳/۶۳	۳/۶۳
هزینه اولیه اجرای سیستم آبیاری قطره‌ای-نواری	-	دلار در هکتار	-	۳۶۳/۶
جمع کل هزینه تولید	-	دلار در هکتار	-	۴۸۸/۰۸

## نتایج و بحث

### محصول اقتصادی و رشد مورفولوژیک

#### شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه، محصول دانه

نتایج تجزیه واریانس شاخص سطح برگ و محصول دانه نشان داد که اثر اصلی شوری آب آبیاری، کم‌آبیاری و برهمکنش شوری و کم‌آبیاری اثر معنی‌دار در سطح پنج درصد بر شاخص سطح برگ و محصول دانه داشته است. هم‌چنین نتایج تجزیه واریانس ارتفاع گیاه نشان داد که اثر اصلی شوری آب آبیاری و کم‌آبیاری اثر معنی‌دار در سطح پنج درصد بر ارتفاع گیاه داشته است، درحالی که اثر برهمکنش آنها بر ارتفاع گیاه معنی‌دار نبود (جدول ۴). حداکثر میزان شاخص سطح برگ ۵/۸۲ در تیمار آبیاری کامل با شوری آب آبیاری ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده گردید. اعمال تنش از آبیاری کامل به ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل باعث کاهش ۸/۰۷ و ۲۶/۳ درصدی شاخص سطح برگ نسبت به آبیاری کامل در تیمار شوری آب آبیاری ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر شد (جدول ۵). در پژوهش (Azizan and Sepaskhah 2014) اعمال تنش به ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل به ترتیب موجب کاهش ۲۳/۵ و ۳۴/۹ درصدی شاخص سطح برگ شد. افزایش شوری آب آبیاری از ۲ به ۵ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب باعث کاهش ۲۴/۸، ۲۱/۵ و ۲۵/۴ درصدی شاخص سطح برگ در تیمارهای آبیاری کامل، ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل شد (جدول ۵). طبق جدول ۶، تنش آبی (تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل)، سبب کاهش ۱/۴ و ۱/۸ درصدی ارتفاع گیاه نسبت به آبیاری کامل شد. افزایش شوری آب آبیاری از ۰/۶ به ۲، ۳/۵ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب باعث کاهش ۱/۴، ۲/۵ و ۳/۶ درصدی ارتفاع گیاه شد. حداکثر مقدار محصول دانه ۹/۵۳ مگا گرم در هکتار در آبیاری کامل با شوری ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده گردید و کم‌ترین مقدار محصول دانه ۳/۳ مگا گرم در هکتار در تیمار ۵۰ درصد آبیاری کامل با شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده گردید. تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل به ترتیب باعث کاهش ۲۱/۵ و ۴۷/۵ درصدی محصول دانه نسبت به آبیاری کامل در تیمار شوری آب آبیاری ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر این مقدار کم‌آبیاری تفاوت معناداری در محصول دانه ایجاد نکرد (جدول ۵). طبق جدول ۵، با آبیاری کامل و افزایش شوری آب آبیاری از ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر به ۲، ۳/۵ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر مقدار محصول دانه به ترتیب ۳۶، ۴۶/۳ و ۵۴/۴ درصد کاهش پیدا کرد. افزایش شوری از ۲ به ۵ دسی‌زیمنس بر متر باعث ۲۸/۶ درصد کاهش محصول در آبیاری کامل و ۴۰/۷ درصد کاهش محصول در ۷۵ درصد آبیاری کامل شد درحالی که ۵۰ درصد آبیاری کامل باعث کاهش ۲۶ درصدی محصول دانه شد.

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر شوری آب آبیاری و کم آبیاری بر صفات مورد ارزیابی در ذرت.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		شاخص سطح برگ	ارتفاع گیاه
تکرار	۲	۰/۰۸۶۸۹**	۰/۰۰۱۶۷ <sup>ns</sup>
شوری آب آبیاری	۳	۴/۶۷**	۰/۰۱۷۷۳**
رژیم آبیاری	۲	۴/۱۰**	۰/۰۰۷۰۱**
شوری آب آبیاری*رژیم آبیاری	۶	۰/۱۲۸**	۰/۰۰۱۵۴ <sup>ns</sup>
خطا	۲۲	۰/۱۲۶	۰/۰۰۰۴۷
ضریب تغییرات (%)		۱/۷۳	۰/۸

ns, \*, \*\* به ترتیب غیر معنی دار و معنی داری در سطح احتمال یک و پنج درصد را نشان می دهد

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر برهمکنش شوری آب آبیاری و کم آبیاری بر محصول دانه و شاخص سطح برگ در ذرت.

محصول دانه (مگاگرم در هکتار)	شاخص سطح برگ	شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر)	رژیم آبیاری
۹/۵۳ <sup>a</sup>	۵/۸۳ <sup>a</sup>	۰/۶	آبیاری کامل
۶/۱۰ <sup>bc</sup>	۵/۴ <sup>b</sup>	۲	
۵/۱۳ <sup>cde</sup>	۴/۵۸ <sup>d</sup>	۳/۵	
۴/۳۴ <sup>fe</sup>	۴/۰۶ <sup>e</sup>	۵	
۷/۴۸ <sup>b</sup>	۵/۳۵ <sup>b</sup>	۰/۶	۷۵٪ آبیاری
۵/۹۷ <sup>bcd</sup>	۴/۸۵ <sup>c</sup>	۲	
۴/۳۷ <sup>fde</sup>	۳/۸۴ <sup>e</sup>	۳/۵	
۳/۵۴ <sup>fe</sup>	۳/۴۷ <sup>h</sup>	۵	۵۰٪ آبیاری
۵/۰ <sup>cde</sup>	۴/۲۹ <sup>e</sup>	۰/۶	
۴/۴۶ <sup>def</sup>	۴/۱۴ <sup>f</sup>	۲	
۳/۵۸ <sup>fe</sup>	۳/۴۷ <sup>h</sup>	۳/۵	
۳/۳ <sup>f</sup>	۳/۲۷ <sup>h</sup>	۵	

میانگین‌ها در هر ستون که دارای حروف مشابه می باشند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر اصلی شوری آب آبیاری و کم آبیاری بر ارتفاع گیاه در ذرت.

ارتفاع گیاه (متر)	شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر)
۲/۷۷ <sup>A</sup>	۰/۶
۲/۷۳ <sup>B</sup>	۲
۲/۷ <sup>C</sup>	۳/۵
۲/۶۷ <sup>D</sup>	۵
	سطوح آبیاری
۲/۷۴ <sup>A</sup>	آبیاری کامل
۲/۷ <sup>B</sup>	۷۵ درصد آبیاری کامل
۲/۶۹ <sup>C</sup>	۵۰ درصد آبیاری کامل

معمولاً به دلیل حساسیت بالای تقسیم سلولی و سرعت رشد سلول‌ها به کم آبی، تنش خشکی باعث کاهش سطح برگ می شود. از طرفی کمبود آب باعث کاهش تعداد برگ در بوته، اندازه برگ‌ها و طول عمر آنها شده و در نهایت باعث کاهش سطح برگ می شود (Shao et al., 2008; Anjum et al., 2011). سایر محققان نیز گزارش کردند که وقوع تنش خشکی، به طور معنی داری شاخص سطح برگ را کاهش می دهد (Mearaji et al., 2021; Sun et al., 2014; Kaman et al., 2011; Jayme-Oliveira et al., 2017). هم چنین

کاهش سطح برگ با افزایش شوری در تحقیق (Hung et al., 2012) نیز گزارش شده است. یکی از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش آماس و در نتیجه کاهش تقسیم و توسعه سلول به ویژه در ساقه و برگ‌ها است و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم‌آبی بر روی گیاهان را می‌توان از اندازه کوچک‌تر برگ‌ها یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد (Fazeli et al., 2022). همچنین خشکی منجر به کاهش ارتفاع گیاه می‌شود زیرا تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌ها در اثر کاهش فشار اسمزی درون سلول کاهش می‌یابد. از طرفی کاهش ارتفاع گیاه به موازات افزایش تنش خشکی را می‌توان به اختلال در فتوسنتز به واسطه تنش خشکی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی در جهت ارائه به اندام‌های در حال رشد گیاه و نهایتاً عدم دستیابی گیاه به پتانسیل ژنتیکی از نظر ارتفاع نسبت داد (Fghire et al., 2022; Fazeli et al., 2022). در این راستا Dawood (2017) اعلام کرد کاهش ارتفاع گیاه در اثر کم‌آبیاری به دلیل کاهش طول سلول، فشار سلول، حجم سلول و در نتیجه رشد سلول است.

اثر تنش خشکی و شوری بر کاهش عملکرد گیاهان زراعی به عوامل متعددی وابسته است. کاهش رشد سلولی موجب محدود شدن اندازه و توسعه اندام‌های هوایی و ریشه می‌شود و در نتیجه جذب نور نیز کاهش می‌یابد. کاهش جذب نور، ظرفیت فتوسنتزی گیاه را محدود کرده و تولید فرآورده‌های فتوسنتزی کاهش می‌یابد که در نهایت عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Okwany et al., 2012). همزمانی کمبود آب و تنش اسمزی ناشی از افت پتانسیل ماتریکس خاک می‌تواند موجب عدم تعادل یونی و کمبود عناصر غذایی گردد. افزون بر این، بروز همزمان خشکی و شوری در مزرعه تنش اسمزی را تشدید کرده و انتقال مواد پرورده به دانه را محدود می‌سازد که در نتیجه محصول دانه کاهش می‌یابد (Nyawade et al., 2021). همچنین، شرایط تنش آبی جذب آب توسط ریشه را محدود کرده و به کاهش فتوسنتز، ترق و جذب عناصر غذایی منجر می‌گردد (Nyawade et al., 2021; Bistgani et al., 2018). تجمع مواد فتوسنتزی و کاهش نرخ رشد نسبی، ناشی از دسترسی ناکافی آب، باعث کاهش عملکرد بیولوژیکی در شرایط تنش رطوبتی می‌شود (Jbawi et al., 2018). محققان اعلام کردند تنش رطوبتی ناشی از تجمع نمک، سمیت یون سدیم و عدم توازن به وجود آمده در اثر برهمکنش نمک و عناصر غذایی موجود در خاک از دلایل اصلی کاهش عملکرد محصولات در اثر شوری است (Sairam and Tyagi, 2004). از طرفی کیفیت نامناسب آب آبیاری و شوری آن می‌تواند نفوذ آب در خاک را کاهش داده و به‌طور غیرمستقیم بر میزان محصول تأثیر بگذارد (Stephen et al., 2002). نتایج پژوهش محققانی مانند (Shrivastava and Kumar, 2015)، (Bybordi et al., 2010) و (Yuan et al., 2019) نیز نشان دادند که با افزایش شوری آب آبیاری محصول دانه کاهش می‌یابد.

### تحلیل اقتصادی

با توجه به نتایج ارزیابی اقتصادی کشت ذرت بیشترین مقدار ارزش کنونی، نسبت سود به هزینه و بهره‌وری اقتصادی آب در تیمار آبیاری کامل با شوری آب آبیاری ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد (جدول ۷). در تیمار آبیاری کامل و ۷۵ درصد آبیاری کامل در شوری آب آبیاری ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر، مقدار نسبت سود به هزینه به ترتیب ۲/۶۴ و ۱/۸۵ و در شوری آب آبیاری ۲ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۱/۳۲ و ۱/۲۷ حاصل شد (جدول ۷). با توجه به این که نسبت سود به هزینه در این تیمارها بیشتر از یک شد بنابراین از لحاظ اقتصادی به صرفه است. در حالی که در تیمار ۵۰ درصد آبیاری کامل در همه سطوح شوری آب آبیاری، نسبت سود به هزینه کمتر از یک و بهره‌وری اقتصادی آب عدد منفی بدست آمد. بنابراین از لحاظ نسبت سود به هزینه و بهره‌وری اقتصادی آب، تیمار شوری آب آبیاری ۳/۵ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر در آبیاری کامل، ۷۵ درصد آبیاری کامل و تیمار ۵۰ درصد کم‌آبیاری در سطوح مختلف شوری آب آبیاری توجیه اقتصادی ندارد (جدول ۷). (Bassey et al., 2025) با انجام تحقیقی در نیجریه به منظور تحلیل اقتصادی در ذرت مقدار نسبت سود به هزینه را ۱/۹ گزارش کردند که نشان دادند ذرت دارای سودآوری اقتصادی است، با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. ماهرخ و همکاران (۱۴۰۴) نسبت سود به هزینه تولید محصول تحت مدیریت توصیه شده و مرسوم به ترتیب ۱/۹۷ و ۱/۱۷ برآورد کردند. که این مقدار نزدیک به مقادیر حاصل از این پژوهش است. ناظمی و همکاران (۱۳۹۸) بیشترین سود خالص به ازای آب مصرفی در ذرت دانه‌ای را در ۷۵ درصد نیاز آبی گزارش کردند، و نسبت سود به هزینه را ۱/۰۳ گزارش کردند که نزدیک به مقدار آن در شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر در آبیاری کامل و ۷۵ درصد در این پژوهش است. اسدی و همکاران (۱۳۸۸)، در پژوهشی به بررسی سودآوری تولید ذرت دانه‌ای در دشت سرخه در شهرستان شوش از استان خوزستان پرداختند، میانگین سود خالص تولید این محصول ۵۴۶۸ هزار ریال در هکتار گزارش کردند. در آبیاری کامل و ۷۵ درصد آبیاری کامل تا شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر، با توجه به تولید محصول دانه بیشتر، کشت ذرت از نظر اقتصادی نیز توجیه‌پذیر است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که سود حاصل از کشت ذرت دانه‌ای تحت آبیاری کامل و ۷۵ درصد آبیاری کامل و شوری آب تا ۲ دسی‌زیمنس بر متر اقتصادی است. لذا در شرایط کمبود آب شیرین در دسترس و کمبود آب از دیدگاه مدیریت منابع آب، تیمار ۷۵

درصد آبیاری کامل با شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر از لحاظ اقتصادی در کشت ذرت دانه‌ای در منطقه مورد مطالعه توصیه می‌شود. افت شدید محصول دانه ذرت با اعمال تنش کم‌آبی نشان دهنده این است که گیاه ذرت به کمبود آب حساس است.

محققان در شهرستان پل دختر نسبت سود به هزینه را در روش آبیاری موجی و ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه ذرت دانه‌ای، ۱/۰۱ گزارش کردند (مهری و همکاران، ۱۴۰۱). همچنین محققان در اسلام آباد غرب در روش آبیاری پیوسته و موجی دو به یک در ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه ذرت دانه‌ای، با مقدار محصول دانه ۸۴۸۵ و ۸۲۸۷ کیلوگرم در هکتار نسبت سود به هزینه در ذرت دانه‌ای را ۱/۰۳ گزارش کردند (ناظمی و همکاران، ۱۳۹۸). بنابراین مقدار سود به هزینه محاسبه شده در این پژوهش در آبیاری کامل و ۷۵ درصد آبیاری کامل با شوری آب آبیاری ۰/۶ و ۲ دسی‌زیمنس بر متر، نسبت به سایر تحقیقات در کشت ذرت دانه‌ای بیشتر بود که می‌تواند ناشی از کاربرد روش آبیاری قطره‌ای در پژوهش حاضر به دلیل تولید محصول دانه بیشتر باشد. نتایج نشان داد با کم‌آبیاری و شوری آب آبیاری به دلیل کاهش محصول دانه ذرت، نسبت سود به هزینه و بهره‌وری اقتصادی آب به‌طور قابل ملاحظه‌ای نسبت به آبیاری کامل و شوری آب آبیاری ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافت. با افزایش غلظت املاح، فشار اسمزی محلول خاک زیاد شده و در نتیجه مقدار انرژی که گیاه باید صرف جذب آب از خاک نماید افزایش یافته و این عمل باعث کاهش عملکرد ذرت می‌شود. از طرفی افزایش شوری آب آبیاری باعث کاهش پتانسیل آب خاک و کاهش جذب آب توسط گیاه گردیده است. این مسئله افزایش مقدار مقاومت روزنه‌ای برگ‌های گیاه و در پی آن کاهش محصول دانه ذرت را سبب شده است (Saeidi et al., 2021). کشت ذرت دانه‌ای با آب شور بیشتر از ۲ دسی‌زیمنس بر متر در منطقه مورد نظر توجیه اقتصادی ندارد. مقدار بهره‌وری اقتصادی آب در آبیاری کامل و ۷۵ درصد آبیاری کامل در شوری آب آبیاری ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۰/۰۶۴ و ۰/۰۴۴ دلار بر متر مکعب و در شوری آب آبیاری ۲ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۰/۰۱۲ و ۰/۰۱۴ دلار بر متر مکعب حاصل شد با توجه به اینکه این مقادیر مثبت شده، بنابراین از لحاظ بهره‌وری اقتصادی آب این تیمارها دارای توجیه اقتصادی هستند. از طرفی سایر محققان به انجام تحقیقاتی برای تعیین بهره‌وری اقتصادی آب در ذرت دانه‌ای پرداختند، که نشان دادند کشت ذرت دانه‌ای توجیه اقتصادی دارد. در این راستا محققان در پل دختر بیشترین مقدار بهره‌وری اقتصادی آب در روش آبیاری موجی در ذرت دانه‌ای را ۹/۸۷ هزار ریال بر متر مکعب (مهری و همکاران، ۱۴۰۱)، در شوش تحت مدیریت توصیه شده و مرسوم مقدار بهره‌وری اقتصادی آب را به ترتیب ۱۶۱۷۴/۶ و ۳۳۸۰/۲ ریال بر متر مکعب (ماهرخ و همکاران، ۱۴۰۴)، در اسلام آباد غرب مقدار بهره‌وری اقتصادی آب را در سال اول و دوم کشت در ۷۵ درصد آبیاری کامل به ترتیب ۳/۵۰ و ۳/۲۰ هزار ریال بر متر مکعب (ناظمی و همکاران، ۱۳۹۸)، در همدان مقدار بهره‌وری اقتصادی آب در سامانه آبیاری سنتی و مدرن به ترتیب ۲۸۴۹ و ۳۶۶۵ ریال بر متر مکعب (سیدان و متقی، ۱۳۹۸)، در دشت مغان مقدار بهره‌وری اقتصادی آب را ۱۳۳۰ تومان بر متر مکعب (جعفری و عباسی، ۱۴۰۲)، در کشت ذرت دانه‌ای گزارش کردند.

جدول ۷- تحلیل اقتصادی کشت ذرت دانه‌ای در رژیم‌های مختلف آب آبیاری و سطوح مختلف شوری آب آبیاری در منطقه باجگاه استان فارس در سال ۱۳۹۸.

رژیم‌های آبیاری	شوری آب آبیاری	محصول دانه (مگا گرم بر هکتار)	ارزش کنونی (دلار)	معادل هزینه یکنواخت (سالانه دلار)	معادل درآمد یکنواخت (سالانه دلار)	نسبت سود به هزینه	بهره‌وری اقتصادی آب (دلار بر متر مکعب)
آبیاری کامل	۰/۶	۹۵۳۰	۱۱۷۸/۵۳	۴۸۸/۰۸	۱۲۸۸/۰۷	۲/۶۴	۰/۰۶۴
	۲	۶۱۰۰	۵۸۸/۹۷	۴۸۸/۰۸	۶۴۳/۷۲	۱/۳۲	۰/۰۱۲
	۳/۵	۵۱۲۰	۴۲۰/۵۳	۴۸۸/۰۸	۴۵۹/۶۲	۰/۹۴	-۰/۰۰۲
	۵	۴۳۴۰	۲۸۶/۴۶	۴۸۸/۰۸	۳۱۳/۰۹	۰/۶۴	-۰/۰۱۴
۷۵ درصد آبیاری کامل	۰/۶	۷۴۸۰	۸۲۶/۱۷	۴۸۸/۰۸	۹۰۲/۹۶	۱/۸۵	۰/۰۴۴
	۲	۵۹۷۰	۵۶۶/۶۳	۴۸۸/۰۸	۶۱۹/۲۹	۱/۲۷	۰/۰۱۴
	۳/۵	۴۳۷۰	۲۹۱/۶۲	۴۸۸/۰۸	۳۱۸/۷۲	۰/۶۵	-۰/۰۱۸
	۵	۳۵۴۰	۱۴۸/۹۶	۴۸۸/۰۸	۱۶۲/۸	۰/۳۳	-۰/۰۳۴
۵۰ درصد	۰/۶	۵۰۰۰	۳۹۹/۹	۴۸۸/۰۸	۴۳۷/۰۷	۰/۸۹	-۰/۰۰۸
آبیاری کامل	۲	۴۴۶۰	۳۰۷/۰۹	۴۸۸/۰۸	۳۲۵/۶۳	۰/۶۹	-۰/۰۲۴
	۳/۵	۳۵۸۰	۱۵۵/۸۳	۴۸۸/۰۸	۱۷۰/۳۲	۰/۳۵	-۰/۰۵۰
	۵	۳۳۰۰	۱۰۷/۷۱	۴۸۸/۰۸	۱۱۷/۷۲	۰/۲۴	-۰/۰۵۹



مقایسه بهره‌وری اقتصادی آب در پژوهش مورد نظر با نتایج سایر محققین نشان داد که مقدار بهره‌وری اقتصادی آب در آبیاری کامل و ۷۵ درصد آبیاری کامل با شوری آب آبیاری ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر بالاتر از بهره‌وری اقتصادی آب گزارش شده در سایر تحقیقات انجام شده است. این تفاوت می‌تواند ناشی از روش آبیاری قطره‌ای نواری در پژوهش حاضر باشد، زیرا مقدار محصول تولید شده در روش آبیاری قطره‌ای نسبت به سایر روش‌های آبیاری بیشتر است. از طرفی در روش آبیاری قطره‌ای تلفات نفوذ عمقی و رواناب وجود ندارد، بنابراین مصرف آب کمتر است در نتیجه باعث بیشتر شدن مقدار بهره‌وری اقتصادی آب در تولید محصول می‌گردد.

## نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد اعمال شوری آب آبیاری و کم‌آبیاری باعث کاهش مقدار شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه و محصول دانه در ذرت شد. بر اساس نتایج این پژوهش اثر تنش شوری در شرایط آبیاری کامل بر شاخص سطح برگ کمتر از کم‌آبیاری است زیرا روش آبیاری قطره‌ای به دلیل دور آبیاری کم و بالا نگه داشتن رطوبت خاک گزینه مناسبی برای کاربرد آب شور می‌باشد. بر اساس نتایج این پژوهش اثر تنش شوری در شرایط آبیاری کامل بر صفات مورفولوژیک ذرت در آبیاری قطره‌ای کمتر است. طبق نتایج این پژوهش، در شرایط ۵۰ درصد آبیاری کامل، نسبت سود به هزینه در تمام سطوح شوری آب آبیاری کمتر از یک بوده و بهره‌وری اقتصادی آب عدد منفی است بنابراین کشت ذرت از نظر اقتصادی در ۵۰ درصد آبیاری کامل در منطقه مورد نظر توجیه ندارد، این یافته‌ها نشان‌دهنده حساسیت نسبی ذرت به شوری آب و نیاز آبی بالای آن است. در حالی که تحت آبیاری کامل و ۷۵ درصد آبیاری کامل تا شوری آب آبیاری ۲ دسی‌زیمنس بر متر، کشت آن اقتصادی است. نتایج نشان داد که ذرت در این شرایط شوری و کم‌آبیاری قادر به تولید محصول با توجیه اقتصادی است، در حالی که اعمال ۵۰ درصد آبیاری کامل باعث کاهش قابل توجه عملکرد دانه و کاهش سودآوری اقتصادی می‌شود. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار بهره‌وری اقتصادی آب ۰/۰۶۴ دلار بر متر مکعب، ارزش کنونی ۱۱۷۸/۵۳ دلار و نسبت سود به هزینه ۲/۶۴ در آبیاری کامل با شوری آب آبیاری ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد. با توجه به نتایج اثر برهمکنش نیز نسبت سود به هزینه در آبیاری کامل و ۷۵ درصد در شوری‌های ۰/۶ و ۲ دسی‌زیمنس بر متر بزرگتر از یک تعیین شد، این رو می‌توان به این نتیجه رسید که ذرت در شرایط شوری آب آبیاری تا ۲ دسی‌زیمنس بر متر قادر به حفظ محصول خود است و به‌عنوان یک انتخاب مناسب برای سودآوری اقتصادی در شرایط خشکسالی و کاهش منابع آبی می‌توان کشت نمود. طبق نتایج این پژوهش بر اساس نسبت سود به هزینه و سود خالص به ازاء حجم آب مصرفی در آبیاری کامل و ۷۵ درصد آبیاری کامل با افزایش شوری آب آبیاری تا ۲ دسی‌زیمنس بر متر نیز کاشت ذرت در منطقه مورد نظر از لحاظ اقتصادی به صرفه است. محاسبات اقتصادی نشان داد از نظر شوری خاک، در کاربرد آب شور تا ۲ دسی‌زیمنس بر متر، آبیاری کامل و ۷۵ درصد آبیاری کامل توجیه اقتصادی دارد. به‌طور کلی در شرایط کمبود آب شیرین در دسترس، ضمن در نظر گرفتن مدیریت شوری خاک، کاربرد آب شور تا سطح ۲ دسی‌زیمنس بر متر در آبیاری کامل و ۷۵ درصد آبیاری کامل در کشت ذرت دانه‌ای در منطقه انجام پژوهش توجیه‌پذیری اقتصادی دارد.

## ملاحظات اخلاقی

### حامی مالی

مقاله حاضر با حمایت مالی و معنوی معاونت پژوهشی دانشگاه شیراز انجام شد. حمایت مالی از این پژوهش از طرف دانشگاه شیراز، دانشکده کشاورزی در قالب پژوهانه پایان‌نامه دانشجویی نویسنده اول تحت نظارت نویسنده مسئول انجام شده است.

### مشارکت نویسندگان

نویسندگان به طور مساوی در کلیه مراحل طراحی و انجام پژوهش، گردآوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیش‌نویس مقاله، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله مشارکت داشتند.

### اعلامیه هوش مصنوعی مولد و فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی در فرایند نگارش

نویسندگان در نسخه نهایی مقاله خود استفاده از هوش مصنوعی مولد و فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی استفاده نکرده‌اند.

**بیانیه دسترسی به داده‌ها**

داده‌هایی پژوهش حاضر از طریق درخواست از نویسندگان قابل دسترسی است.

**سپاسگزاری**

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه شیراز / مرکز مطالعات خشکسالی به خاطر حمایت مالی / حمایت معنوی / همکاری در اجرای پژوهش حاضر سپاسگزاری می‌شود.

**پیروی از اصول اخلاق پژوهش**

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

**تعارض منافع**

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

**منابع**

- اسدی، هرمز؛ محمودی، مریم و زارع، شجاعت. (۱۴۰۰). تعیین سودآوری و بهره‌وری اقتصادی آب کشاورزی در تولید محصولات زراعی. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱۵(۶)، ۱۴۰۴-۱۴۱۱.
- اسدی، هرمز؛ حیدری، نادر و قمری نژاد، مسعود. (۱۳۸۸). کارایی مصرف آب آبیاری و سودآوری در تولید ذرت در گروه‌های مختلف بهره برداری: مطالعه موردی در دشت سرخه، همایش ملی بحران آب در کشاورزی و منابع طبیعی، تهران.
- احمدی، کریم؛ عبادزاده، حمیدرضا؛ حاتمی، فرشاد؛ عبدشاه، هلداد و کاظمیان، آرزو. (۱۳۹۷). آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۶-۱۳۹۷. تهران: وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، ص ۲۰.
- بذرافشان، جواد؛ خلیلی، علی؛ زندپارسا، شاهرخ؛ سپاسخواه، علیرضا؛ علیزاده، امین و فرهودی، جواد. (۱۴۰۰). بررسی اسنادی وضعیت منابع و مصارف آب کشاورزی در ایران: تحلیل وضعیت موجود، آسیب‌شناسی و راه‌های برون‌رفت از چالش‌ها. مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۶(۱)، ۳۵-۵۰.
- بهرامی، مهدی؛ اسعدی، محمد علی و خلیلیان، صادق. (۱۳۹۹). ارزیابی شاخص‌های بهره‌وری آب با تأکید بر آبیاری‌های نوین و سنتی در محصولات زراعی شهرستان شهریار. محیط‌زیست و مهندسی آب، ۶(۳)، ۲۸۵-۲۹۳.
- پارسا، سهیل؛ خزاعی تبار، حسین؛ شهیدی، علی و محمودی، سهراب. (۱۴۰۰). تأثیر روش‌های مختلف کم آبیاری بر صفات فیزیولوژیکی ذرت دانه‌ای (*Zea mays L.*). تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۱۴(۲)، ۳۳۱-۳۳۰.
- جعفری، محمد سعید؛ نوری، حمیده؛ ابراهیمیان، حامد؛ لیاقت، عبدالمجید و سوهانی، یاسمین. (۱۴۰۰). بررسی تأثیر توأمان مقادیر مختلف آب آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد و بهره‌وری ذرت در آبیاری قطره‌ای. مدیریت آب و آبیاری، ۱۱(۴)، ۶۶۹-۶۸۲.
- درگاهی، محمدرضا؛ جهان، محسن؛ ناصری‌پور یزدی، محمدتقی و قربانی، رضا. (۱۳۹۵). ارزیابی بیان انرژی و تحلیل اقتصادی کلزا در استان گلستان. پژوهش‌های کاربردی زراعی، ۲۹(۳)، ۵۰-۶۲.
- سیدان، سید محسن و متقی، مهدی. (۱۳۹۸). تعیین بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در زراعت ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای تحت سامانه‌های آبیاری مدرن و سنتی در استان همدان. فصلنامه آب و توسعه پایدار، ۱(۶)، ۱-۸.
- شیخ زین الدین، آذر و فتحی، فاطمه. (۱۴۰۰). مدیریت تولید پایدار ذرت دانه ای در ایران: رویکرد منافع اجتماعی. تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۱۳(۱)، ۶۳-۸۸.
- علیخانی مهوار، حجت؛ بابازاده، حسین؛ قدمی فیروزآبادی، علی و سرائی تبریزی، مهدی. (۱۴۰۳). ارزیابی بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب تحت شرایط کم‌آبیاری تنظیم‌شده و کم‌آبیاری ناقص ریشه گیاه آفتابگردان. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱۸(۴)، ۶۵۵-۶۶۵.
- لر محمد حسنی، محبوبه؛ طالب نژاد، رضوان و نوشادی، مسعود. (۱۴۰۱). برهمکنش اثرات شوری آب و کم‌آبیاری بر رشد ذرت دانه‌ای در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری یک ردیفه در منطقه باجگاه استان فارس. تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۳(۹)، ۱۹۹۷-۲۰۰۸.
- ماهرخ، علی؛ اسدی، هرمز؛ آفرینش، عزیز؛ رضا بیگی، منوچهر؛ ماکنالی، آذر؛ کریمی، کیوان؛ اشرفی زاده، سید رضا؛ خرمیان، محمد؛ محمودی نژاد دزفولی، سید حسین؛ مشایخی، محمدرضا؛ قمرزاده، بهروز و بهمن کار، مسلم. (۱۴۰۴). تأثیر مدیریت زراعی بر عملکرد و کیفیت دانه و بهره‌وری تولید ذرت در شرایط بهره‌بردار در شمال استان خوزستان. یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی، ۱۳(۲)، ۱۹۱-۲۰۷.
- مهری، اکبر؛ سلطانی محمدی، امیر؛ ابراهیمیان، حامد و برومندنسب، سعید. (۱۴۰۱). ارزیابی اقتصادی عملکرد ذرت دانه ای در شرایط کم آبیاری موجی و یک در میان. مدیریت آب در کشاورزی، ۹(۲)، ۷۳-۹۰.



ناظمی، امیرحسین؛ پرندین، محمدامین؛ صدرالدینی، علی اشرف و قمرنیا، هوشنگ. (۱۳۹۸). ارزیابی اقتصادی عملکرد ذرت‌دانه‌ای در استراتژی کم‌آبیاری و آبیاری موجه مطالعه موردی: ایستگاه اسلام آباد غرب. مدیریت آب و آبیاری، ۹(۲)، ۱۸۵-۱۹۸.  
ورجانند، پیمان؛ باغانی، جواد و عباسی، فریبرز. (۱۴۰۰). ارزیابی مزرعه‌ای بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در تولید گندم (مطالعه موردی در شهرستان‌های اهواز و دشت آزادگان). نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱۵(۳)، ۶۶۵-۶۷۸.

## REFERENCES

- Asadi, H., & Qamarinejad, M. (2009, November). Irrigation water use efficiency and profitability in corn production in different exploitation groups: a case study in Sorkheh Plain. In National Conference on Water Crisis in Agriculture and Natural Resources (Vol. 5, p. 9). (In Persian)
- Azizan, A. R. Sepaskhah. 2014. Maize response to different water, salinity and nitrogen levels: Agronomic behavior, *International Journal of Plant Production*, 8(1):107-130.
- Anjum, S. A., Xie, X. Y., Wang, L. C., Saleem, M. F., Man, C., & Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African journal of agricultural research*, 6(9), 2026-2032.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). FAO Irrigation and drainage paper No. 56. *Rome: food and agriculture organization of the United Nations*, 56(97), e156.
- Alikhani-Mahvar, H., Babazadeh, H., Ghadami Firouzabadi, A., & Sarai Tabrizi, M. (2024). Evaluation of physical and economic water productivity under regulated deficit irrigation and partial rootzone drying of sunflower crop. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 18(4), 665-655. (In Persian)
- Asadi, H., Mahmoodi, M., & Zare, S. (2022). Determining profitability and the economic productivity of agricultural water in crop production. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 15(6), 1404-1411. (In Persian)
- Bazrafshan, J., Khalili, A., Zad-Parsa, S., Sepaskhah, A. R., Alizadeh, A., & Farhoodi, J. (2021). Documentary study of the situation of agricultural water resources and uses in Iran: Analysis of the current situation, pathology and solutions to the challenges. *Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 6(1), 35-50. (In Persian)
- Bassey, M. S., Abubakar, H. N., & Atteh, A. P. (2025). Benefit-cost analysis of maize production in smallholder farming communities across climate-Smart agriculture technology bundles in Federal Capital Territory, Nigeria.
- Biswas, R., Molla, M. M. U., Faisal-E-Alam, M., Zonayet, M., & Castanho, R. A. (2022). Profitability analysis and input use efficiency of maize cultivation in selected areas of Bangladesh. *Land*, 12(1), 23.
- Bahrami, M., Asaadi, M. A., & Khalilian, S. (2020). Evaluation of water productivity indices with emphasis on modern and traditional irrigation in crops of Shahriar County. *Environment and Water Engineering*, 6(3), 285-293. (In Persian)
- Bhavsar, D., Limbasia, B., Mori, Y., Aglodiyi, M. I., & Shah, M. (2023). A comprehensive and systematic study in smart drip and sprinkler irrigation systems. *Smart Agricultural Technology*, 5, 100303.
- Blanco, F. F., Folegatti, M. V., Gheyi, H. R., & Fernandes, P. D. (2008). Growth and yield of corn irrigated with saline water. *Scientia Agrícola*, 65, 574-580.
- Bybordi, A. (2010). Effects of salinity on yield and component characters in canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *Notulae Scientia Biologicae*, 2(1), 81-83.
- Bistgani, Z. E., Siadat, S. A., Bakhshandeh, A., Pirbalouti, A. G., Hashemi, M., Maggi, F., et al. (2018). Application of combined fertilizers improves biomass, essential oil yield, aroma profile, and antioxidant properties of *Thymus daenensis* Celak. *Ind. Crop. Prod.* 121, 434-440.
- Dargahi, M. R., Jahan, M., Naseripour Yazdi, M. T., & Ghorbani, R. (2016). Evaluation of energy balance and economic analysis of rapeseed in Golestan province. *Applied Agricultural Research*, 29(3), 50-62. (In Persian)
- Dawood, M. G. (2017). Improving drought tolerance of quinoa plant by foliar treatment of trehalose. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 245-254.
- Fazeli, F., Akbari, G. A., Akbari, G. A., Naderi Arefi, A., & Benakashani, F. (2022). Investigation of the effect of irrigation management on morphological traits, yield and yield components of different genotypes of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 15(2), 327-334.
- Fghire, R., Anaya, F., Issa Ali, O., Lamnai, K., Foughali, B., Faghire, M., ... & Wahbi, S. (2022). Effects of Deficit Irrigation and Fertilization on Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Water Status and Yield Productions. *Gesunde Pflanzen*, 74(1).
- Fernández, J. E., Alcon, F., Diaz-Espejo, A., Hernandez-Santana, V., & Cuevas, M. V. (2020). Water use

- indicators and economic analysis for on-farm irrigation decision: A case study of a super high-density olive tree orchard. *Agricultural water management*, 237, 106074.
- González, J. A., Eisa, S. S., Hussin, S. A. E. S., & Prado, F. E. (2015). Quinoa: an Incan crop to face global changes in agriculture. *Quinoa: Improvement and Sustainable Production*, 1-18.
- Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., ... & Toulmin, C. (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327(5967), 812-818.
- Gámez, A. L., Soba, D., Zamarreño, Á. M., García-Mina, J. M., Aranjuelo, I., & Morales, F. (2019). Effect of water stress during grain filling on yield, quality and physiological traits of Illpa and Rainbow quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. *Plants*, 8(6), 173.
- Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Condori, O., Mamani, J., Miranda, R., ... & Vacher, J. (2008). Could deficit irrigation be a sustainable practice for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in the Southern Bolivian Altiplano?. *Agricultural Water Management*, 95(8), 909-917.
- Huang, M., Zhang, Z., Zhu, C., Zhai, Y., & Lu, P. (2019). Effect of biochar on sweet corn and soil salinity under conjunctive irrigation with brackish water in coastal saline soil. *Scientia Horticulturae*, 250, 405-413.
- Hanson, B., Hopmans, J. W., & Šimůnek, J. (2008). Leaching with subsurface drip irrigation under saline, shallow groundwater conditions. *Vadose Zone Journal*, 7(2), 810-818.
- Huang, M., Zhang, Z., Zhu, C., Zhai, Y., & Lu, P. (2019). Effect of biochar on sweet corn and soil salinity under conjunctive irrigation with brackish water in coastal saline soil. *Scientia Horticulturae*, 250, 405-413.
- Jayme-Oliveira, A., Ribeiro, W. Q., Ramos, M. L. G., Ziviani, A. C., & Jakelaitis, A. (2017). Amaranth, quinoa, and millet growth and development under different water regimes in the Brazilian Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52, 561-571.
- Jbawi, E. A., Danoura, R., & Yaacoub, A. (2018). Effect of deficit irrigation and manure fertilizer on improving growth and yield of quinoa in Syria. *Open Acc J Agri Res: OAJAR-100007*, 2018(01).
- Jafari, M. S., Noory, H., Ebrahimian, H., Liaghat, A., & Sohani, Y. (2022). Investigating the combined effect of different amounts of irrigation water and nitrogen fertilizer on maize yield and productivity in drip irrigation. *Water and Irrigation Management*, 11(4), 669-682. (In Persian)
- Kaman, H., Kirda, C., & Sesveren, S. (2011). Genotypic differences of maize in grain yield response to deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 98(5), 801-807.
- Kledzik, R., Kropkowski, M., Dudek, S., Kuśmierk-Tomaszewska, R., & Żarski, J. (2017). Evaluation of economic efficiency of irrigation in corn for grain production in 2005-2016. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*.
- Lor Mohammad Hasani, M., Talebnejad, R., & Noshadi, M. (2022). Interaction Effects of Water Salinity and Deficit Irrigation on Growth of Grain Maize under Single row of Tape Irrigation. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 53(9), 1997-2008. (In Persian)
- Li, X., Kang, Y., Wan, S., Chen, X., & Chu, L. (2015). Reclamation of very heavy coastal saline soil using drip-irrigation with saline water on salt-sensitive plants. *Soil and Tillage Research*, 146, 159-173.
- Liu, Z., Li, P., Hu, Y., & Wang, J. (2015). Wetting patterns and water distributions in cultivation media under drip irrigation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 112, 200-208.
- Mehri, A., Soltani Mohammadi, A., Ebrahimian, H., & Boromandnasab, S. (2023). Economic evaluation of grain maize yield in surge and alternate deficit irrigation conditions. *Water Management in Agriculture*, 9(2), 73-90. (In Persian)
- Mahrokh, A., Asadi, H., Afarinesh, A., Rezabeigi, M., Maknali, A., Karimi, K., ... & Bahmankar, M. (2025). The effect of crop management on the yield and quality of grain and productivity of corn productivity under conditions of farmer under north of Khuzestan province. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, 13(2), 191-207. (In Persian)
- Mearaji, H. S., Tavakoli, A., & Sepahvand, N. A. (2021). Evaluating the effect of cytokinin foliar application on morphological traits and yield of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under optimal irrigation and drought stress conditions.
- Muyu, N. N., TAMBI, M. D., & BIME, W. M. J. (2025). Analysis of Profitability Across Diverse Maize Value-Added Products in Mezam Division, Cameroon. *Journal of Quantitative Finance and Economics*, 7(1), 123-143.
- Moghimi, M. M., & Sepaskhah, A. R. (2015). Consideration of water productivity for farm water management in different conditions of water availability for dominant summer crops. *Iran Agricultural Research*, 33(2), 47-62.



- Nazemi, A., Parandin, M., Sadraddini, A., & Ghamarnia, H. (2020). Economic evaluation of Zea Maize yield in Deficit irrigation and Surge irrigation strategy Case study: Islamabad-Gharb Area. *Water and Irrigation Management*, 9(2), 185-198. (In Persian)
- Nyawade, S. O., Gitari, H. I., Karanja, N. N., Gachene, C. K., Schulte-Geldermann, E., & Parker, M. L. (2021). Yield and evapotranspiration characteristics of potato-legume intercropping simulated using a dual coefficient approach in a tropical highland. *Field Crops Research*, 274, 108327.
- Okwany, R. O., Peters, R. T., Ringer, K. L., & Walsh, D. B. (2012). Sustained deficit irrigation effects on peppermint yield and oil quality in the semi-arid pacific northwest, USA. *Applied Engineering in Agriculture*, 28(4), 551-558.
- Parsa, S., Khazaeitabar, H., Shahidi, A., & Mahmoodi, S. (2021). Effect of deficit irrigation methods on physiological characteristics of maize (*Zea mays* L.). *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 14(2), 321-330. (In Persian)
- Razzaghi, F., & Sepaskhah, A. R. (2012). Calibration and validation of four common ET<sub>0</sub> estimation equations by lysimeter data in a semi-arid environment. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 58(3), 303-319.
- Roy, S. J., Tucker, E. J., & Tester, M. (2011). Genetic analysis of abiotic stress tolerance in crops. *Current Opinion in Plant Biology*, 14(3), 232-239.
- Rachid, F., Fatima, A., Oudou, I. A., Kamal, L., Boubaker, F., Mustapha, F., ... & Said, W. (2022). Effects of deficit irrigation and fertilization on quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) water status and yield productions. *Gesunde Pflanzen*, 74(1), 97-110.
- Shelake, R. M., Kadam, U. S., Kumar, R., Pramanik, D., Singh, A. K., & Kim, J. Y. (2022). Engineering drought and salinity tolerance traits in crops through CRISPR-mediated genome editing: Targets, tools, challenges, and perspectives. *Plant Communications*.
- Seyedan, S. M., & Mottaghi, M. (2019). Determination of the physical and economic water productivity for grain and forage corn under modern and traditional irrigation systems in Hamadan Province. (In Persian)
- Sheikhzeinoddin, A., & Fathi, F. (2021). Management of maize sustainable production in Iran: A social benefits approach. *Agricultural Economics Research*, 13(1), 63-87. (In Persian)
- Stephen, R. G. (2002). Irrigation water salinity and crop production. Agricultural and Natural Resources Department, University of California, Davis.
- Sairam, R. K., & Tyagi, A. (2004). Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Current science*, 407-421.
- Shrivastava, P., & Kumar, R. (2015). Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi journal of biological sciences*, 22(2), 123-131.
- Sairam, R. K., & Tyagi, A. (2004). Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Current science*, 407-421.
- Sullivan, W. G., Wicks, E. M., & Koelling, C. P. (2014). Decision Making Considering Multiattributes. *Engineering Economy (16th ed., p. 580)*. Harlow, England: Pearson.
- Sun, J., Kang, Y., & Wan, S. (2013). Effects of an imbedded gravel-sand layer on reclamation of coastal saline soils under drip irrigation and on plant growth. *Agricultural Water Management*, 123, 12-19.
- Shao, H. B., Chu, L. Y., Jaleel, C. A., & Zhao, C. X. (2008). Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Comptes rendus biologiques*, 331(3), 215-225.
- Sun, Y., Liu, F., Bendevis, M., Shabala, S., & Jacobsen, S. E. (2014). Sensitivity of two quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) varieties to progressive drought stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 200(1), 12-23.
- Saeidi, R., Ramezani Etedali, H., Sotoodehnia, A., Kaviani, A., & Nazari, B. (2021). Salinity and fertility stresses modify K<sub>s</sub> and readily available water coefficients in maize (case study: Qazvin region). *Irrigation Science*, 39(3), 299-313.
- Varjavand, P., Baghani, J., & Abbasi, F. (2021). Field evaluation of physical and economical water productivity of wheat (case study in Ahwaz and Dasht-e-Azadegan). *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 15(3), 665-678. (In Persian)
- Wan, S., Jiao, Y., Kang, Y., Hu, W., Jiang, S., Tan, J., & Liu, W. (2012). Drip irrigation of waxy corn (*Zea mays* L. var. *ceratina* Kulesh) for production in highly saline conditions. *Agricultural water management*, 104, 210-220.
- Yuan, C., Feng, S., Huo, Z., & Ji, Q. (2019). Effects of deficit irrigation with saline water on soil water-salt distribution and water use efficiency of maize for seed production in arid Northwest China. *Agricultural Water Management*, 212, 424-432.
- Zhang, Y., Hou, K., Qian, H., Gao, Y., Fang, Y., Xiao, S., & Ren, W. (2022). Characterization of soil

salinization and its driving factors in a typical irrigation area of Northwest China. *Science of the Total Environment*, 837, 155808.

Zand-Parsa, S., Sepaskhah, A. R., & Ronaghi, A. (2006). Development and evaluation of integrated water and nitrogen model for maize. *Agricultural Water Management*, 81(3), 227-256.