تحقیقات مهندسی سازه های آبیاری و زهکشی /دوره۲۴/شماره ۹۱ /تابستان ۱۴۰۲/صفحه ۷۰ - ۸۶

نوع مقاله: پژوهشی

بررسی حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب کاربردی در مزارع جو استان خراسان رضوی (سبزوار و نیشابور)

محمد کریمی [1*]، سید ابوالقاسم حقایقی مقدم [2]، محمد جلینی [3]

*۱ استادیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران،

۲و۳ استادیار و دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران،

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۲۳ تاریخ پذیرش : ۱۴۰۲/۰۹/۲۰

چکیده

با توجه به سطح زیرکشت و اهمیت اقتصادی تولید جو در استان خراسان رضوی، بررسی حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب برای تولید این محصول استراتژیک ضرورت دارد. بدین منظور ۲۴ مزرعه در دو منطقه سبزوار و نیشابور به گونه‌ای انتخاب شدند که عوامل مختلف از جمله روش آبیاری، سطح مالکیت، پراکنش مناسب و کیفیت آب آبیاری را پوشش دهند. با پایش دقیق برنامه آبیاری مزارع منتخب، میزان آب آبیاری در طول فصل رشد اندازه‌گیری گردید. در انتهای فصل رشد و پس از تعیین میزان عملکرد محصول، مقادیر بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کاربردی (آبیاری + بارندگی موثر) تعیین شد. در ادامه حجم آب داده شده، با نیاز ناخالص آبیاری برآورد شده از روش پن‌من-مانتیث با استفاده از داده‌های هواشناسی ده سال اخیر و سند ملی آب مقایسه شدند. نتایج نشان داد که حجم آب آبیاری جو در مناطق مورد مطالعه از ۲۳۹۳ تا ۷۹۱۱ متغیر و میانگین وزنی آن (بر اساس مساحت کشت مناطق) ۴۵۹۳ مترمکعب در هکتار بود. در حالیکه میانگین نیاز ناخالص آب آبیاری جو در مناطق مورد مطالعه به روش پن‌من- مانتیث با استفاده از داده‌های هواشناسی ده سال اخیر و سند ملی آب به‌ترتیب ۹۱۱۱ و ۸۴۸۹ مترمکعب در هکتار بود. میانگین عملکرد جو در مزارع منتخب از ۱۶۰۰ تا ۵۶۰۰ متغیر و میانگین وزنی آن ۲۳۱۰ کیلوگرم در هکتار بود. بهره‌وری آب آبیاری نیز در مزارع منتخب از ۰/۲۴تا ۲/۳۴ متغیر و میانگین وزنی آن ۰/۵۸ کیلوگرم بر مترمکعب تعیین شد. بهره‌وری آب کاربردی در مزارع منتخب از ۰/۲۱تا ۱/۵۷ متغیر و میانگین وزنی آن ۰/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب تعیین شد.

واژه‌های کلیدی: روش‌های آبیاری، عملکرد جو، بهره‌وری آب، میزان آب آبیاری

نگارنده مسئول: Email: karimi.irri@gmail.com https://doi.org/ 10.22092/IDSER.2023.363803.1561

مقدمه

گیاه جو[1] تقریبا در تمام کشورهای جهان کشت و تولید شده و پس از گندم، ذرت و برنج به عنوان چهارمین غله جهان از نظر تولید در نظرگرفته می‌شود. در ایران، جو با سطح زیر کشت (آبی و دیم) بیش از ۱۶۸۴۰۰۰ هکتار و با تولید بیش از ۳۱۷۶۰۰۰ تن (دو میلیون و سیصد و نود و پنج هزار تن از کشت آبی و هفتصد و هشتاد و یک هزار تن از کشت دیم) بعد از گندم، عمده‌ترین محصول زراعی است و با توجه به سازگاری وسیع اکولوژیکی در اکثر نقاط کشور مورد کشت وکار قرار می‌گیرد (Deputy of Center for Statistics, Information and Communication Technology, 2023). با توجه به سطح زیرکشت قابل توجه جو و جایگاه مهم این گیاه در ترکیب علوفه دام کشور، ارزیابی حجم آب آبیاری این محصول در منابع آب از اهمیت زیادی برخوردار است.

اطلاعات و داده‌های پراکنده و غیرمنسجم از حجم آب آبیاری محصولات مختلف کشاورزی از جمله جو، در قالب تحقیقات مختلف دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور موجود است. اما انجام یک طرح پژوهشی جامع ملی که بتواند به اعداد دقیقی درباره حجم آب آبیاری محصولات مختلف در سطح کشور منتهی شود، لازم و ضروری است و خروجی آن می‌تواند چشم‌انداز مناسبی از وضعیت آب کشور را پیش‌روی تصمیم‌سازان و برنامه‌ریزان قرار دهد. در این راستا، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی از سال ۱۳۹۵ طرح "تعیین آب مصرفی (کاربردی) محصولات زراعی و باغی در کشور" را شروع نمود. این پروژه در ادامه طرح یادشده و با هدف اندازه‌گیری میدانی آب کاربردی و تحلیل بهره‌وری فیزیکی آب محصول جو در استان خراسان رضوی اجرا شد. استان خراسان رضوی با مساحت ۱۱۶۴۹۳/۳۹ کیلومتر مربع یکی از قطب‌های تولید جو در کشور است. بر اساس آخرین آمارهای منتشر شده وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت جو در مناطق نیشابور و سبزوار به ترتیب ۱۴۷۳۱ و ۷۲۵۵ هکتار و عملکرد در واحد سطح در دو منطقه مذکور به ترتیب ۲۲۵۷ و ۲۸۱۰ کیلوگرم در هکتار بوده است (Information and Communication Technology Office, 2022). با توجه به محدودیت منابع آب در مناطق مختلف کشور که عمدتا دارای شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک می باشند، توجه به آب مصرفی گیاه و برنامه-ریزی برای آن ضروری است. مهمترین فاکتور برای بهتر کردن کارایی و بهروری آب، شناخت و تعیین نیاز آبی گیاه و سپس برنامه‌ریزی آبیاری و اعمال روش مناسب آبیاری است. نیاز خالص آبیاری گیاه جو در مناطق نیشابور و سبزوار به ترتیب ۴۲۵/۸ و ۴۹۲/۵ میلی‌متر گزارش شده است (Farshi *et al.*, 1997). بر اساس داده‌های ارائه‌شده در سند ملی آب، نیاز خالص آبیاری جو در نیشابور و سبزوار به ترتیب ۳۶۷ و ۵۴۳ میلی‌متر است. در تحقیقی تأثیر سطوح مختلف آبیاری و ازت بر رشد و عملکرد جو (رقم ریحان) در دو سال پیاپی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که بالاترین بهره‌وری آب دانه جو از تیمار تأمین ۷۵٪ نیاز آبی در سال اول و دوم به ترتیب به میزان ۱/۳۴ و ۱/۲۷ کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شد. مقدار مصرف آب آبیاری در تیمارهای تأمین ۱۰۰٪ نیاز آبی این آزمایش، به ترتیب در سال اول و دوم برابر ۴۴۰۰ و ۴۸۰۰ مترمکعب در هکتار برآورد گردیده است (Naghdyzadegan *et al.*, 2016). در آزمایشی تأثیر شوری آب آبیاری بر عملکرد جو، رطوبت، شوری خاک در فصل رشد و بهره‌وری آب بررسی شد. تیمارهای آزمایش شامل آبیاری با هدایت الکتریکی ۲ دسی‌زیمنس بر متر و

[1]. Hordium vulgare

آبیاری با آب شور با هدایت الکتریکی ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بود. نتایج شاخص بهره‌وری آب در شرایط شورکاهش قابل توجهی یافت. میانگین دو ساله بهره‌وری آب محصول جو با شوری آب آبیاری ۲ دسی‌زیمنس بر متر برابر ۰/۸۸ کیلوگرم بر مترمکعب و با شوری آب ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر ۰/۶۴ بدست آمد. مقدار آب مصرفی توسط گیاه درکرت‌های شاهد (شوری ۲) در میانگین دو سال معادل ۷۳۰۰ مترمکعب در هکتار و در کرت‌های شور (شوری ۱۲) برابر با ۶۲۰۰ مترمکعب در هکتار گزارش شد (Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2007). در تحقیقی بهبود بهره‌وری آب در زراعت جو با به کارگیری سامانه استحصال آب باران و آبیاری تکمیلی درمزرعه تحقیقاتی دانشگاه تربیت مدرس بررسی شد. نتایج نشان داد استفاده از سامانه جمع‌آوری آب باران موجب افزایش عملکرد و بهره‌وری آب در محصول جو نسبت به شرایط دیم شد. با انجام یک مرتبه آبیاری تکمیلی، بیشترین مقدار بهره‌وری آب در بین تیمارهای مختلف (۰/۶۷کیلوگرم بر مترمکعب) به دست آمد. در این آزمایش، بیشترین و کمترین حجم آب آبیاری به ترتیب برابر ۴۰۹۵ و ۲۷۲۵ مترمکعب در هکتار گزارش شد (Alikhasi *et al.*, 2019). در تحقیقی دیگر، بهره‌وری آب آبیاری در روش‌های آبیاری بارانی و سطحی در دشت قزوین مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج این تحقیق، بهره‌وری آب آبیاری درروش‌های آبیاری بارانی برای محصول جو در استان قزوین، ۰/۷۵ تا ۲/۵ کیلوگرم بر مترمکعب و میزان بهره‌وری آب آبیاری در آبیاری سطحی ۰/۴۳تا ۱/۴۲ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد (Gholami *et al.*, 2006). شکاف عملکرد و بهره‌وری آب در استان قزوین بررسی و تعیین شد. نتایج این تحقیق نشان داد شکاف عملکرد محصول جو در استان قزوین ۵/۴ تن در هکتار و شکاف بهره‌وری آب محصول جو ۰/۴۷ کیلوگرم بر مترمکعب است. در بین نواحی اقلیمی مختلف استان، شکاف عملکرد و بهره‌وری آب متفاوت بوده و بهره‌وری آب در سال‌های مختلف، تغییراتی داشت. در این مطالعه، میانگین شاخص بهره‌وری نسبی آب (نسبت بهره‌وری فعلی به بهره‌وری پتانسیل) برای محصول جو در استان قزوین برابر ۰/۵۴ برآوردگردید (Jenab & Nazari, 2018). در تحقیقی میزان نیاز آبی جو در شهرکرد بررسی شد. بدین منظور، مقادیر مختلف آبیاری براساس تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A (آبیاری با دور تعیین شده بر اساس ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک کلاس A) در مزارع کشت جو اعمال گردید. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد محصول جو با مقدار آبیاری ۴۶۳۰-۴۱۵۰ مترمکعب در هکتار حاصل می‌شود (Moradmand & Mehnatkesh, 1995). در تحقیقی دیگر کارآیی مصرف آب در لاین‌های امید بخش جو متحمل به خشکی آخر فصل با آبیاری قطره‌ای بررسی شد. بر اساس نتایج این تحقیق در آبیاری کامل متوسط حجم آب آبیاری جو در روش قطره‌ای برابر با ۳۴۰۷ مترمکعب در هکتار و کارایی مصرف آب ۱/۸۳ کیلوگرم بر مترمکعب بود (Akbari & Jasemi, 2008). تأثیر تغییرات مکانی و زمانی عوامل بیوفیزیکی موثر بر رشد و عملکرد گیاه جو زمستانه به کمک مدل WOFOST تحلیل شد. نتایج شبیه‌سازی مدل از رشد گیاه تحت چهار مدیریت آبیاری از لحاظ کمی و کیفی نشان داد در شرایط کم‌آبیاری، درصد کاهش عملکرد دانه بیشتر از عملکرد بیولوژیک است (Ahmad, 2002). در تحقیقی با استفاده از ۵ مدل گیاهی (WOFOST، CERES-Barley، HERMES، DAISY و AQUACROP)، نیاز آبی و بهره‌وری آب محصول جو در سه منطقه مختلف در کشور چک مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد مدل‌هایی که از روش پنمن برای محاسبه نیاز آبی استفاده می‌نمایند نسبت به مدل‌هایی که از روش پنمن مانتیث استفاده می‌کنند، مقادیر نیاز آبی را کمتر از مقدار واقعی برآورد می‌کنند. در روش پنمن متوسط نیاز آبی جو ۲۵۰ میلی‌متر و در روش پنمن مانتیث ۳۳۰ میلی‌متر برآورد گردید (Pohankova *et al.*, 2018).

در تحقیقی اثرات رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب در محصول جو در منطقه‌ای در لیبی مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مطالعه، آبیاری کامل معادل ۸۷۸۶ مترمکعب در هکتار و کم‌آبیاری با کاهش ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درصدی در میزان آبیاری برای محصول جو اعمال گردید. نتایج نشان داد که در بین تیمارها، بالاترین بهره‌وری آب در تیمار آبیاری کامل به میزان ۰/۳۴ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمد (Shrief & Abd El-Mohsen, 2014). کاربرد روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر منجر به کاهش ۲۵ درصد آب کاربردی در مقایسه با آبیاری جویچه‌ای معمولی (۵۶۱ میلی‌متر در مقایسه با ۷۵۳ میلی‌متر آب کاربردی طی فصل رشد) برای محصول جو در منطقه شیرازگردید. (Ghasemi-Aghbolagi & Sepaskhah, 2018). طی یک مطالعه لایسیمتری دو ساله در منطقه باری ایتالیا (با اقلیم مدیترانه‌ای)، اثر سطوح مختلف تنش خشکی و شوری بر عملکرد جو در خاک شور مورد بررسی قرار گرفت. میزان تبخیر- تعرق واقعی جو بین ۴۶۴ تا ۶۱۵ میلی‌متر، عملکرد دانه جو بین ۵/۹۵ تا ۷/۴۵ تن بر هکتار و بهره‌وری آب بین ۱/۲ تا ۱/۴۷ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر بود (Katerji *et al.*, 2009). طی تحقیقی در منطقه سبها در جنوب لیبی (با اقلیم خشک) میزان عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری در کشت جو در روش آبیاری بارانی به‌ترتیب، ۵/۵۰ تن بر هکتار و ۰/۷۵ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شد (Abd El-Wahed *et al.*, 2011). در تحقیقی اثر اعمال کم‌آبیاری بر عملکرد جو و بهره‌وری آب مورد بررسی قرار گرفت. عمق آب کاربردی بین تیمارهای مختلف بین ۱۷۵/۲ تا ۳۲۹/۰ میلی‌متر بود. عملکرد جو بین ۶/۳۴ تا ۹/۰۵ تن بر هکتار و بهره‌وری آب آبیاری بین ۲/۷۸ تا ۳/۶۳ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمد (Pardo *et al.*, 2020). بررسی منابع نشان داد که در زمینه مدیریت آب آبیاری و کاربرد روش‌های مختلف آبیاری در مزارع جو در خارج و داخل کشور تحقیقات زیادی انجام شده است اما این تحقیقات بویژه در داخل کشور از انسجام لازم برای رسیدن به میزان آب مورد کاربرد در مزارع جو از جامعیت و کفایت لازم برخوردار نیست. ارقام ارئه شده از میزان آب آبیاری جو به‌طور عمده در شرایط مزارع پژوهشی با تیمارهای آزمایشی و اغلب در ایستگاه-های مراکز تحقیقاتی بوده‌است که در برخی موارد نیز تیمارهای کم‌آبیاری و سطوح مختلف آب برای یافتن سطح مناسب آب آبیاری جو در منطقهٔ مورد نظر تعریف شده است. با توجه به اهمیت اقتصادی تولید جو در کشور، بررسی حجم آب آبیاری و بهره-وری آب برای تولید این محصول استراتژیک ضرورت دارد. از این‌رو در این پروژه تلاش شد تا میزان آب کاربردی در مزارع جو در مناطقی که بیشترین سطح کشت این محصول را در استان خراسان رضوی دارند، مورد بررسی و اندازه‌گیری مستقیم قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

برای اجرای پروژه، ۱۲ مزرعه جو در منطقهٔ سبزوار و ۱۲ مزرعه دیگر در منطقهٔ نیشابور انتخاب شد. تمامی مزارع انتخاب شده (به استثناء ۳ مورد) به روش آبیاری سطحی آبیاری می‌شدند و منبع آبی تمامی آنها (به جز ۱ مورد) چاه عمیق بود. مشخصات عمومی مزارع انتخاب شده در دو منطقه نیشابور و سبزوار به ترتیب در جدول ۱ و ۲ آمده است. مزارع جو مورد مطالعه با در نظر گرفتن تنوع عوامل مختلف مانند بافت خاک، رقم و کیفیت آب آبیاری به گونه‌ای انتخاب شدند که بازه گسترده‌ای را پوشش دهند. شاخص‌های موردنظر از جمله حجم

آب آبیاری اندازه‌گیری شد. بدین‌صورت که ابتدا در هر یک از شهرستان‌های مورد مطالعه، مزارع جو با هماهنگی مراکز خدمات و مدیریت‌های جهاد کشاورزی انتخاب و حجم آب داده شده بدون دخالت در برنامهٔ آبیاری کشاورزان با فلوم یا کنتور حجمی اندازه‌گیری شد. حجم آب آبیاری در شش نوبت آبیاری (دو نوبت در ابتدا، دو نوبت در میانه و دو نوبت در انتهای فصل رشد) اندازه‌گیری شد. برای محاسبهٔ تبخیر- تعرق گیاه مرجع از داده‌های اداره کل هواشناسی استان خراسان رضوی (ایستگاه هواشناسی سینوپتیک سبزوار و نیشابور) استفاده شد. برای این منظور از داده های هواشناسی ده ساله (۱۳۹۱-۱۴۰۰) که شامل سال اجرای پروژه (سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹) نیز بوده است، استفاده گردید. سپس با استفاده از نرم افزار ETCalculator تبخیر- تعرق گیاه مرجع محاسبه شد. نیاز آبی خالص جو بر اساس ضریب گیاهی جو و تبخیر- تعرق محاسبه- شده برای گیاه مرجع، تعیین شد. ضریب گیاهی برای گیاه جو در مراحل مختلف رشد با استفاده از کتاب "برآورد نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی کشور (Farshi *et al.*, 1997) استخراج گردید. با اعمال بارش موثر، نیاز خالص آبی به نیاز خالص آبیاری تبدیل شد. بارندگی مؤثر به روش SCS برآورد شد (SCS, 1972). مقادیر نیاز خالص آبیاری با مقادیر سند ملی آب برای مناطق مورد مطالعه مقایسه شدند. مقادیر نیاز خالص با استفاده از راندمان کاربرد آب آبیاری به مقادیر ناخالص تبدیل شدند. متوسط راندمان کاربرد آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری بارانی، قطره‌ای و سطحی در کشور به ترتیب ۶۲/۱، ۷۱/۱ و ۵۳/۶ درصد گزارش شده است (Abbasi *et al.*, 2016). عملکرد محصول در پایان فصل زراعی نیز اندازه‌گیری و بهره‌وری آب در هر یک از مناطق مورد مطالعه، محاسبه و مقایسه شد. شاخص بهره‌وری آب آبیاری و آب کاربردی به ترتیب از رابطهٔ (۱) و (۲) تعیین شد:

$$WP = \frac{Y}{Vw} \quad (۱)$$

$$WP = \frac{Y}{(Vw + Vp)} \quad (۲)$$

که در روابط فوق، WP= بهره‌وری آب در زراعت جو (کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب آبیاری)، Y= عملکرد جو (کیلوگرم در هکتار)، Vw= حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار) و Vp= حجم بارندگی موثر در تولید جو (مترمکعب در هکتار) می‌باشد.

آب مورد نیاز برای آبشویی مزارع مورد مطالعه بر اساس نشریهٔ فائو ۲۹ (Ayers & Westcot, 1994) در آبیاری سطحی و بارانی از رابطهٔ (۳) و در آبیاری قطره‌ای از رابطه (۴) برآورد شد:

$$LR = \frac{EC_w}{5EC_e - EC_w} \quad (۳)$$

$$LR = 100(\frac{EC_w}{2MaxEC_e}) \quad (۴)$$

که در روابط فوق، ECw= هدایت الکتریکی آب آبیاری و ECe= هدایت الکتریکی آستانه تحمل محصول است. ECe آستانهٔ تحمل محصول برای جو ۸ دسی‌زیمنس بر متر است.

جدول ۱- مشخصات عمومی مزارع جو منتخب در منطقه نیشابور

Table 1- General characteristics of selected barley fields in Neyshabur region

شماره مزرعه Farm No	نوع منبع آب Type of water resource	روش آبیاری Method of irrigation	سطح زیر کشت (هکتار) Area under cultivation (ha)	رقم/ واریته Cultivar/ variety	بافت خاک Soil texture	شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر) Irrigation water salinity (dS/m)	شوری خاک (دسی زیمنس بر متر) Soil salinity (dS/m)	نیاز آبشویی (درصد) leaching (%)
1	چاه عمیق	سطحی	20	یوسف	لومی شنی	1.08	1.65	**2.77**
2	چاه عمیق	بارانی	15	ریحان	رسی شنی	2.33	3.55	**6.19**
3	چاه عمیق	قطره ای	22	ریحان و جلگه	لومی شنی	0.82	1.25	**1.46**
4	قنات و چاه عمیق	سطحی	3	والفجر	شنی رسی	0.7	1.1	**1.78**
5	چاه عمیق	سطحی	1	جو ترش	لومی شنی	1.5	2.3	**3.90**
6	چاه عمیق	سطحی	30	جلگه	رسی لومی	1.7	2.56	**4.44**
7	چاه عمیق	قطره ای	60	جلگه	شنی رسی	1.2	1.83	**2.14**
8	چاه عمیق	سطحی	3	ریحان	رسی	9.8	14.5	**32.45**
9	چاه عمیق	سطحی	8	جلگه	رسی لومی	4.6	6.76	**12.99**
10	چاه عمیق	سطحی	5	جلگه	رسی لومی	5.6	8.45	**16.28**
11	چاه عمیق	سطحی	11	سهند	رسی لومی	4.6	6.88	**12.99**
12	چاه عمیق	سطحی	15	جلگه	رسی لومی	8.7	13.08	**27.80**

جدول ۲- مشخصات عمومی مزارع جو منتخب در منطقه سبزوار

Table 2- General characteristics of selected barley fields in Sabzevar region

شماره مزرعه Farm No	نوع منبع آب Type of water resource	روش آبیاری Method of irrigation	سطح زیر کشت (هکتار) Area under cultivation (ha)	رقم/ واریته Cultivar/ variety	بافت خاک Soil texture	شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر) Irrigation water salinity (ds/m)	شوری خاک (دسی زیمنس بر متر) Soil salinity (ds/m)	نیاز آبشویی (درصد) leaching (%)
1	چاه عمیق	سطحی	0.3	ریحان	رسی شنی	11.8	17.75	**41.84**
2	چاه عمیق	سطحی	1	ریحان	رسی شنی	6.3	9.48	**18.69**
3	چاه عمیق	سطحی	2.8	ریحان	رسی	8.9	13.36	**28.62**
4	چاه عمیق	سطحی	5	ریحان	رسی شنی	6.2	9.35	**18.34**
5	چاه عمیق	سطحی	21	به رخ	رسی شنی	2.02	3.06	**5.32**
6	چاه عمیق	سطحی	3	یوسف	رسی شنی	11.2	16.85	**38.89**
7	چاه عمیق	سطحی	12	نصرت	رسی شنی	4.01	6.02	**11.14**
8	چاه عمیق	سطحی	5	یوسف	شنی لومی	2.6	3.96	**6.95**
9	چاه عمیق	سطحی	2	گوهران	رسی	4.02	6.05	**11.17**
10	چاه عمیق	سطحی	2	یوسف	رسی	2.01	3.04	**5.29**
11	چاه عمیق	سطحی	62	به رخ	شنی رسی	6.1	9.13	**17.99**
12	چاه عمیق	سطحی	2.6	ریحان	رسی لومی	8.24	12.38	**25.94**

نتایج و بحث

در جدول ۳ محدودهٔ تغییرات برخی از داده‌های پایه اندازه‌گیری شده در مزارع ارائه شده است. بر اساس نتایج مندرج در این جدول، متوسط میزان دبی چاه‌ها و انحراف معیار آن به ترتیب ۳۳/۳۷ و ۱۴/۴۲ لیتر در ثانیه، میانگین سطح زیرکشت جو و انحراف معیار آن ۱۲/۹۹ و ۱۶/۸۵ هکتار، نیاز آبشویی ۱۴/۸۱ و انحراف معیار آن ۱۲/۱۱ درصد و بارندگی موثر ۱۰۳/۹۵ و انحراف معیار آن ۱۴/۸۸ میلی‌متر بود. جدول ۳ نشان می دهد که میزان بارندگی موثر (۱۰۴ میلی‌متر) توانسته است بخشی از آب مورد نیاز جو را در منطقه تأمین کند.

جدول ۳- محدودهٔ تغییرات برخی پارامترهای اندازه‌گیری شده در مزارع منتخب

Table 2-The range of changes of some measured parameters in selected farms

	دبی (لیتر بر ثانیه) Discharge (l/s)	مساحت مزرعه جو (هکتار) Barley field area (ha)	شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر) Irrigation water salinity (dS/m)	شوری خاک (دسی زیمنس بر متر) Soil salinity (dS/m)	نیاز آبشویی (درصد) leaching (%)	بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)	بارندگی موثر (میلی‌متر) Effective rainfall (mm)
سبزوار	30.03±6.37	9.89±17.42	6.12±3.37	9.20±5.07	19.18±12.44	123.48±3.82	116.67±3.75
نیشابور	36.7±19.24	16.08±16.40	3.55±3.14	5.33±4.66	10.43±10.50	96.06±10.05	91.23±9.79
کل مزارع	33.37±14.42	12.99±16.85	4.83±3.45	7.26±5.15	14.81±12.11	109.77±15.86	103.95±14.88

در جدول ۴ نیز برخی از داده‌های اندازه‌گیری شده در مزارع منتخب ارائه شده است. دامنهٔ تغییرات عمق آب آبیاری بین ۳۴ تا ۱۹۹ میلی‌متر با متوسط ۹۹ میلی‌متر و انحراف معیار ۴۵ میلی‌متر بود. حداقل و حداکثر تعداد آبیاری در دورهٔ آبیاری ۳ و ۱۳ و انحراف معیار ۱/۹۸ بود. با توجه به عمق آب آبیاری‌ها و تعداد آبیاری‌ها، دامنهٔ تغییرات عمق آب داده شده بین ۲۳۹ تا ۷۹۱ میلی‌متر با متوسط ۴۵۶ میلی‌متر و انحراف معیار ۱۵۳ میلی‌متر به‌دست آمد. میانگین حجم آب آبیاری ۴۵۵۹ مترمکعب در هکتار با انحراف معیار ۱۵۳۱ مترمکعب در هکتار حاصل شد. میانگین حجم آب آبیاری به‌دست آمده در این تحقیق با نتایج تحقیقات نقیب‌زادگان و همکاران (Naghdyzadegan *et al.*, 2016) که در منطقه چیانگ مای تایلند انجام شده مطابقت دارد. در تحقیق مذکور طی دو سال متوالی میانگین حجم آب آبیاری ۴۴۰۰ و ۴۸۰۰ مترمکعب در هکتار بدست آمده است. میانگین عملکرد جو در مزارع برابر با ۲/۷۱ تن در هکتار و انحراف معیار آن ۱/۱۱ تن در هکتار به‌دست آمد که از متوسط عملکرد جو در استان (بر اساس آمارنامه کشاورزی محصولات زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰، به‌میزان ۳/۴۳ تن در هکتار) حدود ۱۸/۸۶ درصد کمتر است. بهره‌وری آب آبیاری ۰/۶۹ کیلوگرم بر مترمکعب و بهره‌روری آب و بارش موثر برابر با ۰/۴۷ کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شده است. میانگین بهره‌وری آب آبیاری به‌دست آمده در این تحقیق با نتایج تحقیقات پیراسته انوشه و همکاران (Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2007) و غلامی و همکاران (Gholami *et al.*, 2006) مطابقت دارد. در تحقیق پیراسته انوشه و همکاران (Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2007) میانگین دو ساله بهره‌وری آب محصول جو با شوری آب آبیاری

۲ دسی‌زیمنس بر متر برابر ۰/۸۸ کیلوگرم بر مترمکعب و با شوری آب ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر ۰/۶۴ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمده است. در تحقیق غلامی و همکاران (Gholami *et al.*, 2006) میزان بهره‌وری آب آبیاری در آبیاری سطحی ۰/۴۳تا ۱/۴۲ کیلوگرم برمترمکعب برآورد شده است.

جدول ۴- دامنهٔ تغییرات برخی پارامترهای اندازه‌گیری شده در مزارع منتخب

Table 3-The range of changes of some measured parameters in selected farms

		متوسط عمق آب آبیاری (میلی‌متر) The average depth of irrigation water (mm)	تعداد کل آبیاری The total number of irrigations	حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار) volume The of irrigation water (m^3/ha)	حجم آب داده شده+بارندگی موثر (مترمکعب در هکتار) The volume of applied water + Effective rainfall (m^3/ha)	عملکرد جو (تن در هکتار) Yield of barley (ton/ha)	بهره وری آب آبیاری (کیلوگرم در متر مکعب) Irrigation water productivity (kg/m^3)	بهره وری آب کاربردی (کیلوگرم در متر مکعب) Applied water productivity (kg/m^3)
کل مزارع	حداقل	34.45	3.00	2393.20	3573.87	1.60	0.24	0.20
	حداکثر	198.68	13.00	7911.10	9091.77	5.60	2.34	1.44
	میانگین	99.10	5.08	4559.02	5598.54	2.71	0.69	0.47
	انحراف معیار	45.70	1.98	1531.03	1553.87	1.11	0.48	0.28

میانگین وزنی چهار شاخص: حجم آب آبیاری، عملکرد، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کاربردی نیز بر اساس سطح زیر کشت جو در هر منطقه محاسبه شد. بر اساس آخرین آمارهای منتشر شده وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت جو در مناطق نیشابور و سبزوار به ترتیب ۱۴۷۳۱ و ۷۲۵۵ هکتار و میانگین عملکرد جو بر اساس نتایج این تحقیق در دو منطقه مذکور به ترتیب ۲۰۳۹ و ۲۸۶۴ کیلوگرم در هکتار به دست آمده است. میانگین وزنی عملکرد برابر است با مجموع سطح زیرکشت جو در هر منطقه ضرب در عملکرد جو تقسیم بر مجموع سطح زیر کشت جو در دو منطقه مذکور که برای سه شاخص دیگر نیز به همین شکل محاسبه شد. بر این اساس، میانگین وزنی حجم آب آبیاری، عملکرد جو، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کاربردی به ترتیب ۴۵۹۳ مترمکعب در هکتار، ۲۳۱۰ کیلوگرم‌درهکتار، ۰/۵۸ کیلوگرم‌برمترمکعب و ۰/۴۵ کیلوگرم‌برمترمکعب تعیین شد.

به منظور بررسی دقیق تر تفاوت بین چهار شاخص مذکور از آزمون تی استفاده شد که نتایج آن در جدول ۵ آمده است. نتایج نشان داد که تفاوت میانگین حجم آب آبیاری در دو شهرستان نیشابور و سبزوار حدود ۲۳۹ مترمکعب در هکتار بوده است، اما این تفاوت از نظر آماری و در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. تفاوت عملکرد جو در این دو شهرستان نیز حدود ۳۲۳ کیلوگرم در هکتار بوده است ولی به لحاظ آماری اختلاف معنی دار نبوده است. تفاوت هر ۲ شاخص بهره‌وری آب (بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کاربردی) در دو منطقه نیز با وجود اختلاف بترتیب برابر با ۰/۱۵۷ و ۰/۱۲۲ کیلوگرم بر مترمکعب، ولی این تفاوت از نظر آماری معنی دار نبود.

جدول ۵- نتایج بررسی آماری حجم آب آبیاری، عملکرد، بهره‌وری آب توسط آزمون t در دو منطقه

Table 5- The statistical investigation of irrigation water volume, yield, water productivity by t-test in two region

سطح معنی‌داری The significance level	مقدار t The amount of t	t بحرانی The.critical t	میانگین تفاوت The different mean	پارامتر Parameter
0.724	-0.36	2.08	238.8	حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار) The volume of irrigation water (m^3/ha)
0.498	-0.69	2.08	0.323	عملکرد (تن در هکتار) Yield of barley (ton/ha)
0.440	-0.79	2.08	0.157	بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم در متر مکعب) Irrigation water productivity (kg/m^3)
0.315	-1.03	2.08	0.122	بهره‌وری آب کاربردی Applied water productivity (kg/m^3)

از نظر سهم بارش موثر در آب آبیاری نتایج نشان داد که در شهرستان نیشابور و سبزوار بترتیب ۳۷ و ۲۷ درصد از میزان آب آبیاری از طریق بارش موثر تامین شده است. در کل مزارع انتخابی این سهم حدود ۳۱ درصد بوده است.

در جدول ۶، نیاز خالص آبیاری جو محاسبه‌شده با استفاده از روش پنمن - مانتیث و بر اساس آمار و اطلاعات هواشناسی ده سالهٔ اخیر و در جدول ۷ نیاز خالص آبیاری جو استخراج شده بر اساس سند ملی آب و کتاب "برآورد آب مورد نیاز گیاهان باغی" (Farshi *et al.*, 1997) ارائه شده است. نیاز ناخالص آبیاری جو از تقسیم نیاز خالص آبیاری محاسبه شده، استخراج شده بر اساس سند ملی آب و کتاب "برآورد آب مورد نیاز گیاهان باغی" بر راندمان کاربرد آب آبیاری به‌دست آمد که نتایج آن در جداول ۶ و ۷ آمده است.

جدول ۶- مقایسه حجم آب آبیاری و نیاز ناخالص آبیاری جو محاسبه شده

Table 6- Comparison of the volume of irrigation water with the calculated impure water requirement of barley

شماره مزرعه **Farm No**	روش آبیاری **Irrigation mehtod**	حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار) **The volume of irrigation water (m^3/ha)**	بارندگی موثر (مترمکعب در هکتار) **Effective rainfall (m^3/ha)**	نیاز خالص آبیاری جو محاسبه شده (مترمکعب در هکتار) **Net irrigation requirement of barley (Calculated) (m^3/ha)**	نیاز ناخالص آبیاری جو محاسبه شده (مترمکعب در هکتار) **Gross irrigation requirement of barley (Calculated) (m^3/ha)**
1	سطحی	2972.0	917.85	4725.74	8816.68
2	بارانی رولاین	3686.4	851.67	3079.50	4958.94
3	قطره ای	4478.7	978.25	5188.11	7296.91
4	سطحی	4496.0	978.25	4573.36	8532.38
5	سطحی	4594.2	651.88	4614.54	8609.22
6	سطحی	5960.3	823.55	2915.62	5439.59
7	قطره ای	3907.7	978.25	5198.24	7311.16
8	سطحی	6536.9	977.25	4420.16	8246.56
9	سطحی	3040.3	978.25	5187.74	9678.62
10	سطحی	4163.6	917.85	4966.03	9264.98
11	سطحی	4837.9	978.25	5302.02	9891.83
12	سطحی	4219.7	916.85	4129.53	7704.35
13	سطحی	7228.8	1173.68	5569.91	10391.63
14	سطحی	5581.0	1180.67	5639.31	10521.11
15	سطحی	7435.2	1180.67	6236.40	11635.08
16	سطحی	4533.3	1173.68	5547.64	10350.08
17	سطحی	3014.4	1173.68	5391.93	10059.57
18	سطحی	3190.5	1180.67	5673.96	10585.75
19	سطحی	2393.2	1180.67	5336.29	9955.77
20	سطحی	3008.0	1173.68	4598.50	8579.30
21	سطحی	5175.2	1173.68	5132.47	9575.50
22	سطحی	3766.0	1180.67	5674.19	10586.17
23	سطحی	3286.0	1048.13	4915.52	9170.75
24	سطحی	7911.1	1180.67	6169.37	11510.02
میانگین		4559.0		5007.75	9111.33

نیاز آبیاری جو، استخراج شده بر اساس سند ملی آب برای دو منطقه سبزوار و نیشابور به ترتیب ۵۴۳۰ و ۳۶۷۰ مترمکعب در هکتار و بر اساس کتاب "برآورد آب مورد نیاز گیاهان زراعی" به ترتیب ۴۹۲۵ و ۴۲۵۸ مترمکعب در هکتار است. نیاز ناخالص آبیاری جو بر اساس مقادیر مذکور و با لحاظ راندمان کاربرد آب آبیاری برای روش‌های مختلف آبیاری محاسبه شده که نتایج آن در جدول ۷ آمده است.

جدول ۷- نیاز ناخاص آبیاری جو برای روشهای مختلف آبیاری بر اساس داده های سند ملی آب و کتاب "برآورد آب مورد نیاز گیاهان زراعی"

Table 7- The impure water requirement of barley for different irrigation methods based on the national document and the book "Estimation of Water Required of Garden Plants"

منطقه	نیاز خالص آبیاری جو بر اساس سند ملی آب کشور	نیاز خالص آبیاری جو بر اساس کتاب "برآورد آب مورد نیاز گیاهان زراعی"	نیاز ناخالص آبیاری جو بر اساس سند ملی آب کشور			نیاز ناخالص آبیاری جو بر اساس کتاب "برآورد آب مورد نیاز گیاهان زراعی"		
			آبیاری بارانی	آبیاری قطره‌ای	آبیاری سطحی	آبیاری بارانی	آبیاری قطره‌ای	آبیاری سطحی
سبزوار	5430	4925	8744	7637	10131	7931	6927	9188
نیشابور	3670	4258	5910	5162	6847	6857	5989	7944
میانگین			7327	6400	8489	7394	6458	8566

با توجه به نتایج درج شده در جداول ۶ و ۷ مشاهده می‌شود که متوسط حجم آب آبیاری استفاده شده توسط کشاورزان در مزارع جو (۴۵۵۹ مترمکعب در هکتار) کمتر از میانگین نیاز ناخالص آبیاری محاسبه شده (۹۱۱۱ مترمکعب در هکتار)، برآورده شده با استفاده از سند ملی آب و کتاب "برآورد نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی کشور" می‌باشد. از این رو به اندازهٔ نیاز گیاه جو به آب در دورهٔ آبیاری، آب در اختیار این گیاه قرار نگرفته است.

نتیجه گیری و پیشنهادها

بر اساس نتایج این تحقیق، در دو منطقه سبزوار و نیشابور میانگین وزنی (بر اساس سطح زیر کشت جو در دو منطقه) حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب آبیاری در مزارع جو به ترتیب ۴۵۹۳ مترمکعب در هکتار و ۰/۵۸ کیلوگرم در مترمکعب به‌دست آمد. میزان آب آبیاری در تولید جو در این دو منطقه حدود ۵/۸ درصد از متوسط کشوری آن کمتر و بهره‌وری آب کاربردی حدود ۳۵/۶ درصد از متوسط کشوری آن کمتر بوده است. نیاز ناخالص آبیاری محاسبه شده، برآورده شده با استفاده از سند ملی آب و کتاب "برآورد نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی کشور" به ترتیب ۹۱۱۱، ۸۴۸۹ و ۸۵۶۶ مترمکعب در هکتار به دست آمد. از نظر سهم بارش موثر در آب آبیاری نتایج نشان داد که در شهرستان نیشابور و سبزوار بترتیب ۳۷ و ۲۷ درصد از میزان آب آبیاری از طریق بارش موثر تامین شده است. حجم آب آبیاری استفاده شده توسط کشاورزان در مزارع جو نسبت به نیاز ناخالص آبیاری محاسبه شده،

برآورده شده با استفاده از سند ملی آب و کتاب "برآورد نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی کشور به ترتیب ۵۰/۰، ۴۲/۳ و ۴۶/۸ درصد کاهش داشته است. با مقایسه حجم آب آبیاری استفاده شده توسط کشاورزان در مزارع جو با نیاز ناخالص آبیاری این نتیجه حاصل شد که کشاورزان به دلیل در اختیار نداشتن آب کافی و به طور ناخواسته در مزارع جو کم آبیاری انجام داده و در واقع کشاورزان به اندازه‌ای که آب در اختیار داشته‌اند، آبیاری انجام داده‌اند. با توجه به اینکه اکثر مزارع به صورت حقابه‌ای آب دریافت می‌کنند، لذا گیاه در مقاطعی از دوره رشد خود آب بیشتر و در مقاطعی آب کمتر از حد موردنیاز خود دریافت می‌کند و این باعث کاهش عملکرد و به دنبال آن کاهش بهره‌وری آب می‌گردد. نتایج نشان داد که حجم آب آبیاری مزارع جو بستگی به تعداد نوبتهای آبیاری، تاریخ کاشت، زمان قطع آبیاری در انتهای فصل، میزان حقابه و منابع آب در دسترس و نحوه مدیریت مزرعه دارد. با توجه به اینکه اکثر مزارع به روش آبیاری سطحی (جویچه‌ای) آبیاری می‌شوند، اعمال راهکارهای بهبود بهره وری آب مانند آبیاری یک درمیان جویچه‌ها، ایجاد موج و کاهش دبی توصیه می‌شود. در راستای بهبود عملکرد و تولید اقتصادی جو، ایجاد زیرساختهای لازم برای به‌کارگیری سامانه‌های نوین آبیاری امری مهم و ضروری است. اما باید توجه داشت که آب تنها یکی از چندین نهاده موردنیاز و مؤثر در تولید بهینه و اقتصادی جو است و در کنار آن باید به استفاده بهینه از سایر نهاده‌ها شامل: بذر، کود، سم، تجهیزات و ادوات و نیروی انسانی آموزش دیده توجه جدی بشود.

مراجع

Abbasi, F., Sohrab, F. & Abbasi, N. (2017). Evaluation of irrigation efficiencies in Iran. Journal of Irrigation and Drainage Engineering Research, 17(67), 113-128. (in Persian).

Abbasi, F., Naseri, A., Sohrab, F., Baghani, J., Abbasi, N. & Akbari, M. (2016). Promoting of agricultural water productivity. Technical Note No. K34/94. Agricultural Engineering Research Institute. Karaj, Iran.

Abd El-Wahed, M.H., Medici, M. and Lorenzini, G.(2016). Sprinkler irrigation uniformity: Impact on the crop yield and water use efficiency. Journal of Engineering Thermophysics, 25(1): 117-125.

Ahmad, A. N. (2002). Comparative response of barley genotypes to chloride and sulphate salinity. Pakistan Research Repository: 135-140.

Akbari, M. & Jasemi, S. (2008). Investigating the determination of water use efficiency in promising lines of barley tolerant to late season drought using drip irrigation method. Project Final report, No. 88/169, Agricultural Engineering Research Institute. Karaj, Iran.

Alikhasi, M., Kouchakzadeh, M., Tavakoli, A.R. & Tahmasebi, R. (2019). Evaluation of improving Water Productivity Using Rain Water Harvesting System and Supplemental Irrigation on Barley. Iranian water research journal, 13(2), 81-90.

Ayers, R.S. & Westcot, D.W. (1994). Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 29. FAO, Rome, Italy.

Deputy of Center for Statistics, Information and Communication Technology. (2023). Agricultural Statistics of 2022. Ministry of Jihad for Agriculture, Deputy for Planning and Economy, Information and Communication Technology Office. Volume 1, Crops Products. 95pp. (in Persian).

Farshi, A., Shariati, M.R., Jarollahi, R., Ghaemi, M.R., Shahabifar, M. & Tavallaei, M.M. (1997). An estimate of the water requirements of main field crops and orchards in Iran, Orchards Vol. 2. Agricultural Education Publication: Karaj, Iran, p.629. (in Persian).

Ghasemi-Aghbolaghi, S. and Sepaskhah, A.R. (2018). Barley (Hordeum vulgare L.) response to partial root drying irrigation, planting method and nitrogen application rates. International Journal of Plant Production, 12(1): 13-24.

Gholami, Z., Ebrahimian, H. & Noori, H. (2016). Investigation of Irrigation Water Productivity in Sprinkler and Surface Irrigation Systems (Case study: Qazvin Plain). Journal of Irrigation Sciences and Engineering (JISE), 39(3), 135-146.

Haghayeghi moghaddam, S.A., Abbasi, F., Nasseri, A., Varjavand, P., Dehghanian, S.E., Ghasemi, M.M., Sepehri, S., KhosraVI, H., Karimi, M., Parchami-Araghi, F., Goodarzi, M., Miranzade, M., Farzamnia, M., Uossef gomrokchi, A., Rezvani, M., Nikanfar, R., Mousavifazl, S.H. & Ghadami firouzabadi, A. (2023). Determination of Applied Water and Water Productivity in Barley production in Iran. Journal of water and soil, Accepted and ready to publish. (in Persian).

Information and Communication Technology Office. (2022). Statistical Yearbook of the Agricultural sector of Razavi Khorasan Province. Agricultural Jihad Organization of Razavi Khorasan Province, Deputy for Planning and Economy, 264pp. (in Persian).

Jenab, M. & Nazari, B. (2018). The study of Water Productivity and Yield Gap of Wheat, Barley and Maize in Qazvin Province. Iranian Journal of Soil and Water Research, 49(6), 1405-1417.

Katerji, N., Mastrorilli, M., Van Hoorn, J.W., Lahmer, F.Z., Hamdy, A. and Oweis, T. (2009). Durum wheat and barley productivity in saline–drought environments. Europ. Journal of Agronomy, 31(1): 1-9.

Moradmand, D. & Mehnatkesh, A. (1995). Investigating and determining the water requirement of the barely in Shahrekord during the years 1992 to 1995. Project Final report, No. 74/395, Agricultural Research Center of Chahar Mahal and Bakhtiari, Agricultural Engineering Research Institute. Shahrekord, Iran.

Naghdyzadegan, M., Razzaghi, F., Zand-Parsa, Sh. (2016). Barley water and nitrogen requirement to increase its sustainable production in semi-arid region. 2nd World Iirrigation Forum, Chiang Mai, Thailand.

Pardo, J.J., Martínez-Romero, A., Léllis, B.C., Tarjuelo, J.M. and Domínguez, A. (2020). Effect of the optimized regulated deficit irrigation methodology on water use in barley under semiarid conditions. Agricultural Water Management, 228: 105925.

Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y., Kazemeini, S.A. & Dehghany, F. (2017). Effect of Irrigation Water Salinity on Soil Moisture and Salinity during Growing Season, Barley Yield, and Its Water Productivity. Journal of Soil Research (Soil and water sciences), 31(2), 155-167.

Pohankova, E., Hlavinka, P., Orsag, M., Takac, J., Kersebaum, K.C., Gobin, A. and Trnka, M. (2018). Estimating the water use efficiency of spring barley using crop models. The Journal of Agricultural Science. https://doi.org/10.1017/S0021859618000060.

Ramezani Etedali, H. & Ababaei, B. (2016). Estimation of Water Footprint Components in Barley Production at National and Provincial Scales. Journal of water research in agriculture, 30(3), 431-443.

Shrief, A.S. and Abd El-Mohsen, A.A. (2014). Effect of different irrigation regimes on grain and protein yields and water use efficiency of barley. Scientia Agriculturae, 8 (3): 140-147.

Irrigation and Drainage Structures Engineering Research/Vol.24/No.91/ Summer 2023/P:70-86

Original Research

Investigating the Volume of Irrigation Water and Applied Water Productivity in Barley Fields of Razavi Khorasan Province (Sabzevar and Neyshabur)

Mohammad Karimi*, Abolghasem Haghayeghi, Mohammad Joleini

***Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization(AREEO), Mashhad, Iran.**

Received: 15 October 2023, Accepted: 11 December 2023,Email: karimi.irri@gmail.com

Extended Abstract

Introduction

Water management in the agricultural sector is very important as the largest consumer of water resources in the country. Estimation or determination of water use management indicators, including the amount of water consumed, irrigation efficiency and water productivity of various agricultural and horticultural crops in the country, is one of the most important key indicators in macro-planning related to supply of water, allocation and consumption in different sectors including agriculture. The volume of water used by agricultural crops as one of the indicators for evaluating the optimal use of water resources and plays a very important role in the management and macro-planning in the field of water management and engineering. Barley plant is cultivated and produced in almost all the countries of the world and it is considered as the fourth grain in the world in terms of production after wheat, corn and rice. In Iran, barley with a cultivated area (irrigated and rainfed) of more than 1,684,000 hectares and with a production of more than 3,176,000 tons, after wheat, it is the most important crop and is cultivated in most parts of the country due to its wide ecological compatibility. Due to the economic importance of barley production in the country, it is necessary to study the volume of irrigation water and water productivity to produce this strategic product.

Methodology

In Khorasan Razavi province, 2 cities with the highest area under barley cultivation were selected for evaluation, Sabzevar and Neyshabur. To conduct this research, 12 fields in Sabzevar region and 12 other fields in Neyshabur region have been selected. The volume of irrigation water was measured in these 24 fields during the irrigation season. The measurements were carried out in different irrigation and planting methods, various soils, different salinity of irrigation water and soil and different barley varieties during the growing season of 2021-2022 without interfering with the farmer's irrigation management. The measured values were compared with the gross irrigation water requirement estimated by the Penman-Monteith method using the last 10 years meteorological data and also with the national water document values. Crop yield was recorded at the end of the growing season and water productivity was calucated as the ratio of yield to total water (irrigation applied water and effective rainfall).

Results and Discussion

The results showed that the amount of applied water, the amount of barley yield and the water productivity in Sabzevar region were 4710 m^3/ha, 2.86 ton/ha and 0.77 kg/m^3, respectively. The amount of applied water, the amount of barley yield and the water productivity in Neyshabur region were determined as 4408 m^3/ha, 2.54 ton/ha and 0.61 kg/m^3, respectively. The volume of barley irrigation water in the studied areas varied from 2393 to 7911 and its weighted average (based on the cultivation area) was 4593 m^3/ha. While the average gross requirement of irrigation water in the studied areas using the Penman-Mantis method using meteorological data of the last ten years and the national water document was 9111 and 8489 m^3/ha, respectively. The average yield of barley in the selected fields varied from 1600 to 5600 and its weighted average was 2310 kg/ha. Irrigation water productivity in the selected farms varied from 0.24 to 2.34 and its weighted average was determined to be 0.58 kg/m^3. The applied water productivity in the selected farms varied from 0.21 to 1.57 and its weighted average was determined as 0.45 kg/m^3.

Conclusions

According to the results of this research, in the two regions of Sabzevar and Neyshabur, the weighted average (based on the area under barley cultivation in the two regions) of the volume of irrigation water and the irrigation water productivity in barley fields are 4593 m^3/ha and 0.58 kg/m^3, respectively. It was obtained. The amount of irrigation water in the production of barley in these two regions is about 5.8% less than the national average and the applied water productivity is about 35.6% less than the national average. The calculated gross irrigation requirement was obtained by using the national water document and the book "Estimation of water requirement of agricultural and horticultural plants of the country", respectively 9111.3, 8489 and 8566 m^3/ha. In terms of the share of effective rainfall in irrigation water, the results showed that 37 and 27% of the amount of irrigation water was supplied through effective rainfall in Neyshabur and Sabzevar, respectively. By comparing the amount of irrigation water used by farmers in the barley fields with the gross irrigation requirement, the result was that the farmers did not have enough water for irrigation and Unintentionally, they have done deficit irrigation in the barley fields, and in fact, the farmers have done irrigation as much as they had water.

Keywords: Amount of irrigation water, Irrigation methods, Water productivity, Yield of barley

©2020 Food Engineering Research, Karaj, Iran. This is an open access artcle distributed under the terme and conditions of the Creative Commons attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license)