



Comparison of watermelon water consumption estimated from the NIAZAB system with field applied water amounts

Niazali Ebrahimipak¹, Arash Tafteh², Fariborz Abbasi³, Javad Baghani⁴

1. Department of irrigation and soil physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. Email: nebrahimipak@yahoo.com

2. Department of irrigation and soil physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. Email: Arash_tafteh@yahoo.com

3. Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. Email: Fa.abbasi@areeo.ac.ir

4. Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. Email: Baghani37@g.mail.com

Article Info

Article type: Research Article

Article history:

Received: Dec. 23, 2024

Revised: May. 24, 2025

Accepted: June. 29, 2025

Published online: Sep. 2025

Keywords:

**NIAZAB System,
Watermelon Water
Consumption,
Irrigation Method,
Applied Water**

ABSTRACT

The objective of this research was to compare the estimated water consumption of watermelon from the NIAZAB System with measured field-applied water and watermelon yield under farmer management. This study was conducted across 146 locations in 28 counties within 9 provinces of Iran in 2017. Furthermore, it aimed to determine the water productivity of irrigated watermelon. The results showed that the average watermelon water consumption using drip irrigation was 4548 cubic meters per hectare in field measurements and 4105 cubic meters per hectare according to the NIAZAB System. For surface irrigation, the applied watermelon water in field measurements and the NIAZAB System was 4512 and 4954 cubic meters per hectare, respectively. The average watermelon yield for drip irrigation was 43114 kg/ha in field measurements and 41760 kg/ha via the NIAZAB System. For surface irrigation, the average watermelon yield was 32701 kg/ha in field measurements and 31362 kg/ha according to the NIAZAB System. The average water productivity for watermelon consumption with drip irrigation was 10.7 kg/m³ using field measurements and 10.5 kg/m³ with the NIAZAB System. The results indicate that the NIAZAB System estimates watermelon irrigation water at the county level with a normalized root mean square error of 11% and a coefficient of agreement of 0.95. The model efficiency coefficient values demonstrate that the model provides acceptable results in determining irrigation water quantity and watermelon water productivity at the farm level across the country. Therefore, the NIAZAB System can be used to estimate the required volume for watermelon irrigation at both the national macro-level and at the farm level.

Cite this article: Ebrahimipak, N., Tafteh, A., Abbasi, F., Baghani, J., (2025) Comparison of watermelon water consumption estimated from the NIAZAB system with field applied water amounts, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 56 (7), 1799-1819. <https://doi.org/10.22059/ijswr.2025.387413.669858>

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijswr.2025.387413.669858>



EXTENDED ABSTRACT

Background:

Given the escalating water crisis in Iran and the critical need to optimize water consumption in agriculture, the utilization of smart systems and modeling tools for accurately estimating crop water requirements has become increasingly vital. This is particularly true for crops with large cultivation areas, such as watermelon. The NIAZAB AB system is a decision making tool designed to estimate crop water needs by leveraging climatic data, plant characteristics, and soil properties. However, it's crucial to assess how well the data from this system aligns with actual on farm water application rates. This comparison is essential for validating the model and analyzing the gap between theoretical management and real world performance. Therefore, matching the estimated watermelon water consumption from the NIAZAB system with the actual water consumed under real farm conditions can play a significant role in identifying the system's efficiency and providing corrective solutions to optimize water use for this crop. This comparison not only determines the system's accuracy in estimating water requirements but can also be used to inform water allocation policies and crop management strategies.

Research Objective:

The aim of this study is to compare and evaluate the amount of water used and the irrigation efficiency of watermelon, estimated by the NIAZAB system, with the actual amounts of applied water measured in the field. These field values were collected by the Agricultural Engineering and Technical Research Institute (Baghani et al., 2018) in the form of field designs. In this study, using climatic data, watermelon plant characteristics, soil information, and cropping pattern, the net and gross water requirements of watermelon are calculated from the NIAZAB system and then compared with the actual irrigation water consumption data in the field. The aim of this comparison is to evaluate the accuracy and reliability of the system in estimating the plant's water requirement and to analyze the gap between theoretical and practical water consumption values. This analysis can provide valuable information about the efficiency of the system in real field conditions, and play an effective role in optimizing water resource management, especially for plants such as watermelon. Also, this assessment can be used in macro-policies to reallocate water resources to plants and improve water productivity at regional and national levels.

Materials and Methods

To compare the watermelon water consumption estimated by the NIAZAB system with field-measured applied water quantities, this study utilized field data and direct on-farm measurements. The research's statistical population included watermelon farmers and representatives of agricultural organizations and water resources in selected provinces across Iran. Based on production statistics, nine out of 31 provinces, which accounted for a larger share of the country's watermelon cultivated area, were chosen. These included Razavi Khorasan, Khuzestan, Zanzan, Semnan, Sistan and Baluchestan, Fars, Kerman, Markazi, and Hormozgan provinces. Collectively, these provinces represented approximately 78% of the total watermelon cultivated area in the country (equivalent to 149,780 hectares). In the next step, 28 counties with in the selected provinces, with a combined cultivated area of 42,706 hectares, were chosen as study areas. Subsequently, through purposive sampling, 146 farms within these counties were selected for direct measurement of applied water. Of these, 113 farms used drip tape irrigation, and 33 farms utilized furrow and ridge irrigation methods. Throughout one growing season, the amount of irrigation water was measured directly at each irrigation event. For farms with drip tape irrigation, water consumption was measured using a water meter installed on the irrigation system. For farms with furrow and ridge irrigation, flumes and micromolinettes instruments were used to measure the volume of water entering the farm. These measurements were conducted and data recorded for all irrigation turns. After harvesting, the final watermelon yield in each farm was also measured and recorded. In all selected farms, farming operations, including the use of common seeds, fertilizers, pesticides, and pest and disease control, were carried out according to regional customs and standard farmer practices.

Finding:

A T-test, presented in Chart 3, compared the average applied water for watermelon using drip irrigation in field measurements with the estimated water consumption from the NIAZAB system. The results showed that the average estimated water consumption from the NIAZAB system was 4015 cubic meters per hectare, while field-measured consumption was 4580 cubic meters per hectare. These two averages did not show a significant difference. Although the watermelon irrigation water estimated by the NIAZAB system was less than the measured amount, this difference primarily stems from discrepancies in planting dates and crop phenological stages. For a more robust evaluation, watermelon irrigation water quantities were compared at

the county and larger scales. This revealed an 11% normalized error and a 95% agreement index, indicating the system's acceptable efficiency. Therefore, the NIAZAB system can effectively estimate the actual irrigation water for watermelon at the farm level within counties, making it justifiable for estimating actual watermelon irrigation water across the entire country. It's important to note that measuring watermelon irrigation water at the farm level is a time-consuming and costly endeavor. It also depends on the accuracy of measuring instruments and potential human error. Furthermore, factors like plant variety, soil type, nutritional conditions, other environmental stresses, and surrounding environmental factors contribute to this observed error. The 11% normalized error and 95% agreement index are not indicative of poor system performance or inaccurate measuring devices. Instead, every estimation method, measurement technique, variables used, and databases are potential sources of error that contribute to these observed differences.

Conclusion:

In this study, watermelon water consumption was investigated using two distinct methods: first, direct measurement data from 146 selected farms across 28 counties in 9 major watermelon-producing provinces in Iran; and second, estimation of water consumption by the NIAZAB (Water Requirement) system. The results indicated that the average measured applied water for drip irrigation in the field was 4580 cubic meters per hectare, while the average estimated water consumption by the NIAZAB system for drip irrigation was 4105 cubic meters per hectare. Furthermore, the weighted average estimated water consumption for drip irrigation from the system was 4057 cubic meters, and the weighted average measured applied water in drip-irrigated fields was 4359 cubic meters per hectare. Considering a total irrigated watermelon cultivation area of 100,000 hectares, the total water consumption nationwide was calculated to be 406 million cubic meters based on the NIAZAB system and 436 million cubic meters based on field data. The difference between these two values was approximately 7, which indicates a relatively good proximity between the system's estimates and actual values. This discrepancy stems from fundamental differences in the computational bases of the two methods. The NIAZAB system calculates crop water requirements using the Penman-Monteith method and applying a crop coefficient (K_c), then estimates water consumption based on the irrigation method and water application efficiency. In contrast, direct field measurements represent the actual volume of water entering the farm, which is influenced by environmental factors, farmer operational conditions, and real-world farm circumstances. The comparison of field-measured applied water with the estimated watermelon water consumption from the "NIAZAB system showed a Normalized Root Mean Square Error (NRMSE) of 15% between the two methods. Additionally, Willmott's index of agreement between the measured and simulated values was found to be 95.1%, demonstrating a high level of concordance between the field data and the system's output.

Suggestion:

It is suggested that a similar comparison of irrigation water quantities and determination of water productivity be conducted for other important crops across the country. This would provide authorities with a more realistic estimate of water usage from various national water sources, enabling more informed decision making.

Author Contributions

First author: Led the data analysis and writing process of the paper. Second author: Assisted in completing the numerical modeling, data analysis of the model. Third author: Assisted in collecting and analyzing field data in the fields. Fourth author: Assisted in collecting and analyzing field data in the fields.

Data Availability Statement:

The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Acknowledgements:

This work was part of a research project titled "Establishing a NIAZAB system and determining water consumption of plants" funded by the Soil and Water Research Institute of Iran (SWRI). The authors would like to express their gratitude for their valuable contributions.

Ethical considerations:

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

Conflict of interest:

The authors declare no conflict of interest.

تطبیق مقدار آب مصرفی هندوانه برآورد شده از سامانه نیاز آب با مقادیر آب کاربردی مزرعه‌ای

نیازعلی ابراهیمی پاک^۱، آرش تافته^۲، فریبرز عباسی^۳، جواد باغانی^۴

۱. بخش تحقیقات آبیاری، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه:

nebrahimipak@yahoo.com

۲. بخش تحقیقات آبیاری، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه:

Arash_tafteh@yahoo.com۳. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: Fa.abbasi@areeo.ac.ir۴. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: Baghani37@g.mail.com

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۳/۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۴/۸

تاریخ انتشار: مهر ۱۴۰۴

واژه‌های کلیدی:

سامانه نیاز آب،

آب مصرفی هندوانه،

روش آبیاری،

آب کاربردی

هدف از این پژوهش، مقایسه مقدار آب مصرفی هندوانه برآورد شده از سامانه نیاز آب با نتایج آب کاربردی اندازه‌گیری شده مزرعه‌ای و عملکرد هندوانه تحت مدیریت کشاورزان در ۱۴۶ نقطه در سطح ۲۸ شهرستان در ۹ استان کشور در سال ۱۳۹۶ و هم چنین تعیین بهره‌وری آب آبیاری هندوانه بود. نتایج نشان داد که میانگین مقدار آب مصرفی هندوانه به روش قطره‌ای در اندازه‌گیری مزرعه‌ای و سامانه نیاز آب به ترتیب برابر با ۴۵۴۸ و ۴۱۰۵ مترمکعب در هکتار و به روش آبیاری سطحی مقدار آب کاربردی هندوانه در اندازه‌گیری مزرعه‌ای و سامانه نیاز آب به ترتیب برابر با ۴۵۱۲ و ۴۹۵۴ مترمکعب در هکتار شد. میانگین عملکرد هندوانه در روش آبیاری قطره‌ای در اندازه‌گیری مزرعه‌ای و سامانه نیاز آب به ترتیب برابر با ۴۳۱۱۴ و ۴۱۷۶۰ کیلوگرم در هکتار بود و میانگین عملکرد هندوانه در روش آبیاری سطحی در اندازه‌گیری مزرعه‌ای و سامانه نیاز آب به ترتیب برابر با ۳۲۷۰۱ و ۳۱۳۶۲ کیلوگرم در هکتار شد. میانگین بهره‌وری آب مصرفی هندوانه در روش آبیاری قطره‌ای با اندازه‌گیری مزرعه‌ای و سامانه نیاز آب برابر ۱۰/۷ و ۱۰/۵ کیلوگرم بر مترمکعب شد. نتایج نشان داد که سامانه نیاز آب با ریشه میانگین خطای نرمال ۱۱ درصد و ضریب توافق ۰/۹۵ مقدار آب آبیاری هندوانه را در مقیاس شهرستان برآورد می‌نماید. مقادیر ضریب کارایی مدل نشان می‌دهد که مدل نتایج قابل قبولی را در تعیین مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب هندوانه در سطح مزارع کشور ارائه می‌نماید. از این رو، می‌توان از سامانه نیاز آب در برآورد حجم مورد نیاز برای آبیاری هندوانه در سطح کلان کشور و هم چنین در مزرعه بهره برد.

استناد: ابراهیمی پاک؛ نیازعلی، تافته، آرش، عباسی؛ فریبرز، باغانی؛ جواد، (۱۴۰۴) تطبیق مقدار آب مصرفی هندوانه برآورد شده از سامانه نیاز آب با مقادیر آب کاربردی

مزرعه‌ای، مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۶ (۷)، ۱۸۱۹-۱۷۹۹. <https://doi.org/10.22059/ijswr.2025.387413.669858>

© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijswr.2025.387413.669858>

مقدمه

با توجه به بحران روزافزون منابع آبی در سطح کشور و ضرورت بهینه‌سازی مصرف آب در بخش کشاورزی و بهره‌گیری از سامانه‌های هوشمند و ابزارهای مدل‌سازی برای برآورد دقیق نیاز آبی گیاهان، به ویژه محصولات با سطح زیر کشت بالا نظیر هندوانه، اهمیت فزاینده‌ای یافته است. سامانه "نیاز آب" به عنوان یکی از ابزارهای تصمیم‌یار در مدیریت منابع آبی، امکان برآورد نیاز آبی گیاهان را با استفاده از داده‌های اقلیمی، مشخصات گیاهی و خصوصیات خاک فراهم می‌سازد. با این حال، بررسی میزان تطابق داده‌های حاصل از این سامانه با مقادیر آب کاربردی در مزرعه، برای اعتبارسنجی مدل و هم‌چنین تحلیل شکاف بین مدیریت تئوری و عملکرد واقعی ضروری است. در این راستا، تطبیق مقدار آب مصرفی هندوانه برآوردشده از سامانه نیاز آب با مقادیر آب مصرف شده در شرایط واقعی مزرعه، می‌تواند در شناسایی میزان کارایی سامانه و هم‌چنین ارائه راهکارهای اصلاحی برای بهینه‌سازی مصرف آب در این محصول نقش مؤثری ایفا کند. انجام این مقایسه، نه تنها دقت سامانه را در برآورد نیاز آبی مشخص می‌سازد، بلکه می‌تواند در تنظیم سیاست‌های تخصیص آب و مدیریت کشت گیاهان نیز مورد استفاده قرار گیرد. هندوانه با نام علمی *Citrullus lanatus*، گیاهی یک‌ساله، بزرگ، خزنه و از تیره کدویان (*Cucurbitaceae*) و خانواده صیفی‌جات به‌شمار می‌رود که در جالیزها کشت می‌شود. این گیاه بومی آفریقای جنوبی است و دارای ساقه‌های خزنه، برگ‌های پهن و کرک‌دار با بریدگی‌های عمیق و گل‌های سفید یا زردرنگ می‌باشد. بسیاری از ارقام هندوانه قادرند حدود ۱۰۰ روز پس از کاشت، میوه رسیده تولید کنند. (García & Sorribas, 2021; Wang et al., 2008) هندوانه یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی در سطح جهانی است، به طوری که طبق آمار سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO, 2017)، این محصول سالانه از سطحی معادل ۳,۵ میلیون هکتار در سراسر جهان کشت شده و تولیدی بالغ بر ۱۱۷ میلیون تن دارد. کشور چین با تولید حدود ۶۷ درصد از کل هندوانه جهان، در جایگاه نخست تولید قرار دارد و پس از آن کشورهای ترکیه، ایران، برزیل و مصر در رتبه‌های بعدی قرار دارند. بر اساس همین گزارش، ایران با تولید سالانه حدود ۲,۹ میلیون تن هندوانه از سطحی معادل ۸۹,۰۰۰ هکتار، در رتبه سوم تولید جهانی قرار دارد (FAO, 2017)؛ آمار وزارت جهاد کشاورزی، (۱۴۰۱). در ایران، هندوانه در دوره‌های زمانی متفاوتی بسته به اقلیم منطقه کشت می‌شود. به طور معمول، این گیاه به عنوان کشت اصلی از اواسط اردیبهشت تا اواسط مرداد کشت می‌گردد و در برخی مناطق، به عنوان کشت دوم، از اواسط مرداد تا اواسط مهر نیز کاشته می‌شود. هم‌چنین در مناطق جنوبی کشور، به‌ویژه در استان‌های گرمسیری، کشت زمستانه هندوانه در ماه بهمن نیز رایج است. با توجه به اینکه بخش عمده‌ای از اراضی کشاورزی ایران در اقلیم خشک و نیمه‌خشک واقع شده‌اند، وقوع تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گیاه، به‌ویژه در دوره‌های بحرانی رشد میوه، امری رایج و اجتناب‌ناپذیر است و تنش خشکی می‌تواند تأثیر چشم‌گیری بر صفات کمی و کیفی هندوانه داشته باشد و در نهایت موجب کاهش عملکرد و کیفیت بازارپسند محصول گردد. (Keyvan, 2010) از این رو، مدیریت صحیح منابع آب و زمان‌بندی مناسب آبیاری در دوره‌های کشت مختلف، از اهمیت بالایی برخوردار است. در اغلب مناطق کشور، کشت هندوانه عمدتاً با استفاده از روش آبیاری تحت فشار، به‌ویژه روش قطره‌ای، انجام می‌گیرد؛ هرچند در برخی نواحی، به‌صورت محدود، از روش‌های آبیاری سطحی نظیر جوی و پشته نیز استفاده می‌شود. به طور کلی، مطالعات متعدد از جمله پژوهش‌های (Doonrenbos & Kassam, 1971). حاکی از آن است که عملکرد گیاه با میزان آب مصرفی رابطه‌ای مستقیم دارد، به طوری که در صورت عدم تأمین آب کافی، کاهش عملکرد محصول اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. هم‌چنین، میزان آبیاری نه تنها بر عملکرد، بلکه بر صفات مورفولوژیکی گیاه نظیر رشد رویشی، سطح برگ و نیز ویژگی‌های کمی و کیفی میوه تأثیرگذار است. در شرایط تنش آبی، تغییرات قابل توجهی در این صفات مشاهده می‌شود که بیانگر حساسیت گیاه نسبت به میزان آب در دسترس است. با توجه به این که هندوانه در زمره محصولات راهبردی کشور قرار ندارد، اما سطح زیر کشت وسیعی از اراضی کشاورزی به آن اختصاص یافته است، لازم است در چارچوب سیاست‌های کلان تخصیص منابع آب، بازنگری جدی در نحوه استفاده از آب برای این محصول صورت گیرد. بر این اساس، ارزیابی دقیق نیاز آبی و میزان آب مصرفی هندوانه در شرایط اقلیمی و منابع آبی فعلی کشور، ضرورتی انکارناپذیر است تا نتایج آن در برنامه‌ریزی بهینه کشت و تصمیم‌گیری‌های کلان در حوزه امنیت غذایی و مدیریت منابع آب مورد بهره‌برداری قرار گیرد. (Egdernezhad et al., 2019). نیاز آبی هندوانه در مناطق مختلف کشور و جهان بسیار متغیر است و تحت تأثیر عواملی نظیر شرایط اقلیمی، نوع خاک و طول دوره رشد گیاه قرار دارد. بر اساس گزارش‌های مختلف، میزان نیاز آبی این گیاه بین ۲۴۰ تا ۶۶۰ میلی‌متر در نوسان است. (Kirmak & Dogan, 2009; Bastos et al., 2012; Kuscü et al., 2015) این دامنه وسیع نشان‌دهنده حساسیت زیاد این گیاه به شرایط محیطی و مدیریت آبیاری است. در مطالعه‌ای که توسط Erdem et al. (2005) با هدف ارزیابی سطوح مختلف

شاخص تنش آبی گیاه (CWSI) برای مدیریت بهینه آبیاری هندوانه انجام شد، مشخص گردید که بیشترین تبخیر و تعرق فصلی (Etc) معادل ۴۱۲ میلی‌متر در ۲۰ درصد شاخص تنش آبی به‌دست آمد. نتایج همچنین نشان داد که سطح آبیاری تأثیر معنی‌داری بر عملکرد میوه دارد؛ به‌طوری‌که بیشترین عملکرد میوه، معادل ۷۶٫۳ تن در هکتار، در تیمار ۲۰ درصد شاخص تنش خشکی مشاهده شد. هرچند عملکرد تیمارهای با CWSI معادل ۴۰-۶۰ درصد تفاوت آماری معنی‌داری با تیمار ۲۰ درصد نداشتند. بنابراین، (Khari et al., 2023) استفاده از مقدار ۶۰ درصد برای شاخص تنش آبی را به عنوان آستانه بهینه جهت زمان‌بندی آبیاری هندوانه پیشنهاد کردند. همچنین، در پژوهشی دیگر، Yin (2012) به بررسی اثر آبیاری تناوبی و کم‌آبیاری به روش یک در میان در شرایط گلخانه‌ای پرداخت. نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از این روش باعث کاهش کمتر ارتفاع گیاه نسبت به سایر تیمارهای آبیاری شد که نشان‌دهنده تحمل نسبی گیاه هندوانه به کم‌آبیاری در شرایط کنترل‌شده می‌باشد. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که میزان آب مصرفی و راهبردهای آبیاری نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد و بهره‌وری آب در کشت هندوانه دارند (Wang et al., 2017) در پژوهشی بر روی هندوانه‌های گلخانه‌ای در شمال غربی چین گزارش کردند که نیاز آبی گیاه در فصل‌های زمستان و بهار حدود ۱۱۴ میلی‌متر برآورد شد. این مطالعه همچنین بر حساسیت بالای هندوانه به کم‌آبیاری تأکید داشت. در تحقیقی دیگر در کشور کنیا، (Wakindi & Kiramba, 2011) تأثیر رژیم‌های آبیاری مختلف بر رقم Charleston grey بررسی کردند. نتایج نشان داد که تیمار با ۳۰۰ میلی‌متر آبیاری در مقایسه با تیمار شاهد منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد شد، که بیانگر اثر منفی تنش کم‌آبی بر تولید این محصول است. در همین راستا، Abdelkhalik et al. (2019) طی مطالعه‌ای دو ساله به بررسی اثر سه راهبرد مدیریتی آبیاری بر هندوانه پرداختند. در سال اول، سه سطح آبیاری معادل ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی اعمال شد و در سال دوم، شش تیمار اضافی با تنوع بیشتر به آن افزوده شد. نتایج نشان داد که کم‌آبیاری شدید باعث کاهش معنی‌دار در بیوماس خشک، عملکرد کل، میانگین وزن و تعداد میوه، و شاخص برداشت گردید. همچنین، شاخص‌های فیزیولوژیکی نظیر محتوای نسبی آب برگ و پایداری غشای سلولی نیز با افزایش شدت تنش خشکی، کاهش یافتند. با این حال، بیشترین راندمان مصرف آب آبیاری زمانی حاصل شد که کم‌آبیاری در مرحله رسیدن میوه اعمال شده بود، در مقایسه با حالتی که محدودیت آبی در کل مراحل رشد گیاه لحاظ شده بود. (Khorramian and Zarifeenia, 2018) در پژوهشی طی سال‌های زراعی ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در استان خوزستان، تأثیر سطوح مختلف تأمین نیاز آبی به روش قطره‌ای را بر عملکرد هندوانه بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که تیمار با ۱۲۵ درصد تأمین نیاز آبی به روش قطره‌ای با عملکرد حدود ۵۲/۵ تن در هکتار بیشترین میزان عملکرد را داشت، در حالی که تیمار با ۵۰ درصد تأمین نیاز آبی کمترین عملکرد معادل ۴۲/۵ تن در هکتار را نشان داد. حجم آب مصرفی در این تیمارها در سال ۱۳۸۹ به ترتیب برابر با ۲۵۳۳، ۳۶۴۴، ۴۷۶۶ و ۵۸۶۹ مترمکعب در هکتار و در سال ۱۳۹۰ به ترتیب ۲۴۴۲، ۳۴۳۰، ۴۴۱۷ و ۵۴۴۹ مترمکعب در هکتار بود. Battikhi, and Ghawi, (1987) در منطقه دره اردن (Jordan Valley) به بررسی تأثیر آبیاری قطره‌ای همراه با سه نوع مالچ مختلف (مالچ پلاستیکی شفاف، مالچ گیاهی و بدون مالچ) پرداخته است. گزارش کردند که استفاده از مالچ پلاستیکی سفید با مصرف آب حدود ۴۴۴ میلی‌متر، بیشترین عملکرد را ایجاد کرده است. در مقابل، استفاده از مالچ گیاهی و عدم کاربرد مالچ با مقادیر مصرف آب به ترتیب ۴۶۱ و ۵۱۵ میلی‌متر، عملکرد کمتری را به دنبال داشت (Pejić et al., 2016). مطالعه‌ای در کشور صربستان انجام داد و نشان داد که عملکرد هندوانه در شرایط آبیاری به طور معنی‌داری بالاتر از شرایط دیم است؛ به طوری که عملکرد محصول در شرایط آبیاری به حدود ۳۷/۲۸ تن در هکتار رسید، در حالی که در شرایط غیر آبی (دیم)، عملکرد به حدود ۹/۸ تن در هکتار کاهش یافت. هیچ‌ن مصرف آب در شرایط آبیاری حدود ۳۹۸ میلی‌متر و در شرایط دیم تنها ۱۱۷ میلی‌متر گزارش شده است. (Parkhideh et al., 2018) در پژوهشی که در دانشگاه زنجان بر روی هندوانه رقم چارستون‌گری پیوندی انجام شد و تأثیر تنش کم‌آبیاری بر رشد، عملکرد و شاخص‌های فیزیولوژیکی گیاه با اعمال سه سطح آبیاری ۵۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی بررسی گردید. هم‌چنین اثر پیوند روی پایه هندوانه/بوجهل و گیاهان غیرپیوندی مقایسه شد. نتایج نشان داد که تنش کم‌آبیاری به طور معنی‌داری رشد، عملکرد و کارایی مصرف آب را کاهش می‌دهد و در مقابل، درصد نشت یونی و میزان پرولین (ماده‌ای شاخص در پاسخ گیاه به تنش) افزایش یافت. پایه هندوانه ابوجهل در شرایط آبیاری ۱۰۰ و ۷۰ درصد منجر به کاهش غلظت کلسیم و افزایش بروز پوسیدگی گلگاه میوه شد، اما در شرایط تنش کم‌آبیاری شدیدتر، غلظت کلسیم در گیاهان غیرپیوندی کاهش یافت و پوسیدگی گلگاه افزایش یافت. به طور کلی، پیوند روی پایه هندوانه ابوجهل اثر مثبتی در کاهش تنش کم‌آبیاری نداشت (Karimi and Jolaini, 2017). و از طرفی (Karimi and Jolaini, 2017) مقدار نیاز آبی خالص هندوانه را در دشت مشهد 5180 مترمکعب در هکتار و نیاز آبی ناخالص را 10318 مترمکعب در هکتار گزارش کردند. همچنین (Jafari et al., 2016) در منطقه ورامین مقدار نیاز آبی خالص را 4800 مترمکعب در هکتار و نیاز آبی ناخالص را 8400 مترمکعب در هکتار برآورد نمودند. این مطالعات همچنین

نشان دادند که عمق فاروها (کانال‌های آبیاری) تأثیر قابل توجهی بر میزان آب مصرفی دارد. هندوانه در فصل تابستان، زمانی که تبخیر و تعرق گیاه در بالاترین حد است و بارش باران بسیار کم می‌باشد، کشت و رشد می‌کند و به میزان قابل توجهی آب نیاز دارد (Turner, 2004). این محصول به تنش آبی بسیار حساس است و بروز کم‌آبی باعث کاهش عملکرد آن می‌شود (Steduto et al., 2012). زمان و مقدار کاهش آب آبیاری، به منظور بهره‌وری بهینه از منابع آب و افزایش عملکرد، اهمیت بالایی دارد (Yang, 2017). مطالعه‌ای توسط Erdem and Yuksel (2003) در ترکیه نشان داد که بیشترین عملکرد هندوانه در شرایط آبیاری کامل در طول دوره رشد حاصل می‌شود، ضمن اینکه دوره گلدهی حساس‌ترین مرحله به کمبود آب است. همچنین نیاز آبی هندوانه نسبت به دیگر محصولات خانواده کدوئیان بیشتر است، زیرا بخش عمده میوه را آب تشکیل می‌دهد (Simsek and Tonkaz, 2004). Soltani et al., 2018) با بررسی چهار سطح تأمین نیاز آبی (۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد) و دوره آبیاری چهار روزه بر رقم کریمسبون سبویت در ترکیه، دریافتند که مقدار آب مصرفی هندوانه در سال اول به ترتیب برابر با ۳۹۸، ۵۲۰، ۶۴۲ و ۷۶۴ میلی‌متر و در سال دوم به ترتیب ۳۵۵، ۴۷۳، ۵۹۱ و ۷۰۹ میلی‌متر بود. بهره‌وری مصرف آب نیز در سال اول بین ۹/۶ تا ۱۱/۷ و در سال دوم بین ۱۰/۸ تا ۱۳/۱ کیلوگرم محصول به ازای هر مترمکعب آب متغیر بود. در مطالعه‌ای که با هدف بررسی توابع تولید آب مصرفی و تعیین عملکرد دو رقم هندوانه در شرایط تنش آبی در مناطق کرج و جیرفت انجام شد، مشخص شد که نیاز آبی خالص هندوانه در این مناطق به ترتیب ۴۸۸ و ۴۲۳ میلی‌متر استنتاج نشان داد که کم‌آبیاری ۷۰ درصدی نسبت به آبیاری کامل بهره‌وری بیشتری در مصرف آب داشته است (عباسی و همکاران، ۱۴۰۰). در پژوهشی که توسط محققان موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی در منطقه جیرفت انجام شده، مشخص شد که اعمال آبیاری به میزان ۸۵ درصد نیاز آبی تخمینی، عملکرد مناسبی نشان داد (Baghani et al., 2018). پژوهشی در جنوب استان کرمان نشان داد که تیمار ۸۵ درصد نیاز آبی هندوانه، عملکردی نزدیک به آبیاری کامل داشته و صفات فیزیولوژیکی و کیفی میوه نیز حفظ شده‌اند. این مطالعه نشان‌دهنده (موسوی و همکاران، ۱۴۰۲).

هدف این پژوهش مقایسه و ارزیابی مقدار آب مصرفی و بهره‌وری آبیاری هندوانه، برآورد شده توسط سامانه "نیاز آب"، با مقادیر واقعی آب کاربردی اندازه‌گیری شده در مزرعه است. این مقادیر مزرعه‌ای توسط مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی (Baghani et al., 2018) در قالب طرح‌های میدانی جمع‌آوری شده‌اند. در این مطالعه، با استفاده از داده‌های اقلیمی، مشخصات گیاه هندوانه، اطلاعات خاک و الگوی کشت، نیاز آبی خالص و ناخالص هندوانه از سامانه نیاز آب محاسبه شده و سپس با داده‌های واقعی مصرف آب آبیاری در مزرعه مقایسه می‌شود. هدف از این مقایسه، ارزیابی دقت و قابلیت اعتماد سامانه در برآورد نیاز آبی گیاه و تحلیل شکاف میان مقادیر تئوریک و عملی مصرف آب است. این تحلیل می‌تواند اطلاعات ارزشمندی درباره‌ی میزان کارایی سامانه در شرایط واقعی مزرعه فراهم آورده، و در بهینه‌سازی مدیریت منابع آب، به‌ویژه برای گیاهان نظیر هندوانه، نقش مؤثری ایفا کند. هم‌چنین، این ارزیابی می‌تواند در سیاست‌گذاری‌های کلان برای بازتخصیص منابع آب به گیاهان و ارتقاء بهره‌وری آبی در سطوح منطقه‌ای و ملی مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

مرحله اول: جامعه آماری و روش نمونه‌گیری

به منظور تطبیق مقدار آب مصرفی هندوانه برآورد شده از سامانه «نیاز آب» با مقادیر آب کاربردی اندازه‌گیری شده در مزرعه، این مطالعه با استفاده از داده‌های میدانی و اندازه‌گیری‌های مستقیم در سطح مزرعه انجام شد. جامعه آماری تحقیق شامل کشاورزان هندوانه‌کار و نمایندگان تشکلهای کشاورزی و منابع آب در استان‌های منتخب کشور بود. بر اساس آمار تولید، از میان ۳۱ استان کشور، ۹ استان که سهم بیشتری در سطح زیر کشت هندوانه داشتند (شامل استان‌های خراسان رضوی، خوزستان، زنجان، سمنان، سیستان و بلوچستان، فارس، کرمان، مرکزی و هرمزگان) انتخاب شدند. این استان‌ها در مجموع حدود ۷۸ درصد از سطح زیر کشت هندوانه کشور را در اختیار داشتند (معادل ۷۸/۱۴۹ هکتار). در مرحله بعد، در استان‌های منتخب، ۲۸ شهرستان که در مجموع دارای سطح زیر کشت ۴۲/۷۰۶ هکتار بودند، به عنوان نواحی مطالعاتی انتخاب شدند. سپس در این شهرستان‌ها، بر اساس نمونه‌گیری هدفمند، ۱۴۶ مزرعه به منظور اندازه‌گیری مستقیم مقدار آب کاربردی انتخاب شدند که از این تعداد، ۱۱۳ مزرعه دارای روش آبیاری قطره‌ای نواری و ۳۳ مزرعه دارای روش آبیاری جوی و پشته بودند. در طول یک فصل زراعی، مقدار آب آبیاری به‌صورت مستقیم و در هر نوبت آبیاری اندازه‌گیری شد. در مزارع دارای آبیاری قطره‌ای نواری، مقدار آب مصرفی با استفاده از کنتور آب نصب شده روی روش آبیاری اندازه‌گیری شد. در مزارع دارای آبیاری جوی و پشته، از ابزارهای فلوم و میکرومولینه برای اندازه‌گیری حجم آب ورودی به مزرعه استفاده شد. این اندازه‌گیری‌ها در کلیه



نوبت‌های آبیاری انجام و داده‌ها ثبت گردید. پس از برداشت محصول، عملکرد نهایی هندوانه در هر مزرعه نیز اندازه‌گیری و ثبت شد. در همه مزارع منتخب، عملیات زراعی شامل استفاده از بذر معمول، کود و سموم رایج، و کنترل آفات و بیماری‌ها، مطابق با عرف منطقه و روش معمول کشاورزان انجام شد. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی مزارع مطالعه‌شده و مختصات نقاط برداشت داده را نمایش می‌دهد.

مرحله دوم: روش اندازه‌گیری در مزارع منتخب:

پس از انتخاب مزارع، حجم آب کاربردی و میزان آب ورودی به مزرعه از منبع آبیاری در طول فصل رشد هندوانه اندازه‌گیری شد. در این مرحله، ابزارهای فلوم و میکرومولینه برای اندازه‌گیری دقیق حجم آب آبیاری در روش آبیاری جوی و پشته و کنتور برای اندازه‌گیری دقیق حجم آب آبیاری قطره‌ای نواری مورد استفاده قرار گرفتند.

مرحله سوم: تبدیل داده‌های نقطه‌ای به میانگین شهرستانی:

با توجه به اینکه داده‌های آب کاربردی به صورت نقطه‌ای و در ۱۴۶ مزرعه ثبت شده بودند، اما خروجی سامانه «نیاز آب» به صورت میانگین شهرستانی ارائه می‌شود، لازم بود داده‌های مزرعه‌ای با سطح تحلیل سامانه هماهنگ شوند. به این منظور، در هر شهرستان، میانگین حجم آب آبیاری مزارع محاسبه شده و به عنوان مقدار متوسط شهرستانی مورد استفاده قرار گرفت. سپس این داده‌ها با مقادیر برآورد شده توسط سامانه «نیاز آب» مقایسه و تطبیق داده شدند.

مرحله چهارم: برآورد نیاز آبی و آب مصرفی هندوانه:

سامانه «نیاز آب» با هدف برآورد دقیق نیاز آبی محصولات زراعی و باغی در مناطق مختلف کشور، از روش‌های استاندارد و علمی مبتنی بر شرایط اقلیمی و زراعی ایران استفاده می‌کند. در این سامانه، برآورد نیاز آبی گیاه بر اساس معادله استاندارد فائو-پنمن-مانتیت (FAO Penman-Monteith) انجام می‌گیرد که یکی از دقیق‌ترین و معتبرترین روش‌های تخمین تبخیر-تعرق مرجع (ET_0) می‌باشد (FAO, 1998). پس از محاسبه تبخیر-تعرق مرجع (ET_0)، با استفاده از ضریب گیاهی (Kc) ویژه هندوانه در مراحل مختلف رشد، نیاز آبی گیاه (ET_c) طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$ET_c = ET_0 \times Kc$$

مقادیر ضریب گیاهی برای هندوانه در سامانه «نیاز آب» مطابق با توصیه‌های فائو و داده‌های ملی و منطقه‌ای تنظیم شده و در سه مرحله رشد ابتدایی، میانی و انتهایی لحاظ می‌گردد. سپس برای تبدیل نیاز آبی گیاه (ET_c) به آب مصرفی گیاه، راندمان کاربرد آب در مزرعه در محاسبه لحاظ می‌شود. راندمان کاربرد آب با توجه به روش آبیاری مورد نظر متفاوت است، و در سامانه «نیاز آب» به صورت پیش‌فرض، برای روش آبیاری سطحی (جوی و پشته‌ای یا کرتی) برآورد انجام می‌گیرد، مگر آنکه کاربر نوع آبیاری را تغییر دهد. در سامانه «نیاز آب»، برآوردهای پیش‌فرض بر اساس **بر اساس روش آبیاری** انجام شده‌اند، مگر آن‌که توسط کاربر در قسمت تنظیمات سامانه تغییر داده شده باشند. لذا در تطبیق و مقایسه داده‌های سامانه با مقادیر اندازه‌گیری‌شده در مزرعه، نوع روش آبیاری (قطره‌ای یا سطحی) و راندمان واقعی مزرعه باید حتماً مد نظر قرار گیرد. این موضوع یکی از عوامل مهم در تفسیر نتایج و ارزیابی دقت سامانه است؛ چرا که اختلاف بین راندمان واقعی مزرعه و راندمان پیش‌فرض سامانه، می‌تواند منجر به بروز تفاوت در مقادیر برآوردی و اندازه‌گیری‌شده شود.

مرحله چهارم: مقایسه نتایج اندازه‌گیری و برآوردی:

در این مرحله، مقدار آب مصرفی هندوانه برآورد شده توسط سامانه «نیاز آب» در شهرستان‌هایی که اندازه‌گیری مزرعه‌ای انجام شده بود، استخراج شد و با داده‌های واقعی اندازه‌گیری‌شده مقایسه گردید. این مقایسه به منظور ارزیابی صحت و دقت برآورد سامانه انجام شد.

مرحله پنجم: تحلیل آماری و ارزیابی دقت مدل:

برای سنجش میزان تطابق و دقت برآوردهای سامانه «نیاز آب» با داده‌های اندازه‌گیری‌شده، از شاخص‌ها و آزمون‌های آماری زیر استفاده شد:

الف- شاخص‌های آماری دقت شامل: RMSE (ریشه میانگین مربعات خطا)، NRMSE (ریشه میانگین مربعات خطای نرمال‌شده)، MBE (میانگین انحراف خطا)، d (شاخص توافق یا سازگار)، R^2 (ضریب تعیین) و EF (ضریب کارایی مدل)

معیارهای ارزیابی بر اساس پیشنهاد Jamieson et al. (1991) و Willmott et al. (1982) به صورت زیر تفسیر شدند: مقادیر RMSE و NRMSE هرچه به صفر نزدیک‌تر باشند، دقت شبیه‌سازی بالاتر است. اگر NRMSE کمتر از ۱۰٪ باشد، شبیه‌سازی عالی؛ بین ۱۰٪-۲۰٪ خوب؛ ۲۰٪-۳۰٪ متوسط؛ و بالاتر از ۳۰٪ ضعیف تلقی می‌شود. شاخص d بین منفی بی‌نهایت تا مثبت

یک متغیر است و هرچه به یک نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده تطابق بهتر مدل با داده‌های واقعی است. آزمون آماری T-Test: به منظور بررسی معنی‌دار بودن تفاوت میانگین حجم آب آبیاری برآورد شده توسط سامانه «نیاز آب» و مقدار اندازه‌گیری شده در سطح شهرستان‌ها، از آزمون آماری تی (T-Test) استفاده شد.



شکل ۱- مختصات نقاط منتخب اندازه‌گیری مقدار آب آبیاری گیاه هندوانه در کشور

نتایج و بحث

الف - برآورد مقدار آب آبیاری هندوانه:

۱- روش آبیاری قطره‌ای: جدول ۱ مقایسه میانگین مقدار آب کاربردی هندوانه به روش قطره‌ای بر اساس اندازه‌گیری و مزرعه و آب مصرفی سامانه نیاز آب در مناطق مختلف را نشان می‌دهد با توجه به مشاهده می‌شود که میانگین مقدار آب کاربردی هندوانه به روش قطره‌ای بر مبنای اندازه‌گیری شده در ۲۸ شهرستان برابر با ۴۵۹۷ مترمکعب در هکتار و در منطقه میناب با ۲۵۸۰ مترمکعب در هکتار کمترین و منطقه میامی با ۷۰۲۵ مترمکعب در هکتار بیشترین مقدار بود. میانگین مقدار آب مصرفی هندوانه به روش قطره‌ای با استفاده از سامانه نیاز آب در ۲۸ شهرستان برابر با ۴۱۰۵ مترمکعب در هکتار و در منطقه جاسک با ۳۱۸۸ مترمکعب در هکتار کمترین و منطقه خنداب با ۵۵۳۸ مترمکعب در هکتار بیشترین مقدار برآورد شده است. نتایج نشان داد که در منطقه میامی بیش آبیاری بود. با توجه به نمودار شماره ۱ مشاهده می‌شود در اکثر مناطق به غیر داورزن، کازرون و میناب، میزان آب کاربردی اندازه‌گیری در مزرعه از میزان آب مصرفی برآورد شده از سامانه نیاز آب بیشتر می‌باشد و به احتمال قوی بیش آبیاری انجام شده است. جدول ۱ مقایسه میانگین کارایی مصرف آب هندوانه به روش قطره‌ای بر اساس اندازه‌گیری و سامانه نیاز آب در مناطق مختلف را نشان می‌دهد با توجه به مشاهده می‌شود که میانگین کارایی آب هندوانه به روش قطره‌ای با آب کاربردی اندازه‌گیری شده در ۲۸ شهرستان برابر با ۱۰/۷ کیلوگرم بر مترمکعب آب شده و در منطقه شوش با ۴/۵ کیلوگرم بر مترمکعب آب کمترین و در منطقه جغتای با ۲۱/۵ کیلوگرم بر مترمکعب آب بیشترین مقدار شد و میانگین کارایی مصرف آب هندوانه بر اساس سامانه نیاز آب به روش قطره‌ای در ۲۸ شهرستان برابر با ۱۰/۵ کیلوگرم بر مترمکعب آب و در منطقه شاهرود با ۶ کیلوگرم بر مترمکعب آب کمترین و منطقه ابهر با ۲۲/۳ کیلوگرم بر مترمکعب آب بیشترین مقدار برآورد شده است. با توجه به نمودار شماره ۳ مشاهده می‌شود در اکثر مناطق به غیر جوی، کازرون و اقلید، میزان کارایی مصرف آب از سامانه بیشتر از اندازه‌گیری مزرعه‌ای می‌باشد.

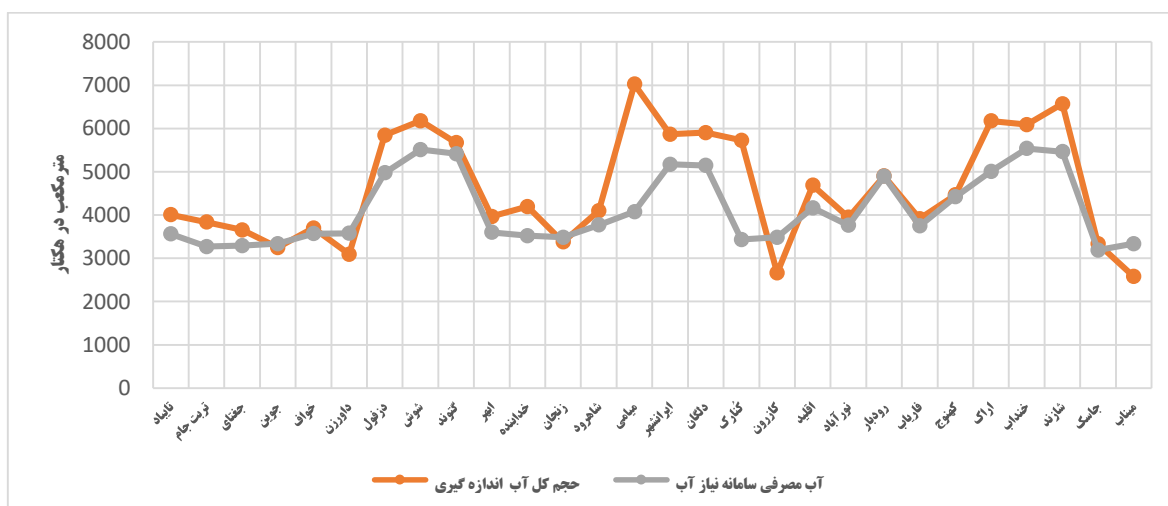
مقایسه بین نمودار شماره ۱ و ۲ نشان می‌دهد که در مناطقی که از مقدار آب در دسترس استفاده بهینه شده، مقدار بهره‌وری هم به تناسب افزایش یافته است لیکن نمودارها نشان می‌دهد که در مناطق مختلف استفاده از آب بهینه نبوده به طور مثال در میامی با میزان ۷۰۲۵ مترمکعب در هکتار و عملکرد ۳۵ تن در هکتار میانگین بهره‌وری ۵ کیلوگرم بر مترمکعب آب می‌باشد لیکن در شهر مجاور آن در



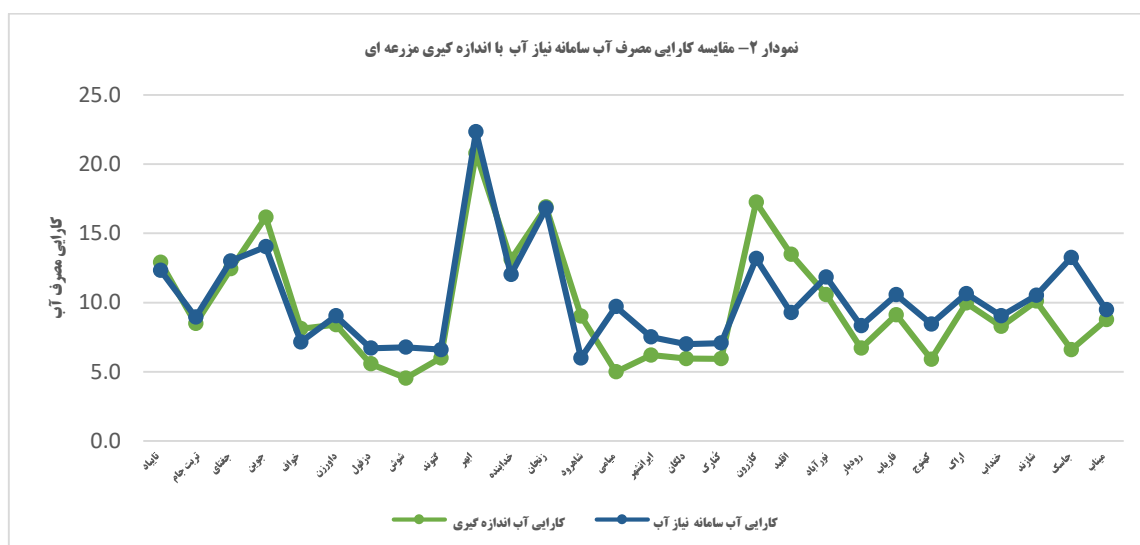
شاهرود با میزان ۴۱۰۰ مترمکعب در هکتار و عملکرد ۳۷ تن در هکتار، مقدار کارایی مصرف آب ۹ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمده است در هر دو منطقه عملکرد تقریباً یکسان است لیکن تفاوت عمده در میزان آب مصرفی و استفاده بهینه از آب است

جدول ۱- نتایج مقایسه مقدار آب آبیاری بر حسب مترمکعب در هکتار، بهره‌وری آب آبیاری، هندوانه (روش قطره‌ای)

استان	شهرستان	حجم کل آب اندازه‌گیری (مترمکعب در هکتار)	آب مصرفی سامانه نیاز آب (مترمکعب در هکتار)	عملکرد محصول اندازه‌گیری (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد محصول سامانه (کیلوگرم در هکتار)	کارایی آب اندازه‌گیری (کیلوگرم بر مترمکعب)	کارایی آب نیاز آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
خراسان رضوی	تایباد	۴۰۰۵	۳۵۶۴/۱	۵۱۶۶۷	۴۳۶۱۷	۱۲/۳	۱۲/۹
خراسان رضوی	تربت جام	۳۸۳۵	۳۲۶۹/۲	۳۲۵۰۰	۲۹۲۵۰	۸/۹	۸/۵
خراسان رضوی	جغتای	۳۶۵۴/۹	۳۲۹۲/۳	۴۵۵۰۰	۴۲۸۵۱	۱۳	۱۲/۴
خراسان رضوی	جویین	۳۳۴۶/۹	۳۳۳۸/۵	۵۲۵۰۰	۴۶۸۵۶	۱۴	۱۶/۲
خراسان رضوی	خواف	۳۷۰۰	۳۵۶۹/۲	۳۰۰۰۰	۲۵۵۰۰	۷/۱	۸/۱
خراسان رضوی	داورزن	۳۰۹۳/۷	۳۵۷۸/۵	۲۶۰۰۰	۳۲۳۴۴	۹	۸/۴
خوزستان	دزفول	۵۸۴۵/۵	۴۹۷۶/۹	۳۲۵۰۰	۳۳۳۱۲	۶/۷	۵/۶
خوزستان	شوش	۶۱۷۷	۵۵۱۲/۸	۲۸۰۰۰	۳۷۳۳۳	۶/۸	۴/۵
خوزستان	گتوند	۵۶۷۲	۴۵۱۴/۴	۳۴۰۰۰	۳۵۷۰۰	۶/۶	۶
زنجان	ابه‌ر	۳۹۶۶	۳۶۰۰	۸۲۵۰۰	۸۰۴۳۷	۲۲/۳	۲۰/۸
زنجان	خداآباد	۴۱۹۶	۵۲۲۳/۱	۵۵۰۰۰	۴۲۳۵۰	۱۲	۱۳/۱
زنجان	زنجان	۳۳۷۸	۳۴۸۵/۵	۵۷۱۱۰	۵۸۵۷۰	۱۶/۸	۱۶/۹
سمنان	شاهرود	۴۱۰۰	۳۷۶۹/۲	۳۷۰۰۰	۲۲۵۷۰	۶	۹
سمنان	میامی	۷۰۲۵	۴۰۷۶/۹	۳۵۰۰۰	۳۹۵۵۰	۹/۷	۵
سیستان و بلوچستان	ایرانشهر	۵۸۶۷/۴	۵۱۷۳/۱	۳۶۴۱۳	۳۸۸۲۶	۷/۵	۶/۲
سیستان و بلوچستان	دلگان	۵۹۰۴/۸	۵۱۴۶/۲	۳۵۱۰۶	۳۶۰۲۸	۷	۵/۹
سیستان و بلوچستان	کنارک	۵۷۲۵/۶	۳۴۳۴/۶	۳۴۰۰۰	۲۴۲۶۸	۷/۱	۵/۹
فارس	کازرون	۲۶۶۱/۷	۳۴۸۴/۲	۴۵۹۱۶	۴۵۹۱۶	۱۳/۲	۱۷/۳
فارس	اقلید	۴۶۸۸/۵	۴۱۶۴/۱	۶۲۲۵۳	۳۸۵۸۵	۹/۳	۱۳/۵
فارس	نورآباد	۳۹۴۸/۴	۳۷۶۱/۵	۴۱۷۵۰	۴۴۵۶۸	۱۱/۸	۱۰/۶
کرمان	رودبار	۴۹۰۳/۲	۴۸۹۴/۹	۳۲۸۳۳	۴۰۷۱۳	۸/۳	۶/۷
کرمان	فاریاب	۳۹۱۲/۹	۳۷۴۸/۷	۳۵۶۶۷	۳۹۵۶۰	۱۰/۶	۹/۱
کرمان	کهنوج	۴۴۶۵/۸	۴۴۲۰/۵	۲۶۳۳۲	۳۴۳۴۹	۸/۴	۵/۹
مرکزی	اراک	۶۱۷۴/۷	۵۰۰۹/۳	۶۱۵۲۶	۵۳۳۲۲	۱۰/۶	۱۰
مرکزی	خنداب	۶۰۸۷/۲	۵۵۳۸/۵	۵۰۳۲۴	۵۰۰۷۲	۹	۸/۳
مرکزی	شازند	۶۵۶۷/۷	۵۴۶۳/۹	۶۶۳۹۶	۵۷۴۵۶	۱۰/۵	۱۰/۱
هرمزگان	جاسک	۳۳۳۶/۶	۳۱۸۷/۷	۲۲۰۱۲	۴۲۲۶۴	۱۳/۳	۶/۶
هرمزگان	میناب	۲۵۰۸/۱	۳۳۳۸/۵	۲۲۶۰۴	۳۱۶۴۵	۹/۵	۱۰
میانگین		۴۵۸۰	۴۱۰۵	۴۳۱۱۴	۴۱۷۶	۱۰/۵	۱۰/۷

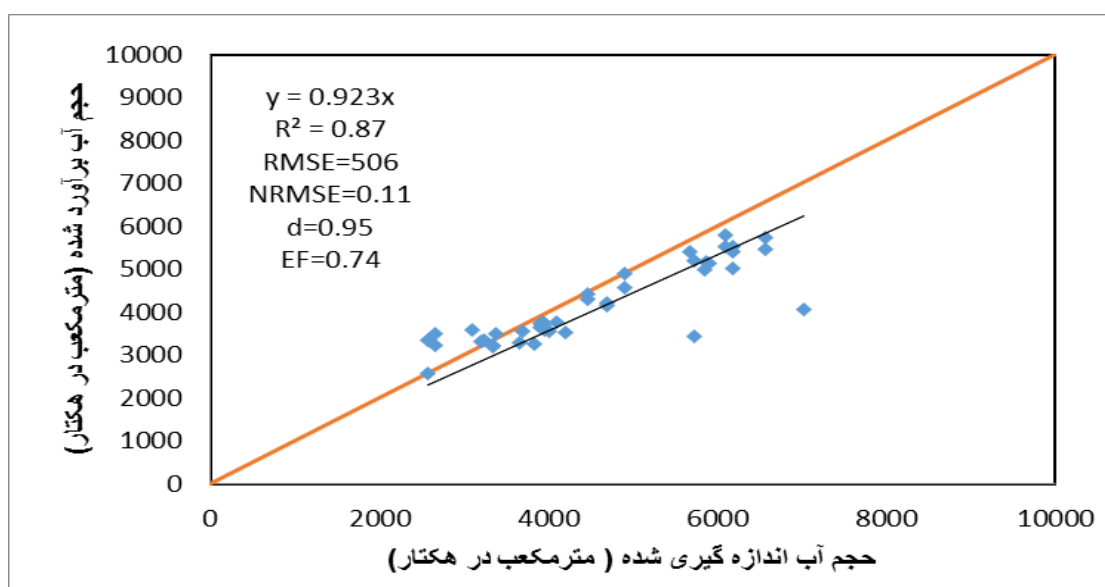


نمودار ۱- مقایسه مقدار آب مصرفی سامانه نیاز آب کاربردی اندازه‌گیری به روش قطره‌ای



نمودار ۲- مقایسه کارایی مصرف آب سامانه نیاز آب با آب کاربردی با اندازه گیری مزرعه ای

باتوجه به نتایج مشاهده می شود که مقدار آب مصرفی هندوانه در کل دوره رشد در مناطق ۲۸ گانه بین ۵۵۳۵ تا ۳۱۸۶ میلی متر متغیر است که با نتایج (Erdem et al., (2005 و Khorramian and Zarifeenia(2018 و Pejic et al., (2016 مطابقت دارد و چنانچه اختلافی در نتایج باشد عمدتاً ناشی از اقلیم، اترکم کشت، نوع خاک و هم چنین زمان کاشت، داشت و برداشت است و این موضوع در اکثر مطالعات به عمل آمده نیز تأیید شده است



نمودار شماره ۳: آنالیز آماری مقایسه میانگین بین مقدار آب کاربردی اندازه گیری مزرعه ای و آب مصرفی برآورد شده توسط سامانه نیاز آب در روش آبیاری قطره ای

مقایسه نتایج میانگین مقدار آب کاربردی هندوانه به روش آبیاری قطره ای در شرایط اندازه گیری مزرعه ای و مقدار آب مصرفی برآورد شده از سامانه نیاز آب در آزمون T-Test در نمودار شماره ۳ ارائه شد، نتایج نشان داد میانگین مقدار آب مصرفی برآورد شده بر اساس سامانه نیاز آب و اندازه گیری شده به ترتیب برابر ۴۰۱۵ و ۴۵۸۰ مترمکعب در هکتار بود که این دو میانگین باهم اختلاف معنی داری ندارند. البته مقدار آب آبیاری هندوانه در سامانه نیاز آب از مقدار اندازه گیری کمتر بود. اختلاف ناشی از دقت در تاریخ کاشت و مراحل فنولوژی گیاه می باشد، برای ارزیابی مناسب تر مقادیر آب آبیاری هندوانه در شهرستان ها و مقیاس بزرگ تر مورد مقایسه قرار گرفت باتوجه به نمودار شماره ۳ مشاهده شد که خطای نرمال ۱۱ درصد و شاخص توافقی ۹۵ درصد می باشد و این نشان از کارایی مورد قبول سامانه است؛ لذا



سامانه نیاز آب، توانایی برآورد مقدار واقعی آب آبیاری گیاه هندوانه در سطح مزارع در مقیاس شهرستان را دارا بوده و قابل توجیه برای برآورد مقدار واقعی آب آبیاری هندوانه در سطح کشور می‌باشد. لازم به ذکر است که اندازه‌گیری آب آبیاری هندوانه در سطح مزارع کار بسیار وقت‌گیر و پرهزینه‌ای است و از طرفی به‌دقت ادوات اندازه‌گیری و خطای افراد نیز وابسته است و از سوی دیگر نوع واریته گیاه، نوع خاک، شرایط تغذیه‌ای و تنش‌های محیطی دیگر و عوامل محیطی و محاطی در این خطا سهم دارند. خطای نرمال ۱۱ درصد و شاخص توافق ۹۵ ناشی از عملکرد ضعیف سامانه و یا عدم دقت وسایل اندازه‌گیری نیست؛ بلکه هر روش تخمین و روش اندازه‌گیری و متغیرهای بکار رفته و بانک‌های اطلاعاتی، منابع خطایی هستند که موجب به‌وجود آمدن این اختلاف می‌گردد.

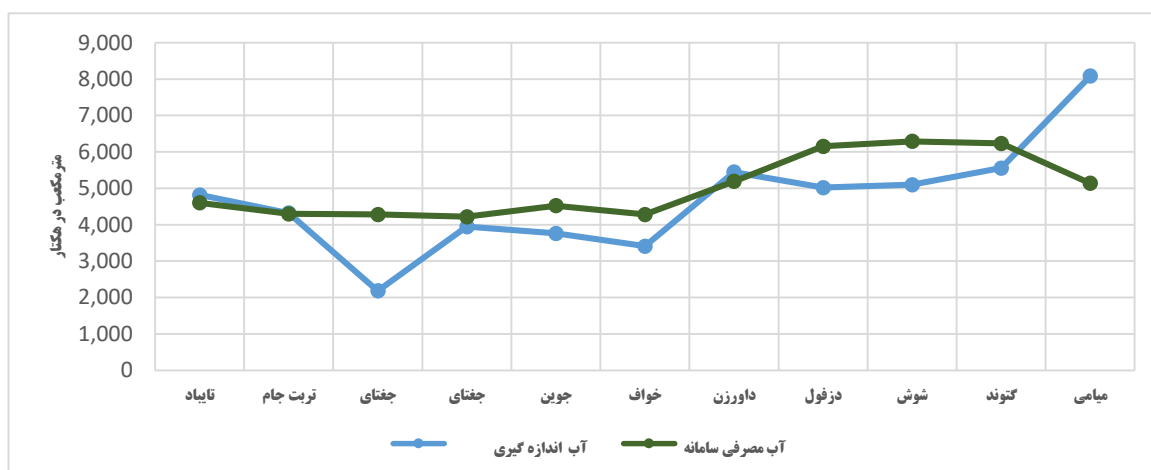
جدول شماره ۴ نشان می‌دهد که میانگین موزون مقدار آب مصرفی هندوانه به روش آبیاری قطره‌ای که توسط سامانه برآورد شده برابر با $4364/9$ مترمکعب در هکتار و مقدار آب کاربردی که به طور مستقیم از مزارع اندازه‌گیری شده برابر با 4715 مترمکعب در هکتار شد و می‌توان نتیجه گرفت برای سطح 100 هزار هکتار اراضی آبی هندوانه حجم آب مصرفی برآورد شده توسط سامانه نیاز آب 436 میلیون مترمکعب و حجم آب کاربردی با روش اندازه‌گیری شده مزرعه‌ای برابر با 471 میلیون مترمکعب است و در مقایسه دو روش در سطح کشور اختلاف $7/4$ درصد اختلاف وجود دارد و دلیل اختلاف به مبنای برآورد مقدار آب آبیاری برمی‌گردد، سامانه نیاز آب مقدار حجم آب مصرفی هندوانه را بر مبنای نیاز آبی گیاه هندوانه برآورد و با در نظر گرفتن روش‌های آبیاری و کارایی کاربرد آب آبیاری در مناطق محاسبه می‌کند و در روش مستقیم مقدار آب کاربردی بر مبنای اندازه‌گیری واقعی و عملکرد واقعی در مزرعه بوده است و باین‌حال مقدار $7/4$ درصد خطا منطقی و قابل قبول می‌باشد.

۲- روش سطحی: جدول ۲ مقایسه میانگین مقدار آب کاربردی هندوانه به روش سطحی بر اساس اندازه‌گیری و آب مصرفی سامانه نیاز آب در مناطق را نشان می‌دهد با توجه به مشاهده می‌شود که میانگین مقدار آب کاربردی هندوانه به روش سطحی اندازه‌گیری مزرعه‌ای در مناطق کشور برابر با 4512 مترمکعب در هکتار و در منطقه جغتای با 2183 مترمکعب در هکتار کمترین و منطقه میامی با 8081 مترمکعب در هکتار بیشترین مقدار اندازه‌گیری شده است و میانگین مقدار آب مصرفی هندوانه به روش سطحی با استفاده از سامانه نیاز آب در مناطق برابر با 4955 مترمکعب در هکتار و در منطقه جغتای با 4220 مترمکعب در هکتار کمترین و منطقه شوش با 6290 مترمکعب در هکتار بیشترین مقدار برآورد شده است. با توجه به نمودار شماره ۲ مشاهده می‌شود در اکثر مناطق به غیر میامی و داورزن میزان آب کاربردی اندازه‌گیری در مزرعه از میزان آب مصرفی برآورد شده از سامانه نیاز آب کمتر می‌باشد و به احتمال قوی کم آبیاری انجام شده است با توجه به جدول مشاهده می‌شود که مقدار آب کاربردی برای منطقه جغتای در روش آبیاری سطحی 2183 مترمکعب در هکتار گزارش شده است در صورتی با توجه به جدول شماره ۲ مقدار نیاز خالص آب گیاه هندوانه در منطقه جغتای برابر حدودا 484 میلی متر بدست آمده است لذا با مقایسه تک تک مناطق نشان می‌دهد که در روش آبیاری سطحی شدیداً کم آبیاری اتفاق افتاده است و در مقایسه جدول ۱ و ۲ مشاهده می‌شود که در اغلب مناطق در روش آبیاری قطره‌ای، بیش آبیاری و در روش آبیاری سطحی کم آبیاری اتفاق افتاده است.

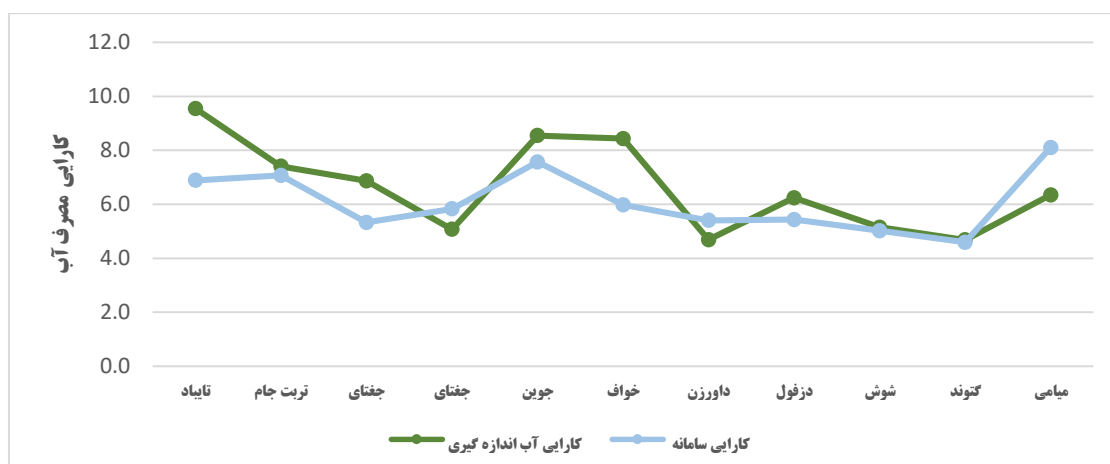
جدول ۲ مقایسه میانگین کارایی آب هندوانه به روش سطحی بر اساس اندازه‌گیری مزرعه‌ای و سامانه نیاز آب در مناطق را نشان می‌دهد با توجه به مشاهده می‌شود که میانگین کارایی آب کاربردی هندوانه به روش سطحی اندازه‌گیری شده در مناطق برابر با $7/9$ کیلوگرم بر مترمکعب آب و در منطقه گتوند با $4/7$ کیلوگرم بر مترمکعب آب کمترین و منطقه جوین با 22 کیلوگرم بر مترمکعب آب بیشترین مقدار اندازه‌گیری شده است و میانگین مقدار کارایی مصرف آب هندوانه به روش سطحی با استفاده از سامانه نیاز آب در مناطق برابر با $6/4$ کیلوگرم بر مترمکعب آب و در منطقه گتوند با $4/6$ کیلوگرم بر مترمکعب آب کمترین و منطقه جوین با $11/3$ کیلوگرم بر مترمکعب آب بیشترین مقدار برآورد شده است. با توجه به نمودار شماره ۳ مشاهده می‌شود در اکثر مناطق به غیر جغتای، داورزن و میامی میزان کارایی مصرف آب از سامانه کمتر از اندازه‌گیری مزرعه‌ای می‌باشد. مقایسه بین نمودار شماره ۴ و ۵ نشان می‌دهد میانگین کارایی آب کاربردی در اندازه‌گیری مزرعه‌ای روش آبیاری سطحی در مناطق به مقدار 37 درصد کمتر از کارایی آب کاربردی به روش آبیاری قطره‌ای است در مقایسه با سامانه نیاز آب مقدار کارایی آبیاری سطحی حدود 40 درصد کمتر از روش آبیاری قطره‌ای است که مقدار افزایش بهره‌وری آبیاری قطره‌ای ناشی از استفاده بهینه‌تر از آب در مزرعه می‌باشد و چنانچه از این روش با مدیریت صحیح در مزرعه استفاده شود بر مقدار کارایی مصرف آب تاثیر زیادی خواهد گذاشت و از مقدار آب در دسترس استفاده بهینه‌تری خواهد شد.

جدول ۲- نتایج مقایسه مقدار آب آبیاری بر حسب مترمکعب در هکتار، کارایی آب آبیاری، هندوانه (روش سطحی)

استان	شهرستان	آب اندازه گیری (مترمکعب در هکتار)	آب مصرفی سامانه (مترمکعب در هکتار)	عملکرد محصول اندازه گیری (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد محصول سامانه (کیلوگرم در هکتار)	کارایی آب اندازه گیری (کیلوگرم بر مترمکعب)	کارایی سامانه (کیلوگرم در هکتار)
خراسان رضوی	تایباد	۴۸۱۶	۴۶۰۳	۴۶۰۰	۳۱۶۸۷/۳	۹/۶	۶/۹
خراسان رضوی	ترت جام	۴۳۲۰	۴۳۰۰	۳۲۰۰	۳۰۴۰۰	۷/۴	۷/۱
خراسان رضوی	جغتای	۲۱۸۳/۳	۴۲۸۰	۱۵۰۰	۲۲۸۰۰	۶/۹	۵/۳
خراسان رضوی	جغتای	۳۹۴۵	۴۲۲۰	۲۰۰۰	۲۴۶۰۰	۵/۱	۵/۸
خراسان رضوی	جوین	۲۷۰۰	۴۵۲۰	۶۰۰۰	۵۱۰۰۰	۲۲/۲	۱۱/۳
خراسان رضوی	خواف	۳۴۰۸/۵	۴۲۸۰	۲۸۷۵۰	۲۵۵۸۷/۵	۸/۴	۶
خراسان رضوی	داورزن	۵۴۴۶/۷	۵۱۹۰	۲۵۵۱۰	۲۸۰۶۱/۶	۴/۷	۵/۴
خوزستان	دزفول	۵۰۱۹	۶۱۵۳/۳	۳۱۳۳۳	۳۳۴۲۲/۲	۶/۲	۵/۴
خوزستان	شوش	۵۰۹۷/۸	۶۲۹۰	۲۶۲۵۰	۳۱۵۶۵/۶	۵/۱	۵
خوزستان	گتوند	۵۵۵۳	۶۲۳۲	۲۶۰۰	۲۸۶۰۰	۴/۷	۴/۶
سمنان	میامی	۸۰۸۱/۴	۵۱۳۷/۱	۵۱۳۷۱	۴۱۶۲۵/۵	۶/۳	۸/۱
متوسط		۴۵۱۲	۴۹۵۵	۳۲۷۰۱	۳۲۳۶۲	۷/۹	۶/۴



نمودار ۴-مقایسه آب مصرفی سامانه نیاز آبی با آب کاربردی اندازه گیری مزرعه‌ای



نمودار ۵-مقایسه کارایی آب آبیاری سامانه نیاز آب با اندازه گیری صحرائی

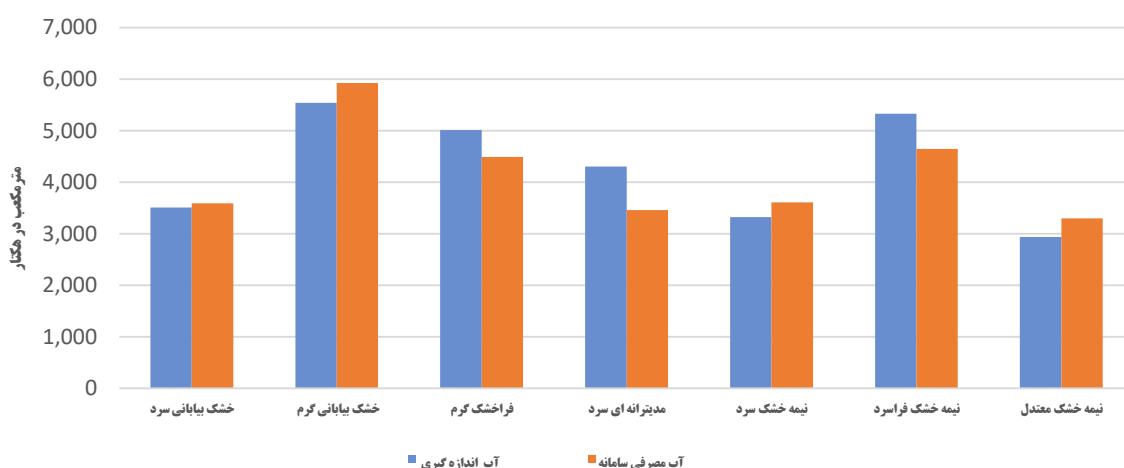


ب- میزان آب مصرفی برآورد شده از سامانه نیاز آب و و آب کاربردی اندازه‌گیری در اقلیم‌های کشور

مقایسه‌ای بین مقدار آب آبیاری سامانه نیاز آب و اندازه‌گیری‌شده به روش آبیاری قطره‌ای بر اساس اقلیم‌ها مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن در جدول ۳ ارائه گردید. با توجه به جدول ۳ مشاهده می‌شود که میانگین مقدار آب کاربردی هندوانه به روش قطره‌ای اندازه‌گیری‌شده در اقلیم‌ها برابر با ۴۲۳۷ مترمکعب در هکتار و در اقلیم مدیترانه‌ای معتدل با ۲۳۵۰ مترمکعب در هکتار کمترین و در فراخشک گرم با ۵۱۱۹ مترمکعب در هکتار بیشترین مقدار شده است و میانگین مقدار آب مصرفی هندوانه به روش قطره‌ای با استفاده از سامانه نیاز آب در اقلیم‌ها برابر با ۴۰۴۶ مترمکعب در هکتار و در اقلیم مدیترانه‌ای معتدل با ۲۷۳۴ مترمکعب در هکتار کمترین و در اقلیم فراخشک گرم برابر با ۴۷۹۴ مترمکعب در هکتار بیشترین مقدار برآورد شده است. با توجه به نمودار شماره ۵ مشاهده می‌شود در اقلیم فراخشک گرم، مدیترانه‌ای سرد و نیمه‌خشک فراسرد مقدار آب کاربردی اندازه‌گیری‌شده از مقدار آب مصرفی برآورد شده از سامانه نیاز آب بیشتر و در اقلیم خشک بیابانی گرم، نیمه‌خشک سرد و نیمه‌خشک معتدل مقدار آب آبیاری اندازه‌گیری‌شده از برآورد سامانه نیاز آب کمتر می‌باشد.

جدول ۳- مقایسه نتایج مقدار آب آبیاری بر حسب مترمکعب در هکتار، کارایی آب آبیاری، هندوانه (روش قطره‌ای) در اقلیم‌ها

اقلیم	مقدار آب کاربردی اندازه‌گیری (مترمکعب در هکتار)	مقدار عملکرد اندازه‌گیری (کیلوگرم در هکتار)	کارایی آب اندازه‌گیری کیلوگرم بر مترمکعب	آب مصرفی سامانه نیاز آب (مترمکعب در هکتار)	مقدار عملکرد سامانه نیاز آب (کیلوگرم در هکتار)	کارایی سامانه (کیلوگرم در هکتار)
خشک بیابانی سرد	۳۷۹۸	۲۵۵۰۰	۹/۳	۳۵۶۰	۳۳۷۲۲	۹/۵
خشک بیابانی گرم	۳۵۹۶	۲۷۹۰۰	۷/۸	۳۸۰۹	۳۶۱۱۰	۹/۵
فراخشک گرم	۵۲۹۲	۳۲۵۰۰	۶	۴۵۴۶	۲۵۸۸۰	۷/۹
مدیترانه‌ای سرد	۴۲۶۶	۵۰۹۶	۱۳/۳	۳۹۳۴	۴۲۰۲۰	۱۰/۹
نیمه‌خشک سرد	۴۰۷۷	۵۸۲۱۴	۱۵/۷	۳۸۶۶	۵۷۲۸۰	۱۵/۳
نیمه‌خشک فراسرد	۴۵۹۳	۶۳۱۸۰	۱۵/۵	۴۱۵۲	۵۷۲۵۳	۱۴/۶
نیمه‌خشک معتدل	۳۴۵۷	۴۲۵۶۲	۱۴/۷	۳۸۵۷	۴۲۷۶۸	۱۱/۶
متوسط	۴۱۶۸	۴۴۴۱۰	۱۱/۸	۳۹۶۱	۴۳۵۹۰	۱۱۴/۳



نمودار ۵- مقایسه مقدار آب مصرفی سامانه نیاز آب با مقدار آب کاربردی اندازه‌گیری‌شده به روش قطره‌ای در اقلیم‌های کشور

ج- برآورد مقدار آب مصرفی و عملکرد هندوانه در سطح شهرستان‌ها به روش آبیاری قطره‌ای

با توجه به جدول ۴ مشاهده شد که متوسط موزن شده آب کاربردی بر اساس اندازه‌گیری مزرعه‌ای در ۲۸ شهرستان کشور معادل ۴۳۵۹ مترمکعب در هکتار می‌باشد و در منطقه میناب با ۲۵۸۰ مترمکعب در هکتار کمترین و در منطقه میامی با ۷۰۲۵ مترمکعب در هکتار بیشترین مقدار را داشته است و متوسط موزن شده آب مصرفی بر اساس سامانه نیاز آبی در ۲۸ شهرستان کشور معادل ۴۰۵۷ مترمکعب در

هکتار می‌باشد و در منطقه جاسک با ۳۱۸۸ مترمکعب در هکتار کمترین و در منطقه خنداب با ۵۵۳۸ مترمکعب در هکتار بیشترین مقدار را داشته است. نظر به اینکه در متوسط گیری ساده با میانگین گیری موزون شده مقدار آب مصرفی تفاوتی وجود دارد. لذا مقدار میانگین گیری موزون شده آب مصرفی برحسب میزان مترمکعب در سطح کشت شهرستان در جدول (۴) ارائه شده است و با توجه به جدول مشاهده می‌شود که مقدار آب کاربردی اندازه‌گیری مزرعه در سطح زیر کشت مناطق ۲۸ گانه با سطح ۴۵۵۳۸ هکتار معادل ۲۱۴۷۳۸۷۹۴ مترمکعب آب می‌باشد و منطقه نورآباد ممسنی با ۷۹ هکتار و مقدار ۳۱۱۹۲۲ مترمکعب در هکتار کمترین و منطقه رودبار کرمان با سطح ۷۵۷۰ هکتار و مقدار ۳۷۱۱۷۰۹۸ مترمکعب آب بیشترین مقدار آب کاربردی در طول سال به خود اختصاص داشت. با توجه به جدول مشاهده می‌شود که مقدار آب مصرفی سامانه نیاز آب در سطح زیر کشت مناطق ۲۸ گانه با سطح ۴۵۵۳۸ هکتار معادل ۱۹۸۷۳۰۸۱۱ مترمکعب آب می‌باشد و منطقه شازند با ۵۰ هکتار و مقدار ۳۲۸۳۸۳ مترمکعب در هکتار کمترین و منطقه رودبار کرمان با سطح ۷۵۷۰ هکتار و مقدار ۳۷۰۵۴۱۷۹ مترمکعب آب بیشترین مقدار آب آبیاری در طول سال به خود اختصاص می‌دهند با توجه به جدول مشاهده می‌شود که اختلاف موزن شده بین مقدار آب کاربردی اندازه‌گیری شده با مقدار آب مصرفی سامانه حدود ۱۶۰۰۷۹۸۳ مترمکعب شد و به عبارتی حدود ۸ درصد با هم در مناطق اختلاف دارند لذا با توجه به اندک کم اختلافات موزن شده بین دو روش اندازه‌گیری، سامانه نیاز آب و توانایی برآورد مقدار آب مصرفی گیاه هندوانه را در سطح مناطق دار است.

با توجه به جدول ۴ مشاهده شد که متوسط موزن شده عملکرد هندوانه بر اساس اندازه‌گیری مزرعه‌ای در ۲۸ شهرستان کشور معادل ۴۳۰۴۶ کیلوگرم در هکتار می‌باشد و در منطقه میناب با ۲۲۰۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کمترین و در منطقه ابهر با ۸۲۵۰۰ کیلو در هکتار بیشترین مقدار را داشته است و متوسط موزن شده عملکرد هندوانه بر اساس سامانه نیاز آبی در ۲۸ شهرستان کشور معادل ۴۲۰۷۳ کیلو در هکتار می‌باشد و در منطقه شاهرود با ۲۲۵۷۰ کیلوگرم در هکتار کمترین و در منطقه ابهر با ۸۰۸۴۳ کیلو در هکتار بیشترین مقدار را داشته است. نظر به اینکه در متوسط گیری ساده با میانگین گیری موزون شده مقدار عملکرد تفاوتی وجود دارد. لذا مقدار میانگین گیری موزون شده عملکرد برحسب میزان عملکرد در سطح کشت شهرستان در جدول (۴) ارائه شده است و با توجه به جدول مشاهده می‌شود که مقدار آب عملکرد اندازه‌گیری مزرعه در سطح زیر کشت مناطق ۲۸ گانه با سطح ۴۵۵۳۸ هکتار معادل ۲۱۴۷۳۸۷۹۴ مترمکعب آب می‌باشد و منطقه نورآباد ممسنی با ۷۹ هکتار و مقدار ۳۲۹۸ تن کمترین و منطقه رودبار کرمان با سطح ۷۵۷۰ هکتار و مقدار ۲۴۸۸۴۵ تن بیشترین مقدار طول سال به خود اختصاص داد و با توجه به جدول مشاهده می‌شود که مقدار عملکرد محصول در سامانه نیاز آب در سطح زیر کشت مناطق ۲۸ گانه با سطح ۴۵۵۳۸ هکتار معادل ۱۷۴۸۳۷۲ تن می‌باشد و منطقه شازند با ۵۰ هکتار و مقدار ۳۳۱۵ تن، کمترین و منطقه رودبار کرمان با سطح ۷۵۷۰ هکتار و مقدار ۳۰۸۲۰۰ تن بیشترین عملکرد تولید در طول سال به خود اختصاص می‌دهند با توجه به جدول مشاهده می‌شود که اختلاف موزن شده بین مقدار عملکرد اندازه‌گیری شده با مقدار عملکرد سامانه حدود ۳۸۸۰۲ تن شد و به عبارتی حدود ۲/۲ درصد با هم در مناطق اختلاف دارند لذا با توجه به اندک کم اختلافات موزن شده بین دو روش اندازه‌گیری، سامانه نیاز آب گیاهان قادر است و توانایی برآورد مقدار آب مصرفی گیاه را در سطح مناطق دار است

مقایسه نتایج میانگین مقدار عملکرد واقعی محصول هندوانه در سامانه نیاز آب و مقدار عملکرد اندازه‌گیری شده در آزمون t-Test در جدول ۲ ارائه شد، نتایج نشان داد میانگین عملکرد محصول برآورد شده بر اساس سامانه نیاز آب و اندازه‌گیری شده به ترتیب برابر ۷۱۸۴۶ و ۶۴۲۰۶ کیلوگرم در هکتار بود که این دو میانگین با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند. مقدار عملکرد هندوانه در سامانه نیاز آب از مقدار اندازه‌گیری کمتر بود. اختلاف عملکرد نشان‌دهنده دقت در تاریخ کاشت و مراحل فنولوژی گیاه است، برای ارزیابی مناسب‌تر مقادیر عملکرد محصول هندوانه در شهرستان‌ها و مقیاس بزرگ‌تر مورد مقایسه قرار گرفت باتوجه به جدول ۵ مشاهده شد که خطای نرمال ۱۵ درصد و شاخص توافق ۸۱ است و این نشان از کارایی مورد قبول سامانه است؛ لذا سامانه نیاز آب، توانایی برآورد مقدار عملکرد گیاه هندوانه در سطح مزارع در مقیاس شهرستان را دارا بوده و قابل توجیه برای برآورد مقدار واقعی عملکرد هندوانه در سطح کشور است. لازم به ذکر است که اندازه‌گیری عملکرد هندوانه در سطح مزارع کار بسیار وقت‌گیر و پرهزینه‌ای است و از طرفی به‌دقت ادوات اندازه‌گیری و خطای افراد نیز وابسته است و از سوی دیگر نوع واریته گیاه، نوع خاک، شرایط تغذیه‌ای و تنش‌های محیطی دیگر و عوامل محیطی و محاطی در این خطا سهم دارند. خطای نرمال ۱۵ درصد و شاخص توافق ۸۱ ناشی از عملکرد ضعیف سامانه و یا عدم دقت وسایل اندازه‌گیری نیست؛ بلکه هر روش تخمین و روش اندازه‌گیری و پارامترهای بکار رفته و بانک‌های اطلاعاتی، منابع خطایی هستند که موجب به‌وجود آمدن این اختلاف می‌گردد.

جدول ۲ مقایسه نتایج عملکرد محصول هندوانه اندازه‌گیری شده در مزرعه و برآورد شده از سامانه نیاز آب نشان می‌دهد که خطای



نرمال ۱۵ درصد و شاخص توافق ۸۱، نتایج حاکی از کارایی قابل قبول برآورد سامانه از عملکرد واقعی محصول هندوانه در سطح شهرستان‌ها بوده و لذا قابل توصیه در سطح کشور است. و مقدار عملکرد واقعی هندوانه ارائه شده توسط سامانه برای سطح زیر کشت ۱۴۰ هزار هکتار برابر با حدود ۹ میلیون تن و بر اساس روش اندازه‌گیری مستقیم برابر با ۱۰/۰۵ میلیون تن خواهد بود و بر طبق آمارنامه جهاد کشاورزی ۹۵-۹۶ این مقدار حدود ۸/۲۵ میلیون تن می‌باشد که نشان می‌دهد سامانه نسبت به آمارنامه ۸/۳ و در روش اندازه‌گیری مستقیم نسبت به آمارنامه ۱۷/۹۱ درصد خطا دارند. البته این اختلاف برای میانگین‌گیری کلی است و در صورتی که شهرستان به شهرستان محاسبات جداگانه انجام و موزن شود قطعاً نتایج نزدیک‌تر خواهد بود. شاید عمده‌ترین دلیل کاهش عملکرد مناطق، تناسب اراضی، رقم مورد استفاده، عدم رعایت تاریخ کاشت در آبیاری موجب شد تا عملکرد هندوانه نتواند حداکثر عملکرد قابل دسترسی برسد و همین مسئله موجب کاهش عملکرد هندوانه شده است.

جدول ۴- مقایسه حجم آب مصرفی و عملکرد هندوانه در سطح در شهرستان‌ها (روش آبیاری قطره‌ای)

استان	شهرستان	سطح زیر کشت (هکتار)	حجم کل آب اندازه‌گیری (مترمکعب در هکتار)	آب مصرفی سامانه نیاز آب (مترمکعب در هکتار)	عملکرد محصول اندازه‌گیری (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد محصول سامانه (کیلوگرم در هکتار)	مقدار آب آبیاری اندازه‌گیری (مترمکعب در شهرستان)	مقدار آب آبیاری سامانه نیاز آب (مترمکعب در شهرستان)	مقدار عملکرد عملکرده‌گیری (کیلوگرم در شهرستان)	مقدار عملکرد عملکرده‌گیری (کیلوگرم در شهرستان)
خراسان	تایباد	۲۲۰۰	۴۰۰۵	۳۵۶۴	۵۱۶۶۷	۴۳۹۱۷	۸۸۱۱۰۰۰	۷۸۴۱۰۲۶	۱۱۳۶۶۷	۹۶۶۱۷
	ترتیب جام	۱۵۰	۳۸۳۵	۳۲۶۹	۳۲۵۰۰	۲۹۲۵۰	۵۷۵۲۵۰	۴۹۰۳۸۵	۴۸۷۵	۴۳۸۸
	جغتای	۹۰۰	۳۶۵۵	۳۲۹۲	۷۷۵۰۰	۶۹۷۵۰	۳۲۸۹۴۱۹	۲۹۶۳۰۷۷	۶۹۷۵۰	۳۸۵۶۵
	جوبین	۳۵۰	۳۲۴۷	۳۳۳۸	۵۲۵۰۰	۴۶۸۵۶	۱۱۳۶۴۲۸	۱۱۶۸۴۶۲	۱۸۳۷۵	۱۶۴۰۰
	خواف	۵۱۰	۳۷۰۰	۳۵۶۹	۳۰۰۰۰	۲۵۵۰۰	۱۸۸۷۰۰۰	۱۸۲۰۳۰۸	۱۵۳۰۰	۱۳۰۰۵
خوزستان	داورزن	۵۵۰	۳۰۹۴	۳۵۷۸	۲۶۰۰۰	۳۲۳۴۴	۱۷۰۱۵۲۴	۱۹۶۸۱۵۴	۱۴۳۰۰	۱۷۷۸۹
	دزفول	۱۱۲۰	۵۸۴۶	۴۹۷۷	۳۲۵۰۰	۳۳۳۱۳	۶۵۴۶۹۶۰	۵۵۷۴۱۵۴	۳۶۴۰۰	۳۷۳۱۰
	شوش	۵۱۳۱	۶۱۷۷	۵۵۱۳	۲۸۰۰۰	۳۷۳۳۳	۳۱۶۹۴۱۸۷	۲۸۲۸۶۲۸۲	۱۴۳۶۶۸	۱۹۱۵۵۷
	گتوند	۱۳۳۰	۵۶۷۲	۵۴۱۵	۳۴۰۰۰	۳۵۷۰۰	۷۵۴۳۷۶۰	۷۲۰۲۴۶۲	۴۵۲۲۰	۴۷۴۸۱
	ابه‌ر	۱۲۰	۳۹۶۶	۳۶۰۰	۸۲۵۰۰	۸۰۴۳۸	۴۷۵۹۲۰	۴۳۲۰۰۰	۹۹۰۰	۹۶۵۳
زنجان	خدابنده	۵۶۰	۴۱۹۶	۳۵۲۳	۵۵۰۰۰	۴۲۳۵۰	۲۳۴۹۷۶۰	۱۹۷۲۹۲۳	۳۰۸۰۰	۲۳۷۱۶
	زنجان	۱۷۸۵	۳۳۷۸	۳۴۸۵	۵۷۱۱۱	۵۸۵۷۱	۶۰۲۹۷۳۰	۶۲۲۱۵۶۴	۱۰۱۹۴۳	۱۰۴۵۴۹
	شاهرود	۱۹۸۰	۴۱۰۰	۳۷۶۹	۳۷۰۰۰	۲۲۵۷۰	۸۱۱۸۰۰۰	۷۴۶۳۰۷۷	۷۳۲۶۰	۴۴۶۸۹
سیستان و بلوچستان	میامی	۳۰۰	۷۰۲۵	۴۰۷۷	۳۵۰۰۰	۳۹۵۵۰	۲۱۰۷۵۰۰	۱۲۲۳۰۷۷	۱۰۵۰۰	۱۱۸۶۵
	ایران‌شهر	۵۵۰	۵۸۶۷	۵۱۷۳	۳۶۴۱۴	۳۸۸۲۶	۳۲۲۷۰۵۶	۲۸۴۵۱۹۲	۲۰۰۲۸	۲۱۳۵۴
	دلگان	۶۰۰۰	۵۹۰۵	۵۱۴۶	۳۵۱۰۶	۳۶۰۲۸	۳۵۴۲۸۵۰۰	۳۰۸۷۶۹۲۳	۲۱۰۶۳۸	۲۱۶۱۶۷
فارس	کنارک	۱۵۶۰	۵۷۲۶	۳۴۳۵	۳۴۰۰۰	۲۴۲۶۸	۸۹۳۱۹۷۵	۵۳۵۸۰۰۰	۵۳۰۴۰	۳۷۸۵۷
	کازرون	۱۳۳۰	۲۶۶۲	۳۴۸۴	۴۵۹۱۷	۴۵۹۱۷	۳۵۴۰۱۲۳	۴۶۳۳۹۵۹	۶۱۰۶۹	۶۱۰۶۹
	اقلید	۲۵۳۹	۴۶۸۹	۴۱۶۴	۶۳۲۵۳	۳۸۵۸۵	۱۱۹۰۴۱۵۹	۱۰۵۷۲۶۵۶	۱۶۰۶۰۰	۹۷۹۶۶
	نورآباد	۷۹	۳۹۴۸	۳۷۶۲	۴۱۷۵۰	۴۴۵۶۸	۳۱۱۹۲۲	۲۹۷۱۶۲	۳۲۹۸	۳۵۲۱
	رودبار	۷۵۷۰	۴۹۰۳	۴۸۹۵	۳۲۸۳۳	۴۰۷۱۳	۳۷۱۱۷۰۹۸	۳۷۰۵۴۱۷۹	۲۴۸۵۴۸	۳۰۸۲۰۰
کرمان	فاریاب	۳۵۵۶	۳۹۱۳	۳۷۴۹	۳۵۶۶۷	۳۹۵۹۰	۱۳۹۱۴۲۱۳	۱۳۳۳۰۴۴۱	۱۲۶۸۳۱	۱۴۰۷۸۲
	کهنوج	۵۹۳	۴۴۶۶	۴۴۲۱	۲۶۳۳۳	۳۷۳۴۹	۲۶۴۸۲۳۹	۲۶۲۱۳۶۴	۱۵۶۱۶	۲۲۱۴۸
	اراک	۱۸۵	۶۱۷۵	۵۰۰۹	۶۱۵۲۶	۵۳۳۲۲	۱۱۴۲۳۱۳	۹۲۶۷۲۷	۱۱۳۸۲	۹۸۶۵
مرکزی	خنداب	۲۱۰	۶۰۸۷	۵۵۳۸	۵۰۳۲۴	۵۰۰۷۲	۱۲۷۸۳۱۲	۱۱۶۳۰۷۷	۱۰۵۶۸	۱۰۵۱۵
	شازند	۵۰	۶۵۶۸	۵۴۶۴	۶۶۲۹۵	۵۷۴۵۶	۳۲۸۳۸۳	۲۷۳۱۹۷	۳۳۱۵	۲۸۷۳
	چاسک	۲۰۲۰	۳۳۳۷	۳۱۸۸	۲۲۰۱۲	۴۲۲۶۳	۶۷۳۹۹۳۲	۶۴۳۹۱۳۸	۴۴۴۶۵	۸۵۳۷۲
هرمزگان	میناب	۲۳۱۰	۲۵۸۰	۳۳۳۸	۲۲۶۰۴	۳۱۶۴۵	۵۹۶۰۱۳۰	۷۷۱۱۸۴۶	۵۲۲۱۵	۷۳۱۰۰
	متوسط	۴۵۵۳۸	۴۳۵۹	۴۰۵۷	۴۳۰۴۷	۴۲۰۷۳	۲۱۴۷۳۸۷۹۴	۱۹۸۷۳۰۸۱۱	۱۷۰۹۵۷۰	۱۷۴۸۳۷۲

جدول ۴- آنالیز T-Test بین عوامل اندازه‌گیری شده و سامانه و سایر

آزمون تی برای برابری میانگین‌ها				آزمون لوین برای برابری واریانس				جامعه آماری	نوع واریانس
خطای استاندارد	تفاوت میانگین	Sig.	Df	T	Sig.	F			
۰/۲۸۶	-۰/۹۷۱۷	۰/۰۰۱	۲۵۰	-۳/۴۶۱	۰/۰۰۱	۱۰/۹۰	واریانس برابر	بهره‌وری سامانه و	
۰/۲۸۷	-۰/۹۷۱۷	۰/۰۰۱	۲۲۷	-۳/۴۶۱			واریانس نابرابر	اندازه‌گیری شده	
۴۱۲/۸۱	-۱۰۳۱۱	۰/۰۰	۲۵۰	-۲۴/۹۷	۰/۳۸۱	۰/۷۷	واریانس برابر	آب آبیاری سامانه و	
۴۱۲/۸۱	-۱۰۳۱۱	۰/۰۰	۲۲۷	۲۴/۹۷			واریانس نابرابر	اندازه‌گیری شده	
۱۹۱۳	۹۲۴۵	۰/۰۰	۲۵۰	۴/۸۳۵	۰/۰۰۲	۹/۶۳	واریانس برابر	عملکرد هندوانه	
۱۹۱۳	۹۲۴۵	۰/۰۰	۲۲۳	۴/۸۳۵			واریانس نابرابر	سامانه و اندازه‌گیری	
۱۲۷۷	۳۹۷۵	۰/۰۰۲	۲۵۰	۳/۱۱۲	۰/۰۰۰	۴۱/۹۷	واریانس برابر	عملکرد هندوانه	
۱۲۷۷	۳۹۷۵	۰/۰۰۲	۲۰۳	۳/۱۱۲			واریانس نابرابر	سامانه و آمار نامه	
۱۶۹۶	۱۳۱۲۳	۰/۰۰	۲۵۶	۷/۷۳۶	۰۰۰۰	۶۱/۲۶	واریانس برابر	عملکرد هندوانه	
۱۶۹۶	۱۳۱۲۳	۰/۰۰	۱۶۶	۷/۷۳۶			واریانس نابرابر	آمارنامه و اندازه‌گیری شده	

د: بهره‌وری آب آبیاری هندوانه:

فاصله بین عملکرد قابل دسترسی و عملکرد واقعی هندوانه نشان‌دهنده وابستگی بالای این گیاه به آب مصرفی است. مقدار آب مصرفی برای گیاه هندوانه در مناطق مختلف کشور، با توجه به تفاوت‌های اقلیمی، متفاوت است. به طور میانگین نیاز خالص آب آبیاری برای دستیابی به عملکرد قابل حصول هندوانه در شهرهای مختلف کشور حدود ۴۳۶۹ مترمکعب در هکتار است و چنانچه برای کشت هندوانه از روش آبیاری قطره‌ای استفاده شود و با در نظر گرفتن راندمان کاربرد آب آبیاری ۶۵ درصد، به طور متوسط برای هر هکتار نیاز به ۴۳۷۰ مترمکعب آب برای دستیابی به حداکثر محصول در سیستم آبیاری قطره‌ای است. از طرف دیگر متوسط عملکرد هندوانه در ایران به ترتیب حدود ۴۱۱۱۲ کیلوگرم در هکتار باشد، با توجه به مفروضات موجود به‌ازای هر مترمکعب آب آبیاری به ترتیب در هر هکتار حدود ۹/۴ کیلوگرم تولید می‌شود. بر اساس اهداف کلان مورد نظر در برنامه‌های ارتقای کارایی مصرف آب، در نظر است در برنامه تولید ۹/۷ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب آبیاری دست یافت. برای دستیابی به اهداف برنامه، ضرورت دارد ضمن افزایش عملکرد در واحد سطح به حداقل برای ۱۰ تا ۱۲ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب، با مدیریت بهتر منابع آبی و استفاده از راه کارهای کاهش مصرف آب به عدد نیاز آبی واقعی محصول نزدیک‌تر شد. با در نظر گرفتن علل اصلی پایین بودن بهره‌وری مصرف آب لازم است که راه کارهای افزایش بهره‌وری آب در این زراعت همواره مورد توجه قرار گیرد. عامل مهم دیگری که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفتند، بهره‌وری مقدار آب کاربردی اندازه‌گیری شده در سطح مزارع و آب مصرفی برآورد شده توسط سامانه نیاز آب است و مقایسه نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است مقایسه میانگین کارایی آب کاربردی هندوانه در ۲۸ شهرستان بر اساس اندازه‌گیری مزرعه معادل ۹/۸ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری بود و در منطقه شوش با ۴/۵ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری کمترین و در منطقه ابهر با ۲۰/۸ کیلوگرم مترمکعب آب آبیاری بیشترین مقدار را داشت و اساس سامانه نیاز آب در ۲۸ شهرستان معادل ۱۰/۲ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری بود و در منطقه شاهرود با ۶ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری، کمترین و در شهرستان ابهر با ۲۲/۳ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری بیشترین مقدار را داشت که با نتایج Koocheki et al., (2017)، (Salami, 1997)، (Keikhai and Ganji khorramdel, 2016)، (Molden, 1997)، (Doorenbos & Kassam 1979)، سیدان و منصور (۲۰۱۹)، (Daneshzad et al, 2020)، (Karimi, Jolaini 2017)، محمدی و همکاران (۲۰۲۰)، جوزی وزارع ایبانه (۱۳۹۴)، (Doorenbos & Kassam 1979)، Mansuri et al. (2017)، حسنی و همکاران (۲۰۱۰) و (Jamali et al ۲۰۱۸) مطابقت زیادی وجود داشت.

نتایج مقایسه میانگین مقدار بهره‌وری مقدار آب آبیاری هندوانه در سامانه نیاز آب و مقدار آب کاربردی اندازه‌گیری شده در آزمون t-Test در جدول ۲ ارائه شد، نتایج نشان داد میانگین بهره‌وری مقدار آب آبیاری برآورد شده بر اساس سامانه نیاز آب و اندازه‌گیری شده به ترتیب برابر ۴/۹ و ۵/۸ کیلوگرم در مترمکعب آب بود که این دو میانگین با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند. مقدار بهره‌وری مقدار آب آبیاری در سامانه نیاز آب از مقدار اندازه‌گیری کمتر بود. اختلاف بیشتر برآورد شده در سامانه نیاز آب نشان می‌دهد از دقت در اندازه‌گیری آب آبیاری و عملکرد محصول بود، برای ارزیابی مناسب‌تر مقادیر بهره‌وری مقدار آب آبیاری هندوانه در شهرستان‌ها و مقیاس بزرگ‌تر مورد



مقایسه قرار گرفت با توجه به جدول ۵ مشاهده شد که خطای نرمال ۳۴ درصد و شاخص توافق ۶۴ می‌باشد و این نشان از کارایی مورد قبول اما ضعیف سامانه نیاز آب است. لازم به ذکر است که اندازه‌گیری مقدار بهره‌وری مقدار آب آبیاری هندوانه در سطح مزارع کار بسیار وقت‌گیر و پرهزینه‌ای است و از طرفی به دقت ادوات اندازه‌گیری و خطای افراد نیز وابسته است و از سوی دیگر نوع واریته گیاه، نوع خاک، شرایط تغذیه‌ای و تنش‌های محیطی دیگر و عوامل محیطی و محاطی در این خطا سهم دارند. خطای نرمال ۳۴ درصد و شاخص توافق ۶۴ ناشی از عملکرد ضعیف سامانه و یا عدم دقت وسایل اندازه‌گیری نیست بلکه هر روش تخمین و روش اندازه‌گیری و پارامترهای بکار رفته و بانک‌های اطلاعاتی، منابع خطایی هستند که موجب به وجود آمدن این اختلاف می‌گردد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، مقدار آب مصرفی هندوانه به دو روش متفاوت بررسی شد: نخست، استفاده از داده‌های اندازه‌گیری مستقیم در ۱۴۶ مزرعه منتخب در ۲۸ شهرستان از ۹ استان مهم تولید هندوانه در کشور؛ و دوم، برآورد مقدار آب مصرفی توسط سامانه نیاز آب. نتایج نشان داد که میانگین آب کاربردی اندازه‌گیری شده در روش قطره‌ای در مزارع برابر با ۴۵۸۰ مترمکعب در هکتار است، در حالی که میانگین آب مصرفی برآورد شده توسط سامانه نیاز آب برابر با روش قطره‌ای با ۴۱۰۵ مترمکعب در هکتار می‌باشد. همچنین، میانگین موزون مقدار آب مصرفی برآورد شده به روش قطره‌ای از سامانه ۴۰۵۷ مترمکعب و میانگین موزون آب کاربردی اندازه‌گیری شده در مزارع آبیاری قطره‌ای برابر با ۴۳۵۹ مترمکعب در هکتار بود. با در نظر گرفتن سطح زیر کشت ۱۰۰ هزار هکتار هندوانه آبی، حجم کل آب مصرفی در کشور به ترتیب برابر با ۴۰۶ میلیون مترمکعب (بر اساس سامانه نیاز آب) و ۴۳۶ میلیون مترمکعب (بر اساس داده‌های مزرعه‌ای) محاسبه شد. اختلاف بین دو مقدار حدود ۷ درصد بود که نشان‌دهنده نزدیکی نسبتاً خوب برآورد سامانه با مقادیر واقعی است. این اختلاف به تفاوت مبانی محاسباتی دو روش برمی‌گردد؛ سامانه نیاز آب با استفاده از روش پنمن-مانتیث و اعمال ضریب گیاه (Kc) نیاز آبی گیاه را محاسبه می‌کند و سپس با توجه به نوع روش آبیاری و راندمان کاربرد آب، آب مصرفی را برآورد می‌نماید. در مقابل، اندازه‌گیری مستقیم در مزرعه نشان‌دهنده حجم واقعی آب وارد شده به مزرعه است که تحت تأثیر عوامل محیطی، شرایط عملیاتی کشاورز و شرایط واقعی مزرعه قرار دارد. مقایسه نتایج آب کاربردی اندازه‌گیری شده در سطح مزرعه با مقادیر برآوردی آب مصرفی هندوانه از سامانه «نیاز آب» نشان داد که خطای نرمال (NRMSE) بین دو روش معادل ۱۵ درصد است. همچنین، شاخص توافق (Willmott's index of agreement) بین مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده برابر با ۹۵/۱ درصد به دست آمد که نشان‌دهنده سطح بالای انطباق بین داده‌های مزرعه‌ای و خروجی سامانه است.

پیشنهاد: پیشنهاد می‌گردد برای سایر محصولات مهم کشور مقایسه مقدار آب آبیاری و تعیین بهره‌وری آب انجام شود تا بدین ترتیب یک تخمین واقعی‌تر از میزان آب از منابع مختلف آبی کشور در دسترس مسئولین برای تصمیم‌گیری‌های قرار گیرد.

"هیچگونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

REFERENCES

- Abd El-Mageed, T.A., Semida, W.M., Abd El-Wahed, M.H., 2016. Effect of mulching on plant water status, soil salinity and yield of squash under summer-fall deficit irrigation in salt affected soil. *Agric. Water Manag.* 173, 1–12.
- Abbasi, Mehdi et al. (1400). Investigation of water consumption production functions in determining the yield of two watermelon cultivars. *Journal of Applied Research in Agricultural Sciences*. Article link in Magiran
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration— guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56*. Rome, Italy.
- Anjum, S., Xie, X., Wang, L., 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *Afr. J. Agric. Res.* 6, 2026–2032.
- Bajji, M., Kinet, J.M., Lutts, S., 2002. The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat. *Plant Growth Regul.* 36, 61–70.
- Bang, H., Leskova, D.I., Bender, D.A., Crosby, K., 2004. De ficit irrigation impact on lycopene, soluble solids, firmness and yield of diploid and triploid watermelon in three distinct environments. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 79, 885–890.
- Battikhi, A.M. and Ghawi, I., 1987. Muskmelon production under mulch and trickle irrigation in the Jordan Valley. *HortScience (USA)*.156(4)
- Bessembinder, J.J.E., Leffelaar, P.A., Dhindwal, A.S., Ponsioen, T.C., 2005. Which crop and which drop, and the scope for improvement of water productivity. *Agric. Water Manag.* 73, 113–130.
- Bos, M.G., 1980. Irrigation efficiencies at crop production level. *ICID Bull.* 29, 18–25.
- Cabello, M.J., Castellanos, M.T., Romojaro, F., Martínez-Madrid, C., Ribas, F., 2009. Yield and quality of melon grown

- under different irrigation and nitrogen rates. *Agric. Water Manag.* 96, 866–874.
- Capra, A., Consoli, S., Scicolone, B., 2008. Water management strategies under deficit irrigation. *J. Agric. Eng.* 39, 27.
- Chai, Q., Gan, Y., Zhao, C., Xu, H.L., Waskom, R.M., Niu, Y., Siddique, K.H.M., 2016. Regulated deficit irrigation for crop production under drought stress. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 36, 1–21.
- Chai, Q., Jin, F., Merewitz, E., Huang, B., 2010. Growth and physiological traits associated with drought survival and post-drought recovery in perennial turfgrass species. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 135, 125–133.
- Colla, G., Rouphael, Y., Cardarelli, M., 2006. Effect of salinity on yield, fruit quality, leaf gas exchange, and mineral composition of grafted watermelon plants. *HortScience* 41, 622–627.
- Costa, J.M., Ortuño, M.F., Chaves, M.M., 2007. Deficit irrigation as a strategy to save water: physiology and potential application to horticulture. *J. Integr. Plant Biol.* 49, 1421–1434.
- Doorenbos, J., Kassam, A.H., 1979. Yield response to water. *FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33*. Rome, Italy.
- Ebrahimipak NA, Tafteh A. Determination of yield - water use function for sugar beets in Qazvin. *Journal of sugar beet*. 2017; 33(1): 47-63.
- Erdem, Y., Erdem, T., Orta, A.H., Okursoy, H., 2005. Irrigation scheduling for watermelon with crop water stress index (CWSI). *J. Cent. Eur. Agric.* 6, 449–460.
- Erdem, Y., Yuksel, A.N., 2003. Yield response of watermelon to irrigation shortage. *Sci. Hortic.* 98, 365–383.
- Erdem, Y., Yuksel, A.N., Orta, A.H., 2001. The effects of deficit irrigation on watermelon yield, water Use and quality characteristics. *Pak. J. Biol. Sci.* 4, 785–789.
- Evans, R.G., Sadler, E.J., 2008. Methods and technologies to improve efficiency of water use. *Water Resour. Res.* 44, 1–15.
- Exp. Bot.* 58, 147–159.
- Fereres, E., 2008. The future of irrigation in horticulture. *Chron. Horticult.* 48, 9–11.
- Fereres, E., Soriano, M.A., 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *J. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*, 2016. AQUASTAT Website. Accessed on 2 January 2018. http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2017. FAOSTAT. Website. Accessed on 22 December 2017. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Gausson, H., Bagnouls, F., 1952. L'indice xéothermique. *Bull. Assoc. Geogr. Fran.* 222–223, 10–16.
- Geerts, S., Raes, D., 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agric. Water Manag.* 96, 1275–1284.
- González, A.M., Bonachela, S., Fernández, M.D., 2009. Regulated deficit irrigation in green bean and watermelon greenhouse crops. *Sci. Hortic.* 122, 527–531.
- Hayat, S., Hasan, S.A., Fariduddin, Q., Ahmad, A., 2008. Growth of tomato (*Lycopersicon esculentum*) in response to salicylic acid under water stress. *J. Plant Interact.* 3, 297–304.
- Howell, T.A., 2001. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. *Agron. J.* 93 281–28.
- Howell, T.A., 2006. Challenges in increasing water use efficiency in irrigated agriculture.
- Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), 2011. Cálculo De Necesidades De Riego. Accessed on 11 december 2017. <http://riegos.ivia.es/calculo-de-necesidadesde-riego>.
- Kalariya, K.A., Singh, K.A., Chakraborty, K., Patel, C.B., Zala, P.V., 2015. Relative water content as an index of permanent wilting in groundnut under progressive water deficit stress. *J. Environ. Sci.* 8, 17–22.
- Kirnak, H., Dogan, E., 2009. Effect of seasonal water stress imposed on drip irrigated second crop watermelon grown in semi-arid climatic conditions. *Irrig. Sci.* 27, 155–164.
- Kirnak, H., Dogan, E., Bilgel, L., Berakatoglu, K., 2009. Effect of preharvest deficit irrigation on second crop watermelon grown in an extremely hot climate. *J. Irrig. Drain. Eng.* 135, 141–148.
- Kuşçu, H., Turhan, A., Özmen, N., Aydınol, P., Büyükcangaz, H., Demir, A.O., 2015. Deficit irrigation effects on watermelon (*Citrullus vulgaris*) in a sub humid environment. *J. Anim. Plant Sci.* 25, 1652–1659.
- Leskovar, D.I., Bang, H., Crosby, K.M., Maness, N., Franco, J.A., Perkins-Veazie, P., 2004. Lycopene, carbohydrates, ascorbic acid and yield components of diploid and triploid watermelon cultivars are affected by deficit irrigation. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 79, 75–81.
- López-Galarza, S., San Bautista, A., Pérez, D.M., Miguel, A., Baixauli, C., Pascual, B., Maroto, J.V., Guardiola, J.L., 2004. Effects of grafting and cytokinin-induced fruit setting on colour and sugar-content traits in glasshouse-grown triploid watermelon. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 79, 971–976.
- McCann, I., Kee, E., Adkins, J., Ernest, E., Ernest, J., 2007. Effect of irrigation rate on yield of drip-irrigated seedless watermelon in a humid region. *Sci. Hortic.* 113, 155–161.
- McGuire, R.G., 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27, 1254–1255.
- Ministerio de Agricultura y Pesca, 2017. Alimentación y Medio ambiente (MAPAMA). Anuario de estadística agraria 2016. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente Madrid, Spain.
- Mohammadzade, Z., Soltani, F., 2015. Morphological and physiological response of two accessions of *Citrullus colocynthis* to drought stress induced by polyethylene glycol. *Iran. J. Plant Physiol.* 5, 1361–



1371.

- Mousavi, Ali et al. (1402). The effect of irrigation water rate on the quantitative and qualitative characteristics of watermelon. National Conference on Agriculture and Environment. Article link in CIVILICA
- Montoro, A., López-Fuster, P., Fereres, E., 2011. Improving on-farm water management through an irrigation scheduling service. *Irrig. Sci.* 29, 311–319.
- Nicolae, I., Camen, D., Lascu, N., Ploae, M., 2014. Research regarding influence of organic fertilization on the physiological processes intensity in watermelon plants. *J. Hortic.For. Biotechnol.* 18, 78–83.
- Özmen, S., Kanber, R., Sari, N., Ünlü, M., 2015. The effects of deficit irrigation on nitrogen consumption, yield, and quality in drip irrigated grafted and ungrafted watermelon. *J. Integr. Agric.* 14, 966–976.
- Paper Presented at International Symposium on Water and Land Management for Sustainable Irrigated Agriculture.
- Pascual-Seva, N., San Bautista, A., López-Galarza, S., Maroto, J.V., Pascual, B., 2016. Response of drip-irrigated chufa (*Cyperus esculentus* L. var. *sativus* Boeck.) to different planting configurations: yield and irrigation water-use efficiency. *Agric. Water Manag.* 170, 140–147.
- Pathare, P.B., Opara, U.L., Al-Said, F.A.J., 2013. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. *Food Bioprocess Technol.* 6, 36–60.
- Pereira, L.S., Oweis, T., Zairi, A., 2002. Irrigation management under water scarcity. *Agric. Water Manag.* 57, 175–206.
- Pomares, F., Baixauli, C., Bartual, R., Ribó, M., 2007. El riego y la fertirrigación de la coliflor y el brócoli, in: *El cultivo de la coliflor y el brócoli*. Mundi-Prensa - Fundación Ruralcaja Valencia 157–198.
- Rady, M.M., 2011. Effect of 24-epibrassinolide on growth, yield, antioxidant system and cadmium content of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants under salinity and cadmium stress. *Sci. Hortic.* 129, 232–237.
- Ram, A., Verma, P., Gadi, B.R., 2014. Effect of fluoride and salicylic acid on seedling growth and biochemical parameters of watermelon (*Citrullus lanatus*). *Fluoride* 47, 49–55.
- Reddy, P.P., 2016. Sustainable Intensification of Crop Production. Springer, Singapore, pp. 241–252.
- Rouphael, Y., Cardarelli, M., Colla, G., Rea, E., 2008. Yield, mineral composition, water relations, and water use efficiency of grafted mini-watermelon plants under deficit irrigation. *HortScience* 43, 730–736.
- Ruiz-Sanchez, M.C., Domingo, R., Castel, J.R., 2010. Review. Deficit irrigation in fruit trees and vines in Spain. *Span. J. Agric. Res.* 8, 5–20.
- Şimşek, M., Kaçira, M. and Tonkaz, T., 2004. The effects of different drip irrigation regimes on watermelon [*Citrullus lanatus* (Thunb.)] yield and yield components under semi-arid climatic conditions. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55(11), pp.1149-1157.
- Soil Survey Staff, 2010. Keys to Soil Taxonomy, 11th ed. USDA Natural Resources Conservation Service, Washington.
- Stamm, G.G., 1967. Problems and procedures in determining water supply requirements for irrigation projects. In: Hagan (Ed.), *Irrigation of Agricultural Lands*. American Society of Agronomy, Wisconsin, pp. 771–785.
- Statistical Graphics Corporation, 2014. Statgraphics Centurion XVI. Statistical Graphics. Rockville, Maryland, USA. .
- Steduto, P., Hsiao, T.C., Fereres, E., Raes, D., 2012. Crop Yield Response to Water, FAO Irrigation and Drainage Paper No. 66. Rome, Italy.
- Tafteh, Arash and Ebrahimi Pak, Niazali (2024): Guide to using the Niaz Ab system, publication number 64445 and website: <http://niwr.ir>
- Tafteh, A., Safarpour Haghighi, S., Rashidi, O. L., & Abdzad Gohari. (2023). Investigating the production functions of water consumption in determining the performance of two watermelon cultivars under water stress. *Water and Soil Management and Modelling*, 3(3), 296-307. doi: 10.22098/mmws.2023.11989.1194
- Tanentzap, F.M., Stempel, A., Ryser, P., 2015. Reliability of leaf relative water content (RWC) measurements after storage: consequences for in situ measurements. *Botany* 93, 535–541.
- Tolk, J.A., Howell, T., 2003. Water use efficiencies of grain sorghum grown in three USA southern Great Plains soils. *Agric. Water Manag.* 59, 97–111.
- Turner, N.C., 2004. Agronomic options for improving rainfall-use efficiency of crops in dryland farming systems. *J. Exp. Bot.* 55, 2413–2425.
- United Nations, 2012. UNECE Standard FFV-37 Concerning the Marketing and Commercial Quality Control of Watermelons. United Nations, New York and Geneva. .
- United States Department of Agriculture (USDA), 2006. United States Standards for Grades of Watermelons. USDA, Washington, DC.
- Verheye, W.H., 2009. Agro-climate-based land evaluation systems. In: Verheye, W.H. (Ed.), *Encyclopedia of Life Support Systems Vol. II Land Use, Land Cover and Soil Sciences*. UNESCO-EOLSS. Eolss Publishers, Paris, France, pp. 130–159.
- Wakindiki, I. I. C. & Kirambia, R.K. (2011). Supplemental irrigation effects on yield of two watermelons (*Citrullus lanatus* Thumb) cultivars under semi-arid climate in Kenya. *African Journal of Agricultural Research*, 6, 4862-4870.

- Yamasaki, S., Dillenburg, L., 1999. Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. *Braz. J. Plant Physiol.* 11, 69–75.
- Yang, H., Du, T., Qiu, R., Chen, J., Wang, F., Li, Y., Wang, C., Gao, L., Kang, S., 2017. Improved water use efficiency and fruit quality of greenhouse crops under regulated deficit irrigation in northwest China. *Agric. Water Manag.* 179, 193–204.