

Comparing the amount of sugar beet irrigation water using the NIAZAB system and field measurement

Niazali Ebrahimipak^{1*}, Arash Tafteh², Fariborz Abbasi³, Javad Baghani⁴

¹ Associate Professor, Irrigation and Soil Physics Department, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research and Education Organization, Karaj, Iran

² Assistant professor, Irrigation and Soil Physics Department, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

³ Professor, Irrigation and Drainage Department, Agricultural Engineering and Technical Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

⁴ Associate Professor, Irrigation and Drainage Department, Agricultural Engineering and Technical Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

Abstract

Introduction

Most of the regions of Iran are located in arid and semi-arid climates, the characteristic of this climate is dry and long seasons without rain. In these areas, the lack of water is one of the most important factors limiting the production of agricultural products, in such a situation, the competition for water is increasing with the increase in population, urbanization and industrialization, and on the other hand, the lack of water is aggravated by improper irrigation management in agriculture. Accurate estimation of irrigation water quantity, water productivity of cultivated sugar beet in Iran are important and key indicators in agricultural sector planning. The purpose of this study was to investigate the results of field and farm measurements of irrigation water and sugar beet yield under farmers' management and compare it with estimating the NIAZAB system in 16 Township during a crop season (2016-2017) as well as determining sugar beet water productivity. The results showed that the average amount of sugar beet irrigation water in the method measured in farms and systems was 13088 and 13856 cubic meters per hectare, respectively, and the average grain yield of sugar beet in the method measured in farms and systems was 71846 and 64206 kg, respectively. The average water productivity of sugar beet in the field measurement method and NIAZAB system was 5/8 and 4/9 kg / m³. The results showed that the NIAZAB system with a normal root mean error of 0.21% and agreement coefficient of 0.89 estimates the amount of sugar beet irrigation water in the township scale and sugar beet grain yield with a normal a root mean error of 0.27% and agreement coefficient of 0.81 and estimates the productivity of sugar beet water with a root mean a normal error of 0.34%. The values of the efficiency coefficient of the model show that the model provides acceptable results in determining the amount of irrigation water and sugar beet water productivity in the country farms. Therefore, the NIAZAB system can be used to estimate the volume required for the irrigation of plants in the Iran and also in farm water management.

Materials and Methods

This study was conducted based on field and field measurement and system-oriented approach (NIAZAB system) on a national scale to estimate the amount of sugar beet irrigation water. The main variables and implementation steps of this study are as follows: Theoretical foundations: First step: estimation of the reference evaporation/ transpiration, second step: determining the phenology stages of sugar beet plants, third step: estimating the amount of effective precipitation using, fourth step: estimation of the net irrigation water requirement of the sugar beet, fifth step: Estimating the gross irrigation water requirement of the sugar beet plant, sixth step: Accessible performance in the water demand system, seventh step: estimating the actual amount of irrigation water.

Practical foundations: first step: statistical population and sampling method: for an accurate estimation of the amount of sugar beet irrigation water in the country, targeted sampling was needed, based on this, a statistical population was used that included sugar beet farmers of the country, based on the statistical method, first of all 31 provinces of the country, the provinces that had a greater share in sugar beet production were selected. The selected provinces include 8 provinces (Ardebil, West Azerbaijan, Razavi Khorasan, Fars, Khuzestan, Semnan, Kermanshah, Hamedan) with an area equivalent to 105,875 hectares and a share equal to 75 The percentage of the cultivated area of the country was taken into account in selected provinces of 16 cities with an area equal to 71671 hectares. Figure 1 presents the coordinates of the measurement points. second step: the method of

measuring the selected field, third step: measurement of sugar beet yield, fourth step Converting the measuring points to the city average and then compared with the estimated results of the amount of irrigation water of the NIAZAB system, it was compared, compared and validated.

Results and Discussion

In order to compare the results of the water requirement estimation system with the field and farm measurement values of the amount of irrigation water from farmers' sugar beet fields, the following was done. According to table 1, it can be seen that the amount of irrigation water for sugar beet based on the field measurement method in 16 cities of the country is equal to 13088 cubic meters per hectare and based on The estimation of the NIAZAB system at the level of 16 cities of the country was equal to 13856 cubic meters per hectare. Considering that there is a difference between normal averaging and weighted averaging, therefore according to table (3), the weighted average amount of sugar beet irrigation water according to the cultivated area in 16 cities in the field measurement method is equal to 12805 cubic meters and based on the system estimate The NIAZAB system was equal to 13817 cubic meters per hectare. Comparison of the average results of irrigation water measured in the field and estimated by the NIAZAB system shows that on average, the difference in the amount of irrigation water for sugar beet plants in the two methods was about 768.7 cubic meters per hectare and shows an equivalent error of 5.5%. According to table 1, it can be seen that the amount of sugar beet irrigation water varies between 7336 and 17950 mm in the entire growth period in 16 regions. The reason for the difference comes from the basics of estimating the amount of irrigation water. Considering the irrigation methods and calculating the efficiency of irrigation water use in the areas, but in the direct method, it was based on the actual measurement in the field, and however, the error value of 7.7% is reasonable and acceptable. Comparing the results of irrigation water quantity measurement and estimation of the NIAZAB system has a normal error of 21% and an agreement index of 0.89, and this shows the acceptable efficiency of the system. Therefore, NIAZAB system has the ability to estimate the amount of irrigation water for sugar beet plants at the level of the fields in the country scale.

Conclusion

The results showed that the average irrigation water of sugar beet plant from the measurement method in the fields and the estimated NIAZAB system is equal to 13088 and it was 13856 cubic meters per hectare. The results of the weighted average of sugar beet irrigation water which was estimated by the NIAZAB system equal to 13817.9 cubic meters per hectare and directly measured from the fields equaled 12805 cubic meters per hectare, and it can be concluded for the surface of 140 thousand hectares of sugar beet irrigated lands the volume of irrigation water estimated by the NIAZAB system was 1.94 billion cubic meters and the volume of irrigation water measured in the field was equal to 1.79 billion cubic meters. The comparison of the results of the two methods showed that there is a difference of about 7.7% in the country.

Keywords: Application efficiency, Irrigation water, NIAZAB system, Sugar beet grain yield, Water productivity

Article Type: Research Article

*Corresponding Author, E-mail: nebrahimipak@yahoo.com

Citation: Ebrahimipak, N.A., Tafteh, A., Abbasi, F., & Baghani, J. (2023). Comparing the amount of sugar beet irrigation water using the NIAZAB system and field measurement. *Water and Soil Management and Modeling*, 3(3), 308-322.

DOI: 10.22098/mmws.2023.11976.1195

DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.3.20.2

Received: 24 December 2022, Received in revised form: 12 January 2023, Accepted: 19 January 2023, Published online: 19 January 2023

Water and Soil Management and Modeling, Year 2023, Vol. 3, No. 3, pp. 308-322

Publisher: University of Mohaghegh Ardabili

© Author(s)





مقایسه مقدار آب آبیاری چغندرقد با استفاده از سامانه نیاز آب و اندازه‌گیری مزرعه‌ای

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

^۱ دانشیار، بخش آبیاری و فیزیک خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
^۲ استادیار، بخش آبیاری و فیزیک خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
^۳ استاد، بخش آبیاری و زهکشی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
^۴ دانشیار، بخش آبیاری و زهکشی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

برآورد مقدار آب آبیاری گیاهان از شاخص‌های مهم برنامه‌ریزی بخش کشاورزی است و سامانه نیاز آب به‌منظور تعیین نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی ایجاد شده و توانایی بررسی تغییرات نیاز آبیاری و آب آبیاری گیاهان مختلف زراعی و باغی را در کشور داراست. هدف از این مطالعه، مقایسه نتایج اندازه‌گیری مزرعه‌ای مقدار آب آبیاری و عملکرد چغندرقد در شرایط مزرعه با برآورد سامانه نیاز آب در ۱۱۷ نقطه، ۱۶ شهرستان در سال ۱۳۹۶ است. نتایج مقایسه اندازه‌گیری مزرعه‌ای با برآورد سامانه نیاز آب نشان داد که میانگین مقدار آب آبیاری چغندرقد در روش اندازه‌گیری مزرعه‌ای و سامانه نیاز آب به‌ترتیب برابر با ۱۳۰۸۸ و ۱۳۸۵۶ مترمکعب در هکتار و میانگین عملکرد غده چغندرقد در اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای و سامانه نیاز آب به‌ترتیب برابر با ۷۱۸۴۶ و ۶۴۲۰۶ کیلوگرم در هکتار شد. میانگین بهره‌وری آب چغندرقد در روش اندازه‌گیری مزرعه‌ای و سامانه نیاز آب به‌ترتیب برابر ۵/۸ و ۴/۹ کیلوگرم بر مترمکعب شد. نتایج مقایسه تحلیل آماری نشان داد که سامانه نیاز آب در مقایسه با اندازه‌گیری مزرعه‌ای، با ریشه میانگین خطای نرمال ۲۱ درصد و ضریب توافق ۰/۸۹، مقدار آب آبیاری چغندرقد را در مقیاس شهرستان برآورد می‌نماید. همچنین، عملکرد غده چغندرقد با ریشه میانگین خطای نرمال ۰/۲۷ درصد و ضریب توافق ۰/۸۱ و بهره‌وری آب غده چغندرقد را با ریشه میانگین خطای نرمال ۰/۳۴ درصد برآورد می‌نماید. ضرایب کارایی مدل نشان داد که سامانه نتایج قابل‌قبولی را در تعیین مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب چغندرقد در مزارع کشور ارائه می‌دهد. در نهایت، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که سامانه نیاز آب توانایی برآورد حجم آب آبیاری مورد نیاز گیاه چغندرقد در سطح کل کشور و در سطح مزرعه زراعت را دارا است.

واژه‌های کلیدی: آب آبیاری چغندرقد، بهره‌وری آب، سامانه نیاز آب، عملکرد، غده چغندرقد، نیاز آبیاری چغندرقد

نوع مقاله: پژوهشی

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: nebrahimipak@yahoo.com

استاد: ابراهیمی پاک، نیازعلی، تافته، آرش، عباسی، فریبرز، و باغانی، جواد (۱۴۰۲). مقایسه مقدار آب آبیاری چغندرقد با استفاده از سامانه نیاز آب و اندازه‌گیری مزرعه‌ای. *مدل سازی و مدیریت آب و خاک*، ۳(۳)، ۳۰۸-۳۲۲.

DOI: 10.22098/mmws.2023.11976.1195

DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.3.20.2



تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۰۳، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۰/۲۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۹، تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۱۰/۲۹

مدل سازی و مدیریت آب و خاک، سال ۱۴۰۲، دوره ۳، شماره ۳، صفحه ۳۰۸ تا ۳۲۲

© نویسنندگان

ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی

۱- مقدمه

بیش تر نواحی کشور ایران در اقلیم خشک و نیمه خشک قرار دارد. مشخصه این اقلیم، فصل‌های خشک و طولانی و بدون بارش است. در این نواحی کمبود آب یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصول کشاورزی محسوب می‌شود (Moravejalahkam et al., 2022). در شرایط خشک اقلیمی کشور، یکی از راه‌کارهای اساسی تناسب بخشی میان منابع و مصارف آب کشاورزی، با توجه به اهمیت اقتصادی و اجتماعی کشت داخلی محصولات راهبردی است (APERDRI, 2016). مدیریت مصرف آب برای کشاورزی پایدار و افزایش بهره‌وری مصرف آب از اهمیت خاصی برخوردار است.

چغندرقد یک محصول مهم اقتصادی و تأمین‌کننده ۴۰ درصد تولید قند جهان است (Doorenbos et al., 1979). در حال حاضر در بسیاری از مناطق کشور شرایط مناسب رشد چغندرقد وجود دارد و کشت این گیاه در سطح نسبتاً وسیعی انجام می‌شود. بر اساس آمار رسمی وزارت جهاد کشاورزی ایران سطح زیرکشت چغندرقد در سال ۱۳۹۶ برابر با ۱۴۲۸۲۱ هکتار بوده و متوسط عملکرد غده چغندرقد در کشور برابر با ۴۸/۸ تن در هکتار گزارش شده است. چغندرقد یکی از گیاهان زراعی است که در سطح وسیعی به صورت فاریاب کشت می‌شود. لذا تأمین آب مورد نیاز گیاه یکی از عوامل ضروری تولید است (Moutonnet, 2002). نیاز آبی گیاه چغندرقد بر اساس وارپته‌های مختلف و مناطق گوناگون، متفاوت است (Kochaki and Soltani, 1996). به طوری که در مناطق مختلف جهان بین ۲۵۰ تا ۲۷۰۰ میلی‌متر گزارش شده است (Ebrahimipak, 2010). نیاز آبی گیاه چغندرقد در شرایط آب و هوای ایران نیز متغیر بوده و مقدار آن با طول دوره رشد ۱۵۰ روزه بین ۸۵۰ تا ۲۱۰۰ میلی‌متر گزارش شده است (Ebrahimipak, 2010). میزان تبخیر-تعرق گیاه چغندرقد با استفاده از روش لایسیمتر زهکش‌دار در ماهیدشت کرمانشاه ۱۶۳۵ میلی‌متر (Taheri, 1982)، در شهرکرد ۱۰۱۶ میلی‌متر (Ebrahimipak, 2010)، در غرب ایتالیا ۶۷۰ میلی‌متر (Caliandro et al., 1990)، در جنوب ایتالیا ۶۵۰ میلی‌متر (Barbier, 1982)، در دیویس کالیفرنیا برابر با ۹۷۵/۴ میلی‌متر (Pruitt et al., 1987)، در منطقه کالیفرنیا در یک خاک لومی‌رسی برابر با ۱۰۴۵ میلی‌متر (English and Raja, 1996) گزارش شده است.

مقدار آب آبیاری گیاه چغندرقد در مناطق مختلف ایران بین ۷۵۰۰ تا ۳۵۰۰ مترمکعب در هکتار است (Mohammadian et al., 2011). در این راستا، Seyedan and Mansouri (2019) در همدان با ارزیابی بهره‌وری آب در زراعت چغندرقد در روش‌های آبیاری نشان دادند که مقدار نیاز آبی گیاه چغندرقد

برابر با ۹۱۰ میلی‌متر و میزان آب مصرفی چغندرقد در روش آبیاری نشتی ۱۲۲۵۱، در نهاوند ۹۴۶۱، توپسرکان ۹۷۲۳، اسداباد ۱۳۴۷۶ و فامنین ۹۹۶۹ مترمکعب در هکتار است. عملکرد غده چغندرقد در روش آبیاری نشتی در همدان ۵۷۷۹۸، در نهاوند ۵۸۳۰۵، توپسرکان ۵۷۷۷۴، اسداباد ۵۷۱۶۲ و فامنین برابر با ۵۹۹۹۵ کیلوگرم در هکتار بوده است. مقدار آب آبیاری گیاه چغندرقد در روش آبیاری بارانی در همدان برابر با ۹۹۵۴، در نهاوند ۷۶۸۷، در توپسرکان ۷۹۰۰، در اسداباد ۱۰۹۵۰ و در فامنین ۸۱۰۰ مترمکعب در هکتار شد و مقدار عملکرد غده چغندرقد در روش آبیاری بارانی در همدان برابر با ۶۸۲۰۲، نهاوند ۶۸۷۹۹، توپسرکان ۶۸۱۷۳، اسداباد ۶۹۷۳۷، فامنین ۷۳۱۹۳ کیلوگرم در هکتار شد. در پژوهشی، Daneshzad et al. (2020) در کوهدشت لرستان حجم آب آبیاری برای یک فصل از رشد گیاه چغندرقد را برابر با ۱۴۸۴۳ مترمکعب در هکتار با عملکرد غده، ۹۸۸۴۳ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند. در پژوهش دیگری، Karimi and Jolaini (2017) نیاز خالص آب چغندرقد برابر با ۹۱۲۰ و نیاز ناخالص آب آبیاری را برابر با ۱۸۱۷۶ مترمکعب در هکتار و میزان عملکرد غده چغندرقد را برابر با ۳۵۸۱۹ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند. در پژوهش دیگری، Zareabyaneh et al. (2016) در همدان نشان دادند که مقدار آب آبیاری گیاه چغندرقد برابر با ۸۷۹۵ مترمکعب در هکتار است. در ادامه، Jovzi and Zareabyanhe (2016) مقدار آب مصرفی گیاه چغندرقد را برابر ۹۰۴۸ مترمکعب گزارش کردند. همچنین، Mohammadian (2011) میزان نیاز آبی خالص چغندرقد را برابر با ۹۱۰۰ مترمکعب در هکتار گزارش کرد که با در نظر گرفتن راندمان کاربرد حدود ۴۰ درصد، میزان آب مصرفی ۲۳۰۰۰ مترمکعب در هکتار به دست آورد. در مطالعه‌ای Jamali et al. (2018) در شبکه‌ای آبیاری و زهکشی زربینه رود بیان کردند که با میزان آب مصرفی برابر با ۳۴۴۲۶ مترمکعب در هکتار عملکرد غده چغندرقد برابر با ۱۵۷۵۰۰ کیلوگرم حاصل می‌شود (Koocheki et al., 2017). افزایش بهره‌وری آب را به عنوان یک گام و اصل مهم برای رسیدن به کشاورزی پایدار دانستند. بهره‌وری آب (WP) از نسبت عملکرد محصول به مقدار آب آبیاری یا تبخیر-تعرق گیاه بیان می‌شود (Keikhai and Ganji khorramdel, 2016).

بهره‌وری آب چغندرقد بر اساس مناطق مختلف، بسیار متفاوت است و مقدار آن در مناطق مختلف ایران بین ۱/۵ تا ۸/۵ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شده است (Salami, 1997). در حالی که میزان شاخص بهره‌وری غده چغندرقد در سطح جهان به طور میانگین هشت کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی گزارش شده است (Doorenbos and Kassam, 1979). در این راستا،

پژوهش‌های خاک و آب توسعه یافت. سامانه نیاز آب متشکل از چندین بانک‌های اطلاعاتی منحصر به فرد در سطح کشور است. سامانه نیاز آب بر اساس آخرین روش‌های علمی روز، آب آبیاری گیاهان را در سطوح مختلف کشت برآورد می‌کند و به صورت اطلاعات در اختیار کاربران قرار می‌گیرد. بررسی نتایج سامانه نیاز آب در تعیین نیاز آبی کینوا در شرایط استاندارد و واقعی در شرایط تنش آبی نشان داده است که سامانه دقت قابل قبولی را در شرایط تنش آبی داشته و گزینه‌های مختلف تنش آبی در دوره‌های مختلف رشد را به خوبی برآورد می‌کند. در بررسی نتایج حاصل از سامانه نیاز آب در مورد گیاه بادام‌زمینی نتایج نشان داد که سامانه نیاز آب در شرایط تنش آبی نیاز آب آبیاری بادام‌زمینی را به خوبی و با دقت قابل قبولی ارائه می‌نماید (Abdzad Gohari et al., 2021). بررسی نتایج حاصل از نیاز آبی گندم و توابع به کار رفته در سامانه نیاز آبی عملکرد مناسبی را در تعیین نیاز آب آبیاری گندم در شرایط تنش آبی دارد (Barzi Kar et al., 2020). در بررسی نتایج حاصل از سامانه نیاز آب در مورد فلفل دلمه‌ای در گلخانه نتایج نشان داد که سامانه نیاز آب در شرایط تنش آبی نیاز آب آبیاری فلفل دلمه‌ای در گلخانه را به خوبی و با دقت قابل قبولی ارائه می‌نماید (Jafari Najafabadi et al., 2022).

اطلاعات ارائه شده برای حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب چغندر قند بسیار متفاوت بوده و در خصوص صحت و سقم آن‌ها نیز تردیدهایی وجود دارد که بدان اشاره شد. لذا، انجام یک کار تکمیلی که بتواند به اعداد مطمئنی درباره حجم آب آبیاری گیاهان مختلف منتهی شود، لازم و ضروری است. هدف از این مطالعه، تعیین مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب چغندر قند با استفاده از سامانه نیاز آب و مقایسه آن با مقادیر اندازه‌گیری شده آب آبیاری چغندر قند است (Baghani et al., 2019).

۲- مواد و روش‌ها

این مطالعه مبتنی بر رویکرد اندازه‌گیری مزرعه‌ای و سامانه محور (سامانه نیاز آب) در مقیاس ملی برای برآورد مقدار آب آبیاری چغندر قند انجام شد. متغیرهای اصلی و مراحل اجرای این مطالعه به شرح گام‌های زیر است. در این مطالعه به منظور تطبیق و صحت‌سنجی از نتایج اندازه‌گیری میدانی و مزرعه‌ای مقدار آب آبیاری چغندر قند که توسط مؤسسه فنی و مهندسی کشاورزی، در قطب‌های تولید چغندر قند در سال ۹۶ انجام شده بود، استفاده شد (Baghani et al., 2019).

۲-۱- مبانی نظری

Seyedan and Mansouri (2019) مقدار بهره‌وری آب چغندر قند در روش آبیاری جویچه‌ای در همدان را برابر با $4/71$ ، نه‌اوند $6/16$ ، توپسرکان $5/94$ ، اسدآباد برابر با $4/24$ و در فامنین برابر با $6/01$ کیلوگرم غده چغندر قند بر مترمکعب و مقدار بهره‌وری آب غده چغندر قند در روش بارانی در همدان برابر با $6/85$ ، نه‌اوند $8/95$ ، توپسرکان $8/62$ ، اسدآباد $6/36$ و در فامنین $9/03$ کیلوگرم غده بر متر مکعب گزارش کردند. هم‌چنین، Daneshzad et al. (2020) مقدار میانگین بهره‌وری فیزیکی آب غده چغندر قند در شهرستان کوه‌دشت $6/06$ کیلوگرم بر مترمکعب است گزارش کردند. مقدار بهره‌وری نیاز ناخالص آبی چغندر قند در مشهد $1/97$ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شد (Mohammadi Karimi and Jolaini, 2017). در پژوهشی، et al. (2020) در ارزیابی وضعیت بهره‌وری و شاخص نسبت عرضه به تقاضای آب در چغندر قند در استان خراسان رضوی با نتایج شبیه‌سازی بلندمدت نشان دادند که عملکرد واقعی کشاورزان حدود $33/5$ تن در هکتار که حدود تنها یک سوم عملکرد قابل دستیابی ($97/3$ تن در هکتار) بود و مقدار بهره‌وری آب آبیاری چغندر قند بین $1/8$ تا $3/85$ کیلوگرم بر مترمکعب آب در مناطق استان خراسان رضوی گزارش شد. در ادامه، Zareabyaneh et al. (2016) مقدار بهره‌وری مصرف آب چغندر قند را به ترتیب بر اساس عملکرد ریشه و عملکرد قند $4/1$ و دو کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کردند. بهره‌وری آب چغندر قند تحت اثر عوامل مختلف مانند مدیریت مزرعه، فن‌آوری آبیاری، روش آبیاری و روش‌های به‌زرایی قرار می‌گیرد. در پژوهش دیگری، Sahin et al. (2014) گزارش کردند که بهره‌وری مصرف آب به‌طور معناداری تابع فن‌آوری آبیاری یک درمیان می‌باشد. در نهایت، Mansouri et al. (2017) با مدیریت آبیاری یک در میان شیارها برای چغندر قند نشان دادند که حتی اگر شش درصد کاهش عملکرد ایجاد شود، می‌توان 44 درصد صرفه‌جویی در مصرف آب را انتظار داشت.

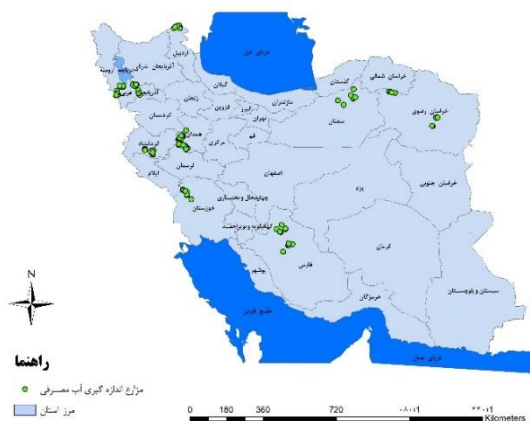
دستیابی به روش مناسب برآورد مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب محصولات بر اساس الگوی مصرف آب، این امکان را می‌دهد تا برنامه‌ریزان در شرایط بهتری تصمیم‌گیری و عمل نمایند. بدین‌منظور پژوهش‌های زیادی در مورد نیاز آبی گیاهان انجام شده و نرم‌افزارها و سامانه‌های متعددی در سطح جهان و ایران توسعه داده شده است که با توجه به شرایط زمانی و مکانی، کاربرد خاص خود را دارند. از جمله برنامه‌هایی که در این رابطه توسعه پیدا کردند، NETWAT و CROPWAT و AQUACRAP می‌باشند که به صورت نرم‌افزار طراحی شده‌اند. ولی با توسعه علم و فناوری، اولین سامانه نیاز آبیاری گیاهان زراعی و باغی کشور (نیاز آب) (<http://niwr.ir>) در مؤسسه

چغندرقد اندازه‌گیری شد. شکل ۱ مختصات نقاط اندازه‌گیری ارائه شده است.

گام دوم (روش اندازه‌گیری مزرعه منتخب): پس از انتخاب مزرعه، مقدار آب تأمین شده، میزان ورودی آب به مزرعه و میزان آب خروجی از مزرعه، توسط فلوم و میکرومولینه در طول فصل کشت اندازه‌گیری شد.

گام سوم (اندازه‌گیری عملکرد چغندرقد): پس از برداشت محصول مقدار عملکرد غده چغندرقد اندازه‌گیری شد.

گام چهارم (میانگین‌گیری شهرستان): نظر به این که برآورد مقدار آب آبیاری چغندرقد در سامانه نیاز آب بر مبنای شهرستان بود و مقدار آب آبیاری اندازه‌گیری شده چغندرقد در ۱۲۶ مزرعه در سطح شهرستان‌های ۱۶ گانه بود، به منظور ایجاد هماهنگی و یکپارچگی بین داده‌ها، مقدار آب آبیاری اندازه‌گیری و در سطح مزارع متوسط‌گیری شد. سپس به‌عنوان مقدار میانگین مقدار آب آبیاری شهرستان منظور شد و با نتایج برآوردی مقدار آب آبیاری سامانه نیاز آب مورد مقایسه، تطبیق و صحت‌سنجی قرار گرفت.



شکل ۱- موقعیت نقاط اندازه‌گیری میدانی مقدار آب آبیاری چغندرقد در کشور

Figure 1- Location of the field measurement points of the irrigation water amount of the sugarbeet in the country

۳-۲- محاسبات آماری

به‌منظور مقایسه نتایج اندازه‌گیری مزرعه‌ای و برآوردی سامانه نیاز آب در سطح شهرستان از روش‌های زیر استفاده شد:

۳-۲-۱- شاخص‌های آماری: شاخص‌های RMSE یا ریشه میانگین مربعات خطا، NRMSE ریشه میانگین مربعات خطای نرمال، MBE میانگین انحراف خطا، d شاخص توافق یا سازگاری، R^2 ضریب تبیین و EF ضریب کارایی استفاده شد.

در ارزیابی مقادیر شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده اگر مقادیر RMSE و NRMSE به صفر نزدیک‌تر باشند، نشان‌دهنده آن است که مدل شبیه‌سازی را بهتر انجام می‌دهد و اگر ریشه میانگین مربعات خطا، کم‌تر از ۱۰ درصد باشد شبیه‌سازی عالی،

برای بررسی بیش‌تر ابعاد پژوهش و نحوه توضیح به مفاهیم اصلی و ادبیات پشتیبانی‌کننده پژوهش اشاره می‌شود. از سامانه نیاز آب گیاهان بر اساس گام‌های تعریف شده، اطلاعات زیر استخراج شده و در محاسبات مورد استفاده قرار گرفت.

گام اول: برآورد میزان تبخیر-ترقق مرجع بر اساس روش پنمن-مانتیث انجام شد (ASCE-EWRI, 2005).

گام دوم: تعیین مراحل فنولوژی گیاه چغندرقد با استفاده از داده‌های واقعی گیاه از مناطق کشور جمع‌آوری شد.

گام سوم: برآورد مقدار بارش مؤثر با استفاده از روش قابل اطمینان.

گام چهارم: برآورد نیاز خالص آب آبیاری گیاه چغندرقد.

گام پنجم: برآورد نیاز ناخالص آب آبیاری گیاه چغندرقد. نیاز ناخالص آب آبیاری گیاه به مقدار آبی گفته می‌شود که متناسب با کارایی کاربردی آب آبیاری به عرصه تولید منتقل و در اختیار گیاه قرار داده شود (Kamali and Alizadeh, 2008).

گام ششم: عملکرد قابل‌دسترسی^۱ عملکرد قابل‌دسترسی یک محصول، حداکثر عملکرد محصول است که در یک محیط بدون تنش محیطی زنده و غیره‌زنده قابل‌دسترسی باشد.

گام هفتم: برآورد مقدار نیاز واقعی آب آبیاری. از آنجایی که نیاز آب آبیاری گیاه چغندرقد بر مبنای عملکرد قابل‌دسترسی محصول برآورد می‌شود، لذا سامانه نیاز آب بر اساس حل معکوس تابع تولید مقدار واقعی نیاز آب آبیاری را برآورد می‌کند (Tafteh et al., 2013).

۲-۲- مبانی عملی

۲-۲-۱- اندازه‌گیری مزرعه‌ای مقدار آب آبیاری چغندرقد

گام اول (جامعه آماری و روش نمونه‌گیری): برای برآورد دقیق مقدار آب آبیاری چغندرقد در سطح کشور از جامعه آماری چغندرکاران وزارت جهاد کشاورزی استفاده شد. بر اساس روش آماری، ابتدا از میان ۳۱ استان کشور، استان‌های که سهم بیش‌تری در تولید چغندرقد داشتند انتخاب شدند؛ استان‌های منتخب شامل، اردبیل، آذربایجان غربی، خراسان رضوی، فارس، خوزستان، سمنان، کرمانشاه و همدان سطحی معادل ۱۰۵۸۷۵ هکتار سطح و سهمی معادل ۷۵ درصد از سطح زیرکشت کشور را داشتند. در استان‌های منتخب ۱۶ شهرستان با سطحی معادل ۷۱۶۷۱ هکتار انتخاب شد. در ۱۶ شهرستان منتخب با معیار جامعه آماری، ۱۲۶ مزرعه برای اندازه‌گیری مستقیم مقدار آب آبیاری در نظر گرفته شد. در مزارع منتخب در طول یک فصل زراعی مقدار آب آبیاری که به طور معمول و مرسوم توسط کشاورز وارد مزرعه می‌شد اندازه‌گیری شده (مدیریت مزرعه و عملیات بهزرایی و تماما در اختیار کشاورز بود) و پس از برداشت محصول، عملکرد غده

^۱ Atinibil yelad

از کارایی مورد قبول سامانه است. لذا سامانه نیاز آب، توانایی برآورد نیاز خالص گیاه چغندرقد در سطح مزارع در مقیاس شهرستان را دارا بوده و قابل توجیه برای برآورد نیاز خالص آب چغندرقد در سطح کشور است.

مقایسه میانگین نیاز آبی خالص چغندرقد در سامانه نیاز آب و کتاب نیاز آبی در آزمون T-Test نشان داد که با هم اختلاف معناداری نداشتند و مقدار نیاز آبی خالص چغندرقد در سامانه نیاز آب از مقدار اندازه‌گیری بیش‌تر بود. این اختلاف برآورد نشان از دقت در تاریخ کاشت و برداشت گیاه و تفاوت در آمار هواشناسی مورد استفاده دارد. با توجه به جدول ۵ مشاهده شد که خطای نرمال ۱۵ درصد و شاخص توفیق ۰/۸۵ است. مقایسه نتایج میانگین نیاز آبی خالص چغندرقد در سامانه نیاز آب و سند ملی آب در آزمون T-Test نشان داد باهم اختلاف معناداری نداشتند. با توجه هم‌چنین، در خطای نرمال ۱۴ درصد شاخص توفیق ۷۹ درصد است (جدول ۵). مقایسه نتایج میانگین نیاز آبی خالص چغندرقد در روش اندازه‌گیری و کتاب نیاز آبی در آزمون T-Test نشان داد با هم اختلاف معناداری دارند. با مراجعه به جدول ۵ مشاهده می‌شود که در خطای نرمال ۱۳ درصد، شاخص توفیق ۰/۶۸ است. مقایسه نتایج میانگین مقادیر نیاز خالص آب چغندرقد اندازه‌گیری شده، سامانه نیاز آب، کتاب نیاز آبی گیاهان و سند ملی آب در آزمون T-Test نشان می‌دهد که برآورد کتاب نیاز آبی گیاهان با میزان ۸۱۱ میلی‌متر، در بین روش‌ها کم‌ترین و روش اندازه‌گیری با میزان ۱۰۰۵ میلی‌متر بیش‌ترین مقدار میزان نیاز خالص آبی چغندرقد به خود اختصاص داده است.

۳-۲- برآورد مقدار آب آبیاری چغندرقد

جدول ۱ مقایسه میانگین آب آبیاری چغندرقد بر اساس روش اندازه‌گیری و سامانه نیاز آب در مناطق مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۱ مشاهده می‌شود که مقدار آب آبیاری چغندرقد بر اساس روش اندازه‌گیری مزرعه‌ای در ۱۶ شهرستان کشور معادل ۱۳۰۸۸ مترمکعب در هکتار و بر اساس برآورد سامانه نیاز آب در سطح ۱۶ شهرستان کشور معادل ۱۳۸۵۶ مترمکعب در هکتار است. نظر به این‌که تفاوتی در متوسط‌گیری معمولی و میانگین‌گیری موزون شده وجود دارد، لذا با توجه به جدول ۳ مقدار میانگین موزون شده آب آبیاری چغندرقد برحسب سطح زیرکشت در ۱۶ شهرستان در روش اندازه‌گیری مزرعه معادل ۱۲۸۰۵ مترمکعب و بر اساس برآورد سامانه نیاز آب معادل ۱۳۸۱۷ مترمکعب در هکتار بود. مقایسه میانگین نتایج مقدار آب آبیاری اندازه‌گیری مزرعه‌ای و برآورد شده سامانه نشان می‌دهد که به‌طور متوسط اختلاف مقدار آب آبیاری گیاه چغندرقد در دو روش حدود ۷۶۸/۷ متر مکعب در هکتار بود و خطایی معادل،

بین ۱۰ تا ۲۰ درصد خوب، و اگر بین ۲۰ تا ۳۰ درصد متوسط و بالاتر از ۳۰ درصد، ضعیف برآورد شده است (Jamieson et al., 1991). میزان شاخص توفیق یا سازگاری از منفی بی‌نهایت تا مثبت یک متغیر است و هرچه به یک نزدیک‌تر باشد، شبیه‌سازی مدل دارای کارایی بهتر است (Willmott et al., 1982).

۲-۳-۲- آزمون تی T-Test: به‌منظور مقایسه میانگین نتایج مقادیر نیاز آب آبیاری برآورد شده سامانه نیاز آب با مقدار اندازه‌گیری، از آزمون T-Test بهره‌گیری شد.

۳- نتایج و بحث

به‌منظور مقایسه نتایج برآورد سامانه نیاز آب با مقادیر اندازه‌گیری میدانی و مزرعه‌ای از مقدار آب آبیاری از مزارع چغندرقد کشاورزان به شرح زیر اقدام شد.

۳-۱- برآورد نیاز آبی خالص گیاه چغندرقد

جدول ۴، مقایسه میانگین نیاز آبی خالص چغندرقد بر اساس روش اندازه‌گیری، سامانه نیاز آب، کتاب نیاز آبی گیاهان و سند ملی آب را در مناطق نشان می‌دهد. با مراجعه به جدول ۴، مشاهده می‌شود که میانگین مقدار نیاز آبی خالص چغندرقد در ۱۶ شهرستان بر اساس روش اندازه‌گیری برابر با ۱۰۰۵ میلی‌متر و بر اساس سامانه نیاز آب برابر با ۸۶۳ میلی‌متر شد. مقدار نیاز آبی خالص چغندرقد بر اساس کتاب نیاز آبی گیاهان زراعی برابر با ۸۱۱ و بر اساس سند ملی آب برابر با ۸۲۳ میلی‌متر شد. با توجه به نتایج مشاهده می‌شود که نیاز آبی چغندرقد در کل دوره رشد در مناطق ۱۶ گانه بین ۴۴۳ تا ۱۱۸۷ میلی‌متر متغیر است که با نتایج (Taheri (1982) در ماهیدشت کرمانشاه، (Shahabifar and Rahimian (2007) در طرق مشهد، و (Ebrahimipak (2010) در شهرکرد مطابقت دارد. اختلاف موجود در نتایج ناشی از تغییرات اقلیمی، زمان کاشت، داشت و برداشت است و در نتایج پژوهش‌های به‌عمل‌آمده نیز تأیید شده است.

نتایج مقایسه برآورد نیاز آبی خالص چغندرقد در سامانه نیاز آب و مقدار اندازه‌گیری شده در آزمون t-Test در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به جدول مشاهده می‌شود که در سطح ۵ درصد با هم اختلاف معناداری دارند و مقدار نیاز آب چغندرقد در سامانه نیاز آب از مقدار اندازه‌گیری کم‌تر بود. این اختلاف برآورد از دقت در اندازه‌گیری صحرائی می‌باشد. نتایج مقایسه برای ارزیابی مناسب‌تر از نتایج برای شهرستان‌ها در مقیاس بزرگ‌تر در جدول ۵ ارائه شده است، با توجه به جدول ۵ مشاهده شد که خطای نرمال ۱۷ درصد و شاخص توفیق ۰/۸۹ است و این نشان

Seyedan and Mansouri (2019), Daneshzad et al. (2020) مطابقت دارد. وجود اختلاف در نتایج عمدتاً ناشی از اقلیم، تراکم کشت، نوع خاک و زمان کاشت، داشت و برداشت است و این موضوع در اکثر مطالعات به عمل آمده نیز تأیید شده است.

۵/۵ درصد را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۱، مقدار آب آبیاری چغندر قند در کل دوره رشد در مناطق ۱۶ گانه بین ۷۳۳۶ تا ۱۷۹۵۰ میلی‌متر متغیر است که با نتایج Mohammadian et al. (2011), Mohammedan (2015), Jovzi and Zareabyanhe (2016), Zareabyanhe et al. (2016), Karimi and Jolaini (2017), Jamali et al. (2018),

جدول ۱- نتایج مقایسه مقدار آب آبیاری، بهره‌وری آب آبیاری و عملکرد چغندر قند (روش سطحی)

Table 1- Results of comparing the amount of irrigation water, irrigation water efficiency and sugar beet yield (surface method)

استان	شهرستان	حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)		عملکرد چغندر قند (کیلوگرم در هکتار)		بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	
		اندازه‌گیری	سامانه نیاز آب	اندازه‌گیری	سامانه نیاز آب	اندازه‌گیری	سامانه نیاز آب
اردبیل	پارس‌آباد	13103	12760	68483	62891	5.2	4.9
	بوکان	17950	14275	56000	62500	3.1	4.4
آذربایجان غربی	پیرانشهر	9918.9	11487	57167	56350	5.8	4.9
	میاندوآب	12806	138701	71429	68451	5.6	5.0
	نقده	16700	14987	72500	66659	4.3	4.4
خراسان رضوی	تربت حیدریه	12393	13661	53549	51778	4.3	3.8
	جوین	14805	17520	75000	66156	5.1	3.8
خوزستان	شوش	13694	8874	91108	71562	6.7	8.1
	شاهرود	16000	16120	80000	62525	5.0	3.9
سمنان	میامی	13350	14527	85000	68520	6.4	4.7
	اقلید	7633	10760	64500	59181	7.5	5.5
فارس	مرودشت	15794	15843	69200	64082	4.4	4.0
	اسلام‌آباد	7336	14525	71898	63531	9.8	4.4
کرمانشاه	کنگاور	9793	14126	84150	68076	8.6	4.8
	اسدآباد	13280	12907	72515	67426	5.4	5.2
همدان	نهایند	13850	15622	77450	67061	5.6	4.3
	متوسط	13088	13856	71846	64206	5.8	4.9

محیطی و محاطی در این خطا سهم دارند. خطای نرمال ۲۱ درصد و شاخص توافق ۰/۸۹ ناشی از عملکرد ضعیف سامانه و یا عدم دقت وسایل اندازه‌گیری نیست، بلکه در هر روش اعم از برآوردی و اندازه‌گیری، پارامترهای به کار رفته و بانک‌های اطلاعاتی وجود دارد که خود منابع خطایی هستند و موجب به وجود آمدن اختلاف می‌شود.

نتایج مقدار آب آبیاری گیاه چغندر قند نشان می‌دهد که میانگین موزون مقدار آب آبیاری چغندر قند که توسط سامانه برآورد شده برابر با ۱۳۸۱۷ مترمکعب در هکتار است و میانگین مقدار آب آبیاری چغندر قند که به طور مستقیم از مزارع اندازه‌گیری شده برابر با ۱۲۸۰۵ مترمکعب در هکتار شد و می‌توان نتیجه گرفت برای سطح ۱۴۰ هزار هکتار اراضی آبی چغندر قند حجم آب آبیاری برآورد شده توسط سامانه نیاز آب ۱/۹۴ میلیارد مترمکعب و حجم آب آبیاری با روش اندازه‌گیری شده مزرعه‌ای برابر با ۱/۷۹ میلیارد مترمکعب است.

مقایسه نتایج میانگین مقدار واقعی آب آبیاری چغندر قند سامانه نیاز آب و مقدار اندازه‌گیری شده در آزمون T-Test در جدول ۲ ارائه شد. نتایج نشان داد با هم اختلاف معناداری ندارند و مقدار آب آبیاری چغندر قند در سامانه نیاز آب از مقدار اندازه‌گیری بیش‌تر بود. این اختلاف ناشی از دقت در تاریخ کاشت و مراحل فنولوژی گیاه است. نتایج مقایسه برای ارزیابی مناسب‌تر از نتایج برای شهرستان‌ها در مقیاس بزرگ‌تر در جدول ۵ ارائه شده است. با توجه به جدول ۵ مشاهده شد که خطای نرمال ۲۱ درصد و شاخص توافق ۰/۸۹ است و این نشان از کارایی مورد قبول سامانه است. لذا سامانه نیاز آب، توانایی برآورد مقدار آب آبیاری گیاه چغندر قند در سطح مزارع در مقیاس شهرستان را دارا بوده و قابل توجیه برای برآورد مقدار آب آبیاری چغندر قند در سطح کشور است. اندازه‌گیری مقدار آب آبیاری چغندر قند 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 تنش‌ها و عوامل

جدول ۲- تحلیل T-Test بین پارامترهای اندازه‌گیری شده و سامانه نیاز آب و سایر مراجع موجود
Table 2- T-Test analysis between measured parameters and water demand system and other available references

آزمون تی برای برابری میانگین‌ها				آزمون لوین برای برابری واریانس		نوع واریانس	جامعه آماری
خطای استاندارد	تفاوت میانگین	Sig.	Df	T	Sig.		
0.287	-0.9717	0.001	250	-3.461	0.001	10.9	بهره‌وری سامانه و اندازه‌گیری شده
0.287	-0.9717	0.001	227	-3.461			واریانس برابر
412.81	-10311	0.000	250	-24.97	0.381	0.77	واریانس نابرابر
412.81	-10311	0.000	227	-24.97			آب آبیاری سامانه و اندازه‌گیری شده
64.18	-92.33	0.000	250	-4.95	0.000	12.59	واریانس برابر
64.18	-92.33	0.000	227	-4.95			ETC سامانه و اندازه‌گیری شده
17.13	-59.33	0.076	206	-1.79	0.949	0.004	واریانس برابر
17.13	-59.33	0.076	178	-1.79			ETC سامانه و کتاب
20.46	-56.73	0.006	250	-2.77	0.982	0.001	واریانس برابر
20.46	-56.73	0.006	248	-2.77			ETC اندازه‌گیری و کتاب
17.61	-356.73	0.044	250	-2.02	0.000	17.11	واریانس برابر
17.61	-356.73	0.044	237	-2.02			ETC سند ملی و سامانه
1913	9245	0.000	250	4.835	0.002	9.63	واریانس برابر
1913	9245	0.000	223	4.835			عملکرد غده چغندر قند سامانه و اندازه‌گیری
1277	4975	0.002	250	3.112	0.000	41.97	واریانس برابر
1277	3975	0.002	203	3.112			عملکرد چغندر قند سامانه و آمارنامه
1696	13123	0.000	256	7.736	0.000	61.26	واریانس برابر
1696	13123	0.000	166	7.736			عملکرد چغندر قند آمارنامه و اندازه‌گیری شده

روش اندازه‌گیری مزرعه معادل ۶۷۹۵۷ کیلوگرم و بر اساس سامانه نیاز آب معادل ۶۲۹۹۲ کیلوگرم در هکتار بود. با توجه به جدول ۱ مشاهده می‌شود که مقدار عملکرد غده چغندر قند در کل دوره رشد در مناطق ۱۶ گانه بین ۵۲۰۰۰ تا ۹۲۰۰۰ کیلوگرم متغیر است که با نتایج (Mohammadian et al. (2011), Mohammedan (2015), Zarebyaneh et al. (2016), Jovzi and Zareabyanhe (2016), Karimi and Jolaini (2017), Jamali et al. (2018), Seyedan and Mansouri (2020), Daneshzad et al. (2019) مطابقت دارد. وجود اختلاف در نتایج، ناشی از اقلیم، تراکم کشت، نوع خاک و زمان کاشت، داشت و برداشت است و این موضوع در پژوهش‌های انجام شده، تأیید شده است.

مقایسه نتایج میانگین مقدار عملکرد اندازه‌گیری مزرعه‌ای و برآورد شده در سامانه نیاز آب نشان می‌دهد که به‌طور متوسط اختلاف حدود ۴۹۶۶ کیلوگرم در هکتار است و خطایی معادل ۷/۳ درصد را نشان می‌دهد. نتایج مقایسه میانگین مقدار عملکرد واقعی محصول غده چغندر قند در سامانه نیاز آب و مقدار عملکرد اندازه‌گیری شده در آزمون T-Test در جدول ۲ ارائه شد، نتایج نشان داد باهم اختلاف معناداری نداشته ولی مقدار عملکرد غده چغندر قند در سامانه نیاز آب از مقدار اندازه‌گیری کم‌تر بود. اختلاف عملکرد نشان‌دهنده دقت در تاریخ کاشت و مراحل فنولوژی گیاه است. با توجه به جدول ۵ مشاهده شد که خطای نرمال ۱۵ درصد و شاخص توافقی ۰/۸۱ است و این نشان از

مقایسه نتایج دو روش در کشور نشان داد که اختلاف ۷/۷ درصد با هم دارند و عمده دلیل اختلاف به مبنای برآورد مقدار آب آبیاری مربوط می‌شود. سامانه نیاز آب مقدار حجم آب آبیاری چغندر قند را بر مبنای نیاز آبی گیاه چغندر قند و با در نظر گرفتن نوع روش‌های آبیاری و کارایی کاربرد آب آبیاری در مناطق محاسبه می‌کند و در روش مستقیم بر مبنای اندازه‌گیری واقعی و عملکرد واقعی در مزرعه بوده است. با این حال مقدار ۷/۷ درصد خطا منطقی و قابل قبول است.

۳-۳- برآورد مقدار عملکرد غده چغندر قند

جدول ۱ مقایسه میانگین عملکرد غده چغندر قند بر اساس روش اندازه‌گیری و سامانه نیاز آب در مناطق را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۱، مشاهده می‌شود که عملکرد غده چغندر قند بر اساس روش اندازه‌گیری مزرعه‌ای در ۱۶ شهرستان کشور معادل ۷۱۸۴۶ کیلوگرم در هکتار و بر اساس برآورد سامانه نیاز آب در ۱۶ شهرستان معادل ۶۴۲۰۶/۲ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. متوسط عملکرد غده چغندر قند آبی بر اساس سالنامه آماری وزارت جهاد کشاورزی در سال ۹۵-۹۶ در ۱۶ شهرستان، معادل ۵۸۹۸۳ کیلوگرم در هکتار بود. در روش متوسط‌گیری معمولی و میانگین‌گیری موزون شده در مقدار عملکرد غده چغندر قند تفاوتی وجود دارد. لذا با توجه به جدول ۳، مقدار میانگین موزون شده عملکرد غده چغندر قند برحسب میزان کشت در شهرستان در

افزایش عملکرد در واحد سطح، حداقل به شش تا هشت کیلوگرم به ازای هر مترمکعب می‌رسید. با در نظر گرفتن علل اصلی پایین بودن بهره‌وری آب لازم است که راه‌کارهای افزایش بهره‌وری آب در این زراعت همواره مورد توجه قرار گیرد. نظر به این که مقدار آب آبیاری برای تولید محصول چغندرقد در مناطق مختلف کشور، به دلیل تفاوت‌های اقلیمی، متفاوت است لذا با مدیریت مناسب منابع آبی و استفاده از راه‌کارهای کاهش مصرف آب، باید به الگوی مصرف واقعی آب و به نیاز آبی واقعی گیاه نزدیک‌تر شد تا بتوان بهره‌وری آب را افزایش داد.

جدول ۱ مقایسه میانگین بهره‌وری آب غده چغندرقد بر اساس روش اندازه‌گیری مزرعه و سامانه نیاز آب در مناطق را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود میانگین بهره‌وری آب آبیاری چغندرقد در ۱۶ شهرستان بر اساس اندازه‌گیری مزرعه معادل ۵/۸ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری و بر اساس سامانه نیاز آب در ۱۶ شهرستان معادل ۴/۹ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری شد (جدول ۱). نتایج پژوهش حاضر با نتایج Doorenbos and Kassam (1979), Salami (1997), Molden (1997), Mohammedan (2015), Keykhaei and Ganji Khorramdel (2016), Zareabyaneh et al. (2016), Jovzi and Zareabyaneh (2016), Koocheki et al. (2017), Karimi and Jolaini (2017), Mansouri et al. (2017), Jamali et al. (2018), Seyedan and Mansouri (2019), Daneshzad et al. (2020) مطابقت زیادی دارد.

نتایج مقایسه میانگین مقدار بهره‌وری مقدار آب آبیاری چغندرقد در سامانه نیاز آب و مقدار اندازه‌گیری شده در آزمون T-Test در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به جدول ۲، نتایج حاکی از آن است که اختلاف معناداری وجود دارد و مقدار بهره‌وری مقدار آب آبیاری در سامانه نیاز آب از مقدار اندازه‌گیری کم‌تر بود و اختلاف ناشی از دقت در اندازه‌گیری آب آبیاری و عملکرد محصول بود. با توجه به جدول ۵ مشاهده شد که خطای نرمال ۳۴ درصد و شاخص توافق ۰/۶۴ است و این نشان از کارایی مورد قبول اما ضعیف است. لازم به ذکر است که اندازه‌گیری مقدار بهره‌وری مقدار آب آبیاری چغندرقد 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 ۰/۶۴ ناشی از عملکرد ضعیف سامانه و یا عدم دقت وسایل اندازه‌گیری نیست، بلکه هر روش تخمین و روش اندازه‌گیری و پارامترهای به کار رفته و بانک‌های اطلاعاتی، منابع خطایی هستند که موجب به وجود آمدن این اختلاف می‌شود.

کارایی مورد قبول سامانه است. لذا سامانه نیاز آب، توانایی برآورد مقدار عملکرد گیاه چغندرقد در سطح مزارع در مقیاس شهرستان را دارا بوده و قابل توجیه برای برآورد مقدار واقعی عملکرد چغندرقد در سطح کشور است. لازم به ذکر است که اندازه‌گیری عملکرد غده چغندرقد 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 ۱۵ درصد و شاخص توافق ۰/۸۱ ناشی از عملکرد ضعیف سامانه و یا عدم دقت وسایل اندازه‌گیری نیست بلکه در هر روش اعم از برآوردی و یا اندازه‌گیری، عواملی به کار رفته و بانک‌های اطلاعاتی وجود دارد که خود منابع خطا هستند و موجب به وجود آمدن این اختلاف می‌شود.

جدول ۳ مقایسه نتایج میانگین عملکرد موزن شده محصول غده چغندرقد اندازه‌گیری شده در مزرعه و برآورد شده از سامانه نیاز آب را نشان می‌دهد. مقدار میانگین موزن عملکرد واقعی چغندرقد برآورد شده توسط سامانه برای سطح زیرکشت ۱۴۰ هزار هکتار برابر با حدود ۹ میلیون تن و بر اساس روش اندازه‌گیری مستقیم برابر با ۱۰/۰۵ میلیون تن خواهد بود. طبق آمارنامه جهاد کشاورزی ۹۵-۹۶ این مقدار حدود ۸/۲۵ میلیون تن است. مقایسه نتایج نشان داد که برآورد سامانه نیاز آب، نسبت به روش اندازه‌گیری ۱۰/۴ درصد و برآورد سامانه نیاز آب، نسبت به آمارنامه ۸/۳ 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 به رقم مورد استفاده، عدم رعایت تاریخ کاشت موجب شده تا عملکرد غده چغندرقد نتواند حداکثر عملکرد قابل‌دسترسی برسد و همین مسئله موجب کاهش عملکرد چغندرقد شده است.

۳-۴- بهره‌وری آب آبیاری چغندرقد

فاصله بین عملکرد قابل‌دسترسی و عملکرد واقعی غده چغندرقد نشان‌دهنده وابستگی بالای این گیاه به آب مصرفی است. در نتیجه با کاهش عملکرد واقعی محصول، مقدار بهره‌وری آب چغندرقد هم کاهش پیدا می‌کند. بهره‌وری آب چغندرقد در ایران در مقایسه با کشورهای عمده تولیدکننده چغندرقد در جهان پایین است. بر اساس اهداف کلان ارتقای کارایی مصرف آب، در برنامه توسعه اقتصادی ششم، قرار بود بهره‌وری آب چغندرقد به شش کیلوگرم غده به ازای هر مترمکعب آب آبیاری برسد. برای دستیابی به اهداف برنامه، ضرورت دارد ضمن

جدول ۳- مقایسه حجم آب آبیاری و عملکرد چغندر قند در مناطق مورد مطالعه
Table 3- Comparison of irrigation water volume and sugar beet yield in the study areas

استان	سطح زیر کشت استان (هکتار)	شهرستان	سطح زیر کشت شهرستان (هکتار)	حجم آب آبیاری		مقدار عملکرد (تن در شهرستان)	
				روش اندازه‌گیری (هزار مترمکعب در شهرستان)	سامانه نیاز آب (ICHV مترمکعب در شهرستان)	سامانه نیاز آب (تین در شهرستان)	آمارنامه جهاد کشاورزی
اردبیل	3120	پارس آباد	2249	29482	28710	154079	141500
		بوکان	6590	118292	94073	369045	411881
آذربایجان غربی	40136	پیرانشهر	9099	90256	104522	520182	512751
		میاندوآب	7417	94979	101614	529764	507682
		نقده	6245	104303	93603	452813	416338
خراسان رضوی	26717	حیدریه	75749	71247	78539	307863	297684
		جوین	6101	90323	106892	457582	403624
خوزستان	10343	شوش	1261	17274	11193	114923	90268
سمنان	2867	شاهرود	862	13792	13895	68960	53896
		میامی	1865	24908	27105	158593	127845
فارس	12545	اقلید	6380	55082	68652	411548	377607
		مرودشت	3572	56412	56589	247161	228881
کرمانشاه	13994	اسلام آباد	5202	38162	75558	374006	330479
		کنگاور	2640	25856	37297	221752	179741
همدان	8425	اسد آباد	3106	41254	40095	224592	209451
		نهایوند	3328	46103	52000	257649	225030
	118147		متوسط‌گیری	13088	13856	71846	64205.6
			میانگین موزون	12805	13817.9	67957.1	62991.5

جدول ۴- مقایسه مقدار تبخیر-تعرق گیاه چغندر قند در مناطق مختلف با استفاده از روش اندازه‌گیری، سامانه نیاز آب، کتاب نیاز آبی گیاهان و سند ملی آب (هر روش به ترتیب، بر حسب مترمکعب در هکتار و هزار مترمکعب در شهرستان برآورد شد)

Table 4- Comparison of transpiration evaporation value of sugar beet plant from measurement method, water requirement system, plant water requirement book and national water document in the study areas

استان	شهرستان	سطح زیر کشت شهرستان (هکتار)	مقدار ET _c چغندر قند				
			اندازه‌گیری شده	اندازه‌گیری شده	سامانه نیاز آب	سامانه نیاز آب	کتاب نیاز آبی
اردبیل	پارس آباد	2250	8320	18719	7791	17529	8476
	بوکان	6590	9564	63028	8493	55969	9772
آذربایجان غربی	پیرانشهر	9099	6847	63211	8866	80675	9772
	میاندوآب	7416	8234	60997	7763	57575	9772
	نقده	6245	8563	53482	8508	53138	9772
خراسان رضوی	حیدریه	5749	14254	81952	9230	53065	11668
	جوین	6101	13070	79744	10280	62719	11668
خوزستان	شوش	1262	6981	88061	4425	5582	0
سمنان	شاهرود	862	12970	1180	9317	8031	9231
	میامی	1866	12979	24199	8646	16132	9231
فارس	اقلید	6381	7421	47295	7658	48863	8941
	مرودشت	3572	9939	35499	9537	34063	11869
کرمانشاه	اسلام آباد	5202	11711	60921	9704	50479	0
	کنگاور	2640	9699	25608	9790	25848	0
همدان	اسد آباد	4106	9440	29324	8954	27815	9502
	نهایوند	3329	10758	35812	9069	30189	10079
	متوسط		10051.5			8626.9	8107/3
	میانگین موزون		9763.8			8757.7	8815.4

جدول ۵ - نتایج تحلیل شاخص‌های آماری
Table 5 - Results of the analysis of statistical indicators

EF	d	NRMSE	RMSE	MBE	موارد مورد مقایسه
0.59	0.89	0.21	2029	-1.27	آب آبیاری سامانه و اندازه‌گیری شده
0.65	0.81	0.27	19952	15100	عملکرد چغندرقد سامانه و اندازه‌گیری شده
0.46	0.64	0.34	3.14	0.99	بهره‌وری سامانه و اندازه‌گیری شده
0.59	0.89	0.17	1510	321	ETc سامانه و اندازه‌گیری شده
0.62	0.85	0.15	1343	-290	ETc سامانه و کتاب
0.60	0.68	0.13	1171	39.17	ETc اندازه‌گیری و کتاب
0.65	0.79	0.14	1242	435	ETc سامانه و سند
0.58	0.71	0.29	21.62	14.11	راندمان کاربرد سامانه و اندازه‌گیری شده
0.72	0.81	0.15	8490	3458	عملکرد چغندرقد سامانه و آمارنامه
0.51	0.65	0.14	22400	18564	عملکرد چغندرقد آمارنامه و اندازه‌گیری شده

۴- نتیجه‌گیری

واقعی در مزرعه بوده است و با این حال مقدار ۷/۷ درصد خطا منطقی و قابل قبول است.

مقایسه نتایج مقدار آب آبیاری اندازه‌گیری و برآورد سامانه نیاز آب دارای خطای نرمال ۲۱ درصد و شاخص توافق ۰/۸۹ است و این نشان از کارایی مورد قبول سامانه است. لذا سامانه نیاز آب، توانایی برآورد مقدار آب آبیاری گیاه چغندرقد در سطح مزارع در مقیاس شهرستان را دارا بوده و قابل توجیه برای برآورد مقدار واقعی آب آبیاری چغندرقد در سطح کشور است. لازم به ذکر است که اندازه‌گیری آب آبیاری چغندرقد 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 وارثه گیاه، نوع خاک، شرایط تغذیه‌ای و تنش‌های محیطی دیگر و عوامل محیطی و محاطی در این خطا سهم دارند. در آخر، پیشنهاد می‌شود 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 تصمیم‌گیری‌ها قرار گیرد.

نتایج اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای در ۱۱۶ مزرعه در سطح ۱۶ شهرستان و هشت استان کشور با روش آبیاری متفاوت با منابع آبی مختلف آبیاری نشان داد که میانگین آب آبیاری گیاه چغندرقد از روش اندازه‌گیری در مزارع و برآورد شده سامانه نیاز آبی به ترتیب برابر با ۱۳۰۸۸ و ۱۳۸۵۶ مترمکعب در هکتار بود. نتایج میانگین‌گیری موزن مقدار آب آبیاری چغندرقد که توسط سامانه برآورد شده برابر با ۱۳۸۱۷/۹ مترمکعب در هکتار و به‌طور مستقیم از مزارع اندازه‌گیری شده برابر با ۱۲۸۰۵ مترمکعب در هکتار شد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت برای سطح ۱۴۰ هزار هکتار اراضی آبی چغندرقد حجم آب آبیاری برآورد شده توسط سامانه نیاز آب ۱/۹۴ میلیارد مترمکعب و حجم آب آبیاری اندازه‌گیری شده مزرعه‌ای برابر با ۱/۷۹ میلیارد مترمکعب شد. مقایسه نتایج دو روش نشان داد که در سطح کشور، حدود ۷/۷ درصد با هم اختلاف دارند. دلیل اختلاف به مبنای برآورد مقدار آب آبیاری برمی‌گردد، سامانه نیاز آب مقدار حجم آب آبیاری چغندرقد را بر مبنای نیاز آبی گیاه چغندرقد برآورد و با در نظر گرفتن روش‌های آبیاری و کارایی کاربرد آب آبیاری در مناطق محاسبه می‌کند، ولی در روش مستقیم بر مبنای اندازه‌گیری

منابع

نیتروژن بر دقت کارایی مدل Aqua Crop در شبیه‌سازی عملکرد و کارایی مصرف آب گوجه‌فرنگی. مهندسی آبیاری و آب / ایران، ۱۲(۳)، ۱۲۱-۱۳۶. doi:10.22125/IWE.2022.146391
اسدی، اسماعیل، اشرفی، ش.، باغانی، جواد، ریاحی، حمید، سهراب، ت.، رضایی، حسین، عباسی، فریبرز، کشاورز، ع.، مامن پوش، علیرضا، و میان‌آبی، ع. (۱۳۷۵). بررسی عملکرد روش‌های آبیاری سطحی تحت مدیریت زارعین. مجموعه مقالات دومین کنگره ملی مسایل آب و خاک کشور، تهران.

ابراهیمی‌پاک، نیازعلی (۱۳۸۹)، تعیین تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه چغندرقد با استفاده از لایسیمتر در شهرکرد. گزارش نهایی به شماره ۸۹/۹۰۹ مورخ ۱۳۸۹/۸/۹، موسسه تحقیقات خاک و آب، ۱۰۵ صفحه.
ابراهیمی‌پاک، نیازعلی (۱۳۸۹). تعیین واکنش عملکرد چغندرقد (Ky) به کم‌آبیاری در مراحل مختلف رشد. چغندرقد، ۲۶(۱)، ۶۷-۷۹. doi:10.22092/jsb.2010.762
ابراهیمی‌پاک، نیازعلی، اگدرنژاد، اصلان، تافته، آرش، و انصاری، محمدعلی (۱۴۰۱). اثر مدیریت‌های مختلف آب و تأمین کود

- باغانی، جواد، احمدآلی، ج.، اسلامی، ا.، بهراملو، رضا، قدمی فیروزآبادی، علی، اخوان، ک.، معیری، منصور، کریمی، م.، دهقانین، سیدابراهیم، اسلامی، ع.ر.، عباسی، فریبرز، اکبری، مهدی، عباسی، نادر، خسروی، ح.، غفاری، ز.، حسین زاده، ص.، نعمتی، ش.، سپهری، ف.، س.، آقایی، م.ج. و نخجوانی مقدم، محمدمهدی (۱۳۹۷). تعیین آب مصرفی چغندرقد در کشور. گزارش پژوهشی نهایی شماره ۵۴۶۳۳، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.
- برزی کار، محمدعلی، اگدرنژاد، اصلان، تافته، آرش، و ابراهیمی پاک، نیازعلی (۱۳۹۹). شبیه سازی عملکرد و بهره‌وری آب گندم در دشت هندوچان با استفاده از مدل Aqua Crop. *مدیریت آب در کشاورزی*، (۱۷)، ۵۳-۶۴. doi: 10.1001.1.24764531.1399.7.1.6.3
- تافته، آرش، و امداد، محمدرضا (۱۴۰۰). تعیین ضرایب حساسیت عملکرد محصول نسبت به آب (Ky) در مدیریت‌های کم آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه کینوا. *مدیریت آب در کشاورزی*، (۲۸)، ۱۰۱-۱۱۶. doi: 10.1001.1.24764531.1400.8.2.9.5
- جمالی، رضا، بشارت، سینا، یاسی، مهدی، و امیریور دیلمی، افشین. (۱۳۹۷). ارزیابی راندمان‌های آبیاری، کارایی مصرف و بهره‌وری آب در حوضه دریاچه ارومیه (مطالعه موردی شبکه آبیاری و زهکشی زرینه‌رود). *علوم آب و خاک*، ۲۲ (۳)، ۱۱۷-۱۳۰. doi: 10.29252/jstnar.22.3.117
- جوزی، مهدی، و زارع ایبانه، حمید (۱۳۹۴). شاخص‌های بهره‌وری و کارایی مصرف آب چغندرقد تحت سطوح مختلف آب و کود نیتروژنه. *حفاظت آب و خاک*، (۵)۲۲، ۱۱۷-۱۳۳. doi: 10.1001.1.23222069.1394.22.5.7.7
- دانش‌زاد، منوچهر، یوسفی فرد یداله، و قربانی، مریم (۱۳۹۸). محاسبه بهره‌وری فیزیکی و حجم آب مصرفی در کشت چغندرقد و تاثیر آن بر آب‌های زیرزمینی در شرایط خشکسالی شهرستان کوه‌دشت. *فصلنامه تخصصی علوم و مهندسی آب*، (۲۶)۹، ۵۷-۶۳.
- زارع ایبانه، حمید، آرام، مهران، و اخوان، سمیرا (۱۳۹۴). ارزیابی حجم آب مبادلاتی محصولات عمده زراعی استان همدان. *پژوهش آب ایران*، (۳)۳، ۱۵۱-۱۶۱.
- سلامی، حبیب‌اله. (۱۳۷۶). مفاهیم و اندازه‌گیری بهره‌وری در کشاورزی. *اقتصاد کشاورزی و توسعه*، (۱۸)۵، ۳۱-۳۷.
- شهابی‌فر، مهدی، و رحیمیان، محمدحسین (۱۳۸۶). تعیین نیاز آبی چغندرقد به روش لایسیمتری در مشهد. *چغندرقد*، (۲)۲۳، ۱۸۴-۱۷۷. doi: 10.22092/jsb.2007.1318
- عباسی، فریبرز، ناصری، ابوالفضل، سهراب، فرحناز، باغانی، جواد، عباسی، نادر، و اکبری، مهدی (۱۳۹۴). ارتقای بهره‌وری مصرف آب. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.
- عبدالزادگوهری، علی، تافته، آرش، ابراهیمی پاک، نیازعلی، و بابازاده، حسین (۱۴۰۰). برآورد ضرایب تنش، گیاهی و واکنش عملکرد به آب در بادام زمینی تحت سطوح مختلف آبیاری. *تحقیقات آب و خاک ایران*، (۱۱)۵۲، ۲۷۶۳-۲۷۷۴. doi: 10.22059/IJSWR.2021.331076.669083
- علیزاده، امین، و کمالی، غلامعلی (۱۳۸۶). نیاز آبی گیاهان در ایران. دانشگاه امام رضا (ع) مشهد، نشر آستان قدس رضوی.
- کریمی، محمد، و جلیلی، محمد (۱۳۹۶). بررسی شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات مهم زراعی، مطالعه موردی: دشت مشهد (یادداشت فنی). *آب و توسعه پایدار*، (۱)۴، ۱۳۳-۱۳۸. doi: 10.22067/jwsd.v4i1.52783
- کوچکی، علیرضا، نصیری محلاتی، مهدی، مرادی، روح‌اله، و منصور، حامد (۱۳۹۶). راهبردهای گذار از کشاورزی رایج به پایدار در ایران: بهبود کارایی مصرف نهاده‌ها. *بوم‌شناسی کشاورزی*، (۳)۹، ۶۱۸-۶۲۷. doi: 10.22067/jag.v9i3.27137
- کوچکی، عوض و سلطانی، افشین (۱۳۸۲). زراعت چغندرقد (ترجمه). جهاد دانشگاهی واحد مشهد، ۲۰۰ صفحه.
- کیخایی، فاطمه، و گنجی خرم‌دل، ناصر (۱۳۹۵). تأثیر کم آبیاری با دو روش نواری و شیری بر عملکرد و کارایی مصرف آب گندم هامون. *پژوهش آب در کشاورزی*، (۱)۳۰، ۱-۱۱. doi: 10.22092/jwra.2016.106197
- مروج الاحکامی، بیتا، ابراهیمی پاک، نیازعلی، تافته، آرش، و حسینی، سیدنرگس (۱۴۰۰). تحلیل حساسیت تبخیر-تعرق مرجع به پارامترهای هواشناسی مطالعه موردی: ایستگاه‌های سینوپتیک استان یزد. *تحقیقات آب و خاک ایران*، (۳)۵۳، ۲۸۷-۳۰۳. doi: 10.22059/IJSWR.2022.338161.669199
- محمدیان، رحیم، و باغانی، جواد (۱۳۹۶). آبیاری قطره‌ای-نواری در زراعت چغندرقد. *نشریه ترویجی سازمان تحقیقات*، ۲۷ صفحه.
- محمدیان، رحیم، طالقانی، داریوش، و صادق‌زاده حمایتی، سعید. (۱۳۸۹). اثر مدیریت‌های مختلف آبیاری بر برخی صفات کمی و کیفی چغندرقد. *چغندرقد*، (۲)۲۶، ۱۳۹-۱۵۶. doi: 10.22092/jsb.2011.941
- میرابوالقاسمی، هادی (۱۳۷۳). ارزیابی بازده آبیاری در تعدادی از شبکه‌های سنتی ایران. هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.

References

ASCE-EWRI, (2005). The ASCE standardized reference evapotranspiration equation. Technical Committee Report to the Environmental and Water Resources Institute of the American Society of Civil Engineers from the Task Committee on Standardization

of Reference Evapotranspiration, ASCE-EWRI, 1801 Alexander Bell Drive, Reston, VA 20191-4400, 173 pages.

Barbier, G. (1982). Effect of irrigation and harvesting dates on the yield of spring, sown sugar beet. *Agricultural Water management*,

- 5(4), 354-357. doi:10.1016/0378-3774(82)90012-9
- Caliandro, A., Taranton, E., & Rubino, P. (1990). Water consumption of sugar beet sown in the spring under the environmental conditions of southern Italy. *Rivista di Agronomia*, 14(3), 178-193.
- Chegini, M.A., Rezaei-rad, B., & Ghalebi, S. (2010). Determination of crop transpiration coefficient (Kc) at various growth stages of sugar beet. *Journal of Plant Ecophysiology*, 2(1), 3-31.
- Doorenbos, J., & Kassam, A.H. (1979). Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage, Paper No.33, Rome, FAO.
- Daneshzad, N., Manouchehr, Y., Yadaleh, G., & Maryam, B. (2020). Physical productivity and volume of water calculation used in sugar beet cultivation and its effect on groundwater in drought conditions of Kuhdasht city of Iran. *Water science and engineering*, 26(9), 57-63. [In Persian]
- Ebrahimipak, N.A. (2010). Determination of yield response factor (Ky) of sugar beet to deficit irrigation at different growth stages. *Journal of Sugar Beet*, 26 (1), 67-79. doi:10.22092/JSB.2010.762 [In Persian]
- English, M., & Raja, S.N. (1996). Perspectives on deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 1996(32), 1-14.
- Jafari najafabadi, M.S., Tafteh, A., & Ebrahimipak, N. (2022). Determining the Water Requirement and Applied Water of Bell Pepper in the Greenhouse and Comparing It with the Results of the Water Requirement System. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 53(8), 1831-1848. doi: 10.22059/ijswr.2022.345968.669321
- Jamali, R., Besharat, S., Yasi, M., & Amirpour Deylami, A. (2018). Assessment of the application efficiency, water use efficiency and productivity of irrigated water in the Urmia Lake Basin (Case Study: Zarineh Road). *Irrigation and Drainage Network*, 22(3), 117-130. doi:10.29252/jstnar.22.3.117
- Jamieson, P.D., Porter, J.R., & Wilson, D.R. (1991). A test of the computer simulation model ARCWHEAT1 on wheat crops grown in New Zealand. *Field Crop Research*, 27, 337-350. doi:10.1016/0378-4290(91)90040-3
- Karimi, M., & Jolaini, M. (2017). Evaluation of agricultural water productivity indices in major field crops in Mashhad Plain (technical note). *Journal of Water and Sustainable Development*, 4(1), 133-138. doi:10.22067/JWSD.V4I1.52783 [In Persian]
- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Moradi, R., & Mansouri, H. (2017). Strategies of transition to sustainable agriculture in Iran I- improving resources use efficiency. *Journal of Agroecology*, 9(3), 618-637. doi: 10.22067/JAG.V9I3.27137 [In Persian]
- Kochaki, A., & Soltani, A. (1996). *Cultivation of sugar beet*. Publications of Mashhad University Jihad, 200 pages. [In Persian]
- Keykhaei, F., & Ganjikhorrandel, N. (2016). Effect of deficit irrigation in corrugation and border methods on yield and water use efficiency of wheat cv. Hamoon. *Journal of Water Research in Agriculture*, 30(1), 1-11. doi: 20.1001.1.22287140.1395.30.1.1.2.7.3 [In Persian]
- Molden, D. (1997). Accounting for Water Use and Productivity. SWMI Paper, International Water Management Institute, Colombo.
- Mansouri, M., Babazadeh, H., Emdad, M.R., & Taleghani, D. (2017). Effect of deficit irrigation management on qualitative and quantitative yield of sugar beet (Beta Vulgaris L.) in Karaj, Iran. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(1), 455-466. doi:10.15666/aeer/1601_455466
- Mohammadian, R., Fatollah Taleghani, D., & Sadeghzadeh hemayati, S. (2011). Effect of different irrigation managements on quantity and quality of sugar beet. *Journal of Sugarbeet*, 26(2), 139-156. doi: 10.22092/JSB.2011.941 [In Persian]
- Moutonnet, P. (2002). Yield response factors of field crops to deficit Irrigation. *F.A.O Irrigatices and drainage paper 22*, Rome, Italy.
- Pruitt, W.O., Fereres, E., Kaita, K., & Snyder, R.L. (1987). Reference evapotranspiration (ET₀) for California. *Agriculture and Experiment Station Bulletin 1922*, University of California.
- Salami, H.A. (1997). Concepts and measurement of productivity in agriculture. *Agricultural Economics and Development*, 18, 7-32. [In Persian]
- Sahin, U.S., Orsi, F., Kiziloglul, M., & Kuslu, Y. (2014). Evaluation of water use and yield responses of drip-irrigated sugar beet with different irrigation techniques. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 74(3), 302-310.
- Seyedan, S.M., & Mansouri, H. (2019). Water productivity in sugar beet cultivation under classical and furrowirrigation system in Hamedan Province. *Journal of Agroecology*, 11(2), 673-686.
- Shahabifar, M., & Rahimian, M.H. (2007). Measurement of sugar beet water requirements by lysimeter method in Mashhad. *Journal of Sugarbeet*, 23(2), 177-184. doi: 10.22092/JSB.2007.1318 [In Persian]
- Tafteh, A., Ebrahimipak, N.A., Babazadeh, H., & Kaveh, F. (2013). Evaluation of improvement of crop production functions for simulation winter wheat yields with two types of yield response factors. *Journal of Agricultural Science*, 5, 111-122.

Willmott, C.J. (1982). Some comments on the evaluation of model performance. *Bulletin of American Meteorology Society*, 63, 1309-1313.