Iranian Journal of Soil and Water Research ISNN: 2423-7833
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

# Determination of the Volume of Applied Water and Water Productivity Indices in Cucumber Production Fields in Iran

**Nader Abbasi[1]✉ | Fariborz Abbasi i[2] Reza Bahramloo[3] | Abolfazl Naseri[4] Samira Vahedi[5] Samar Behrouzinia[6] Esmaeil Moghbeli[7] Eshagh Zaree[8] | Ebrahim Dehghanian[9] Mohammad Khorramian[10] | Ali Ghadami[11] Mohammad Karimi[12] Saloome Sepehri Sadeghian[13] Mohammad Mahdi Nakhjavanimoghaddam[14]**

1. Corresponding Author, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: nader_iaeri@yahoo.com
2. Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: fariborzabbasi@ymail.com
3. Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Hamedan, Iran. E-mail: bahramloo@gmail.com
4. Azarbayejan Sharghi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tabriz, Iran. E-mail: ab.naseri@areeo.ac.ir
5. Zanjan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zanjan, Iran. E-mail: samva4s@gmail.com
6. Zanjan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zanjan, Iran. E-mail: s_behrouzinia@yahoo.com
7. Jiroft Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Jiroft, Iran. E-mail: e.moghbeli@areeo.ac.ir
8. Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbass, Iran. E-mail: zare505@gmail.com
9. Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran. E-mail: sed1348@yahoo.com
10. Safi Abad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Dezfool, Iran. E-mail: khorramy.mohamad@yahoo.com
11. Hamadan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Hamadan, Iran. E-mail: aghadami@gmail.com
12. Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran. E-mail: karimi.irri@gmail.com
13. Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran sepehri_saloome@yahoo.com
14. Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. mehdin55@yahoo.com

## Article Info

**Article type:** Research Article

**Article history:**

**Received:** Nov. 30, 2023

**Revised:** Jan. 12, 2024

**Accepted:** Feb. 3, 2024

**Published online:** April. 2024

**Keywords**:
Irrigation Water,
Cucumber,
Yield,
Water Requirement.

## ABSTRACT

The constraints of water resources and the imperative to enhance water efficiency in the production of vegetables and summer crops, on one hand, along with the economic importance of cucumber production in the country, on the other hand, reveal the necessity of investigating management indicators in cucumber production. The present study was conducted on a national scale with the objective of directly determining the applied water and water productivity indices in cucumber production fields across the country during a single crop year (1399-1400) in more than 180 selected farms, including about 70% of the cultivated area of cucumbers in the country. The results of the study revealed a highly significant disparity in various parameters among the selected provinces, including the volume of irrigation water, applied water (the sum of irrigation and effective precipitation), yield, and water productivity indices. The volume of applied water for cucumber cultivation exhibited notable variation, ranging from 4158 m3/ha in Hormozgan province to 8898 m3/ha in Razavi Khorasan province. The weighted average of applied water volume was calculated to be 7043 m3/ha. Similarly, the average yield of cucumbers displayed considerable diversity, ranging from 12750 Kg/ha in Zanjan province to 32956 Kg/ha in Razavi Khorasan province. The weighted average yield stood at 25219 Kg/ha. The calculated water productivity indices for both irrigation water and applied water were 4.27 Kg/m3 and 4.20 Kg/m3, respectively. Notably, the province with the lowest applied water productivity was Zanjan (2.21 Kg/m3), while the highest was observed in Fars province (6.59 Kg/m3). Based on the results, the total water requirement for cultivating cucumbers across an area of 55000 hectares in the country was estimated to be 330 MCM.

Cite this article: Abbasi, N., and Abbasi. F., Bahramloo, R., Naseri, A., Vahedi, S., Behrouzinia, S., Moghbeli, E., Zaree, E., Dehghanian, E., Khorramian, M., Ghadami, A., Karimi, M., Sepehri Sadeghian, S., & Nakhjavanimoghaddam, M. M., (2024) Determination of the Volume of Applied Water and Water Productivity Indices in Cucumber Production Fields in Iran, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 55 (2), 329-343. https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.368793.669611

© The Author(s). Publisher: The University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.368793.669611

مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۵، شماره ۲ شاپا: ۷۸۳۳-۲۴۲۳
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

# تعیین حجم آب کاربردی و شاخص بهره‌وری آب در مزارع تولید خیار در کشور

نادر عباسی[1]✉ | فریبرز عباسی[2] | رضا بهراملو[3] | ابوالفضل ناصری[4] | سمیرا واحدی[5]| ثمر بهروزی‌نیا[6]| اسماعیل مقبلی[7] | اسحق زارع[8] | ابراهیم دهقانیان[9]| محمد خرمیان[10]| علی قدمی[11]| محمد کریمی[12]| سالومه سپهری صادقیان[13]| محمدمهدی نخجوانی مقدم[14] |

۱. نویسنده مسئول، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: nader_iaeri@yahoo.com

۲. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: fariborzabbasi@ymail.com

۳. بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، همدان، ایران. رایانامه: bahramloo@gmail.com

۴. بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، تبریز، ایران. رایانامه: ab.naseri@areeo.ac.ir

۵. بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: samva.edu@gmail.com

۶. بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: s_behrouzinia@yahoo.com

۷. بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب کرمان، جیرفت، ایران. رایانامه: e.moghbeli@areeo.ac.ir

۸. بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان، بندر عباس، ایران. رایانامه: zare505@gmail.com

۹. بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس شیراز، ایران. رایانامه: sed1348@yahoo.com

۱۰. بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد دزفول، دزفول، ایران. رایانامه: khorramy.mohamad@yahoo.com

۱۱. بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، همدان، ایران. رایانامه: aghadami@gmail.com

۱۲. بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد، ایران. رایانامه: karimi.irri@gmail.com

۱۳. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: sepehri_saloome@yahoo.com

۱۴. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: mehdin55@yahoo.com

**اطلاعات مقاله**

**نوع مقاله:** مقالهٔ پژوهشی

**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۲/۹/۹
**تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۲/۱۰/۲۲
**تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۲/۱۱/۱۴
**تاریخ انتشار:** اردیبهشت ۱۴۰۳

**واژه‌های کلیدی:**
آب آبیاری،
خیار،
عملکرد،
نیاز آبی.

**چکیده**

محدودیت منابع آب و ضرورت بهبود بهره‌وری آب در تولید محصولات سبزی و صیفی ازیک سو و اهمیت اقتصادی تولید خیار در کشور از سوی دیگر، لزوم بررسی شاخص‌های مدیریتی در تولید خیار را آشکار می‌نماید. پژوهش حاضر با هدف تعیین مستقیم آب کاربردی خیار (مجموع حجم آب آبیاری و بارندگی) و شاخص‌های بهره‌وری آب آبیاری در مزارع تولید خیار کشور بدون دخالت در برنامه آبیاری کشاورزان در طول یک سال زراعی (۱۳۹۹-۱۴۰۰) انجام شد. از این رو، حجم آب آبیاری و عملکرد خیار در بیش از ۱۸۰ مزرعه منتخب و مشتمل بر حدود ۷۰ درصد سطح زیرکشت خیار در کشور اندازه‌گیری گردید. نتایج حاکی از آن است که تفاوت بسیار معنی‌داری در حجم آب آبیاری، آب کاربردی، عملکرد و شاخص‌های بهره‌وری آب در استان‌های منتخب وجود دارد. حجم آب کاربردی خیار در مزارع منتخب از ۴۱۵۸ مترمکعب در هکتار در استان هرمزگان تا ۸۸۹۸ مترمکعب در هکتار در استان خراسان رضوی متغیر است و میانگین وزنی آن ۷۰۴۳ مترمکعب در هکتار حاصل شد. میانگین عملکرد خیار از ۱۲۷۵۰ کیلوگرم بر هکتار در استان زنجان تا ۳۲۹۵۶ کیلوگرم بر هکتار در استان خراسان رضوی متغیر و میانگین وزنی آن ۲۵۲۱۹ کیلوگرم بر هکتار است. شاخص‌های بهره‌وری آب آبیاری و آب کاربردی به‌ترتیب ۴/۲۷ و ۴/۲۰ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمد این در حالی است که کمترین مقدار شاخص بهره‌وری آب کاربردی در استان زنجان (۲/۲۱ کیلوگرم بر مترمکعب) و بیشترین مقدار آن در استان فارس (۶/۵۹ کیلوگرم بر مترمکعب) بود.برمبنای نتایج حاصل، حجم کل آب مورد نیاز ۵۵ هزار هکتار سطح زیرکشت خیار در کشور، ۳۳۰ میلیون مترمکعب برآورد گردید.

استناد: عباسی؛ نادر، عباسی؛ فریبرز، بهراملو؛ رضا، ناصری؛ ابوالفضل، واحدی؛ سمیرا، بهروزی‌نیا؛ ثمر، مقبلی؛ اسماعیل، زارع؛ اسحق، دهقانیان؛ ابراهیم، خرمیان؛ محمد، قدمی؛ علی، کریمی؛ محمد، سپهری صادقیان؛ سالومه، نخجوانی مقدم؛ محمدمهدی، (۱۴۰۳) تعیین حجم آب کاربردی و شاخص بهره‌وری آب در مزارع تولید خیار در کشور، *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۵ (۲)، ۳۴۳-۳۲۹. https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.368793.669611

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2024.368793.669611

## مقدمه

خیار از رایج‌ترین و پرمصرف‌ترین سبزی‌ها و صیفی‌جات خوراکی در ایران است که در مناطق مختلف کشور کشت می‌شود. مطابق آمار وزارت جهاد کشاورزی، این محصول در بیشتر نقاط کشور به دو صورت محصول زمستانه و تابستانه کشت می‌شود (بی نام ۱۴۰۲). خیار در خاک‌های لومی و سیلتی حاصلخیز با pH بین کمی اسیدی تا کمی قلیایی با زهکشی خوب رشد سریع داشته و به آبیاری مداوم و یکنواخت احتیاج دارد (فرامرزپور و همکاران، ۱۳۹۱). اگرچه نیاز آبی خیار در حدود ۵۰۰۰–۴۰۰۰ مترمکعب در هکتار در طی فصل رشد برآورد می‌شود ولی در خصوص میزان آب مصرفی آن در شرایط مزرعه‌ای، آمار قابل استنادی وجود ندارد.

ملایی و ریاحی (۱۳۸۶) نشان دادند میزان آب مورد نیاز گیاه در شرایط کشت داخل گلخانه در حدود ۷۶۶۰ مترمکعب در هکتار می‌باشد. مصلحی و همکاران (۱۳۹۰) مقدار کل تبخیر و تعرق خیار طی ۱۱۰ روز دوره رشد، حدود ۲۰۲ میلی‌متر به دست آوردند. افراسیاب و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی آبیاری بر اساس سه پتانسیل ۶۰،۴۵ و ۷۵ سانتی‌بار، میزان آب مصرفی خیار گلخانه‌ای در جیرفت را به ترتیب ۶۳۰۰، ۵۱۰۰ و ۳۹۰۰ مترمکعب در هکتار تعیین نمودند. کریمی و جلینی (۱۳۹۶) در پژوهشی، به تعیین شاخص بهره‌وری آب کشاورزی محصولات مهم زراعی در دشت مشهد پرداختند. بر این اساس، نیاز آبی ناخالص خیار با استفاده از داده‌های هواشناسی، ۱۱۷۵۳ مترمکعب در هکتار محاسبه گردید و شاخص بهره‌وری آن ۱/۱۶ کیلوگرم در هکتار تعیین شد. رضاوردی نژاد و همکاران (۱۳۹۶)، میزان نیاز آبی خیار را طی ۱۳۰ روز طول دوره رشد، ۲۷۲/۴ میلی‌متر گزارش نمودند. قدمی فیروزآبادی و همکاران (۱۳۹۹) میزان عملکرد محصول خیار در شرایط محیط باز با استفاده از آبیاری قطره‌ای در استان همدان را ۴۰ تا ۸۷ تن در هکتار و به‌طور میانگین ۶۹/۸ تن در هکتار گزارش نمودند. میانگین حجم آب مصرفی در مزارع تولید خیار با استفاده از آبیاری قطره‌ای از ۶۰۰۰ تا ۸۷۵۰ مترمکعب در هکتار متغیر و به‌طور میانگین ۷۹۴۸ مترمکعب در هکتار تعیین شد.

در پژوهش انجام شده توسط Chartzoulakis *et al.*,(1999)، آب مصرفی خیار ۲۹۰ میلی‌متر، در طول ۱۰۵ روز فصل رشد تعیین شد. Wang *et al.*,(1999) نشان دادند با افزایش میزان آب مصرفی، میزان محصول تولیدی افزایش ولی کیفیت محصول اندکی کاهش می‌یابد. Şimşek *et al.*, (2005) نشان دادند که با کاهش آب کاربردی، راندمان گیاه نیز به‌طور چشمگیری کاهش می‌یابد. Liu *et al.*, (2022) در پژوهشی به بررسی تاثیر آبیاری قطره‌ای بر شاخص بهره‌وری مصرف آب و عملکرد خیار و مزایای اقتصادی کشت خیار در کشور چین پرداختند. نتایج نشان داد، در روش آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری فارو عملکرد حاصل از فروش محصول ۴/۳ درصد افزایش داشته است. با این حال، عمق کل آبیاری فصلی در روش قطره‌ای تقریباً ۵۰ درصد کمتر از آبیاری فارو بود. همچنین شاخص بهره‌وری در روش فارو ۰/۴۱ و در روش قطره‌ای ۰/۷۹ بدست آمد.

بررسی مطالعات انجام شده حاکی از آن است که تحقیقات جامعی درخصوص اندازه‌گیری حجم آب آبیاری خیار در شرایط مدیریت بهره‌بردار و همچنین در مقیاس گسترده و ملی انجام نشده است. بیشتر این گزارش‌ها به صورت موردی و با اهدافی متفاوت از اندازه‌گیری آب آبیاری، انجام شده است. از این رو، پژوهش حاضر با هدف اندازه‌گیری مزرعه‌ای آب آبیاری و آب کاربردی خیار و بهره وری آب در قطب‌های تولید این محصول در کشور طرح‌ریزی و محقق شد.

## روش پژوهش

پژوهش حاضر در مقیاس ملی و با هدف تعیین مستقیم آب کاربردی خیار در قطب‌های تولید خیار کشور در طول یک سال زراعی (۱۳۹۹–۱۴۰۰) انجام شد. بر اساس آمارنامه وزارت جهادکشاورزی، سطح زیرکشت آبی خیار در کشور، ۲۲۵۸۰ هکتار با تولید کل ۵۷۷ هزار تن محصول است (بی نام، ۱۴۰۲). مناطق هدف در مطالعه حاضر، مناطق جنوب کرمان، استان‌های هرمزگان، فارس، خوزستان، زنجان، آذربایجان‌شرقی، لرستان، همدان و خراسان‌رضوی انتخاب گردید که دارای حدود ۷۰ درصد سطح زیرکشت خیار در کل کشور می‌باشد (جدول ۱). روش آبیاری اغلب مزارع خیار در کشور آبیاری تحت‌فشار (قطره‌ای نواری و قطره‌ای) و آبیاری سطحی (جویچه‌ای و نواری) است. در برخی استان‌های مورد مطالعه از جمله خوزستان، فارس و لرستان مزارع آبیاری تحت‌فشار برای اندازه‌گیری حجم آب آبیاری یافت نشد. ازاین‌رو، در این مناطق، روش آبیاری همه مزارع منتخب سطحی بود. در مجموع، روش آبیاری ۵۲ درصد مزارع مورد مطالعه، روش سطحی (جویچه‌ای و نواری) و سایر مزارع، قطره‌ای و قطره‌ای نواری بود. مزارع مورد مطالعه با هماهنگی مراکز خدمات و مدیریت‌های جهاد کشاورزی هر استان به نحوی انتخاب شدند که شرایط متنوعی از مشخصات مزرعه را داشته باشند. بدین منظور اطلاعات مربوط به مزرعه، محصول و مدیریت زراعی شامل مساحت مزرعه، بافت خاک، میزان شوری آب و خاک، نوع سیستم و روش آبیاری، تعداد آبیاری،

دوره رشد، رقم گیاه، مدیریت زراعی، تاریخ کاشت، موقعیت جغرافیایی و نوع اقلیم منطقه، سطح آگاهی زارع و مدیریت زراعی و سایر اطلاعات در دسترس در قالب فرم اطلاعاتی ویژه برای هر یک از مزارع مورد ارزیابی تکمیل گردید تا در ارزیابی های بعدی مورد استفاده و توجه قرار گیرند.

**جدول ۱. شهرستان‌های مورد مطالعه و تعداد مزارع انتخابی در هر استان**

| ردیف | استان | درصد از کل سطح زیرکشت کشور | شهرستان‌های مورد مطالعه | تعداد مزارع |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | جنوب کرمان | ۲۸ | رودبار جنوب، کهنوج، جیرفت، منوجان | ۳۴ |
| ۲ | خوزستان | ۱۰/۲ | شوش، دشت آزادگان، حمیدیه، دزفول | ۳۰ |
| ۳ | هرمزگان | ۸/۲ | میناب و رودان | ۵ |
| ۴ | فارس | ۷/۲ | مرودشت، بوانات، پاسارگارد و داراب | ۱۱ |
| ۵ | همدان | ۴/۸ | کبودرآهنگ، بهار و رزن | ۲۴ |
| ۶ | خراسان رضوی | ۳ | مشهد، کاشمر، نیشابور، قوچان | ۲۹ |
| ۷ | لرستان | ۲/۸ | پلدختر و سلسله | ۲۶ |
| ۸ | آذربایجان‌شرقی | ۲/۲ | سراب، شبستر و ملکان | ۱۳ |
| ۹ | زنجان | ۱/۶ | خدابنده، زنجان | ۱۰ |
| | جمع | | | ۱۸۲ |

بمنظور تعیین حجم آب آبیاری و حجم آب کاربردی (آب آبیاری و بارش مؤثر ده ساله) خیار، حجم آب داده‌شده بدون دخالت در برنامه آبیاری کشاورزان و با استفاده از فلوم و یا کنتورهای حجمی و اولتراسونیک اند شد. با توجه به تغییرات احتمالی دبی منابع آب انتخابی، دبی چند نوبت در طول فصل زراعی اندازه‌گیری شد. تعداد نوبت‌های آبیاری و مدت‌زمان هر نوبت آبیاری بطور مجزا ثبت و اندازه‌گیری حجم آب آبیاری در همه نوبت‌های آبیاری در طول یک فصل زراعی کامل انجام شد. بارندگی مؤثر سال انجام آزمایش به روش SCS برآورد گردید (SCS, 1972).

نیاز آبی خالص روزانه گیاه خیار در هر منطقه با استفاده از داده‌های هواشناسی نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه اجرای طرح در سال انجام پژوهش (در محدوده فصل کاشت تا برداشت خیار) با استفاده از روش فائو-پنمن-مانتیث محاسبه گردید. راندمان کاربرد آب در مزرعه با استفاده از نسبت نیاز آبی خالص به حجم آب داده‌شده، برآورد شد. این روش متوسطی از شاخص راندمان کاربرد آب را در فصل زراعی ارائه می‌دهد.

بمنظور ارزیابی تغییرات عملکرد، حجم آب آبیاری، راندمان کاربرد و شاخص بهره‌وری آب خیار، تحلیل واریانس مورد استفاده قرار گرفت. همچنین، کفایت تعداد مزارع برای اندازه‌گیری حجم آب کاربردی و عملکرد خیار برمبنای رابطهٔ ۱ تعیین شد (سرمد و همکاران، ۱۳۸۴).

$$n = \frac{Z^2\sigma^2}{(\bar{X} - \mu)^2}$$ رابطهٔ ۱)

که در آن، n= تعداد اندازه‌گیری‌های لازم برای تحلیل واریانس عملکرد و حجم آب کاربردی در تولید خیار در سطح کشور، z=۱/۹۶ (برای سطح اعتماد ۹۵ درصد)، $\sigma^2$= واریانس جمعیت، $\mu$= میانگین جمعیت، و $\bar{X}$= میانگین اندازه‌گیری‌ها است. شاخص بهره‌وری آب آبیاری از تقسیم عملکرد خیار (کیلوگرم در هکتار) به مجموع حجم آب داده شده در تولید خیار (مترمکعب در هکتار) و بهره‌وری آب کاربردی (آب آبیاری و بارش مؤثر ده ساله) از نسبت عملکرد خیار (کیلوگرم در هکتار) به مجموع حجم آب داده شده و بارندگی مؤثر در فصل رشد در تولید خیار (مترمکعب در هکتار) به دست آمد.

آب موردنیاز برای آبشویی مزارع مورد مطالعه بر اساس نشریه فائو ۲۶ در آبیاری سطحی و تحت فشار از رابطه ۲ و برای آبیاری قطره‌ای از رابطه ۳ برآورد شد (Ayers & Westcot, 1976).

$$LR = \frac{EC_w}{5EC_e - EC_w}$$ رابطهٔ ۲)

$$LR = \frac{EC_w}{2MaxEC_e}$$ رابطهٔ ۳)

که در آن،

$EC_w$ هدایت الکتریکی آب آبیاری، $EC_e$ آستانه تحمل محصول و $MaxEC_e$ شوری با عملکرد صفر است.

## یافته‌های پژوهش

در طرح‌های آزمایشی مرسوم، عوامل غیر از تیمارهای آزمایشی، به‌طور معمول، تحت کنترل پژوهش‌گر می‌باشد. در این طرح، به دلیل تنوع احتمالی اقلیمی، تنوع مدیریت زراعی، تنوع بافت خاک، نیاز آبی و تنوع در عوامل شناختی و گیاهی، انتظار بر این است که ضریب تغییرات و واریانس داده‌های اندازه‌گیری شده زیاد باشد. از این رو، بمنظور ارزیابی نهایی و کسب اطمینان از قابلیت تعمیم داده‌ها به کل کشور، محاسبه شاخص کفایت (برمبنای رابطه ۱) تعداد اندازه‌گیری‌های لازم برای محاسبه پارامترهای حجم آب آبیاری، حجم آب کاربردی و عملکرد خیار امری ضروری است. نتایج محاسبات شاخص کفایت و شاخص‌های آماری در جدول ۲ نشان داده شده است. طبق نتایج حاصله، تعداد اندازه‌گیری‌های حجم آب آبیاری و حجم آب کاربردی و عملکرد خیار در مزرعه چندین برابر تعداد لازم برای کفایت داده‌ها در نظر گرفته شده است تا از نظر آماری، نتیجه‌گیری‌های پژوهش، قابلیت اعتماد و اطمینان داشته باشد. در این پژوهش، تعداد اندازه‌گیری‌ها برای حجم آب آبیاری، حجم آب کاربردی و عملکرد خیار به ترتیب ۱۸۲، ۱۸۲ و ۲۰۷ اندازه‌گیری است که حدود چهار برابر تعداد اندازه‌گیری‌های لازم (مستخرج از رابطه ۱) می‌باشد. بنابراین کفایت داده‌ها برای تحلیل‌های آماری کمیت‌های مذکور، قابل اعتماد است.

**جدول ۲. میانگین، انحراف معیار و کفایت اندازه‌گیری‌ها در مزارع خیار**

| شاخص آماری | حجم آب آبیاری* | حجم آب کاربردی* | عملکرد خیار* |
|---|---|---|---|
| میانگین | ۶۸۱۴ | ۷۰۴۳ | ۲۵۲۱۹ |
| انحراف معیار | ۲۳۹۵ | ۲۴۵۴ | ۸۹۹۸ |
| **کفایت اندازه‌گیری‌ها** | **در حجم آب آبیاری** | **در حجم آب کاربردی** | **در عملکرد خیار** |
| تعداد اندازه‌گیری لازم | ۴۸ | ۴۷ | ۴۹ |
| تعداد اندازه‌گیری‌های انجام‌شده | ۱۸۲ | ۱۸۲ | ۲۰۷ |

* حجم آب آبیاری و حجم آب کاربردی بر حسب مترمکعب بر هکتار و عملکرد خیار بر حسب کیلوگرم بر هکتار است.

تغییرات حجم آب آبیاری خیار در ۹ استان منتخب آذربایجان شرقی، خراسان رضوی، خوزستان، زنجان، فارس، لرستان، هرمزگان، همدان و منطقه جنوب کرمان برمبنای تحلیل واریانس ارزیابی گردید (جدول ۳). نتایج حاصل از تحلیل نشان داد، تفاوت آب آبیاری در استان‌های مذکور در سطح احتمال کم‌تر از یک درصد معنی‌دار است.

**جدول ۳. تحلیل واریانس حجم آب آبیاری در تولید خیار در استان‌های منتخب کشور**

| منبع تغییرات | مجموع مربعات | درجه آزادی | میانگین مربعات | مقدار F | مقدار P |
|---|---|---|---|---|---|
| بین استان‌ها | ۴/۸×۱۰^۸ | ۸ | ۶/۰×۱۰^۷ | ۱۸/۹ | کم‌تر از یک درصد |
| درون استان‌ها | ۵/۵×۱۰^۸ | ۱۷۲ | ۳/۲×۱۰^۶ | | |
| کل کشور | ۱/۰×۱۰^۹ | ۱۸۰ | | | |

پس از اندازه‌گیری حجم آب آبیاری خیار در هر یک از مزارع، میانگین حجم آب آبیاری در هر یک از استان‌های منتخب تعیین و مطابق جدول ۴ در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه گردید. بر مبنای میانگین حجم آب آبیاری، استان‌های کشور به سه خوشه تقسیم شدند. در خوشه اول، حجم آب آبیاری در استان‌های هرمزگان (۴۱۵۸ مترمکعب در هکتار)، فارس (۴۲۳۴ مترمکعب در هکتار)، جنوب کرمان (۴۷۶۱ مترمکعب در هکتار) و زنجان (۵۱۹۱ مترمکعب در هکتار)؛ در خوشه دوم، حجم آب آبیاری در استان‌های همدان (۷۰۲۰ مترمکعب در هکتار)، آذربایجان‌شرقی ( ۷۳۱۱ مترمکعب در هکتار) و خوزستان (۷۴۴۴ مترمکعب در هکتار) و در خوشه سوم، حجم آب آبیاری در استان‌های لرستان (۸۴۶۱ مترمکعب در هکتار) و خراسان رضوی (۸۷۴۵ مترمکعب در هکتار) قرار دارند. حداقل و حداکثر حجم آب آبیاری خیار در استان‌های هرمزگان و خراسان رضوی ثبت شده است. (جدول ۴).

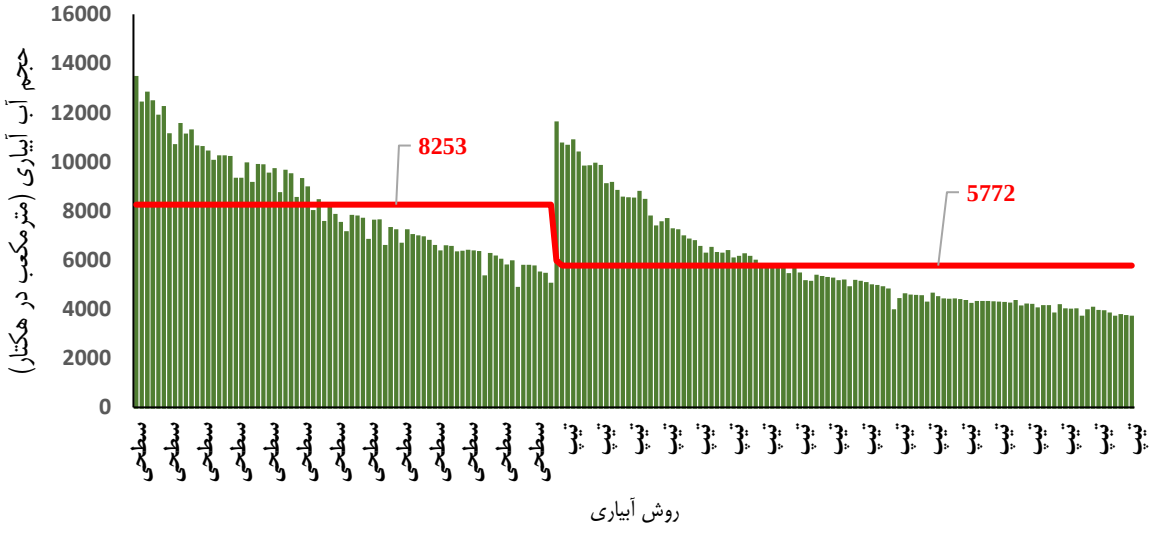
جدول ٤. میانگین حجم آب آبیاری مزارع خیار در استان‌های منتخب کشور

| ردیف | خوشه | استان | میانگین آب آبیاری (متر مکعب در هکتار) | رتبه مقایسه‌ای* |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | اول | هرمزگان | ۴۱۵۸ | a |
| ۲ | | فارس | ۴۲۳۴ | a |
| ۳ | | جنوب کرمان | ۴۷۶۱ | a |
| ۴ | | زنجان | ۵۱۹۱ | a |
| ۵ | دوم | همدان | ۷۰۲۰ | b |
| ۶ | | آذربایجان شرقی | ۷۳۱۱ | b |
| ۷ | | خوزستان | ۷۴۴۴ | bc |
| ۸ | سوم | لرستان | ۸۴۶۱ | c |
| ۹ | | خراسان رضوی | ۸۷۴۵ | d |

* میانگین‌های اعداد در ستون رتبهٔ مقایسه‌ای باحروف مشابه، اختلاف معنی‌دار ندارند.

روش آبیاری مورد استفاده در مزارع خیار استان‌های منتخب در ۵۲ درصد موارد، آبیاری سطحی (بیشتر جویچه‌ای) و در ۴۸ درصد بقیه، آبیاری تحت فشار بوده است. در سه استان آذربایجان‌شرقی، خراسان رضوی و لرستان، مزارع به هر دو روش قطره‌ای نواری و جویچه‌ای آبیاری می‌شوند. به‌جز مزارع استان خوزستان که فقط با روش جویچه‌ای آبیاری می‌شوند، در سایر استان‌های مورد مطالعه، روش آبیاری قطره‌ای نواری مورد استفاده قرار گرفته است. میانگین حجم آب آبیاری مزارع قطره‌ای نواری از ۳۹۳۶ مترمکعب بر هکتار در استان آذربایجان شرقی تا ۸۰۶۱ مترمکعب بر هکتار در استان خراسان رضوی متغیر و متوسط وزنی آن ۵۷۷۲ مترمکعب بر هکتار بود. حجم آب آبیاری مزارع جویچه‌ای از ۷۴۴۴ تا ۹۷۱۵ مترمکعب بر هکتار به ترتیب در استان‌های خوزستان و خراسان رضوی متغیر و میانگین وزنی آن ۸۲۵۳ مترمکعب بر هکتار بود (شکل ۱).

تفاوت حجم آب آبیاری در شرایط بکارگیری انواع روش‌های آبیاری (قطره‌ای نواری و جویچه‌ای) در مزارع منتخب، حاکی از کاهش حدود ۳۰ درصدی مصرف آب در روش آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به روش آبیاری جویچه‌ای است. صدرقاین (۱۳۹۱) در بررسی سطوح مختلف آبیاری و روش‌های مختلف آبیاری قطره‌ای در ورامین، تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی و قرارگیری نوار آبیاری در سطح خاک را برای آبیاری خیار توصیه کرده است.




شکل ۱. حجم آب آبیاری خیار در مزارع مختلف استان‌های منتخب در کل کشور به تفکیک روش آبیاری

تغییرات حجم آب کاربردی خیار در استان‌های منتخب با حدود ۷۰ درصد سطح زیرکشت خیار در کل کشور، برمبنای تحلیل واریانس ارزیابی گردید (جدول ۵). نتایج حاصل از تحلیل نشان داد، تفاوت آب کاربردی در استان‌های مذکور در سطح احتمال کم‌تر از یک درصد

معنی‌دار است.

**جدول ۵. تحلیل واریانس حجم آب کاربردی در تولید خیار در استان‌های منتخب کشور**

| منبع تغییرات | مجموع مربعات | درجه آزادی | میانگین مربعات | مقدار F | مقدار P |
|---|---|---|---|---|---|
| بین استان‌ها | ۵/۲×۱۰$^{۸}$ | ۸ | ۶/۵×۱۰$^{۷}$ | ۲۰/۱ | کم‌تر از یک درصد |
| درون استان‌ها | ۵/۶×۱۰$^{۸}$ | ۱۷۲ | ۳/۲×۱۰$^{۶}$ | | |
| کل کشور | ۱/۱×۱۰$^{۹}$ | ۱۸۰ | | | |

مقایسه میانگین حجم آب کاربردی خیار در استان‌های کشور، گستردگی کمیت مورد نظر را نشان می‌دهد. از این رو، بر مبنای میانگین آب کاربردی، استان‌های منتخب کشور به سه خوشه مجزا تقسیم شدند (جدول ۶). در خوشه اول، میانگین حجم آب کاربردی برای تولید محصول خیار در استان‌های هرمزگان (۴۱۵۸ مترمکعب در هکتار)، فارس (۴۳۹۳ مترمکعب در هکتار)، جنوب کرمان (۴۷۹۰ مترمکعب در هکتار) و زنجان (۵۳۲۶ مترمکعب در هکتار)؛ در خوشه دوم، میانگین حجم آب کاربردی برای تولید محصول خیار در استان‌های همدان (۷۴۱۰ مترمکعب در هکتار) و خوزستان (۷۴۴۴ مترمکعب در هکتار)؛ و در خوشه سوم، میانگین حجم آب کاربردی برای تولید محصول خیار در استان‌های آذربایجان شرقی (۸۲۳۱ مترمکعب در هکتار)، لرستان (۸۷۹۳ مترمکعب در هکتار) و خراسان رضوی (۸۸۹۸ مترمکعب در هکتار) قرار دارند. حداقل و حداکثر میانگین حجم آب کاربردی برای تولید محصول خیار به ترتیب در استان‌های هرمزگان و خراسان رضوی بوده است.

**جدول ٦. میانگین حجم آب کاربردی مزارع خیار در استان‌های منتخب کشور**

| ردیف | خوشه | استان | میانگین آب کاربردی (متر مکعب در هکتار) | رتبه مقایسه‌ای* |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | اول | هرمزگان | ۴۱۵۸ | a |
| ۲ | | فارس | ۴۳۹۳ | a |
| ۳ | | جنوب کرمان | ۴۷۹۰ | a |
| ۴ | | زنجان | ۵۳۲۶ | a |
| ۵ | دوم | همدان | ۷۴۱۰ | b |
| ۶ | | خوزستان | ۷۴۴۴ | b |
| ۷ | سوم | آذربایجان شرقی | ۸۲۳۱ | bc |
| ۸ | | لرستان | ۸۷۹۳ | c |
| ۹ | | خراسان رضوی | ۸۸۹۸ | c |

* میانگین‌های اعداد در ستون رتبهٔ مقایسه‌ای باحروف مشابه، اختلاف معنی‌دار ندارند.

حجم کل آب مورد نیاز مزارع خیار در کشور بر اساس متوسط حجم آب داده‌شده و سطح زیرکشت آن در هر استان تخمین زده شد. با توجه به این‌که مطالعه حاضر در بیش از ۷۰ درصد سطح زیرکشت خیار در کشور انجام‌شده است، و این مناطق در برگیرنده مناطق عمده تولید خیار و شامل شرایط با وضعیت های مختلف مدیریتی بوده است، در سایر مناطق فاقد اندازه‌گیری، از میانگین وزنی حجم آب داده‌شده در مناطق ارزیابی‌شده، استفاده گردید. بدیهی است این تعمیم ممکن است خطایی نیز در برآوردها ایجاد کند ولی به دلیل حجم کمتر این بخش (حدود ۳۰ درصد) نسبت کل و استفاده از مقدار میانگین داده‌های مربوط به بخش ۷۰ درصد ، خطای کلی ایجاد شده به مراتب کمتر بوده و روشی اجتناب ناپذیر بوده است. حجم آب مورد نیاز خیار در مناطق مختلف کشور در جدول ۵ ارائه‌شده است. آب مورد نیاز خیار در استان‌های مختلف به سطح زیرکشت و میانگین حجم آب آبیاری هر استان بستگی دارد. بیشترین حجم آب مورد نیاز خیار، مربوط به مناطق جنوب کرمان و استان خوزستان است. در مجموع، حجم کل آب مورد نیاز ۵۵ هزار هکتار سطح زیرکشت خیار کشور، ۳۳۰ میلیون مترمکعب برآورد گردید (جدول ۷). از آنجایی که برخی مناطق تولید خیار در کشور با کم‌آبیاری اجباری مواجه هستند، آب مورد نیاز واقعی خیار در کشور بیش از مقدار برآورد شده در جدول ۷ است.

جدول ۷. برآورد حجم کل آب مورد نیاز مزارع خیار در کشور

| استان | متوسط حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار) | سطح زیرکشت (هکتار) | حجم کل آب آبیاری (میلیون مترمکعب) |
|---|---|---|---|
| هرمزگان | ۴۱۵۸ | ۴۵۲۱ | ۱۸/۸۰ |
| فارس | ۴۲۳۴ | ۳۹۶۱ | ۱۶/۷۷ |
| جنوب کرمان | ۴۷۶۱ | ۱۵۳۸۱ | ۷۳/۲۳ |
| زنجان | ۵۱۹۱ | ۸۹۳ | ۴/۶۴ |
| همدان | ۷۰۲۰ | ۲۶۵۷ | ۱۸/۶۵ |
| خوزستان | ۷۳۱۱ | ۵۶۱۴ | ۴۱/۰۴ |
| آذربایجان شرقی | ۷۴۴۴ | ۱۲۰۰ | ۸/۹۳ |
| لرستان | ۸۴۶۱ | ۱۵۵۳ | ۱۳/۱۴ |
| خراسان رضوی | ۸۷۴۵ | ۱۶۸۶ | ۱۴/۷۴ |
| سایر استان‌ها | ۶۸۰۰ | ۱۷۶۲۷ | ۱۱۹/۸۶ |
| مجموع کل آب آبیاری خیار کشور | | | ۳۳۰ |

میانگین حسابی عملکرد خیار در استان‌های کشور در سطح احتمال ۵ درصد، مقایسه گردید. بر مبنای میانگین عملکرد، استان‌های منتخب کشور به سه خوشه مجزا تقسیم شدند. عملکرد محصول خیار در استان زنجان (۱۲۷۵۰ کیلوگرم در هکتار) در خوشه اول؛ در استان‌های همدان (۱۹۱۲۵ کیلوگرم در هکتار)، فارس (۲۱۴۹۶ کیلوگرم در هکتار)، آذربایجان شرقی (۲۳۶۲۵ کیلوگرم در هکتار)، خوزستان ( ۲۳۷۶۶ کیلوگرم در هکتار) و لرستان (۲۳۷۷۰ کیلوگرم در هکتار) در خوشه دوم و در استان‌های هرمزگان ( ۲۹۱۶۷ کیلوگرم در هکتار)، جنوب کرمان (۳۱۰۰۶ کیلوگرم در هکتار) و خراسان رضوی (۳۲۹۵۶ کیلوگرم در هکتار) در خوشه سوم قرار دارند (جدول ۸). بنابراین حداقل و حداکثر عملکرد محصول خیار به ترتیب در استان‌های زنجان و خراسان رضوی بوده است.

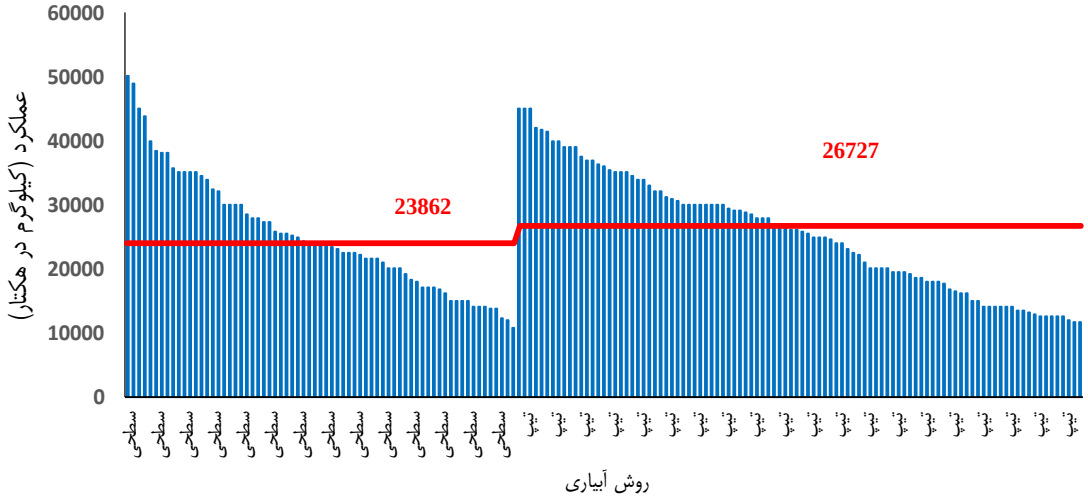
جدول ۸. میانگین عملکرد محصول در مزارع خیار در استان‌های منتخب کشور

| ردیف | خوشه | استان | عملکرد (کیلوگرم در هکتار) | رتبه مقایسه‌ای* |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | اول | زنجان | ۱۲۷۵۰ | a |
| ۲ | | همدان | ۱۹۱۲۵ | ab |
| ۳ | | فارس | ۲۱۴۹۶ | bc |
| ۴ | دوم | آذربایجان شرقی | ۲۳۶۲۵ | bc |
| ۵ | | خوزستان | ۲۳۷۶۶ | c |
| ۶ | | لرستان | ۲۳۷۷۰ | c |
| ۷ | | هرمزگان | ۲۹۱۶۷ | d |
| ۸ | سوم | جنوب کرمان | ۳۱۰۰۶ | e |
| ۹ | | خراسان رضوی | ۳۲۹۵۶ | e |

* میانگین‌های اعداد در ستون رتبهٔ مقایسه‌ای باحروف مشابه، اختلاف معنی‌دار ندارند.

میانگین وزنی عملکرد خیار برای همه مزارع مورد مطالعه در دو روش آبیاری قطره‌ای نواری و جویچه‌ای به ترتیب ۲۶۷۲۷ و ۲۳۸۶۲ کیلوگرم بر هکتار است (شکل ۲). این نتایج به معنی افزایش ۱۲ درصدی عملکرد در مزارع خیار با روش آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به مزارع با روش آبیاری جویچه‌ای می‌باشد. بیشترین و کمترین عملکرد در روش آبیاری قطره‌ای نواری به ترتیب در استان خراسان رضوی به میزان ۳۴۴۵۱ کیلوگرم بر هکتار و در استان زنجان به میزان ۱۲۷۵۰ کیلوگرم بر هکتار حاصل شده است.

بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری و بهره‌وری آب کاربردی (مجموع آب آبیاری و آب حاصل از بارندگی)، برای مزارع خیار در استان‌های منتخب محاسبه گردید. در جدول ۹، نتایج حاصل از تحلیل واریانس برای شاخص‌های بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کاربردی در تولید خیار ارائه شده است. نتایج حاکی از آن است که تفاوت شاخص بهره‌وری آب آبیاری و نیز تفاوت شاخص بهره‌وری آب کاربردی در استان‌های منتخب در سطح احتمال کمتر از یک درصد معنی‌دار است.




**شکل ۲. میانگین عملکرد خیار در مزارع مختلف استان‌های منتخب در کل کشور به تفکیک روش آبیاری**

**جدول ۹. تحلیل واریانس بهره‌وری آب آبیاری و بهره وری آب کاربردی در تولید خیار در استان‌های منتخب کشور**

| منبع تغییرات | مجموع مربعات | درجه آزادی | میانگین مربعات | مقدار F | مقدار P |
|---|---|---|---|---|---|
| **بهره‌وری آب آبیاری** | | | | | |
| بین استان‌ها | ۴۰۱/۳ | ۸ | ۵۰/۲ | ۲۹/۰ | کم‌تر از یک درصد |
| درون استان‌ها | ۲۷۷/۲ | ۱۶۰ | ۱/۷ | | |
| کل کشور | ۶۷۸/۵ | ۱۶۸ | | | |
| **بهره‌وری آب کاربردی** | | | | | |
| بین استان‌ها | ۳۸۳/۲ | ۸ | ۴۷/۹ | ۳۰/۵ | کم‌تر از یک درصد |
| درون استان‌ها | ۲۵۱/۲ | ۱۶۰ | ۰/۶ | | |
| کل کشور | ۶۳۴/۴ | ۱۶۸ | | | |

بر مبنای مقایسه میانگین بهره‌وری آب آبیاری در تولید خیار، استان‌های منتخب به چهار خوشه تقسیم شدند. بهره‌وری آب آبیاری در استان زنجان (۲/۲۷ کیلوگرم بر مترمکعب) در خوشه اول؛ در استان‌های آذربایجان‌شرقی (۲/۹۴ کیلوگرم بر مترمکعب)، همدان (۳/۱۲ کیلوگرم بر مترمکعب) و لرستان (۳/۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب) در خوشه دوم؛ در استان‌های خوزستان (۳/۴۱ کیلوگرم بر مترمکعب) و خراسان رضوی (۳/۹۴ کیلوگرم بر مترمکعب) در خوشه سوم و در مناطق جنوب کرمان (۶/۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب)، استان‌های هرمزگان (۶/۸۰ کیلوگرم بر مترمکعب) و فارس (۶/۸۵ کیلوگرم بر مترمکعب) در خوشه چهارم قرار گرفتند (جدول ۱۱). حداقل و حداکثر بهره‌وری آب آبیاری در مزارع استان‌های زنجان و فارس حاصل شد (جدول ۱۱).

همچنین، برمبنای مقایسه میانگین بهره‌وری آب کاربردی در تولید خیار، استان‌های مذکور مشابه حالت قبل در چهار خوشه مورد ارزیابی قرار گرفتند. بهره‌وری آب کاربردی در استان زنجان (۲/۲۲ کیلوگرم بر مترمکعب) در خوشه اول؛ در استان‌های آذربایجان‌شرقی (۲/۹۴ کیلوگرم بر مترمکعب)، همدان (۲/۹۲ کیلوگرم بر مترمکعب)، و لرستان (۳/۰۳ کیلوگرم بر مترمکعب) در خوشه دوم؛ در استان‌های خوزستان (۳/۴۱ کیلوگرم بر مترمکعب) و خراسان رضوی (۳/۸۶ کیلوگرم بر مترمکعب) در خوشه سوم و در منطقه جنوب کرمان (۶/۳۳ کیلوگرم بر مترمکعب)، هرمزگان (۶/۸۰ کیلوگرم بر مترمکعب) و فارس (۶/۵۹ کیلوگرم بر مترمکعب) در خوشه چهارم قرار گرفتند (جدول ۱۰). حداقل و حداکثر بهره‌وری آب کاربردی در مزارع استان‌های زنجان و هرمزگان حاصل شد.

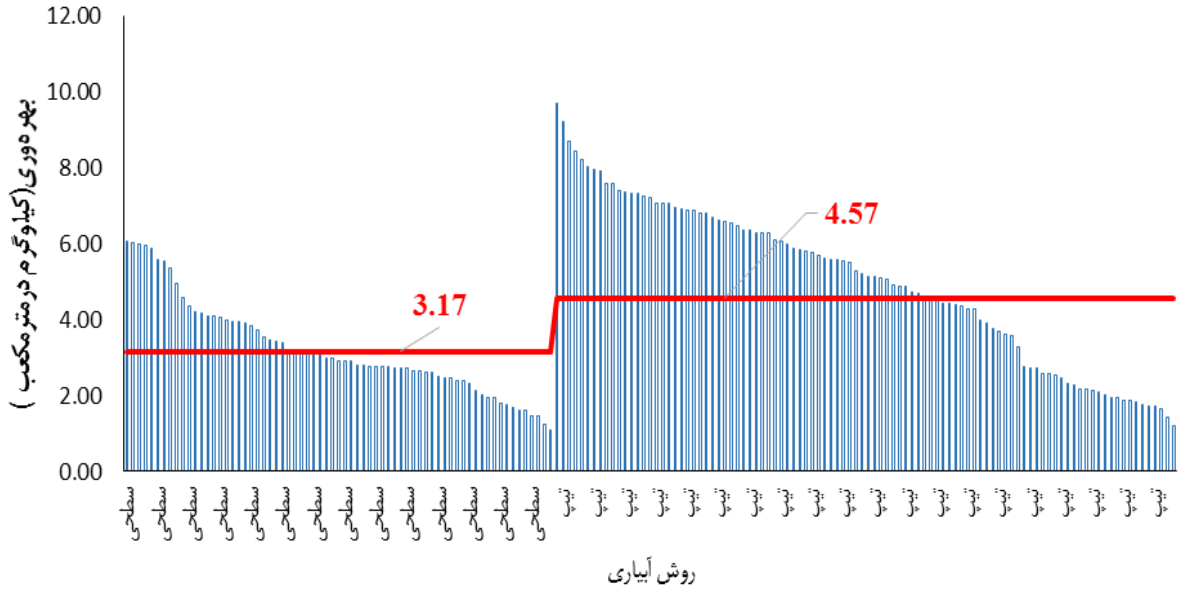
بهره‌وری آب آبیاری و آب کاربردی خیار در مزارع مختلف استان‌های منتخب به تفکیک روش آبیاری دارای نوسانات قابل ملاحظه‌ای است که به ترتیب در شکل‌های ۳ و۴ نشان داده شده است. بیشترین و کمترین میزان شاخص بهره‌وری آب آبیاری در روش آبیاری قطره‌ای نواری به ترتیب از ۲/۲۱ کیلوگرم بر مترمکعب در استان زنجان تا ۶/۸ کیلوگرم بر مترمکعب در استان هرمزگان متغیر و میانگین وزنی آن

۴/۲۷ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد (شکل۳ ). میانگین وزنی شاخص بهره‌وری آب کاربردی در استان‌های مورد مطالعه نیز در دو روش آبیاری قطره‌ای نواری و جویچه‌ای به ترتیب ۴/۴۹ و ۳/۱۲ کیلوگرم بر مترمکعب است (شکل ۴). نتایج حاصله، حاکی از افزایش ۴۴ درصدی شاخص بهره‌وری آب آبیاری در روش آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به روش جویچه‌ای است.

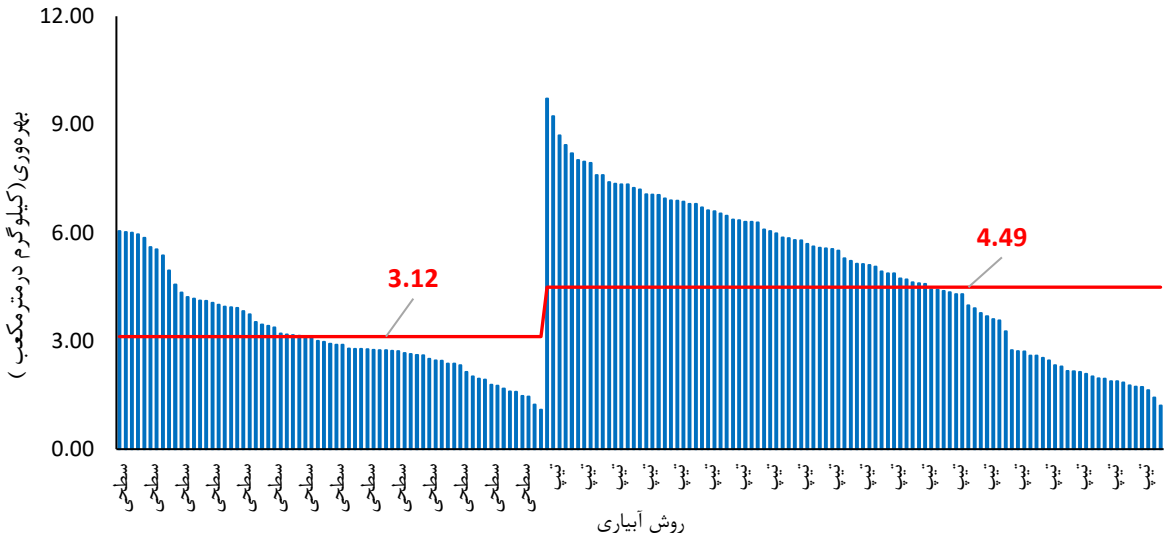
**جدول ۱۰. میانگین بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کاربردی در تولید خیار در استان‌های منتخب کشور**

| ردیف | خوشه | استان | بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم بر متر مکعب) | رتبه مقایسه‌ای* |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | اول | زنجان | ۲/۲۷ | a |
| ۲ | | آذربایجان شرقی | ۲/۹۴ | a |
| ۳ | دوم | همدان | ۳/۱۲ | a |
| ۴ | | لرستان | ۳/۱۵ | a |
| ۵ | سوم | خوزستان | ۳/۴۱ | ab |
| ۶ | | خراسان رضوی | ۳/۹۴ | b |
| ۷ | | جنوب کرمان | ۶/۵۰ | c |
| ۸ | چهارم | هرمزگان | ۶/۸۰ | c |
| ۹ | | فارس | ۶/۸۵ | c |

| ردیف | خوشه | استان | بهره‌وری آب کاربردی (کیلوگرم بر متر مکعب) | رتبه مقایسه‌ای* |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | اول | زنجان | ۲/۲۲ | a |
| ۲ | دوم | آذربایجان شرقی | ۲/۹۴ | ab |
| ۳ | | همدان | ۲/۹۲ | ab |
| ۴ | | لرستان | ۳/۰۳ | ab |
| ۵ | سوم | خوزستان | ۳/۴۱ | bc |
| ۶ | | خراسان رضوی | ۳/۸۶ | c |
| ۷ | | جنوب کرمان | ۶/۳۳ | d |
| ۸ | چهارم | هرمزگان | ۶/۵۹ | d |
| ۹ | | فارس | ۶/۸۰ | d |




**شکل ۳. بهره‌وری آب آبیاری خیار در مزارع مختلف استان‌های منتخب در کل کشور به تفکیک روش آبیاری**




**شکل ٤. بهره‌وری آب کاربردی خیار در مزارع مختلف استان‌های منتخب در کل کشور به تفکیک روش آبیاری**

## نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پژوهش حاضر با هدف تعیین مستقیم حجم آب آبیاری، حجم آب کاربردی، عملکرد محصول و شاخص‌های بهره‌وری آب آبیاری و آب کاربردی در مزارع تولید خیار کشور در ۹ استان منتخب در طول یک سال زراعی انجام شد. برمبنای نتایج حاصله، متوسط وزنی حجم آب آبیاری برای تولید خیار در کل کشور حدود ۶۸۰۰ مترمکعب در هکتار و متوسط وزنی حجم آب کاربردی برای تولید خیار در کل کشور حدود ۷۰۴۳ مترمکعب در هکتار است. طبق اندازه‌گیری‌های انجام شده، آبیاری در مزارع مناطق جنوب کرمان، استان‌های هرمزگان و زنجان بیشتر از نیاز آبی محصول بوده است. این در حالی است که در مزارع سایر استان‌ها (خراسان رضوی، خوزستان، همدان، لرستان، آذربایجان شرقی)، میانگین عمق آب داده‌شده کمتر از نیاز ناخالص بوده و کم‌آبیاری اجباری اعمال شده است. برآورد می‌شود سالانه حدود ۳۳۰ میلیون مترمکعب آب برای تولید خیار مصرف می‌گردد. از سوی دیگر، حجم آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به سطحی حدود ۳۵ درصد کاهش داشته است. میانگین وزنی عملکرد خیار برای همه مزارع مورد مطالعه در دو روش آبیاری قطره‌ای نواری و جویچه‌ای به ترتیب ۲۶۷۲۷ و ۲۳۸۶۲ کیلوگرم بر هکتار است. نتایج مذکور، به معنی افزایش ۱۲ درصدی عملکرد در مزارع خیار با روش آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به مزارع با روش آبیاری جویچه‌ای می‌باشد. همچنین، پژوهش حاضر نشان داد، بهره‌وری آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به سطحی حدود ۴۴ درصد افزایش داشته است. از این رو، بهبود عملکرد خیار و شاخص‌های بهره‌وری آب در کشور مستلزم بکارگیری تمهیدات عملیاتی و مدیریتی است. کاربرد صحیح و اصولی سامانه‌های آبیاری تحت فشار و آموزش بهره‌برداران برای استفاده بهینه از این سامانه‌ها از طریق بهره‌گیری از ظرفیت کشاورزان پیشرو در قطب‌های تولید محصول خیار در کشور می‌تواند راهگشا باشد. همچنین، شناخت دقیق نیاز آبی محصول در منطقه و استفاده از ارقام جدید، مقاوم به تنش‌های محیطی و متناسب با شرایط اقلیمی می‌تواند نقش بسزایی در بهبود بهره‌وری آب آبیاری داشته باشد.

**"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"**

## منابع

بی‌نام، (۱۴۰۲). آمارنامه کشاورزی سال ۱۴۰۱.جلد اول/: محصولات زراعی. معاونت آمار. مرکز آمار، فناوری اطلاعات و ارتباطات. وزارت جهاد کشاورزی. ۱۰۳ ص

افراسیاب، پیمان؛ دلبری، معصومه و اسدی، رسول (۱۳۹۴). برنامه‌ریزی آبیاری خیار گلخانه‌ای با استفاده از پتانسیل آب در خاک. *نشریه پژوهش آب در کشاورزی*، ۲۹(۴)، ۴۹۷-۵۰۷.

رضاوردی‌نژاد، وحید؛ شبانیان اصل، مریم؛ بشارت، سینا و حسنی، عباس (۱۳۹۶). تعیین نیاز آبی، ضریب گیاهی و کارایی مصرف آب محصولات خیار و گوجه فرنگی در شرایط (گلخانه مطالعه موردی: منطقه ارومیه). *علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای*، ۸ (۳)، ۲۷-۴۰.

سرمد، زهره؛ بازرگان، عباس و حجازی، الهه (۱۳۸۴). روش‌های تحقیق در علوم رفتاری، انتشارات آگاه.
صدرقاین، سید حسین (۱۳۹۱). اثر سه روش آبیاری میکرو بر عملکرد و کارآیی مصرف آب در خیار. *نشریه آب و خاک*، ۲۶(۲)، ۵۱۵-۵۲۲.
عابدی کوپایی، جهانگیر؛ اسلامیان، سید سعید و زارعیان، محمد جواد (۱۳۹۰). اندازه‌گیری و مدلسازی نیاز آبی و ضریب گیاهی خیار، گوجه‌فرنگی و فلفل با استفاده از میکرولایسیمتر در گلخانه. *علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای*. ۲(۷): ۵۱-۶۳.
عباسی، فریبرز؛ سهراب، فرحناز و عباسی، نادر (۱۳۹۵). ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری در ایران. *مجله تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی*، ۱۷(۶۷)، ۱۱۳-۱۲۰.
فرامرزپور، علیرضا؛ دلشاد، مجتبی و پارسی‌نژاد، مسعود (۱۳۹۱). بررسی رشد، عملکرد و کارآیی مصرف آب در خیار گلخانه‌ای در شرایط مختلف رطوبت خاک با استفاده از تانسیومتر، *مجله علوم باغی ایران*، ۴۳(۳)، ۲۸۵-۲۹۲.
قدمی فیروزآبادی، علی؛ اسدیان، قاسم؛ جعفری، علی محمد و بهراملو، رضا (۱۳۹۹). ارزیابی فنی و اقتصادی آبیاری قطره‌ای نواری در مزارع خیار و گوجه فرنگی. *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*، ۱۴(۱)، ۲۶۳-۲۷۴.
کریمی، محمد و جلینی، محمد (۱۳۹۶). بررسی شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات مهم زراعی، مطالعه موردی: دشت مشهد. *آب و توسعه پایدار*. ۴(۱)،۱۳۳-۱۳۸.
مرکز آمار ایران (۱۴۰۰). قیمت فروش محصولات و هزینه خدمات کشاورزی در مناطق روستایی کشور، سازمان برنامه و بودجه.
مصلحی ،شیما؛ نجفی، پیام؛ طباطبائی، سید حسن و نورمهناد، نگار (۱۳۹۰). تأثیر تنش رطوبتی بر شاخص‌های رشد و عملکرد خیار گلخانه‌ای. *نشریه آب و خاک*، ۲۵(۴): ۷۷۰-۷۷۵.
ملایی، عباس و ریاحی، حمید (۱۳۸۶). تعیین آب مصرفی خیار گلخانه‌ای تحت روش‌های آبیاری میکرو.اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای، ۱-۶.

**REFERENCES**

Abbasi, F., Sohrab, F., & Abbasi, N. (2017). Evaluation of irrigation efficiencies in Iran. Journal of Irrigation and Drainage Engineering Research, (67)17, 113-128. (in Persian)
Abedi-Koupai, J., Eslamian, S. S., & Zareian, M. J. (2011). Measurement and modeling of water requirement and crop coefficient for cucumber, tomato and pepper using microlysimeter in greenhouse. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, (7)2, 51-64. (in Persian)
Afrasiab, P., Delbari, M., & Asadi, R. (2016). Irrigation Scheduling for Greenhouse Cucumber Based on Soil Water Potential. Journal of Water Research in Agriculture, (29)4, 497-507. (in Persian)
Ahmadi, K., EbadZadeh, H.R., Hatami, F., AbdShah, H. & Kazemian, A. (2020). Agricultural Statistics of 2018-2019. Ministry of Jihad for Agriculture, Deputy for Planning and Economy, Information and Communication Technology Office. Volume 1, Crops. 166pp. (in Persian)
Ayers, R.S., & Westcot, D.W. (1976). Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29, FAO, Rome. 97.
Chartzoulakis, K., Drosos, N., & Choukr-Allah, R. (1999). Irrigation requirements of greenhouse vegetables in Crete. Cahiers Options Mediterraneennes, 31, 215-221.
Faramarz pour., A. R., Delshad, M., & Parsi-Nejad, M. (2012). An Evaluation of Growth, Yield and Water Use Efficiency of Greenhouse Cucumber Production at Different Soil Moisture Circumstances using Tensiometer as Moisture Measuring Instrument, Iranian Journal of Horticultural Science, (43)3, 285-292. (in Persian)
Ghadami Firouzabadi, A., Asadian, G.H., Jafari, A. M., & Bahramloo, R. (2020). Technical and Economical evaluation of Trickle irrigation systems (Tape) In the cucumber and tomato fields. Iranian Journal of Irrigation and Drainage, (14)1, 263-274. (in Persian)
Karimi, M., & Joleini, M. (2017). Evaluation of Agricultural Water Productivity Indices in Major Field Crops in Mashhad Plain. Journal of Water and Sustainable Development, (4)1, 133-138. (in Persian)
Liu, H., Yuan, B., Hu, X., & Yin, C. (2022). Drip irrigation enhances water use efficiency without losses in cucumber yield and economic benefits in greenhouses in North China. *Irrigation science*, 1-15.
Mollaei, A., & Riahi, H.(2007). Determining the water consumption of greenhouse cucumber under micro irrigation methods (drip, tape and subsurface tape). Proceedings the First Workshop on Improvement of Water Use Efficiency in Greenhouse, 1-7. (in Persian)
Moslehi, S. H., Najafi, P., Tabatabaei, S. H., & Nourmahnad, N. (2011). Effect of Soil Moisture Stress on Yield and Growth Indexes of Greenhouse Cucumber. Journal of Water and Soil. (25)4, 770-775. (in

Persian)
Rezaverdinejad, V., Shabanian, M., Besharat, S., & Hasani, A. (2017). Determination of crop water requirement, crop coefficient and water use efficiency of greenhouse-grown cucumber and tomato (Case study: Urmia region). Journal of Soil and Plant Interactions, (8)3, 27-40. (in Persian)
Sadrghaen, S. H. (2012). Effects of three micro-irrigation methods on yield and water use efficiency of cucumber cultivation. Journal of water and soil, (26)2, 515-522.
Sarmad, Z., Bazargan, A., & Hejazi, E. (2001). Research Methods in Behavioral Sciences. Agah Publishing, Tehran, 405. (in Persian)
SCS. (1972). U.S. Soil Conservation Service, National Engineering Handbook, Hydrology Section 4.
Şimşek, M., Tonkaz, T., Kaçıra, M., Çömlekçioğlu, N., & Doğan, Z. (2005). The effects of different irrigation regimes on cucumber (Cucumbis sativus L.) yield and yield characteristics under open field conditions. Agricultural water management, 73(3), 173-191.
Statistical Centre of Iran. (2019). Selling prices of products and cost of agricultural services in rural areas of the country, Iran. (in Persian)
Wang, X., Li, D., & Zahang, X. (1999). Relationship between irrigation amount and yield of cucumber in Solor greenhouse. China Vegetables Journal, 1, 1-6.

# Determination of the Volume of Applied Water and Water Productivity Indices in Cucumber Production Fields in Iran

## EXTENDED ABSTRACT


**Introduction**

Cucumber holds a prominent position as one of the most commonly consumed edible vegetables and fruits in Iran. It is cultivated across various regions of the country. According to statistics provided by the Ministry of Agricultural Jihad, cucumber is grown extensively in both winter and summer seasons throughout most parts of the nation. Cucumber plants exhibit rapid growth characteristics and thrive in fertile loamy and silty soils and in pH range from slightly acidic to slightly alkaline, coupled with effective drainage. The crop requires continuous and uniform irrigation to support its development. While the estimated water requirement for cucumber stands at approximately 5000-4000 $m^3$/ha during its growth season, accurate statistics pertaining to the actual water consumption under field conditions are lacking. A review of existing studies highlights the absence of comprehensive research addressing the quantification of cucumber irrigation water volume in the context of user management. Furthermore, the reported cases are neither extensive nor nationally representative. Isolated reports have been conducted in selected regions of the country, with some studies not even focused on measuring irrigation water. Therefore, the present study was designed and executed with the specific objective of measuring irrigation water, as well as the applied water quantities, in cucumber production centers across the country.

**Methodology**

The present study was conducted on a national scale with the objective of directly determining the applied water in cucumber production centers across the country during a single crop year (1399-1400). The study encompassed selected regions including the south of Kerman, Hormozgan, Fars, Khuzestan, Zanjan, East Azarbaijan, Lorestan, Hamedan, and Razavi Khorasan provinces. These provinces collectively account for approximately 70% of the total cucumber cultivation area within the nation. To assess the volume of irrigation water and applied water for cucumbers, water quantities delivered to the crops without interfering with the irrigation practices of farmers were measured. This was achieved using either WSC flumes or ultrasonic flow meters. Given the potential variations in the flow of the selected water sources, multiple measurements were taken throughout the cropping season. The number of irrigation cycles and their respective durations for each crop, along with measurements of irrigation water volume across the entire cropping season were documented. Additionally, the SCS method was employed to estimate effective rainfall. To calculate the net irrigation water requirement of cucumbers in each region, the Penman-Montith method was utilized. This involved employing meteorological data from the station nearest to the selected area for the past 10 years, as well as data from the year of the research. The resulting values were then compared with the data provided in the national documentation.

**Results and Discussion**

The results of the study revealed a highly significant disparity in various parameters among the selected provinces, including the volume of irrigation water, applied water (the sum of irrigation and effective precipitation), yield, and water productivity indices.The volume of applied water for cucumber cultivation exhibited notable variation, ranging from 4158 $m^3$/ha in Hormozgan province to 8898 $m^3$/ha in Razavi Khorasan province. The weighted average of applied water volume was calculated to be 7043 $m^3$/ha. Similarly, the average yield of cucumbers displayed considerable diversity, ranging from 12750 Kg/ha in Zanjan province to 32956 Kg/ha in Razavi Khorasan province. The weighted average yield stood at 25219 Kg/ha. The calculated water productivity indices for both irrigation water and applied water were 4.27 Kg/$m^3$ and 4.20 Kg/$m^3$, respectively. Notably, the province with the lowest applied water productivity was Zanjan (2.21 Kg/$m^3$), while the highest was observed in Fars province (6.59 Kg/$m^3$). Based on the results, the total water requirement for cultivating cucumbers across an area of 55000 hectares in the country was estimated to be 330 MCM.

**Conclusions**

According to the obtained results, the weighted average of irrigation water required for cucumber production is approximately 6800 m3/ha. Furthermore, the weighted average of applied water for cucumber production is estimated to be around 7043 m3/ha. Evaluation of field measurements reveals that irrigation in

the southern regions of Kerman, Hormozgan, and Zanjan provinces surpasses the water requirements of the crop. In contrast, in other provinces including Razavi Khorasan, Khuzestan, Hamedan, Lorestan, and East Azerbaijan, the water used in cucumber fields falls short of the gross water requirement for this crop, indicative of a form of forced under-irrigation. The analysis estimates an annual water consumption of approximately 330 MCM for cucumber production. Remarkably, the volume of irrigation water in tape irrigation systems has decreased by approximately 35% in comparison to surface irrigation systems. Moreover, the weighted average yield of cucumber across all surveyed regions under both tape and furrow irrigation methods is recorded at 26727 Kg/ha and 23862 Kg/ha, respectively. This observation underscores a 12% increase in yield for cucumber fields employing the tape irrigation method as opposed to those employing furrow irrigation. Additionally, the study reveals a 44% enhancement in irrigation water productivity within tape irrigation systems compared to surface irrigation methods. Therefore, improving the cucumber yield and productivity indices of water in the country requires the use of operational and management measures. The correct and principled application of pressurized irrigation systems and the training of farmers for optimal use of these systems by utilizing the capacity of leading farmers in cucumber production centers in the country can be a way forward. Also, accurate knowledge of the crop's water requirements in the region and the use of new cultivars, resistant to environmental stress and suitable for climatic conditions, can play a significant role in improving the irrigation water productivity.

**Keywords: Irrigation Water, Cucumber, Yield, Water Requirement.**