Water and Soil Management and Modeling

Online ISSN: 2783 - 2546

University of Mohaghegh Ardabili

Improving wheat irrigation productivity in Iran (Part one: from the view point of irrigation system and water management)

Masoud Pourgholam-Amiji[1*], Iman Hajirad[1], Javid Nayebi[2], Seyed Rashed Alavi[3], Farnaz Nozari[4], Mansoureh Akbarpour[5]

[1] Ph.D. Candidate, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
[2] Senior Expert, Department of Irrigation and Drainage, Yekom Consulting Engineers Company, Tehran, Iran
[3] Manager of Agricultural, Social and Economic Affairs, Yekom Consulting Engineers Company, Tehran, Iran
[4] MS.c. Student, Department of Soil Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
[5] Former M.Sc. Student, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Extended Abstract

Introduction

Irrigation efficiency is one of the most important key indicators in the macro-planning of water supply, allocation, and basic water consumption in various sectors such as industry, drinking, environment, and other biological resources, especially agriculture. In many countries such as Iran, irrigated agriculture is the main factor in food production and irrigation has played a key role in increasing the production of agricultural products in the last 50 years. One of the biggest problems for wheat production is the need for more water resources. Therefore, the necessity of optimal use of available and extractable water resources and increasing water consumption efficiency is inevitable. Experiments and experiences of the last half century in the science and technology of irrigation have shown that the effect of various inputs such as modified seeds, chemical fertilizers, appropriate planting operations, and harvesting has a positive and appropriate effect on plant growth. Irrigation management, which includes a set of actions that provide water in a certain amount and at the required time to the plant, must be done in a good way.

Materials and Methods

The current study has targeted the main areas of wheat production in Iran. Due to its high nutritional value and strategic importance, wheat is cultivated in almost all areas of the country. According to the Pareto principle, the areas where 80% of wheat cultivation and production (irrigated and rainfed) are carried out are the main wheat production areas. Since in Iran, the statistics of the agricultural situation are mainly presented based on political divisions, therefore, the major regions will be the set of provinces in which the above hypothesis is true. Accordingly, 13 provinces of Golestan, Kermanshah, West Azarbaijan, East Azarbaijan, Hamedan, Ardabil, Lorestan, Central, Khuzestan, Fars, Razavi Khorasan, Kurdistan, and Zanjan have been identified as the main wheat production areas in Iran and in this study also, the main focus was on these areas. Since the vast country of Iran has a diverse climate, to ensure that all the country's climate groups are represented in the selected regions, an adaptation of these regions to the country's climate groups was also done.

Results and Discussion

The comprehensive analysis indicated that the area proposed for implementing the drip irrigation system (tape) in 2020-2021 was equal to 75,000 ha, of which 53,523 ha (71.4%) belong to the 13 main producing provinces or the main wheat production areas. Also, the results showed that the reduction of agricultural water consumption with the development of a drip irrigation system in the main wheat production areas leads to a reduction of 134.1 million m3 of agricultural water. The implementation cost of this solution based on the average implementation of each ha of drip irrigation system is 400 million Rials in the year 2021, equal to 21409 billion Rials. Among the limitations of wheat irrigation with the tape method, we can point out the spreading and distribution of tapes in the field, which is

Water and Soil Management and Modeling

Online ISSN: 2783 - 2546

University of Mohaghegh Ardabili

time-consuming, but with the introduction of sowing and distribution devices, this problem will be solved. At the beginning stage, care should be taken not to tear the tapes during the spraying and fertilizing stage. In the harvesting phase, before harvesting the crop, tapes should be collected from the field. In the whole system, strip drip irrigation (type) can be used for dense and row crops such as all kinds of vegetables, summer crops, corn, wheat, fodder, watermelon, melon, tomato, onion, potato, strawberry, sunflower, sugar beet, and cotton.

Conclusion

One of the pressurized irrigation methods that have been developed for wheat cultivation in recent years is the drip (tape) irrigation system, most of the research and field investigations in Iran have confirmed the high efficiency of this method in increasing wheat water productivity. As a result, using the modern irrigation system as a management tool can lead to the improvement of wheat water productivity in Iran. The main problem in this system is the high cost and low knowledge of the farmer. We can also mention the weak points of increasing the cost of constructing the irrigation system, the problems of collecting strips for the next crop, and the accumulation of salt in areas with salty water. Among the strengths, we can mention easier irrigation management, less labor, increased yield, reduced water consumption, increased productivity, and most importantly, increased cultivated area with the same amount of water. Another advantage is the use of the water-fertilizer system, which will be very precise, the operation of fertilizing and irrigation will be done for cultivated crops.

Keywords: Economic productivity, Modern irrigation systems, Productivity gap, Potential performance

Article Type: Technical Article

Acknowledgment

We would like to express our sincere gratitude to the Yekom Consulting Engineers Company for the financial and logistical support that they significantly contributed during the research project.

Conflicts of interest

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

Data availability statement

All data generated during the manuscript analysis are included in the article. Further datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

Authors' contribution

Masoud Pourgholam-Amiji: Software, Results Interpretation, Formal analysis, Investigation, Editing, Review; **Iman Hajirad**: Methodology, Results Interpretation, Writing, Review, Software, Editing; **Javid Nayebi**: Resources, Field data collection, Writing; **Seyed Rashed Alavi**: Conceptualization, Final editing; **Farnaz Nozari**: Supervision, Review; **Mansoureh Akbarpour**: Writing, Editing.

*Corresponding Author, E-mail: Mpourgholam6@ut.ac.ir

Citation: Pourgholam-Amiji, M., Hajirad, I., Nayebi, J., Alavi, S.R., Nozari, F., & Akbarpour, M. (2024). Improving wheat irrigation productivity in Iran (Part one: from the viewpoint of irrigation system and water management). *Water and Soil Management and Modeling*, *4*(1), 171-193.
DOI: 10.22098/mmws.2023.11937.1189

Received: 17 December 2022, Received in revised form: 14 February 2023, Accepted: 17 February 2023, Published online: 17 February 2023
Water and Soil Management and Modeling, Year 2024, Vol. 4, No. 1, pp. 171-193

Publisher: University of Mohaghegh Ardabili
© Author(s)

مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک

شاپا الکترونیکی: ۲۵٤٦-۲۷۸۳

ارتقاء بهره‌وری آبیاری گندم در ایران (بخش اول: از دیدگاه سامانهٔ آبیاری و مدیریت آب)

مسعود پورغلام آمیجی[۱*]، ایمان حاجی‌راد[۱]، جاوید نایبی[۲]، سید راشد علوی[۳]، فرناز نوذری[۴]، منصوره اکبرپور[۵]

[۱] دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

[۲] کارشناس ارشد، بخش امور آبیاری و زهکشی، شرکت مهندسین مشاور یکم، تهران، ایران

[۳] مدیر امور کشاورزی، اجتماعی و اقتصادی، شرکت مهندسین مشاور یکم، تهران، ایران

[۴] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

[۵] دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

چکیده

در بسیاری از کشورها مانند ایران، کشت آبی عامل اصلی تولید غذا بوده و آبیاری نقش کلیدی در افزایش تولید محصولات کشاورزی در ۵۰ سال گذشته داشته است. یکی از مشکلات بزرگ تولید گندم، کمبود منابع آب است. بنابراین، ضرورت استفادهٔ بهینه از منابع آب موجود و قابل استحصال و افزایش کارایی مصرف آب امری اجتناب‌ناپذیر است. آزمایش‌ها و تجارب نیم‌قرن اخیر در علم و فن آبیاری نشان داده است که تأثیر نهاده‌های مختلف از قبیل بذور اصلاح شده، کودهای شیمیایی، عملیات مناسب کاشت، داشت و برداشت هنگامی تأثیر مثبت و مناسب در رشد گیاه دارد که مدیریت آبیاری که شامل مجموعه اقداماتی است که آب را به مقدار مشخص و در زمان مورد نیاز در اختیار گیاه قرار می‌دهد، به نحو مطلوبی انجام شده باشد. طبق اصل پارِتو، مناطقی که ۸۰ درصد کشت و تولید گندم (آبی و دیم) در آن‌ها انجام می‌شود، مناطق اصلی تولید گندم هستند. بر همین اساس، ۱۳ استان گلستان، کرمانشاه، آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، همدان، اردبیل، لرستان، مرکزی، خوزستان، فارس، خراسان رضوی، کردستان و زنجان، به‌عنوان مناطق اصلی تولید گندم در ایران شناسایی شده و در این مطالعه نیز تمرکز اصلی بر روی این مناطق بود. تحلیل جامع بیان‌گر آن بود که وسعت پیشنهادی برای اجرای سامانهٔ آبیاری موضعی نواری (تیپ) در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹، برابر ۷۵۰۰۰ هکتار بوده که ۵۳۵۲۳ هکتار (۷۱/۴ درصد) آن متعلق به ۱۳ استان اصلی تولیدکننده یا همان مناطق عمدهٔ تولید گندم است. هم‌چنین، نتایج نشان داد که کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی با توسعهٔ روش آبیاری موضعی نواری در مناطق اصلی تولید گندم منجر به کاهش ۱۳۴/۱ میلیون مترمکعب آب کشاورزی می‌شود. هزینهٔ اجرایی این راه‌کار بر اساس متوسط اجرای هر هکتار آبیاری موضعی ۴۰۰ میلیون ریال، ۲۱۴۰۹ میلیارد ریال در سال ۱۴۰۰ است. در نتیجه به‌کارگیری سامانهٔ نوین آبیاری به‌عنوان یک ابزار مدیریتی می‌تواند منجر به ارتقاء بهره‌وری آب گندم در کشور شود.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری اقتصادی، شکاف بهره‌وری، عملکرد بالقوه، سامانه‌های نوین آبیاری

نوع مقاله: فنی و ترویجی

[*]مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Mpourgholam6@ut.ac.ir

استناد: پورغلام آمیجی، مسعود، حاجی‌راد، ایمان، نایبی، جاوید، علوی، سید راشد، نوذری، فرناز و اکبرپور، منصوره (۱۴۰۳). ارتقاء بهره‌وری آبیاری گندم در ایران (بخش اول: از دیدگاه سامانهٔ آبیاری و مدیریت آب). *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۴(۱)، ۱۷۱-۱۹۳.
DOI: 10.22098/mmws.2023.11937.1189

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۹/۲۶، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۲۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۸، تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۱۱/۲۸
مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک، سال ۱۴۰۳، دوره ۴، شماره ۱، صفحه ۱۷۱ تا ۱۹۳
ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی

© نویسندگان

۱- مقدمه

اهمیت کشاورزی آبی و توسعهٔ سامانه‌های آبیاری بدین منظور است که حدود ۷۰ درصد جمعیت دنیا در محدودهٔ اراضی فاریاب و مابقی در اراضی دیم زندگی می‌کنند. بنابراین، بدون آبیاری و کشاورزی تأمین غذای کافی برای جمعیت کنونی دنیا امکان‌پذیر نیست (Gany et al., 2019; Yin et al., 2021; Liu et al., 2024). از طرف دیگر، بخش کشاورزی، بیش از ۷۰ درصد از آب شیرین را در جهان مصرف می‌کند، در حالی‌که این مقدار در مناطقی مانند خاورمیانه و آفریقای شمالی که از کمبود شدید آب رنج می‌برند، به بیش از ۹۰ درصد می‌رسد (Afshar and Fahmi, 2019; Pourgholam-Amiji et al., 2022; Pandey et al., 2023). کشورهایی مانند ایران که در ناحیهٔ خشک و نیمه‌خشک دنیا قرار دارند و یا از کمبود آب رنج می‌برند، می‌بایست راهبرد خاصی در جهت استفادهٔ صحیح و مطلوب از آب به عمل آورند. یکی از مهم‌ترین و مؤثرترین راهکار مقابله با بحران آب، سازگاری با آن و افزایش بهره‌وری آب کاربردی در کشاورزی است (Heydari, 2022a). به‌دلیل این‌که در بیش‌تر نقاط ایران، آب عامل محدودکنندهٔ بخش کشاورزی است بنابراین، کشور بایستی ضمن بهبود جنبه‌های زراعی تولید، توجه ویژه‌ای به افزایش بهره‌وری آب کشاورزی داشته باشد.

مقادیر بهره‌وری مصرف آب از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲، از ۰/۹۴ تا ۱/۲۹ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر و متوسط بهره‌وری مصرف آب در سال ۱۳۹۴ در کشور حدود ۱/۳۲ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است. به‌طور متوسط در هر سال ۰/۰۴۱ کیلوگرم بر مترمکعب میزان بهره‌وری افزایش پیدا کرد (Abbasi et al., 2017). البته این اعداد و ارقام فاقد تحلیل ابعادی محصولی بوده و صرفاً بیان‌گر روند تغییرات است. اساساً میزان تولید به ازای واحد سطح، وقتی محدودیت دسترسی به آب وجود دارد، نمی‌تواند معیار ارزیابی باشد. وقتی محدودیت دسترسی به آب وجود دارد، ضرورت دارد که بقیهٔ نهاده‌ها نیز بهینه و ضایعات محصول کمینه شود (Abbasi et al., 2017). بنابراین، با بررسی منابع در زمینهٔ بهره‌وری آب محصولات زراعی، مشخص شد که نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در بخش کشاورزی در بازهٔ مطالعاتی ۱۳۷۵-۱۳۴۵ برابر ۴/۳۳ درصد، در دورهٔ ۱۳۸۰-۱۳۷۰ برابر ۵/۴۷ درصد و در بازهٔ ۱۳۹۲-۱۳۸۲ برابر ۷/۲۸ درصد بوده است (Abbasi et al., 2017). رشد بهره‌وری در طی این سال‌ها محسوس بوده اما قابلیت ارتقا داشته و رسیدن به حد مطلوب وجود دارد. در پایان برنامهٔ سوم توسعه باید بهره‌وری آب در بخش کشاورزی ایران به میزان یک کیلوگرم به ازای یک مترمکعب می‌رسید، اما عملاً این هدف تا پایان برنامه چهارم توسعه نیز حاصل نشد و بعد از سال پایانی برنامه چهارم توسعه اتفاق‌نظری در مورد میزان واقعی بهره‌وری آب کشاورزی وجود نداشت. به‌طوری‌که تا سال ۱۳۸۴ بهره‌وری آب اراضی فاریاب در مقیاس کلان کشوری به‌طور متوسط ۰/۸ کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی برآورد شد. با توجه به رشد جمعیت در کشور و پیشرفت بخش کشاورزی، این رقم تا سال ۱۴۰۰ باید به ۱/۶ کیلوگرم بر مترمکعب برسد (Naderi, 2018; Heydari, 2022b). یکی از اقدامات مهمی که در سال‌های اخیر در راستای بهبود و ارتقای بهره‌وری مصرف آب کشاورزی صورت گرفته، استفاده از سامانه‌های آبیاری نوین در زراعت گندم است. در ادامه به نتایج پژوهش‌هایی در این زمینه اشاره شده است.

Saleem et al. (2010) در پژوهشی سه رقم گندم در دو روش آبیاری قطره‌ای سطحی و آبیاری سطحی-جویچه‌ای در کشور پاکستان را مقایسه و گزارش کردند که آبیاری قطره‌ای ۱۶/۵۶ درصد مصرف آب کم‌تر، ۱۱/۵۶ درصد عملکرد دانه بیش‌تر و ۳۳/۳۶ درصد کارایی مصرف آب آبیاری بالاتری نسبت به آبیاری سطحی-جویچه‌ای دارد. در مصر Mansour et al. (2016) بهره‌وری آب در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی، زیرسطحی و آبیاری بارانی را روی گندم بررسی نمودند. نتایج آزمایش آن‌ها نشان داد که علی‌رغم این‌که عملکرد دانه در دو روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و سطحی نسبت به آبیاری بارانی به‌ترتیب ۱۶/۳۳ و ۲۶/۵۷ درصد کم‌تر است اما کارایی مصرف آب در این دو روش به‌ترتیب ۴۳/۱۳ و ۷۶ درصد نسبت به آبیاری بارانی بیش‌تر بوده است. در پژوهشی، Torknezhad et al. (2006) در یک آزمایش صحرایی به‌منظور ارزیابی فنی و اقتصادی روش آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) در مقایسه با آبیاری سطحی در زراعت گندم نتیجه گرفتند که آبیاری قطره‌ای می‌تواند کارایی مصرف آب را تا دو برابر افزایش دهد. میانگین عملکرد گندم در روش آبیاری قطره‌ای ۸۴۴۵ کیلوگرم در هکتار با آب مصرفی ۳۲۸۰ مترمکعب و در آبیاری سطحی عملکرد ۷۴۸۰ کیلوگرم در هکتار و آب مصرفی ۵۴۳۶ مترمکعب در هکتار شده است. بهره‌وری مصرف آب به ازای هر واحد آب مصرفی در آبیاری قطره‌ای (۲/۵۷) در مقایسه با روش سطحی (۱/۳۸) حدود دو برابر بود. نتایج این آزمایش اجرایی بودن روش آبیاری قطره‌ای نواری در گندم را به‌خوبی نشان داد. در پژوهش دیگری، Moayyeri et al. (2013) گزارش کردند که آبیاری قطره‌ای (نواری) مصرف آب را با حصول متوسط عملکرد بالاتر (حدود ۳۰ درصد) نسبت به آبیاری سطحی کاهش می‌دهد. ایشان افزایش ۵۰ درصدی کارایی مصرف آب را گزارش نمودند. در داراب فارس Moayyeri et al. (2013) نیز نشان دادند که در بین

روش‌های مورد بررسی آبیاری قطره‌ای (نواری) توانسته است آب آبیاری را تا ۵۷ درصد نسبت به آبیاری سطحی کاهش دهد. هم‌چنین، استفاده از روش آبیاری قطره‌ای نواری باعث افزایش کارایی مصرف آب به میزان ۱/۴۹ برابر نسبت به آبیاری سطحی شده است.

در بین جدیدترین یافته‌های پژوهشی، Ghadami Firouzabadi et al. (2021) گزارش کردند که در همدان، میانگین بهره‌وری آب آبیاری به‌دست آمده گندم برای تیمارهای آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) و جویچه‌ای به‌ترتیب ۱/۷۴ و ۱/۰۱ کیلوگرم مترمکعب بود. هم‌چنین، نتایج نشان داد که آبیاری قطره‌ای در مقایسه با روش آبیاری جویچه‌ای باعث کاهش ۳۳ درصدی استفاده از آب آبیاری کاربردی و افزایش ۷۲ درصدی در بهره‌وری آب آبیاری شد. در ادامه Safarzadeh et al. (2021) به بررسی عملکرد، اجزاء عملکرد و بهره‌وری آب گندم در سه سامانهٔ آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای نواری (تیپ) در خرم‌آباد پرداختند. نتایج مطالعهٔ آن‌ها نشان داد که بیش‌ترین حجم آب کاربردی (۶۴۱۱ مترمکعب) و کم‌ترین بهره‌وری آب (۱/۲۲۷ کیلوگرم بر مترمکعب) مربوط به تیمار آبیاری سطحی بود. تیمار آبیاری قطره‌ای نواری با حدود ۳۳۳۳ مترمکعب آب آبیاری، باعث ۵۹ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب نسبت به آبیاری سطحی شد. هم‌چنین، در این پژوهش کم‌ترین حجم آب کاربردی مربوط به سامانهٔ قطره‌ای نواری بود و بهره‌وری آب در این روش تنها پنج درصد کم‌تر از روش آبیاری بارانی بود و لذا استفاده از این روش در مناطقی که با محدودیت آب روبه‌رو هستند، پیشنهاد می‌شود. با توجه به این‌که نیاز آبی گیاه گندم در این پژوهش به‌طور کامل تأمین شد، حتی اگر مشکل کم-آبی تشدید شود؛ به‌طوری‌که میزان آب موجود در طول دورهٔ رشد گندم برابر با آب مصرف‌شده توسط سامانهٔ آبیاری قطره‌ای نواری (۲۱۳۳/۳۴ مترمکعب) باشد، استفاده از این سامانه در مناطقی با اقلیم مشابه منطقی به‌نظر می‌رسد.

نتایج پژوهش Dehghanian and Afzalinia (2018) در ارزیابی تأثیر سه روش آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای نواری (تیپ) بر عملکرد و بهره‌وری آبِ محصول ذرت در تناوب با گندم در شهرستان مرودشت نشان داد که روش‌های آبیاری تحت‌فشار بیش‌ترین عملکرد را دارند. در آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به آبیاری بارانی و سطحی به‌ترتیب ۳۴ و ۵۷ درصد در حجم آب آبیاری صرفه‌جویی شد. هم‌چنین، بیش‌ترین بهره‌وری آب آبیاری (میانگین ۱/۲۲ کیلوگرم بر مترمکعب) مربوط به آبیاری قطره‌ای نواری و کم‌ترین آن (میانگین ۰/۳۴ کیلوگرم بر مترمکعب) مربوط به روش سطحی بود. مقایسه اثر کاربرد سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) و جویچه‌ای بر عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری گندم توسط Ghadami Firouzabadi and Baghani (2019) در اکباتان نشان داد که میانگین عملکرد دانه در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و نشتی به‌ترتیب ۷۴۴۳ و ۵۹۹۶ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری آب ۱/۸۹ و ۱ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد. بدین‌ترتیب آبیاری قطره‌ای با کاهش ۳۳ درصدی در آب مصرفی باعث افزایش ۷۳ درصدی در بهره‌وری آب شد. در شهرستان خواف Tavousi and Tavanapour (2020) با بررسی عملکرد گندم و بهره‌وری آب در سامانهٔ آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) در مقابل آبیاری سنتی نشان دادند که میانگین عملکرد در روش‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای به‌ترتیب ۳۵۶۶ و ۴۵۵۷ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری آب ۱/۰۵ و ۱/۵۵ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد. آبیاری قطره‌ای علاوه‌بر کاهش مصرف آب به‌میزان ۱۶ درصد، باعث افزایش عملکرد به میزان ۲۸ درصد شد که این دو مورد باعث شدند بهره‌وری آب ۵۰ درصد افزایش یابد.

بر اساس نتایج پژوهش Wang et al. (2013) در شمال چین، روش آبیاری بر عملکرد دانه و بهره‌وری آب گندم تأثیر معناداری داشت و این مقادیر در آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) بیش‌تر از آبیاری کرتی بود. بیش‌ترین بهره‌وری آب در روش آبیاری قطره‌ای نواری با رطوبت خاک ۵۰ تا ۶۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد. هم‌چنین، Chouhan et al. (2015) برای بررسی تأثیر روش آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) و کرتی بر عملکرد و میزان بهره‌وری آب گندم، پژوهشی را در هند انجام دادند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان دادکه در سامانهٔ آبیاری قطره‌ای میزان صرفه‌جویی در مصرف آب و بهره‌وری آب به‌ترتیب ۲۸/۴۲ و ۲۴/۲۴ درصد بیش‌تر از روش آبیاری کرتی بود. ضمن این‌که روش آبیاری قطره‌ای باعث کاهش ۱۰/۸ درصدی عملکرد دانه شد. در ادامه، Fang et al. (2018) بیان کردند. در شمال چین بهره‌وری اقتصادی آب گندم زمستانه در روش‌های آبیاری تحت‌فشار نسبت به روش آبیاری سطحی کم‌تر بود. نتایج پژوهش Kharrou et al. (2011) نیز اجرای سامانهٔ آبیاری قطره‌ای در زراعت گندم، باعث ۲۰ درصد صرفه‌جویی در آب مصرفی نسبت به آبیاری سطحی شد.

در مصر Arafa et al. (2009) آزمایشی به‌منظور تعیین بهره‌وری آب در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی، زیرسطحی و آبیاری بارانی روی گندم انجام دادند. نتایج حاصل از پژوهش آن‌ها نشان داد علی‌رغم این‌که عملکرد دانه در دو روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و سطحی نسبت به آبیاری بارانی به‌ترتیب ۱۶/۳۳ و ۲۶/۵۷ درصد کم‌تر بوده، اما کارایی مصرف آب در این دو روش به‌ترتیب به‌میزان ۴۳/۱۳ و ۷۶ درصد نسبت به آبیاری بارانی بیش‌تر

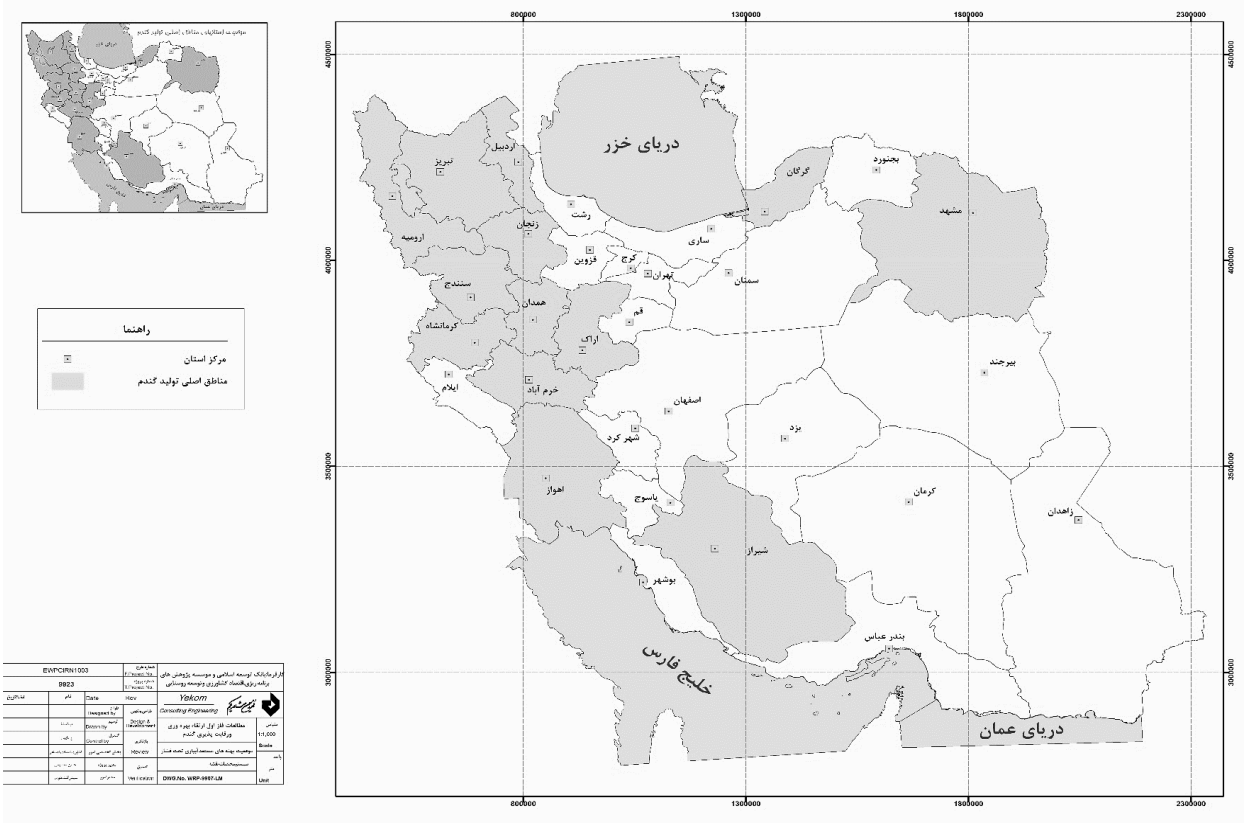
بوده است. در پژوهش Dar et al. (2017) در زمینه شبیه‌سازی واکنش عملکرد گندم به زمان‌بندی و عمق آب آبیاری مشخص شد که آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) در مقایسه با روش‌های مرسوم می‌تواند ۳۳ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی نماید و عملکرد دانه ۸/۳ درصد و بهره‌وری آب ۹/۳ درصد افزایش یابد. در نهایت، Lv et al. (2019) در منطقه شین چیانگ کشور چین نسبت‌های مختلف نوار آبیاری به ازای تعداد ردیف کاشت بررسی کردند. تیمارها عبارت بودند از سه نسبت یک نوار آبیاری به‌ازای چهار، پنج و شش ردیف کاشت با فاصلهٔ ۱۵ سانتی‌متر. با افزایش این نسبت، عملکرد کاهش آشکاری داشت، اما نسبت کاهش عملکرد از نسبت کاهش آب دریافتی به‌دلیل کاهش شاخص سطح برگ کم‌تر بود؛ بنابراین، نتیجه‌گیری شد که می‌توان الگوهای جدیدی برای آبیاری گندم با نوار آبیاری پیدا کرد که هزینه‌های آن را کاهش دهد. لذا، بررسی‌ها حاکی از برتری قابل‌توجه سامانهٔ آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) از نظر عملکرد، کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری آب در گندم دارد و لذا توجیه‌پذیری و گسترش این سامانه در مناطق اصلی تولید گندم در کشور را از نظر جنبهٔ فنی امکان‌پذیر می‌کند.

افزایش بهره‌وری آب محصولات کشاورزی با دو ایدهٔ کلی "کاهش مصرف آب با حفظ عملکرد" و "مصرف فعلی آب با افزایش عملکرد" امکان‌پذیر است. بررسی تجربیات داخلی و بین‌المللی در ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی نشان داد که افزایش بهره‌وری آب فقط از طریق فناوری‌های نوین آبیاری نیست، بلکه نیازمند تغییرات فراتری هستند که شامل بهبود تدابیر و راهکارهای تلفیقی شامل فنی، زراعی و مدیریتی است. بنابراین، در یک تقسیم‌بندی کلی، روش‌های افزایش بهره‌وری محصولات کشاورزی به دو بخش مدیریت آبیاری و مدیریت مزرعه‌ای تقسیم می‌شوند. مدیریت آبیاری همان سامانه و روش‌های آبیاری و مدیریت مزرعه‌ای همان روش‌های زراعی به‌کار گرفته شده هستند. در این پژوهش، موضوع بسیار مهم ارتقاء بهره‌وری آب گندم در ایران از دیدگاه سامانهٔ آبیاری و مدیریت آب مورد بررسی قرار گرفته است و تاکنون چنین پژوهش جامعی روی بررسی نتایج سامانه‌های مختلف آبیاری و انتخاب بهترین سامانه برای حصول بیش‌ترین بهره‌وری آب به انجام نرسیده است. با توجه به خشک‌سالی‌ها و بحران آب جاری و ساری، قطعا به نتایج این پژوهش نیاز خواهد شد.

۲- مواد و روش

پژوهش حاضر، مناطق اصلی تولید گندم را در عرصهٔ سرزمینی کشور ایران هدف‌گذاری نموده است. از آن‌جایی‌که گندم به‌دلیل ارزش‌های بالای تغذیه‌ای و اهمیت راهبردی و به تبع آن حمایت‌های دولتی تقریباً در تمام عرصهٔ سرزمینی کشت می‌شود، در گام اول نسبت به تعیین مناطق اصلی کشت بر اساس اصل پارِتو[1] اقدام شد. انطباق این اصل با مطالعات حاضر بدین گونه خواهد بود که مناطقی را که ۸۰ درصد کشت و تولید گندم (آبی و دیم) در عرصهٔ سرزمینی جمهوری اسلامی ایران در آن‌ها انجام می‌شود را می‌توان به‌عنوان مناطق اصلی تولید گندم در نظر گرفت. از آن‌جایی‌که در ایران آمار وضعیت کشاورزی عمدتاً بر اساس تقسیمات سیاسی ارائه می‌شود، لذا منظور از مناطق عمده، مجموعه استان‌هایی خواهند بود که فرضیهٔ فوق در آن‌ها صادق است. آمار لازم برای این تحلیل نیز از آمارنامه‌های کشاورزی استخراج شدند. دورهٔ آماری تحلیل‌شده نیز مربوط به شش سال زراعی (۱۳۹۲-۱۳۹۱ لغایت ۱۳۹۷-۱۳۹۶) بودند. دلیل انتخاب این دوره نیز این بوده که، اثرات احتمالی خطاهای آماری و یا نوسانات سطح زیرکشت و تولید ناشی از عوامل محیطی غیرقابل‌کنترل (گرما، سرما، خشک‌سالی، ترسالی و غیره) در یک سال خاص به حداقل کاهش یابد. هم‌چنین، در این تحلیل، استفاده از دوره‌های آماری طولانی‌تر نیز به‌دلیل امکان تغییرات سریع توسعه‌ای (به‌خصوص در زمینهٔ سطح زیرکشت) خودداری شده است. از آن‌جایی‌که کشور پهناور ایران از تنوع اقلیمی (بر اساس شاخص دومارتن) برخوردار است، به‌منظور اطمینان از این‌که تمام گروه‌های اقلیمی کشور در مناطق منتخب نماینده دارند، نسبت به انطباق این مناطق با گروه‌های اقلیمی کشور نیز اقدام شد. با توجه به روش‌شناسی ذکر شده، در نهایت استان‌های گلستان، کرمانشاه، آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، همدان، اردبیل، لرستان، مرکزی، خوزستان، فارس، خراسان رضوی، کردستان و زنجان به‌عنوان مناطق اصلی تولید گندم در ایران معرفی شده و در این مطالعه نیز تمرکز اصلی بر روی این مناطق خواهد بود (Heydari, 2022b). در شکل ۱، موقعیت مناطق اصلی تولید گندم در کشور نشان داده شده است (Pourgholam-Amiji et al., 2024).

[1] Pareto Principle



شکل ۱- موقعیت مناطق اصلی تولید گندم در کشور

Figure 1- The location of the main wheat production areas in Iran

۲-۱- وضعیت مساحت تحت پوشش سامانه‌های نوین آبیاری در کشور

بر اساس اطلاعات دریافتی از معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی (مربوط به سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹)، سطح تحت پوشش سامانه‌های نوین آبیاری در اراضی سنتی و پایاب چاه‌ها و منابع آب کوچک بالغ بر ۲۱۰۲۴۱۴ هکتار بوده است که با احتساب ۱۶۰۶۲۱۵ هکتار اراضی پایاب شبکه‌ها و سدهای مخزنی، ایستگاه‌های پمپاژ، بندهای انحرافی بزرگ و پروژه‌های وسیع مرزی (جدول ۱)، در مجموع کل سطح اراضی تحت پوشش این سامانه‌ها در کشور برابر ۳۷۰۷۶۲۹ هکتار است. اطلاعات مساحت سامانه‌های نوین آبیاری تحت پوشش شبکه‌های آبیاری به تفکیک استان، از دفتر توسعهٔ شبکه‌های آبیاری و زهکشی معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی اخذ شده است. در جدول ۱ مساحت تحت پوشش هر یک از سامانه‌های نوین آبیاری در اراضی پایاب چاه‌ها و منابع آب کوچک و اراضی تحت پوشش شبکه‌ها، پایاب سدها و بندهای انحرافی به تفکیک استان‌های کشور ارائه شده است. بخش اول این جدول، مربوط به ۱۳ قطب اصلی گندم است که در این ۱۳ استان، مجموعاً ۷۲۲۰۲۷ هکتار تحت پوشش سامانه‌های نوین آبیاری قرار دارد و به‌عبارتی، بیش از ۳۴ درصد از اراضی تحت پوشش سامانه‌های نوین آبیاری در کل کشور است. هم‌چنین، از مجموع ۱۶۰۶۲۱۵ هکتار اراضی تحت پوشش سامانه‌های نوین آبیاری در شبکه‌های آبیاری و زهکشی، ۶۶/۲ درصد آن در ۱۳ استان قطب تولید گندم قرار داشته و سایر استان‌ها سهم ۳۳/۸ درصد را دارند (Pourgholam-Amiji et al., 2024).

جدول ۱- سطوح تحت پوشش سامانه‌های نوین آبیاری در اراضی پایاب چاه‌ها و منابع آب کوچک و شبکه‌های آبیاری (هکتار)

Table 1- Area covered by modern irrigation systems in the lands following wells and small water sources and irrigation networks (ha)

ردیف	استان	بارانی	موضعی	کم‌فشار	مجموع	درصد از کل	پایاب شبکه‌ها و بندهای انحرافی
1	فارس	93849	143568	2981	240398	11.4	95927
2	خراسان رضوی	63320	83228	30648	177196	8.4	5783
3	همدان	125020	5585	12339	142944	6.8	2013
4	کرمانشاه	69633	7561	4672	81866	3.9	76391
5	آذربایجان غربی	49668	13823	4317	67808	3.2	132746
6	گلستان	56802	7741	2599	67142	3.2	56307
7	آذربایجان شرقی	32033	29358	4127	65518	3.1	41300
8	مرکزی	49747	13655	1852	65254	3.1	6266
9	کردستان	48822	4618	3078	56518	2.7	18787
10	لرستان	50873	5210	0	56083	2.7	8250
11	خوزستان	30106	19419	1884	51409	2.4	495538
12	زنجان	33890	16576	196	50662	2.4	4843
13	اردبیل	18264	4263	3733	26260	1.2	119649
14	اصفهان	69986	37619	18468	126073	6	93156
15	هرمزگان	1947	109201	148	111296	5.3	13667
16	کرمان	25378	134579	12502	172459	8.2	5205
17	چهارمحال و بختیاری	44444	16273	239	60956	2.9	10359
18	تهران	20912	27626	8514	57052	2.7	67836
19	قزوین	18336	27334	4939	50609	2.4	70000
20	مازندران	9751	31890	1643	43284	2.1	14482
21	بوشهر	2603	25756	0	38359	1.8	10823
22	سیستان و بلوچستان	11311	19974	6092	37377	1.8	53273
23	سمنان	8236	22761	5409	36406	1.7	24756
24	کهگیلویه و بویراحمد	16436	18428	2	34866	1.7	6628
25	ایلام	26459	7232	0	33691	1.6	94944
26	یزد	1549	18812	11026	31387	1.5	3300
27	خراسان شمالی	14843	10307	6155	31305	1.5	4818
28	خراسان جنوبی	1660	8019	17979	27658	1.3	1389
29	قم	3391	10281	12378	26050	1.2	20759
30	گیلان	3321	10084	4824	18229	0.9	42150
31	البرز	5766	10060	473	16299	0.8	4870
	مجموع ۱۳ استان	1149058	72426	354605	722027	-	1063800
	درصد ۱۳ استان	62.8	30.9	6.3	100		66.2
	مجموع کل کشور	1008356	900841	183217	2102414	100	1606215
	درصد کل کشور	48.5	42.8	8.7	100		33.8

مطابق جدول فوق، سطوح اراضی آبی تحت پوشش روش آبیاری بارانی در کشور ۱۰۰۸۳۵۶ هکتار (۴۸/۵ درصد)، روش آبیاری موضعی ۹۰۰۸۴۱ هکتار (۴۲/۸ درصد) و روش آبیاری کم‌فشار ۱۸۳۲۱۷ هکتار (۸/۷) است. در ۱۳ استان منتخب که قطب اصلی تولید گندم کشور هستند، ۶۲/۸ درصد به آبیاری بارانی اختصاص داشته و سهم آبیاری موضعی و کم‌فشار به‌ترتیب ۳۰/۹ و ۶/۳ درصد است. با توجه به این‌که اکثر اراضی تحت پوشش آبیاری موضعی، قطره‌ای بوده و مربوط به باغات است؛ بنابراین، مجموع اراضی زراعی زیر پوشش سامانه‌های نوین آبیاری (بارانی و کم‌فشار) برابر ۱۱۹۱۵۷۳ هکتار است. البته این مربوط به کل اراضی زراعی است و اطلاعات سطح زیر پوشش سامانه‌های نوین آبیاری برای محصول گندم با مکاتبات انجام‌شده با معاونت آب و خاک و دفتر سامانه‌های نوین آبیاری وزارت جهاد کشاورزی در دسترس است. ذکر این نکته نیز ضروری است با توجه به وجود تناوب زراعی سطح زیر پوشش سامانه‌های نوین آبیاری برای محصول گندم در هر سال متغیر بوده، ولی به‌طور تقریبی می‌توان از نسبت محصول گندم به کل محصولات زراعی در یک سال مشخص، سطح زیر پوشش سامانه‌های نوین آبیاری را برای محصول گندم به‌دست آورد.

در جدول ۲ مساحت تحت پوشش روش‌های نوین و سنتی آبیاری به تفکیک استان‌های کشور ارائه شده است. مطابق این جدول، حدود ۲۰ درصد از اراضی زراعی تحت پوشش سامانه‌های نوین آبیاری بوده و ۸۰ درصد نیز با روش‌های سنتی آبیاری می‌شوند. استان‌های همدان (۱۱/۵ درصد)، فارس (۸/۱ درصد) و خراسان

رضوی (۷/۹ درصد)، بیش‌ترین وسعت سامانه‌های نوین آبیاری را در اراضی زراعی دارا هستند. مطابق جدول ۲، اراضی زراعی کل کشور برابر ۶۱۴۴۷۹۸ هکتار بوده و سهم اراضی با آبیاری مدرن و سنتی به‌ترتیب ۱۱۹۱۵۷۳ و ۴۹۵۳۲۲۵ هکتار است. در ۱۳ استان منتخب که قطب اصلی تولید گندم کشور هستند، مساحت کل اراضی زراعی موجود برابر ۳۹۲۱۴۰۱ هکتار بوده که از این مقدار، آبیاری مدرن با مساحت ۷۹۴۴۵۳ هکتار سهم ۲۰/۲ درصدی داشته و اراضی با آبیاری سنتی با مساحت ۳۱۲۶۹۴۸ هکتار، سهم ۷۹/۸ درصدی را دارد که این روند دقیقاً مطابق با کل کشور است.

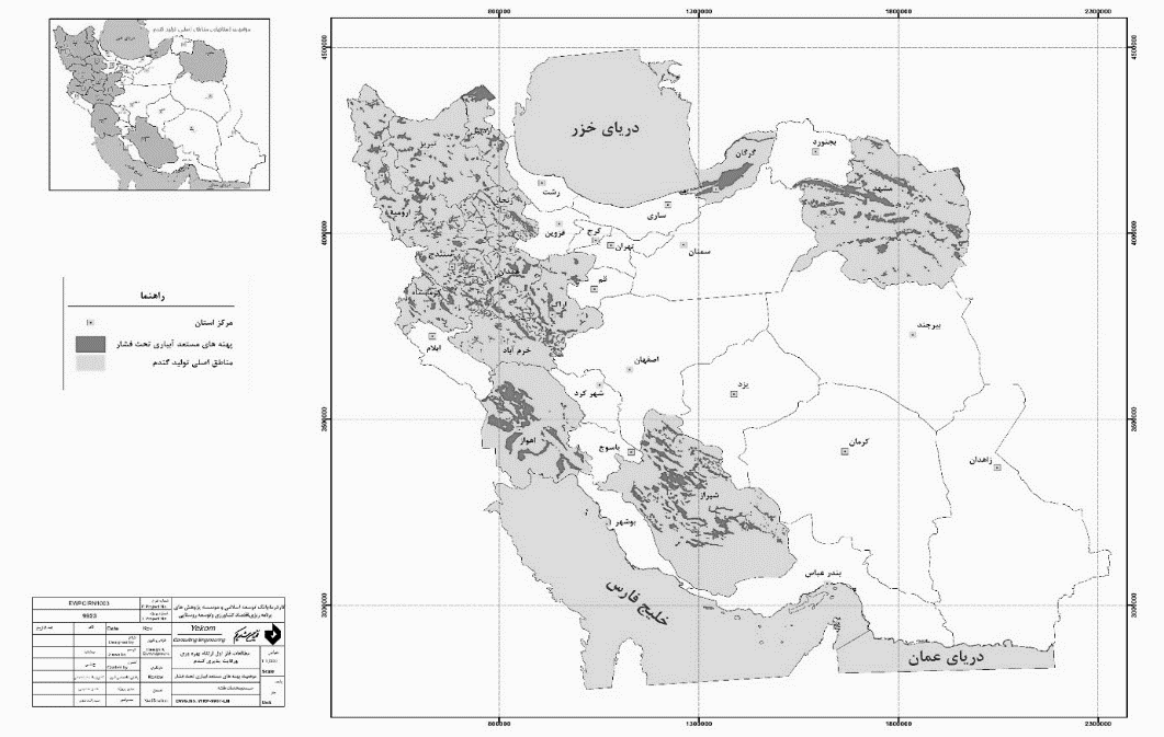
جدول ۲- مساحت تحت پوشش روش‌های سنتی و نوین آبیاری به تفکیک استان‌های کشور (هکتار)

Table 2- Area covered by traditional and modern irrigation methods by provinces of Iran (ha)

ردیف	استان	اراضی زراعی	آبیاری مدرن	آبیاری سنتی	درصد مدرن	درصد سنتی
1	فارس	528220	96830	431390	8.1	8.7
2	خراسان رضوی	408007	93968	314039	7.9	6.3
3	همدان	195275	137359	57916	11.5	1.2
4	کرمانشاه	194644	74305	120339	6.2	2.4
5	آذربایجان غربی	291038	53985	237053	4.5	4.8
6	گلستان	412034	59401	352633	5	7.1
7	آذربایجان شرقی	208295	36160	172135	3	3.5
8	مرکزی	156403	51599	104804	4.3	2.1
9	کردستان	95842	51900	43942	4.4	0.9
10	لرستان	137448	50873	86575	4.3	1.7
11	خوزستان	966673	31990	934683	2.7	18.9
12	زنجان	109141	34086	75055	2.9	1.5
13	اردبیل	218381	21997	196384	1.8	4
14	اصفهان	244930	88454	156476	7.4	3.2
15	هرمزگان	67045	2095	64950	0.2	1.3
16	کرمان	287821	37880	249941	3.2	5
17	چهارمحال و بختیاری	78308	44683	33625	3.7	0.7
18	تهران	131557	29426	102131	2.5	2.1
19	قزوین	145317	23275	122042	2	2.5
20	مازندران	362383	11394	350989	1	7.1
21	بوشهر	48970	2603	46367	0.2	0.9
22	سیستان و بلوچستان	129764	17403	112361	1.5	2.3
23	سمنان	64791	13645	51146	1.1	1
24	کهگیلویه و بویراحمد	46010	16438	29572	1.4	0.6
25	ایلام	89656	26459	63197	2.2	1.3
26	یزد	31060	12575	18485	1.1	0.4
27	خراسان شمالی	107979	20998	86981	1.8	1.8
28	خراسان جنوبی	69512	19639	49873	1.6	1
29	قم	39150	15769	23381	1.3	0.5
30	گیلان	240251	8145	232106	0.7	4.7
31	البرز	38893	6239	32654	0.5	0.7
	مجموع ۱۳ استان	3921401	794453	3126948	-	-
	درصد ۱۳ استان	100	20.2	79.8		
	مجموع کل کشور	6144798	1191573	4953225	100	100
	درصد کل کشور	100	19.4	80.6		

۲-۲- وضعیت اراضی دارای پتانسیل آبیاری تحت‌فشار در کشور

به‌دلیل محدودیت منابع آب در کشور و این مهم که کمبود آب در سال‌های آتی بیش‌تر احساس خواهد شد، بررسی‌های مربوط به امکان‌سنجی توسعهٔ روش‌های آبیاری تحت‌فشار ضروری است. مطالعات مربوط به امکان‌سنجی توسعهٔ روش‌های آبیاری تحت‌فشار توسط تعدادی از شرکت‌های مهندسین مشاور و به کارفرمایی وزارت جهاد کشاورزی برای هریک از استان‌ها انجام شده است. در این بخش از نتایج این مطالعات استفاده شده است. در شکل ۲ موقعیت پهنه‌های مستعد آبیاری تحت‌فشار در استان‌های اصلی تولید گندم در کشور مشخص شده است (Pourgholam-Amiji et al., 2024).



شکل ۲- موقعیت پهنه‌های مستعد آبیاری تحت‌فشار در استان‌های اصلی تولید گندم در کشور

Figure 2- The location of areas prone to pressurized irrigation in the main wheat production provinces in Iran

به‌طورکلی روش‌های آبیاری گندم را می‌توان به سه دسته شامل ۱) آبیاری سطحی، ۲) آبیاری کم‌فشار (لوله‌های دریچه‌دار) و ۳) آبیاری تحت‌فشار تقسیم‌بندی نمود. آبیاری سطحی شامل کرتی، نواری و شیاری (فارو) و کشت روی پشته‌های بلند و آبیاری تحت‌فشار شامل آبیاری موضعی (تیپ) و آبیاری بارانی است. از طرفی هر یک از سامانه‌های نوین آبیاری به‌طور بالقوه دارای مزایایی می‌باشند که اگر نکات لازم در طراحی، اجرا و بهره‌برداری آن رعایت شود، می‌تواند بسیار مفید و مثمر ثمر واقع شده و موجب بهبود وضعیت محصول و افزایش کارآیی مصرف آب شود. یکی از روش‌های ارتقاء بهره‌وری مصرف آب در گندم می‌تواند استفاده از سامانه‌های نوین آبیاری در بخش کشاورزی باشد.

۲-۳- چگونگی ارتقاء بهره‌وری مصرف آب گندم

در توسعهٔ روش‌های نوین آبیاری طی قرن گذشته دو عامل نقش اساسی داشته‌اند. یکی از این عوامل و شاید مهم‌ترین آن‌ها کمبود منابع آب شیرین برای تولید محصولات زراعی و باغی بوده است. عامل دیگر پیشرفت تکنولوژی و فناوری‌های صنعتی است که باعث شد بسیاری از ایده‌ها و نظریات در زمینهٔ روش‌های آبیاری از قوه به فعل درآمده و از روش‌هایی بهره گرفته شود که راندمان بالاتر داشته و در جهت افزایش بهره‌وری آب باشند. با توجه به این دو موضوع، اکثر نوآوری‌ها در ابداع روش‌های جدید آبیاری بر این مفهوم استوار بوده‌اند که آب به اندازه و فقط به گیاه داده شود و از آبیاری بخش‌هایی از زمین که خارج از محدودهٔ رشد گیاه است، جلوگیری شود. در سامانه‌های سنتی آبیاری مانند روش‌های سطحی معمولاً آب در تمام سطح مزرعه پخش شده و خاک در تمام قسمت‌های زمین خیس می‌شود و این امر موجب تلف شدن آب می‌شود. در صورتی‌که اکثر روش‌های نوین آبیاری مانند سامانه‌های بارانی و قطره‌ای متمرکز بر آبیاری گیاه است نه آبیاری زمین. مطالعات انجام شده نشان داده‌اند که فناوری‌های آبیاری آب اندوز[1] به ذخیره و صرفه‌جویی آب کمک می‌کنند. هم‌چنین، این تکنولوژی‌ها باعث کاهش آثار منفی تغییر اقلیم بر روی تولیدات کشاورزی می‌شوند (Zou et al., 2012; Safarzadeh et al., 2021). بعد از بررسی‌های دقیق و مطالعات وسیع، نوبت به پیشنهاد سامانه‌های آبیاری مدرن و سنتی رسید که منجر به افزایش بهره‌وری آب گندم خواهد شد. آن‌چه که از نتایج این گزارش استخراج می‌شود، برتری قابل‌توجه سامانهٔ آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) برای زراعت گندم است که در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری تحت‌فشار و سطحی (نظیر

[1] Water Saving Irrigation Technologies

بارانی، جویچه‌ای، کرتی، نواری و غیره)، توانایی بالایی از خود نشان داده است. در ادامه، ویژگی‌های سامانهٔ آبیاری موضعی تیپ برای کشت گندم از جنبه‌های زیر بررسی شد:

۱) تعیین نقاط قوت و ضعف سامانهٔ آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ)

۲) تعیین عملکرد، مصرف آب و بهره‌وری مصرف آب با کاربرد سامانهٔ آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) (جنبه‌های فنی)

۳) برآورد هزینه‌های مورد نیاز برای اجرای سامانهٔ آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) (جنبه‌های مالی و اقتصادی)

۴) تهیهٔ دستورالعمل اجرایی سامانهٔ آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) در زراعت گندم.

۲-٤- نقاط قوت سامانهٔ آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ)

از حدود ۳۰ سال پیش، سامانه‌های آبیاری میکرو به‌صورت فزاینده‌ای پا به عرصهٔ کشاورزی گذاشته‌اند. به‌طوری‌که تاکنون سطح زیرکشت زیادی تحت پوشش این سامانه قرار گرفته است. راندمان بالای سامانه و امکان کنترل عملیات آبیاری و از طرفی خشک‌سالی، بحران آب و لزوم توسعهٔ اراضی آبی بر اهمیت این سامانه افزوده و آمارهای موجود حاکی از روند افزایش صعودی استفاده از این سامانه نسبت به سایر سامانه‌ها است. در این میان آبیاری قطره‌ای نواری (شکل ۳) به‌عنوان یکی از روش‌های سامانه‌های میکرو به‌علت افزایش راندمان آبیاری، افزایش بهره‌وری آب و حتی افزایش عملکرد در محصولات مختلف نظیر گندم، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شده و بدین علت حرکت‌های جهانی به سوی انتخاب و حتی جایگزینی این روش به‌جای سایر روش‌های آبیاری است. از عمده مزایای سامانهٔ آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱) اجرای آسان در مزارع دارای پستی و بلندی و بدون نیاز به تسطیح زمین.

۲) از بین رفتن مشکلات علف هرز مزرعه و هزینهٔ مبارزه با آن‌ها.

۳) صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش راندمان تا ۹۰ درصد.

۴) حذف جوی و پشته و اضافه شدن سطح مفید مزرعه.

۵) توزیع به موقع و به‌اندازهٔ آب و مواد غذایی.

۶) امکان به‌کارگیری کودآبیاری و شیمابیاری.

۷) بهبود کیفیت محصول و بازارپسندی آن.

۸) قابل اتوماتیک بودن سامانهٔ آبیاری.

۹) امکان استفاده در مناطق بادخیز.

۱۰) نیاز کم‌تر به نیروی انسانی.

۱۱) افزایش عملکرد محصول.

۱۲) افزایش بهره‌وری آب.

شکل ۳- استفاده از سامانهٔ آبیاری قطره‌ای-نواری (تیپ) در زراعت گندم

Figure 3- Use of drip irrigation system (tape) in wheat cultivation

۲-۵- نقاط ضعف سامانهٔ آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ)

آبیاری تیپ ممکن است با گذر زمان اثرات سوء جبران‌ناپذیری بر محیط زیست داشته باشد. محاسبات نشان‌دهندهٔ این واقعیت است که در صورت ادامهٔ این روند سهم کشاورزی در تولید ضایعات پلاستیکی بسیار زیاد خواهد بود. اثرات پلاستیک‌های پلی‌اتیلن بر محیط زیست شامل جابه‌جایی تکه‌های پلی‌اتیلن در اثر باد و یا سایر عوامل و تبدیل آلودگی از یک منبع نقطه‌ای و متمرکز به یک آلاینده با ابعاد گسترده و غیرمتمرکز و در نتیجه شیوع تصاعدی اثرات نامطلوب آن نظیر خفه شدن حیوانات دریایی در اثر خوردن ذرات شناور پلاستیکی و یا گرفتار شدن در زباله‌های پلاستیکی و ایجاد اختلالات هورمونی در آن‌ها و نهایتاً ورود به چرخهٔ غذایی انسان، اثر پلاستیک‌های پلی‌اتیلن بر دام‌ها، آلودگی منابع خاک و

آب و ماندگاری بالا، کاهش میزان تهویهٔ خاک، ایجاد آلودگی بَصَری، ایجاد سموم مضر نظیر دی‌اکسیدکربن، دیوکسین‌های خطرناک در اثر سوزاندن نوارهای تیپ و تهدید کیفیت هوا و نهایتاً کمک به تشدید گرمایش جهانی است. در صورت لحاظ ننمودن این ملاحظات از طرف سیاست‌گذاران و مدیران آب کشور ممکن است این روش آبیاری علاوه‌بر هدر دادن سرمایه‌های ملی، باعث از بین رفتن منابع طبیعی و بهره‌برداری ناپایدار از خود روش شود (Ahmadaali et al., 2016).

توصیه می‌شود که در انتهای فصل رشد، نوارهای تیپ به حال خود رها نشوند و نسبت به جمع‌آوری آن‌ها در اسرع وقت، اقدام شود. زیرا نوارهای تیپ و قطعات مصنوعی دیگر، علاوه‌بر مسائل محیط زیستی (پاراگراف قبلی)، می‌تواند مشکلاتی را در عملیات زراعی کاشت و حتی رشد گیاه در فصل یا فصول بعدی ایجاد کنند. برای جمع‌آوری لوله‌های تیپ، ادوات مخصوص برای این کار وجود دارند که در سطوح وسیع، قابل استفاده می‌باشند (شکل ۴) (Rahimian et al., 2016). بنابراین، با این روش پیشنهادی و ابزارهای موجود می‌توان نقاط ضعف سامانهٔ آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) را پوشش داد و یک روش آبیاری دوست‌دار محیط زیست را توصیه کرد.

شکل ٤- تصاویری از دستگاه جمع‌آوری‌کنندهٔ نوارهای تیپ از مزرعه

Figure 4- Pictures of the tape strips collecting device from the farm

۲-٦- تعیین عملکرد، مصرف آب و بهره‌وری مصرف آب با کاربرد سامانه آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ)

آبیاری از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تولید غلات در اقلیم گرم و خشک است. در حال حاضر روش آبیاری مورد استفاده برای محصول گندم عمدتاً انواع روش‌های سطحی (کرتی، نواری، شیاری و جویچه‌ای) است که نسبت به روش‌های نوین آبیاری، بازده آبیاری کم‌تر و حجم آب مصرفی بیش‌تری دارد که در صورت استفاده از سامانه‌های نوین آبیاری تحت‌فشار قطره‌ای نواری (تیپ) باعث کاهش حداقل ۳۰ درصد مصرف آب و افزایش حداقل ۴۰ درصد کارایی مصرف آب می‌شوند. امروزه استفاده از روش آبیاری تیپ یا نوارهای آبیاری قطره‌ای (نواری) برای آبیاری محصولات مختلف زراعی و باغی متداول شده است. این روش در مناطقی که تلفات آب در حین آبیاری زیاد است، می‌تواند جایگزین مناسبی برای روش‌های مرسوم نظیر کرتی، نواری، شیاری و جویچه‌ای باشد؛ زیرا روش آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) با توجه به اعمال مقدار و دور آبیاری مشخص توسط کشاورزان، ظرفیت بالایی در بهبود و بازده آبیاری دارد (Shirinzadeh et al., 2017).

۲-۷- برآورد هزینه‌های مورد نیاز برای اجرای سامانهٔ آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ)

فاصلهٔ نوارهای تیپ از هم‌دیگر در حقیقت معادل با فاصلهٔ بین محل‌های اتصال تیپ به لولهٔ نیمه‌اصلی[1] و یا فواصل نصب بسته‌ای ابتدایی بر روی مانیفولد خواهد بود. برای یک مزرعهٔ گندم، انتخاب فواصل نوارهای تیپ از هم‌دیگر به روش کاشت و بافت خاک وابسته خواهد بود. هم‌چنین، در انتخاب طول مناسب نوارهای تیپ در یک مزرعهٔ گندم، علاوه‌بر بررسی‌های فنی و مسائل هیدرولیکی (که توسط طراح پروژه انجام می‌شود)، عواملی نظیر شیب زمین، بافت خاک و فاصلهٔ قطره‌چکان‌های روی نوار

[1] Manifold

تیپ (یا تعداد خروجی‌های آب) نقش دارند. کاشت بذر گندم عمدتاً به صورت‌های پخشی و یا مکانیزه انجام می‌شود. در کشت پخشی، بذر گندم هم به‌صورت دستی (دستپاش) و هم با استفاده از دستگاه‌های سانتریفیوژ کشت می‌شود و فرض بر این است که تمامی بخش‌های زمین با یک تراکم مناسب از بذر پوشیده می‌شوند. در حالی‌که در روش مکانیزه کشت با استفاده از دستگاه‌های خطی کار و یا ردیف‌کار که به‌طور مرسوم به خطوط (شیارهای) موازی یک‌دیگر نیاز است، انجام می‌شود. فواصل کشت خطی برای گیاهان زراعی مختلف، تابعی از خصوصیات خاک مزرعه و الگوی رشد گیاه زراعی است، با این حال بسته به نوع دستگاه خطی کار، این فواصل برای گندم ۲۰–۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود (Rahimian et al., 2016).

برای هر دو روش کشت (پخشی و مکانیزه)، نوارهای آبیاری تیپ باید طوری پهن شوند تا تمامی سطح مزرعه پس از آبیاری (و یا حداکثر یک روز پس از قطع آبیاری) مرطوب شود. اما در کشت‌های ردیفی گندم، قرار دادن لوله‌های تیپ مجزا برای تمامی خطوط کشت (که فاصلهٔ ۲۰–۱۵ سانتی‌متری دارند)، عملاً اقتصادی نبوده و لذا باید به‌صورت دو در میان و یا سه در میان (بسته به بافت خاک مزرعه) این کار انجام شود. بنابراین، در این روش کاشت، تنها تعدادی از خطوط کشت مستقیماً توسط لولهٔ تیپ آبیاری شده و خطوط کشت واقع در بین دو ردیف لوله، از طریق پیش‌روی جبههٔ رطوبتی به طرفین آن، تکمیل می‌شود. در هر دو روش کشت، فواصل لوله‌های آبیاری تیپ از هم‌دیگر و فواصل روزنه‌های روی لوله (قطره‌چکان‌ها) وابسته به بافت خاک مزرعه بوده که برای انتخاب فاصلهٔ مناسب، می‌توان از جدول ۳ استفاده نمود. در این جدول، فواصل مناسب نوارهای تیپ و فواصل قطره‌چکان‌ها برای آبیاری یک مزرعهٔ گندم بر اساس بافت خاک مزرعه ارائه شده است. به‌عنوان مثال، در یک مزرعهٔ گندم با بافت خاک متوسط، توصیه می‌شود که فواصل نوارهای تیپ از هم‌دیگر در حدود ۴۰ سانتی‌متر بوده و لوله‌های آبیاری تیپ نیز دارای قطره‌چکان‌هایی با فواصل تقریبی ۲۰ سانتی‌متر از هم‌دیگر باشند. در چنین شرایطی و برای هر هکتار زمین، به ۲۵ هزار متر لوله تیپ نیاز خواهد بود که بایستی با در نظر گرفتن شرایط کشاورز و صرفهٔ اقتصادی موضوع، این لوله‌ها تهیه و طبق دستورالعمل مربوطه در مزرعه نصب شوند. بدیهی است که در فاصلهٔ بین دو نوار تیپ، می‌تواند دو و یا سه ردیف کشت گندم وجود داشته و تابع روش کاشت و تراکم بذر است (Rahimian et al., 2016).

جدول ۳- انتخاب فواصل نوارهای تیپ و قطره‌چکان‌ها برای آبیاری یک مزرعهٔ گندم با بافت‌های مختلف خاک

Table 3- Choosing the intervals of tip strips and drippers for irrigation of a wheat field with different soil textures

بافت خاک مزرعه	فواصل مناسب نوارهای تیپ از هم‌دیگر (فاصلهٔ بست‌های ابتدایی)	فواصل مناسب قطره‌چکان‌های تیپ (نوع نوار تیپ)	طول مورد نیاز لوله تیپ برای هر هکتار زمین
سبک (شنی)	30-40 سانتی‌متر	10-20 سانتی‌متر	25-33 هزار متر
متوسط (لوم)	40-50 سانتی‌متر	20-30 سانتی‌متر	20-25 هزار متر
سنگین (رسی)	50-60 سانتی‌متر	30-40 سانتی‌متر	16-20 هزار متر

این مطالعه می‌تواند مقایسهٔ خوبی بین روش‌های آبیاری سنتی و روش آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) از نظر برتری فنی، مالی و اقتصادی باشد و روش برتر در سامانهٔ آبیاری مدرن را به‌خوبی بیان کند. با توجه به هزینهٔ فعلی ۴۰۰ میلیون ریال برای اجرای سامانهٔ آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) در سال زراعی ۱۴۰۰–۱۳۹۹ و با توجه به نتایج جدول ۴، مقایسه‌ها و نسبت هزینهٔ انجام شده نشان می‌دهد که با اجرای این سامانهٔ مدرن آبیاری در زراعت گندم می‌توان ضمن کاهش مصرف آب، بهره‌وری آب را به‌میزان قابل‌توجهی ارتقا داد و ضمن احداث یک سامانهٔ آبیاری با هزینه‌های سالانه نسبتاً کم در مقایسه با روش آبیاری بارانی، هرساله درآمد قابل‌توجهی داشت و بهره‌وری اقتصادی بالایی را حاصل کرد. احداث سامانه یک بار اتفاق می‌اُفتد و دیگر هزینه‌های جاری نظیر تعویض نوار تیپ و هزینهٔ بهره‌برداری سالانه وجود خواهد داشت، اما حصول درآمد بالاتر برای کشاورز، باعث توجیه منافع اقتصادی خواهد شد. هم‌چنین، با توجه با جدول ۳، می‌توان قیمت خرید سالانهٔ نوار تیپ و با توجه به جدول ۴ می‌توان دیگر هزینه‌های جاری را محاسبه کرد؛ اما آن‌چه‌که توجیه‌پذیری و گسترش یک طرح را امکان‌پذیر می‌کند، درآمد خالص کشاورز است که با توجه کم‌تر مصرف شدن آب در سامانهٔ آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری تحت‌فشار و سنتی، این مهم (منافع مالی و اقتصادی برای کشاورز و حفظ منابع آب برای کشور) و دست‌یافتنی است. لذا توسعهٔ این سامانه با هدف افزایش بهره‌وری آب گندم در مناطق اصلی تولید گندم، توصیه می‌شود.

جدول ٤- اطلاعات مبنای محاسبات برای سال زراعی ۱۳۹٦-۱۳۹۵

Table 4- Information on the basis of calculations for the crop year 2016-2017

نهاده/ ستاده	واحد	ارزش (۱۰ ریال)
گندم	کیلوگرم	1300
کاه	کیلوگرم	475
هزینهٔ سالانهٔ نصب آبیاری قطره‌ای	هکتار	2337000
متوسط هزینهٔ گندم (به جز آب)	هکتار	2268000
نوار تیپ با نصب	متر	111
انرژی استخراج آب از چاه برای هر مترمکعب	کیلووات	0.9
انرژی پمپاژ آب در سامانه برای هر مترمکعب	کیلووات	0.3
قیمت برق	کیلووات	21
کارگر	نفر روز	34000
بست ابتدای لوله با نصب	عدد	236
نصب بست انتهایی	عدد	56

در جدیدترین پژوهش‌ها در ایران، Afshar et al. (2021) به بررسی اقتصادی کاربرد روش آبیاری قطره‌ای (نوار تیپ) در زراعت گندم در دو مزرعهٔ واقع در مشهد و تربت حیدریه–بخش جلگه رخ با بافت خاک به‌ترتیب لوم و لوم رسی، در سال زراعی ۹۵–۱۳۹۶ پرداختند. این آزمایش شامل سه مقدار آب آبیاری (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی) در هر دو روش آبیاری قطره‌ای و شیاری بود و علاوه‌بر آن روش قطره‌ای دارای سه فاصله نوار (تیپ) ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ سانتی‌متر نیز بود. برای مقایسهٔ اقتصادی تیمارهای مختلف، درآمد خالص اولیه هر یک از تیمارها از تفاضل درآمدها و هزینه‌ها محاسبه شد و درآمد خالص نهایی نیز از محاسبهٔ افزایش سود حاصل از درآمد آب صرفه‌جویی شده به اضافهٔ درآمد خالص اولیه به‌دست آمد. نتایج این پژوهش نشان داد که بیش‌ترین درآمد خالص نهایی در مشهد (۱۸۱۸۳۲۲۲ ریال) و در تربت حیدریه (۱۵۸۲۸۴۲۶ ریال) از تیمار فاصلهٔ نوار ۱۰۰ سانتی‌متر (روش قطره‌ای نواری–تیپ) با در نظر گرفتن یارانه به‌دست آمد. لذا فاصلهٔ نوار ۱۰۰ سانتی‌متر اقتصادی‌ترین تیمار در این پژوهش بود. هزینه‌های غیرمشترک تیمارها شامل هزینه آبیاری تحت‌فشار، نوارهای تیپ و متعلقات آن، برق و کارگر بود (جدول ۴). درآمدهای مستقیم شامل درآمد حاصل از فروش گندم و کاه و درآمدهای غیرمستقیم از ارزش مازاد آب مصرفی نسبت به بیش‌ترین مصرف آب در تیمارها به‌دست آمد. با توجه به پرداخت یارانه‌های دولت برای سامانه‌های نوین آبیاری، بررسی اقتصادی در دو حالت با و بدون در نظر گرفتن یارانه‌ها انجام شد. سپس بعد از محاسبهٔ هزینه و درآمد تیمارهای مختلف، منافع خالص از تفاضل کل ارزش عملکرد و هزینه‌هایی که در تیمارهای مختلف وجود داشت، محاسبه شد.

۳- نتایج و بحث

در تعیین پهنه‌های مستعد از نظر وضعیت کشاورزی و آبیاری، سطح زیرکشت محصولات ناسازگار با آبیاری تحت‌فشار و آن قسمت از اراضی که سیستم‌های تحت‌فشار قبلاً در آن‌ها اجرا شده است از مجموعه اراضی نهایی حذف شده‌اند. در نهایت با توجه به موقعیت جغرافیایی پهنه‌های مستعد در داخل محدودهٔ مرزی هر یک از استان‌ها و با در نظر گرفتن مرز محدوده‌های هیدرولوژیکی، فرآیند کدگذاری هر یک از پهنه‌ها انجام و شناسنامه پهنه‌ها تهیه شده است. در جدول ۵ مساحت پهنه‌های مستعد آبیاری تحت‌فشار، وضع فعلی و امکان توسعهٔ آبیاری تحت‌فشار در کشور ارائه شده است. مطابق این جدول، وسعت پهنه‌های مستعد آبیاری تحت‌فشار در کشور برابر ۷/۵۵ میلیون هکتار برآورد شد. جالب توجه است که از این ۷/۵۵ میلیون هکتار، ۵/۵۴ میلیون هکتار در اراضی ۱۳ استان که قطب اصلی گندم کشور هستند، واقع شده است. در مجموع، ۵۷ درصد از کل وضع موجود تحت پوشش سامانه‌های نوین آبیاری در ۱۳ قطب تولید اصلی گندم قرار داشته و امکان توسعهٔ سامانه‌های نوین آبیاری در قطب‌های اصلی گندم در مقایسه با کل کشور برابر با ۷۹/۹ درصد است (جدول ۲). هم‌چنان‌که گفته شد، وسعت سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار اجرا شده در منابع آب کوچک و چاه‌ها ۲/۱ میلیون هکتار، آبیاری تحت‌فشار اجرا شده در پایاب شبکه‌ها ۱/۶ میلیون هکتار است. بنابراین، در حدود ۴/۷ هکتار از ارضی آبی کشور امکان اجرایی نمودن سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار وجود دارد. البته ذکر این نکته ضروری است که مطالعات امکان‌سنجی توسعهٔ آبیاری تحت‌فشار در سال منتهی به ۱۳۸۵ است و با توجه به تغییرات اقلیمی و افت کیفی منابع آب و خاک در سطح کشور می‌توان انتظار داشت که سطح مذکور کاهش یافته باشد. هر چند تغییر روش‌های آبیاری در کل اراضی سنتی به مدرن نیز در دستور کار نبوده و در بسیاری از مناطق بهبود سامانه‌های آبیاری سنتی، برای افزایش بهره‌وری از منابع آب، به‌دلیل هزینه‌های کم‌تر سرمایه‌گذاری، بهره‌برداری و نگهداری و ملاحظات اجتماعی و نظام بهره‌برداری راه‌کار مناسب است.

۳-۱- تعیین وسعت سامانهٔ آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) در مناطق اصلی تولید گندم

همان‌طور که بیان شد، یکی از راه‌کارها در بخش آبیاری برای ارتقاء بهره‌وری گندم، توسعهٔ استفاده از آبیاری موضعی تیپ است. وسعت پیشنهادی سامانهٔ آبیاری تیپ بر اساس طرح ارتقاء ضریب خوداتکایی گندم در سال ۱۴۰۰–۱۳۹۹ در مناطق اصلی تولیدکنندهٔ

گندم در جدول ۶ ارائه شده است. با توجه به جدول، وسعت پیشنهاد اجرای آبیاری موضعی نواری (تیپ) در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹، برابر ۷۵۰۰۰ هکتار است که ۵۳۵۲۳ هکتار (۷۱/۴ درصد)، آن متعلق به ۱۳ استان اصلی تولیدکننده یا همان مناطق عمدهٔ تولید گندم است.

در جدول ۷ نتایج مربوط به کاهش مصرف آب کشاورزی با اجرای این راه‌کار در استان‌های اصلی تولیدکنندهٔ گندم ارائه شده است. مطابق جدول ۷، کاهش مصرف آب کشاورزی با توسعهٔ آبیاری تیپ در مناطق اصلی تولید گندم منجر به کاهش ۱۳۴/۱ میلیون مترمکعب آب کشاورزی می‌شود. هزینهٔ اجرایی این راه‌کار بر اساس متوسط اجرای هر هکتار آبیاری موضعی ۴۰۰ میلیون ریال در سال ۱۴۰۰، برابر ۲۱۴۰۹ میلیارد ریال است.

جدول ۵- مساحت پهنه‌های مستعد، وضع فعلی و امکان توسعهٔ آبیاری تحت‌فشار در کشور (هکتار)

Table 5- The area of susceptible areas, the current situation, and the possibility of developing pressurized irrigation in Iran (ha)

ردیف	استان	پهنه‌های مستعد*	وضع موجود چاه‌ها و منابع آب کوچک**	وضع موجود پایاب شبکه‌ها و بندهای انحرافی***	امکان توسعه
1	فارس	971023	240398	95927	634698
2	همدان	237400	142944	5783	88673
3	کرمانشاه	225962	81866	2013	142083
4	آذربایجان غربی	265834	67808	76391	121635
5	گلستان	359441	67142	132746	159553
6	آذربایجان شرقی	225949	55518	56307	114124
7	مرکزی	163209	65254	41300	56655
8	کردستان	206204	56518	6266	143420
9	لرستان	148030	56083	18787	73160
10	خوزستان	963075	51409	8250	903416
11	زنجان	134220	50662	49538	34020
12	خراسان	1390413	236159	4843	1149411
13	اردبیل	250533	26260	119649	104624
14	اصفهان	97497	126073	93156	-
15	هرمزگان	51399	111296	13667	-
16	کرمان	538878	89795	5205	443878
17	چهارمحال و بختیاری	61757	60956	10359	-
18	تهران	162741	57052	67836	37853
19	قزوین	280320	50609	70000	159711
20	مازندران	131590	43284	14482	73824
21	بوشهر	43659	38359	10823	-
22	سیستان و بلوچستان	282887	37377	53273	192237
23	سمنان	51039	36406	24756	-
24	کهگیلویه و بویراحمد	57267	34866	6628	15773
25	ایلام	100694	32691	94944	-
26	یزد	41010	31387	3300	6323
27	قم	33210	26050	20759	-
28	گیلان	116162	18229	42150	55783
29	مجموع ۱۳ استان	5541293	1198021	617800	3725472
30	درصد ۱۳ استان نسبت به کل	73	57	66	79
31	مجموع کل کشور	7550000	2102410	1606215	4710854

* بر اساس نتایج مطالعات امکان‌سنجی آبیاری تحت‌فشار در کشور-وزارت جهاد کشاورزی، ** اطلاعات اخذ شده از دفتر سامانه‌های نوین آبیاری-معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی، *** اطلاعات اخذ شده از دفتر توسعهٔ شبکه‌های آبیاری و زهکشی-معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی

جدول ٦- پیشنهاد سطح اجرایی آبیاری موضعی نواری (تیپ) در مزارع گندم در سال زراعی ۱٤۰۰-۱۳۹۹

Table 6- Proposed implementation area of drip irrigation (tape) in wheat fields in the crop year 2020-2021

ردیف	استان	سطح کشت اجرایی (هکتار)	ردیف	استان	سطح کشت اجرایی (هکتار)
1	فارس	11228	17	چهارمحال و بختیاری	981
2	خراسان رضوی	7145	18	تهران	1633
3	همدان	3265	19	قزوین	1919
4	کرمانشاه	3960	20	مازندران	613
5	آذربایجان غربی	3593	21	بوشهر	878
6	گلستان	2654	22	سیستان و بلوچستان	2041
7	آذربایجان شرقی	3471	23	سمنان	1021
8	مرکزی	2327	24	کهگیلویه و بویراحمد	613
9	کردستان	1347	25	ایلام	1224
10	لرستان	2327	26	یزد	510
11	خوزستان	10207	27	خراسان شمالی	2165
12	زنجان	775	28	خراسان جنوبی	1184
13	اردبیل	1224	29	قم	163
14	اصفهان	2165	30	گیلان	0
15	هرمزگان	675	31	البرز	428
16	کرمان	3267	-	-	-
	مجموع ۱۳ استان			53523	
	درصد ۱۳ استان			71.4	
	مجموع کل کشور			75000	

جدول ۷- کاهش مصرف آب کشاورزی با راهکار توسعه آبیاری موضعی نواری (تیپ)

Table 7- Reducing agricultural water consumption with the strategy of developing drip irrigation (tape)

ردیف	استان	مصرف خالص (میلی‌متر)	سطح زیر کشت پیشنهادی (هکتار)	مصرف آب کشاورزی با روش آبیاری سنتی موجود (م.م.م.)	مصرف آب کشاورزی با روش آبیاری موضعی (م.م.م.)	کاهش مصرف آب کشاورزی (م.م.م.)
1	اردبیل	175	1224	5.4	3.1	2.3
2	آذربایجان شرقی	240	3471	20.9	11.9	8.9
3	آذربایجان غربی	163	3593	14.6	8.4	6.3
4	خراسان رضوی	225	7145	40.2	23	17.2
5	خوزستان	203	10207	51.7	29.5	22.2
6	زنجان	296	775	5.7	3.3	2.5
7	فارس	317	11228	88.9	50.8	38.1
8	کردستان	255	1347	8.6	4.9	3.7
9	کرمانشاه	195	3960	19.4	11.1	8.3
10	گلستان	115	2654	7.6	4.3	3.3
11	لرستان	233	2327	13.6	7.8	5.8
12	مرکزی	241	2327	14	8	6
13	همدان	276	3265	22.5	12.9	9.6
	مجموع			313	179	134.1

* م.م.م.: میلیون مترمکعب

پژوهش‌های متعددی در سراسر جان و از جمله ایران در رابطه با مقایسهٔ سامانه‌های آبیاری سطحی و آبیاری نوین از نظر میزان مصرف آب، بهره‌وری آب و عملکرد محصول گندم صورت گرفته است. در این راستا، Ghadami Firouzabadi et al. (2017) در همدان اثر سه سامانهٔ آبیاری بارانی، قطره‌ای نواری (تیپ) و جویچه‌ای را بر عملکرد و بهره‌وری آب چند رقم گندم بررسی کردند. نتایج نشان داد که تفاوت بین رقم‌ها از نظر عملکرد معنادار نبود. مقدار بهره‌وری آب آبیاری در روش آبیاری قطره‌ای نواری، بارانی و جویچه‌ای (بدون در نظر گرفتن بارندگی مؤثر) به‌ترتیب ۱/۶، ۱/۱ و ۰/۶۹ کیلوگرم به ازای واحد آب مصرفی بود. به‌عبارت دیگر، آبیاری قطره‌ای نواری باعث افزایش ۱۳۲ و ۴۵ درصدی بهره‌وری آب نسبت به روش جویچه‌ای و بارانی شد. بررسی اثر روش‌های مختلف آبیاری بر محصول گندم در منطقهٔ مغان نیز نشان داد که بیش‌ترین عملکرد محصول مربوط به روش آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) با سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بود و بیش‌ترین بهره‌وری آب مربوط به روش آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) با ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه شد. هم‌چنین، کم‌ترین عملکرد محصول مربوط به تیمار آبیاری فارو بود (Shirinzadeh et al.,

2017). در فلسطین اشغالی نیز Oron et al. (1982) آزمایش صحرایی راجع به آبیاری قطره‌ای گندم پاییزه با استفاده از فاضلاب تصفیه شده انجام دادند. میانگین فصلی آب مصرفی را حدود ۵۷۰۰ مترمکعب در هکتار و در تیمار با دور آبیاری هفتگی، عملکرد دانه بیش از ۱۰ تن در هکتار بالاتر از میانگین عملکرد دانه به روش آبیاری بارانی را گزارش کردند. در پژوهش دیگری Abd El-Rahman (2009) سه واریتهٔ گندم را با دو مقدار آبدهی قطره‌چکان شامل چهار و هشت لیتر در ساعت و دو آرایش یک خط و دو خط آبیاری قطره‌ای سطحی را در کشور مصر بررسی و گزارش کرد که دو خط آبیاری با آبدهی چهار لیتر در ساعت بهترین تیمار و کارایی مصرف آب آبیاری سه واریتهٔ گندم ۱/۲، ۱/۱۷ و ۱/۱۳ کیلوگرم دانه بر مترمکعب آب بود.

بعد از بررسی‌های انجام شده در و تحلیل نتایج پیشین، در زمینهٔ استفاده از سامانه‌های نوین آبیاری جهت ارتقاء و بهبود بهره‌وری آب مصرفی برای زراعت گندم در کشور، دستورالعمل اجرایی سامانهٔ آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) به‌صورت زیر ارائه شده است:

۳-۲- دستورالعمل اجرایی سامانهٔ آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) در زراعت گندم

۳-۲-۱- سامانهٔ آبیاری

استفاده از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای دارای سه قسمت اصلی، ایستگاه پمپاژ، مرکز فیلتراسیون، لوله‌های اصلی و نیمهٔ اصلی و لوله‌های فرعی یا لوله‌های آبده می‌باشند. در مناطقی که امکان صدمه دیدن لوله‌های نواری (تیپ) توسط پرندگان یا جوندگان وجود دارد می‌توان نوارها را در عمق پنج تا ۱۰ سانتی‌متری خاک قرار داد. نوارهای آبده تیپ معمولاً برای یک‌بار مصرف و برای یک فصل رشد مورد استفاده می‌شوند. معمولاً استفاده از نوارهایی با ضخامت ۱۷۵ میکرون و فاصلهٔ سوراخ‌های آبده ۲۰ یا ۳۰ سانتی‌متر مناسب می‌باشند که آبدهی آن‌ها در طول یک متر در فشار شش بار حدود چهار لیتر در ساعت است.

۳-۲-۲- کود آبیاری

مقدار مصرف کود باید با توجه به توصیهٔ کودی و بر اساس آزمون خاک و نظر کارشناس مربوطه باشد. نیتروژن یا کود سرک از مهم‌ترین عناصر مورد نیاز گیاه است که بیش از سایر عناصر استفاده می‌شوند. توصیه می‌شود این کود در دفعات بیش‌تر و به مقدار کم به گیاه داده شود. کود سرک را می‌توان همزمان با آبیاری با استفاده از تانک کود و یا پمپ تزریق با استفاده از سامانهٔ آبیاری قطره‌ای به زمین داد. هم‌چنین، توصیه می‌شود انجام کودآبیاری یک ساعت پس از شروع آبیاری آغاز و دو ساعت قبل از خاتمهٔ آبیاری قطع شود تا فرصت کافی برای شسته شدن لوله‌ها و نوارهای آبده وجود داشته باشد.

۳-۲-۳- آماده‌سازی بستر بذر گندم

با توجه به نوع خاک، وضعیت مزرعه از لحاظ میزان محتوی رطوبتی خاک، زمان مورد نیاز تهیهٔ بستر بذر و ماشین‌آلات در دسترس می‌توان به یکی از روش‌های ذیل عملیات آماده‌سازی بستر بذر مورد نظر مانند زراعت گندم را انجام داده و نسبت به کاشت محصول اقدام نمود: ۱) گاوآهن برگردان‌دار به‌همراه دیسک، ۲) گاوآهن قلمی به همراه دیسک و ۳) استفاده از دیسک سنگین.

۳-۲-۴- روش کاشت

با توجه به این‌که کشت گندم به‌صورت متراکم است و اغلب زارعین با خطی کارهای موجود نظیر خطی کار همدانی و اگرومستر به فواصل مشخص بین ردیف‌های ۲۰-۱۵ سانتی‌متر کشت می‌کنند، بنابراین، جهت صرفه‌جویی در مصرف آب و استفاده از سامانهٔ آبیاری نوین نظیر نواری (تیپ) می‌توان با گذاشتن نوارهای تیپ در فواصل ۷۰-۵۰ سانتی‌متر بین ردیف‌های خطی‌کار (بین هر سه ردیف در میان) استفاده نمود. هم‌چنین، کودهای مورد نیاز طبق توصیهٔ کودی بر اساس آزمون خاک، به خاک داده شود. سپس با مشخص نمودن مسیر خطوط محل استقرار نوارهای آبیاری با پهن نمودن نوارهای تیپ، آبیاری شروع می‌شود. پهن کردن نوارهای آبیاری توسط ماشین نیز امکان‌پذیر است. بعد از استقرار سامانه با توجه به نوع گیاه و نیاز آبی، آبیاری انجام و در کنار آن کودهای مورد نیاز نیز در اختیار گیاه قرار داده می‌شود.

۳-۲-۵- مدیریت آبیاری

سامانهٔ آبیاری قطره‌ای این امکان را فراهم می‌نماید که هر زمان بتوان مقدار آب مورد نیاز را نزدیک ریشهٔ گیاه در اختیار آن قرار داد. این مزیت بزرگ باعث توزیع یکنواخت آب آبیاری در مزرعه، صرفه‌جویی در مصرف آب و نهایتاً افزایش کارایی مصرف آب می‌شود. در این روش به‌طور متوسط حدود یک دوم تا یک سوم آبیاری سطحی آب مصرف می‌شود.

۳-۲-٦- سرویس و نگهداری سامانه

از موارد مهمی که بر کارایی و طول عمر مفید سامانهٔ آبیاری قطره‌ای مؤثر است، مدیریت صحیح بهره‌برداری از سامانه است. بازدیدها و سرویس‌های روزانه، هفتگی، ماهانه و فصلی که در برگیرندهٔ بازدید از لوله‌های آبده، فیلترها، شیرفلکه‌ها، اتصالات، قطعات و ادوات کنترل و غیره است، بسیار ضروری است و بهره‌بردار بایستی در طول مدت بهره‌برداری مورد توجه قرار دهد.

۳-۲-۷- توصیه‌های فنی و ترویجی در اجرای سامانه

سامانهٔ آبیاری قطره‌ای بیش از سایر سامانه‌های آبیاری نیاز به مدیریت دارد. بهره‌گیری از منابع آب و خاک و مزایای این سامانه‌های آبیاری تنها در سایهٔ یک نظام مدیریتی کارآمد امکان‌پذیر خواهد بود. بازبینی لوله‌های آبده، نحوهٔ استفاده از کود، وضعیت سیستم تصفیه، دور و مقدار آبیاری در کاربرد و مدیریت روش‌های آبیاری قطره‌ای نواری نقش مهمی دارند. از مهم‌ترین نکات مدیریتی در این سامانه‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱) فشار توصیه شده باید با استفاده از فشارسنج‌های موجود در سامانه و شیرهای تنظیم فشار تنظیم شود. در این راستا تعداد قطعاتی که هم‌زمان آبیاری می‌شوند نیز بایستی طوری انتخاب شود که فشار سامانه جواب‌گو باشد.

۲) حجم آب آبیاری بایستی بر اساس برنامه و تقویم آبیاری با دبی سنج حجمی کنترل شود.

۳) میزان نفوذ آب در خاک و کفایت حجم خاک مرطوب شده در اطراف ریشه‌ها باید در مراحل مختلف رشد گیاه به‌طور مرتب کنترل و بررسی شود.

۴) کفایت آبیاری با توجه به نیاز آبی گیاه در مراحل مختلف رشد بررسی و کنترل شود.

۵) شوری آب و خاک به طور مداوم بررسی و در صورت لزوم نسبت به کاهش دور آبیاری اقدام شود.

۶) میزان کود تزریقی با توجه نیاز گیاه در مراحل مختلف رشد تعیین و تزریق شود.

۷) آبیاری بر اساس تقویم آبیاری و با در نظرگرفتن مراحل حساسیت گیاه به آب اجرا شود.

۸) برای کشاورزانی که قبلاً سامانهٔ آبیاری بارانی در مزرعهٔ آن‌ها اجرا شده است، سامانهٔ آبیاری قطره‌ای به‌راحتی و با صرف هزینهٔ کم‌تر قابل اجرا است.

۹) جمع‌آوری کلیهٔ باقی‌مانده‌های لوله‌ها و اتصالات از سطح مزرعه ضروری و مورد تأکید است زیرا قطعات مصنوعی در مزرعه علاوه‌بر مسائل محیط زیستی، می‌تواند مشکلاتی را در عملیات زراعی، کاشت و حتی رشد گیاه در فصل یا فصول بعدی ایجاد کند.

۱۰) در مورد کشت محصول گندم (به‌ویژه در شرایط شور)، توصیه می‌شود که مرزهای قطعات آبیاری سنتی حتی‌الامکان حذف نشوند تا در مواقع ضروری بتوان آبیاری تکمیلی غرقابی نیز انجام داد.

۱۱) در مناطقی که سرعت باد موجب جابه‌جایی نوار می‌شود، باید نوارهای آبیاری با استفاده از میخ (گیره) پلاستیکی و در فاصله‌های مناسب روی زمین تثبیت گردند.

۳-۲-۸- نکات کلیدی

با توجه به نتایج به‌دست آمده از پژوهش انجام یافته در کشور پیشنهاد می‌شود در صورتی‌که گندم به روش قطره‌ای نواری (تیپ) آبیاری شود، بهتر است فاصلهٔ لترال‌ها ۷۰-۵۰ سانتی‌متر باشد. افزایش فاصلهٔ لترال باعث مصرف بیش‌تر آب می‌شوند و کارایی مصرف آب را کاهش می‌دهد. هم‌چنین، کاهش فاصلهٔ کم‌تر از ۵۰ سانتی‌متر باعث افزایش هزینه‌های خرید و اجرای طرح آبیاری قطره‌ای می‌شود. با توجه به الگوی ریشهٔ گیاه گندم، فاصلهٔ روزنه هر چقدر کم‌تر باشد نوار مرطوب در طول ردیف‌ها بهتر تشکیل می‌شود (شکل ۵).

شکل ۵- مراحل مختلف آماده‌سازی زمین، پهن کردن نوارهای (تیپ) آبیاری روی زمین و کاشت گندم

Figure 5- Different stages of land preparation, spreading of irrigation strips (tape) on the land, and wheat planting

٤- رهیافت ترویجی

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته و مطالب بیان شده در فوق، جمع‌بندی نکات فنی، مالی، اقتصادی و اجرایی دربارهٔ استفاده از آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) در زراعت گندم به شرح زیر است:

۱) هزینهٔ اجرای سامانهٔ آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) با توجه به شرایط مختلف، به‌طور میانگین ۴۰۰ میلیون ریال است که هزینهٔ آبیاری سنتی حدود یک دهم آن است. حتی در مواردی گزارش شده است که هزینهٔ خرید نوار تیپ در هر هکتار اراضی گندم نسبت به روش مرسوم، حدود سه تا چهار میلیون تومان افزایش پیدا می‌کند.

۲) در سامانهٔ آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ)، افزایش، حفظ یا کاهش عملکرد به عوامل مهمی نظیر مدیریت کشاورز، نوع خاک و نوع آرایش نوارهای تیپ بستگی دارد. به هر حال گزارش شده است که عملکرد بسته به مدیریت از ۴۰ تا ۸۵ درصد افزایش پیدا خواهد کرد (برای مثال ارتقای عملکرد از چهار به هفت تن در هکتار).

۳) مقدار مصرف آب در آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) حدود ۵۰-۴۰ درصد روش سنتی است.

۴) افزایش ۴۰ درصدی بهره‌وری آب در سامانهٔ آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) در مقایسه با سنتی وجود خواهد داشت.

۵) از محدودیت‌های آبیاری گندم با روش نوار تیپ می‌توان به پخش و توزیع نوارها در مزرعه اشاره کرد که زمان‌بر است اما با ورود دستگاه‌های کارنده و توزیع، این مشکل حل خواهد شد. در مرحلهٔ داشت باید احتیاط شود که در مرحلهٔ سم‌پاشی و کودپاشی، نوارهای تیپ پاره یا زده نشود. در مرحلهٔ برداشت نیز قبل از برداشت محصول باید نوارهای تیپ از سطح مزرعه جمع‌آوری شود. در کل سامانهٔ آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) برای کشت‌های متراکم و ردیفی نظیر انواع سبزیجات، صیفی‌جات، ذرت، گندم، علوفه، هندوانه، خربزه، گوجه‌فرنگی، پیاز، سیب‌زمینی، توت‌فرنگی، آفتابگردان، چغندرقند و پنبه قابل استفاده است.

۶) مشکل اصلی که گریبان‌گیر خواهد بود، هزینهٔ زیاد و دانش کم کشاورز است. هم‌چنین، می‌توان به نقاط ضعف افزایش هزینهٔ

احداث سامانهٔ آبیاری، مشکلات جمع‌آوری نوارها برای کشت بعدی و تجمع نمک در مناطق دارای آب شور اشاره کرد. از نقاط قوت نیز می‌توان مدیریت آبیاری راحت‌تر، نیاز به نیروی کاری و کارگر کم‌تر، افزایش عملکرد، کاهش مصرف آب، افزایش بهره روی و از همه مهم‌تر افزایش سطح زیرکشت با میزان آب برابر اشاره کرد. یکی دیگر از مزایا، استفاده از سامانهٔ آب–کود هست که خیلی دقیق، عمل کودآبیاری و شیمابیاری برای محصولات تحت کشت انجام خواهد شد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از پروژه‌ای با عنوان "مطالعات ارتقاء بهره‌وری و رقابت‌پذیری گندم (وضع موجود و برنامه بهبود آبیاری)" و کد "۹۹۲۳" بوده که توسط شرکت مهندسین مشاور یکم و با حمایت "مؤسسهٔ پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی (APERDRI) و بانک توسعهٔ اسلامی (IsDB)" به انجام رسیده است. بدین‌وسیله از تمامی مجموعه‌های مذکور، تشکر و قدردانی می‌شود.

تضاد منافع نویسندگان

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

دسترسی به داده‌ها

تمام داده‌های استفاده‌شده برای تجزیه‌وتحلیل در این مقاله، همگی در متن موجود هستند. مجموعه داده‌های بیش‌تر بر اساس درخواست معقول به نویسنده مسئول در دسترس است.

مشارکت نویسندگان

مسعود پورغلام آمیجی: نرم‌افزار، تفسیر نتایج، تحلیل و بررسی، ویرایش دست‌نوشته، بررسی نهایی؛ **ایمان حاجی‌راد:** روش‌شناسی، تفسیر نتایج، نگارش–بررسی و ویرایش، نرم‌افزار، ویرایش نسخه‌های خطی؛ **جاوید نایبی:** منابع، گردآوری اطلاعات میدانی، نگارش، تهیه پیش‌نویس اصلی؛ **سید راشد علوی:** مفهوم‌سازی، ویرایش نهایی؛ **فرناز نوذری:** نظارت، بررسی گزارش نهایی؛ **منصوره اکبرپور:** نگارش، ویراستاری محتوا.

منابع

احمدالی، خالد، لیاقت، عبدالمجید، و پورمحسنی، عباسعلی (۱۳۹۵). بررسی مسائل، مشکلات و اثرات زیست‌محیطی آبیاری موضعی نواری. *مدیریت آب در کشاورزی*، ۳(۱)، ۵۹-۷۲. https://wmaj.iaid.ir/article_87317.html

افشار، هادی، شریفان، حسین، قهرمان، بیژن، و بنایان اول، محمد (۱۳۹۹). بررسی اقتصادی کاربرد روش آبیاری نوارتیپ در زراعت گندم. *مدیریت آب در کشاورزی*، ۷(۲)، ۴۶-۳۱. dor:20.1001.1.24764531.1399.7.2.3.2

حیدری، نادر (۱۴۰۰). بهره‌وری آب گندم در ایران و مقایسه آن با مقادیر چند کشور. *پژوهش آب در کشاورزی*. ۳۵(۴)، ۴۳۵-۴۲۱. doi:10.22092/jwra.2022.356037.892

حیدری، نادر (۱۴۰۱). مرور و بررسی سیاست‌ها و برنامه‌های ارتقاء تولید و بهره‌وری آب گندم در ایران. *مدیریت آب در کشاورزی*. ۹(۱)، ۸۸-۷۳. dor:20.1001.1.24764531.1401.9.1.6.7

دهقانیان، سید ابراهیم، و افضلی‌نیا، صادق (۱۳۹۷). بهره‌وری آب و عملکرد ذرت در تناوب گندم در روش‌های مختلف آبیاری و خاک‌ورزی. *پژوهش آب در کشاورزی*، ۳۲(۱)، ۲۷-۱۶. doi:10.22092/jwra.2018.116597

شیرین‌زاده، نیکروز، بیگلویی، محمدحسن، اخوان، کرامت، و محمدی، عادل (۱۳۹۶). اثر روش‌های آبیاری در سطوح مختلف نیاز آبی گیاه گندم بر عملکرد و بهره‌وری آب در منطقه مغان. هشتمین کنفرانس علمی پژوهشی آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، کرمان. https://civilica.com/doc/771973

صفرزاده، سیروس، صارمی، مریم، فرشید، امیر، و دهقانی، منیر (۱۴۰۰). بررسی عملکرد، اجزاء عملکرد و بهره‌وری آب گندم در سه سامانه آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای نواری. *آبیاری و زهکشی ایران*، ۱۵(۱)، ۹۷-۸۷. dor:20.1001.1.20087942.1400.15.1.8.8

طاووسی، مجتبی، و تواناپور، اسماعیل (۱۳۹۹). مقایسه عملکرد گندم و بهره‌وری آب در آبیاری سطحی و قطره‌ای. دهمین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، تهران. https://civilica.com/doc/1036978

عباسی، فریبرز، سهراب، فرحناز، و عباسی، نادر (۱۳۹۵). ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری در ایران. *تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی*، ۱۷(۶۷)، ۱۲۰-۱۱۳. doi:10.22092/aridse.2017.109617

قدمی فیروزآبادی، علی، چاپچی، مهرداد، و سیدان، سید محسن (۱۳۹۶). اثر سامانه‌های آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب سه ژنوتیپ گندم و ارزیابی اقتصادی آنها در همدان. *پژوهش آب در کشاورزی*. ۳۱(۲)، ۱۴۹-۱۳۹. doi:10.22092/jwra.2017.113159

قدمی فیروزآبادی، علی، و باغانی، جواد (۱۳۹۸). اثر آرایش‌های مختلف کشت در آبیاری نواری قطره‌ای بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب

آبیاری گندم در همدان. *آبیاری و زهکشی ایران*. ۱۳(۲)، ۵۳۹-۵۲۸. dor:20.1001.1.20087942.1398.13.2.22.0

نادری، نادر (۱۳۹۷). بررسی بازده آبیاری و بهره‌وری آب در مزارع استان سمنان (شاهرود). *آبیاری و زهکشی ایران*، ۱۲(۴). ۹۰۲-۸۹۴. https://idj.iaid.ir/article_79401.html

نایبی، جاوید، پورغلام آمیجی، مسعود، حاجی‌راد، ایمان، علوی، سید راشد، نوذری، فرناز، و اکبرپور، منصوره. (۱۴۰۳). ارتقاء بهره‌وری آبیاری گندم در ایران (بخش دوم: از دیدگاه مکانیزاسیون و مدیریت مزرعه). *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*. ۴(۱)، ۲۱۱-۱۹۰. doi: 10.22098/mmws.2023.11938.1190

References

Abbasi, F., Sohrab, F., & Abbasi, N. (2017). Evaluation of irrigation efficiencies in Iran. *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*, *17*(67), 113-120. doi:10.22092/aridse.2017.109617. [In Persian]

Abd El-Rahman, G. (2009). Water use efficiency of wheat under drip irrigation systems at Al-Maghara Area, North Sinai, Egypt. *American-Eurasian Journal Agriculture & Environment Science*, *5*(5), 664-670. doi:10.21608/jssae.2009.90464

Afshar, H., Sharifan, H., Ghahraman, B., & Bannayan Avval, M. (2021). Economic study of the application of drip irrigation method (Tape) in wheat cultivation. *Journal of Water Management in Agriculture*, *7*(2), 31-46. dor:20.1001.1.24764531.1399.7.2.3.2 .[In Persian]

Afshar, N.R., & Fahmi, H. (2019). Impact of climate change on water resources in Iran. *International Journal of Energy and Water Resource*, *3*(1), 55-60. doi: 10.1007/s42108-019-00013-z

Ahmadaali, K., Liaghat, A., & Pourmohseni, A. (2016). Investigating the challenges and environmental impacts of drip tape irrigation. *Journal of Water Management in Agriculture*, *3*(1), 59-72. https://wmaj.iaid.ir/article_87317.html. [In Persian]

Arafa, Y.E., Wasif, E.A., & Mehawed, H.E. (2009). Maximizing water use efficiency in wheat yields based on drip irrigation systems. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, *3*(2), 790-796. http://www.insipub.com/.../790-796.pdf

Chouhan, S.S., Awasthi, M.K., & Nema, R.K. (2015). Studies on water productivity and yields responses of wheat based on drip irrigation systems in clay loam soil. *Indian Journal of Science and Technology*, *8*(7), 650-654. doi:10.17485/ijst/2015/v8i7/64495

Dar, E.A., Brar, A.S., & Singh, K.B. (2017). Water use and productivity of drip irrigated wheat under variable climatic and soil moisture regimes in North-West, India. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *248*, 9-19. doi:10.1016/j.agee.2017.07.019

Dehghanian, E., & Afzalinia, S. (2018). Water productivity and corn yield in corn-wheat rotation affected by irrigation and tillage methods. *Journal of Water Research in Agriculture*, *32-1*(1), 15-27. doi:10.22092/jwra.2018.116597. In Persian]

Fang, Q., Zhang, X., Shao, L., Chen, S., & Sun, H. (2018). Assessing the performance of different irrigation systems on winter wheat under limited water supply. *Agricultural Water Management*, *196*, 133-143. doi:10.1016/j.agwat.2017.11.005

Gany, A.H.A., Sharma, P., & Singh, S. (2019). Global review of institutional reforms in the irrigation sector for sustainable agricultural water management, including water users' associations. *Irrigation and drainage*, *68*(1), 84-97. doi:10.1002/ird.2305

Ghadami Firouzabadi, A., & Baghani, J. (2019). Effects of different wheat planting patterns in drip tape irrigation on yield and water productivity of bread wheat in Hamedan. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, *13*(2), 528-539. dor:20.1001.1.20087942.1398.13.2.22.0. [In Persian]

Ghadami Firouzabadi, A., Baghani, J., Jovzi, M., & Albaji, M. (2021). Effects of wheat row spacing layout and drip tape spacing on yield and water productivity in sandy clay loam soil in a semi-arid region. *Agricultural Water Management 251*, 106868. doi:10.1016/j.agwat.2021.106868

Ghadami Firouzabadi, A., Chaichi, M., & Seyedan, S. (2017). Effects of different irrigation systems on yield, some agronomic traits, and water productivity of different wheat genotypes and their economic assessment in Hamedan. *Journal of Water Research in Agriculture*, *31-2*(2), 139-149. doi:10.22092/jwra.2017.113159. [In Persian]

Heydari, N. (2022a). Review and analysis of policies and plans of enhancing wheat production and water productivity in Iran. *Journal of Water Management in Agriculture*, *9*(1), 73-88. dor:20.1001.1.24764531.1401.9.1.6.7. [In Persian]

Heydari, N. (2022b). Wheat water productivity in Iran compared with data of some countries. *Journal of Water Research in Agriculture*, *35*(4), 421-

435. doi:10.22092/jwra.2022.356037.892. [In Persian]

Kharrou, M.H., Er-Raki, S., Chehbouni, A., Duchemin, B., Simonneaux, V., LePage, M., Ouzine, L., & Jarlan, L. (2011). Water use efficiency and yield of winter wheat under different irrigation regimes in a semi-arid region. *Agricultural Sciences in China*, *2*(03), 273-282. doi:10.4236/as.2011.23036

Liu, Y., Xu, H., Wang, Y., Cui, P., Sun, C., Zhu, Z., & Wang, Y. (2024). Life cycle water footprint and carbon footprint analysis of coal gasification to clean fuel dimethyl ether. *Fuel*, *357*, 129884. doi:10.1016/j.fuel.2023.129884

Lv, Z., Diao, M., Li, W., Cai, J., Zhou, Q., Wang, X., Dai, T., Cao, W., & Jiang, D. (2019). Impacts of lateral spacing on the spatial variations in water use and grain yield of spring wheat plants within different rows in the drip irrigation system. *Agricultural Water Management*, *212*, 252-261. doi:10.1016/j.agwat.2018.09.015

Mansour, H.A., Abd El-Hady, M., Bralts, V.F., & Engel, B.A. (2016). Performance automation controller of drip irrigation systems using saline water for wheat yield and water productivity in Egypt. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, *142*(10), 05016005. doi:10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001042

Moayyeri, M., Dehghanian, E., Dastfal, M., & Farhadisadr, A. (2013). Determining the water use efficiency potential of wheat cultivars in different irrigation methods (sprinkler, drip and surface) in different climatic conditions of the Iran. Agricultural Research Education and Extention Organization (AREEO), Alborz, Karaj, Research Project (R-1067820).

Naderi, N. (2018). Irrigation efficiency and water productivity in the fields of Semnan province (Shahrood). *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, *12*(4), 894-902. https://idj.iaid.ir/article_79401.html. [In Persian]

Nayebi, J., Pourgholam-Amiji, M., Hajirad, I., Alavi, S. R., Nozari, F., & Akbarpour, M. (2024). Improving Wheat Irrigation Productivity in Iran (Part Two: From the View Point of Mechanization and Farm Management). *Water and Soil Management and Modelling*, *4*(1), 190-211. doi: 10.22098/mmws.2023.11938.1190. [In Persian]

Oron, G., DeMalach, J., & Bearman, J.E. (1986). Trickle irrigation of wheat applying renovated wastewater 1. *Journal of the American Water Resources Association*, *22*(3), 439-446. doi:10.1111/j.1752-1688.1986.tb01898.x

Pandey, P., Mishra, A.R., Verma, P.K., & Tripathi, R.P. (2023). Study and implementation of smart water supply management model for water drain region in India. In VLSI, Microwave and Wireless Technologies (pp. 711-721). Springer, Singapore. doi:10.1007/978-981-19-0312-0_71

Pourgholam-Amiji, M., Khoshravesh, M., Divband Hafshejani, L., & Ghadami Firouzabadi, A. (2022). The effect of irrigation with treated magnetic effluent on water productivity of maize. Iranian Journal of Irrigation & Drainage, *16*(1), 243-253. dor:20.1001.1.20087942. 1401.16.1.19.6

Rahimian, M,H., Mostafavi, S.A.A., Darvishpour, H.R., & Shirantafti, M. (2016). Technical points of implementing tape irrigation in the field. Organization of Agricultural-Jihad of Yazd Province, Agricultural Research Education and Extention Organization (AREEO), Iranian National Salinity Research Center, Yazd, Iran.

Safarzadeh, S., Saremi, M., Farshid, A., & Dehghani, M. (2021). Investigation yield, yield components and water efficiency of wheat in three systems: surface, sprinkler and strip drip irrigation. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, *15*(1), 87-97. dor:20.1001.1.20087942.1400.15.1.8.8. [In Persian]

Saleem, M., Waqas, A., & Ahmad, R.N. (2010). Comparison of three wheat varieties with different irrigation systems for water productivity. *International Journal of Agriculture and Applied Sciences (Pakistan)*, *2*(1), 7-10.

Shirinzadeh, N., Bigluei, M.H., Akhavan, K., & Mohammadi, A. (2017). Effect Irrigation methods at different levels of wheat water requirement on water yield and productivity in Moghan region. 8th Scientific Conference on Watershed Management and Management of Water and Soil Resources. Iranian Association of Irrigation and Water Engineering, Kerman, Iran. https://civilica.com/doc/771973. [In Persian]

Tavousi, M., & Tavanapour, I. (2020). Comparison of wheat yield and physical water productivity in surface and drip irrigation, 10th National Conference on Agriculture and Sustainable Natural Resources, Tehran, Iran. https://civilica.com/doc/1036978. [In Persian]

Torknezhad A., Aghaee-Sarbarzeh, A., Jafari, H., Shirvani, A., Roeentan, R., Nemati, A., & Shahbazi, Kh. (2006). Study and economic evaluation of drip (tape) irrigation method on wheat compared to surface irrigation in water limited areas. *Pajouhesh & Sazandegi*, *19*(3), 36-44. https://www.sid.ir/paper/19366/fa [In Persian]

Wang, J., Gong, S., Xu, D., Yu, Y., & Zhao, Y. (2013). Impact of drip and level-basin irrigation on growth and yield of winter wheat in the North China Plain. *Irrigation Science*, *31*(5), 1025-1037. doi;10.1007/s00271-012-0384-7

Yin, Z., Luo, Q., Wu, J., Xu, S., and Wu, J. (2021). Identification of the long-term variations of groundwater and their governing factors based on hydrochemical and isotopic data in a river basin. *Journal of Hydrology*, *592*, 125604. doi:10.1016/j.jhydrol.2020.125604

Zou, X., Li, Y. E., Gao, Q., & Wan, Y. (2012). How water saving irrigation contributes to climate change resilience—a case study of practices in China. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, *17*(2), 111-132. doi:10.1007/s11027-011-9316-8