

مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی بهره‌وری آب سامانه‌های آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای در مزارع تولید جو استان مرکزی

مصطفی گودرزی^{۱*}، سید ابوالقاسم حقایقی مقدم^۲، ابوالفضل هدایتی پور^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۰۸

چکیده

این تحقیق با هدف اندازه‌گیری مستقیم و مزرعه‌ای میزان آب آبیاری کاربردی و بهره‌وری آب در مزارع جو در سطح استان مرکزی اجرا گردید. بدین منظور ۲۶ مزرعه در مناطق عمده تولید جو آبی در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ در استان مرکزی با هماهنگی مدیریت‌های جهاد کشاورزی انتخاب و حجم آب داده شده بدون دخالت در برنامه آبیاری کشاورزان اندازه‌گیری شد. براین اساس ابتدا مقدار دبی منبع آب (کانال، چاه، قنات و یا چشمه) با وسیله مناسب (فلوم و کنتور) در هر کدام از مزارع منتخب اندازه‌گیری شد. سپس با پیش‌دقیق برنامه آبیاری مزرعه شامل زمان هر نوبت آبیاری، تعداد دفعات آبیاری در طول سال و همچنین اندازه‌گیری سطح زیر کشت محصول، حجم آب آبیاری کاربردی محصول جو برای هر کدام از مزارع منتخب در طول فصل اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که حجم آب آبیاری مزارع جو در سطح استان بسته به روش آبیاری، فاصله آبیاری و نحوه مدیریت مزرعه متفاوت بوده و حجم آن از ۳۷۸۳ تا ۷۲۳۲ مترمکعب در هکتار متغیر بود. راندمان کاربرد آب آبیاری در مزارع مورد مطالعه از ۵۱ تا ۱۰۰ درصد متغیر و متوسط آن ۷۳ درصد بود. بهره‌وری آب آبیاری نیز برای این محصول در سطح استان مرکزی بین ۰/۴۳ تا ۱/۱۹ با متوسط ۰/۷۵ کیلوگرم بر مترمکعب در نوسان بود. به‌طور کلی نتایج اندازه‌گیری‌های انجام شده در سطح استان مرکزی نشان می‌دهد که صرف‌نظر از روش آبیاری مورد استفاده، مدیریت آبیاری توسط کشاورز نقش مهمی در میزان آب کاربردی در مزارع مورد مطالعه دارد. نتایج به‌دست‌آمده بیانگر برتری روش آبیاری قطره‌ای از لحاظ بهره‌وری فیزیکی نسبت به آبیاری سطحی و بارانی در تولید محصول جو در استان مرکزی است. همچنین، نتایج این تحقیق نشان داد قابلیت اجرای کم‌آبیاری در سطح مزارع جو استان وجود دارد، لذا ترویج و آموزش کم‌آبیاری به روش صحیح و کاربردی به کشاورزان می‌تواند باعث افزایش قابل توجه بهره‌وری آب در تولید محصول جو گردد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، جو، عملکرد، نیاز آبی

مقدمه

گیاه جو (*Hordium Vulgare*) تقریباً در تمام کشورهای جهان

کشت و تولید شده و پس از گندم، ذرت و برنج به‌عنوان چهارمین غله جهان از نظر تولید در نظر گرفته می‌شود. در ایران، جو با سطح زیر کشت (آبی و دیم) بیش از یک میلیون و چهارصد و پنجاه هزار هکتار و با تولید بیش از سه میلیون تن (دو میلیون تن از کشت آبی و یک میلیون تن از کشت دیم) بعد از گندم، عمده‌ترین محصول زراعی است و با توجه به سازگاری وسیع اکولوژیکی در اکثر نقاط کشور مورد کشت و کار قرار می‌گیرد (احمدی و همکاران ۱۳۹۸). با توجه به سطح زیر کشت قابل توجه جو و جایگاه مهم این گیاه در ترکیب علوفه دام کشور، تعیین میزان آب مصرفی این محصول در منابع آب از اهمیت زیادی برخوردار است. آب یکی از مهم‌ترین عوامل رشد و نمو جو و سایر گیاهان است. چون دوره‌ی رشد جو کوتاه‌تر از گندم است، به همان نسبت نیاز جو به آب کم‌تر از گندم است.

- ۱- استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران
- ۲- استادیار 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
- ۳- مربی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران

(*- نویسنده مسئول: (Email: goodarzimustafa@gmail.com)

DOR: 20.1001.1.20087942.1401.16.4.11.4

قرار دادند. در این مطالعه، آبیاری کامل معادل ۸۷۸۶ مترمکعب در هکتار و کم آبیاری 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 به دست آمد (Shrief and Abd El- (Mohsen, 2014).

پارادو و همکاران طی یک مطالعه مزرعه‌ای سه ساله (۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷) در منطقه کاستیا-لامانچا اسپانیا با اقلیم نیمه‌خشک، اثر اعمال کم آبیاری بر عملکرد جو و بهره‌وری آب را مورد بررسی قرار دادند. تیمارهای آبیاری، شامل آبیاری کامل بدون محدودیت تنش خشکی، آبیاری برای تأمین ۱۰۰، ۹۰، ۸۰ و ۷۰ درصد نیاز آبیاری خالص جو بر اساس میانگین بلندمدت تبخیر و تعرق پتانسیل در منطقه مطالعاتی بودند (به ترتیب، تیمارهای T1 تا T5). عمق آب کاربردی بین تیمارهای مختلف بین ۱۷۵/۲ تا ۳۲۹ میلی‌متر (به ترتیب در تیمارهای T5 و T1)، عملکرد جو بین ۶/۳۴ تا ۹/۰۵ تن بر هکتار (به ترتیب در تیمارهای T5 و T1) و بهره‌وری آب آبیاری بین ۲/۷۸ تا ۳/۶۳ کیلوگرم بر مترمکعب (به ترتیب در تیمارهای T1 و T4) متغیر بود (Pardo et al., 2020).

در تحقیقاتی که تاکنون انجام شده است، اندازه‌گیری‌ها به‌طور عمده در شرایط مزارع پژوهشی بوده و میزان آب کاربردی و بهره‌وری آب در مزارع جو تحت مدیریت بهره‌برداران ارائه نشده است. بنابراین، این تحقیق با هدف اندازه‌گیری مستقیم و مزرعه‌ای میزان بهره‌وری آب و حجم آب آبیاری در مزارع جو با سامانه‌های مختلف آبیاری تحت مدیریت زارع در سطح استان مرکزی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در ۲۶ مزرعه در مناطق عمده تولید جو آبی در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در استان مرکزی اجرا شد. براساس آمارنامه کشاورزی ۹۷-۱۳۹۶ سطح زیرکشت جو آبی در استان مرکزی ۴۷۵۰۱ هکتار است که در این بین چهار شهرستان اراک، آشتیان، فراهان، ساوه و زرنديه دارای بیشترین سطح زیرکشت هستند. در جدول ۱ سری زمانی سطح زیر کشت و عملکرد محصول جو در استان مرکزی در ۱۰ سال اخیر ارائه شده است. مزارع منتخب برای اندازه‌گیری با هماهنگی مدیریت‌های جهاد کشاورزی شهرستان‌ها طوری انتخاب شدند که اغلب شرایط از جمله بافت خاک و مدیریت-های مختلف، شوری‌های آب و خاک مختلف، روش‌های آبیاری متنوع و غیره را پوشش دادند (شکل ۱). شاخص‌های مورد نظر از جمله آب کاربردی، بدون دخالت در برنامه آبیاری آن‌ها و تحت مدیریت کشاورزان اندازه‌گیری شد. بدین صورت که ابتدا در هر یک از شهرستان‌های مورد مطالعه، مزارع جو با هماهنگی مدیریت‌های جهاد

نقدی زادگان و همکاران در آزمایشی دو ساله (۲۰۱۵-۲۰۱۳) در ایستگاه تحقیقاتی باجگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، تأثیر سطوح مختلف آبیاری و ازت بر رشد و عملکرد جو (رقم ریحان) را بررسی کردند. آزمایش در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی با تیمارهای آبیاری سطحی (تأمین صفر، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی) و تیمارهای ازت (صفر، ۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) با سه تکرار انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد که می‌توان با سناریوهای مختلف آب کاربردی و کود نیتروژن مقدار مختلفی از عملکرد دانه جو را تولید کرد. در هر دو سال با افزایش سطح آبیاری و کود نیتروژن، عملکرد دانه به‌طور معنی‌دار افزایش یافت. بین میزان کاربرد ۱۴۰ و ۲۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. 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 آب آبیاری در تیمار تأمین ۱۰۰٪ نیاز آبی این آزمایش، به ترتیب در سال اول و دوم برابر ۴۴۰۰ و ۴۸۰۰ مترمکعب در هکتار برآورد گردید (Naghdyzadegan et al., 2016).

غلامی و همکاران (۱۳۹۵)، در تحقیقی به بررسی بهره‌وری آب آبیاری در روش‌های آبیاری بارانی و سطحی دشت قزوین پرداختند. براساس نتایج آنها، بهره‌وری آب آبیاری در روش‌های آبیاری بارانی برای محصول جو در استان قزوین، ۰/۷۵ تا ۲/۵ کیلوگرم بر مترمکعب و میزان بهره‌وری آب آبیاری در آبیاری سطحی ۰/۴۳ تا ۱/۴۲ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد.

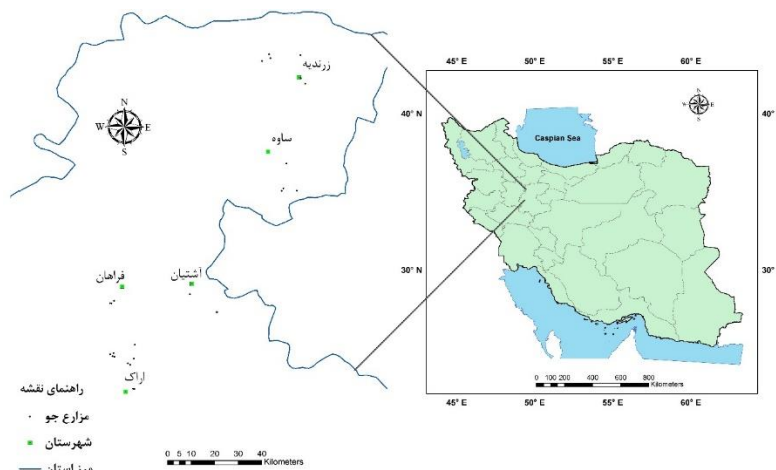
رضانی اعتدالی و آبابائی (۱۳۹۵) در تحقیقی به برآورد اجزاء ردپای آب مجازی در تولید جو در مقیاس ملی و استانی پرداختند. در این پژوهش، اجزاء ردپای آب در تولید جو در ۱۵ استان منتخب که بیشترین تولید جو را در کشور داشتند، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد در بین ۱۵ استان منتخب، میانگین مجموع ردپای آب در اراضی فاریاب در حدود ۳۲۰۹ میلیون مترمکعب بر تن در سال است.

پوهانکوا و همکاران در تحقیقی با استفاده از ۵ مدل گیاهی AQUACROP، WOFOST، Barley-CERES، HERMES، DAISY و نیاز آبی و بهره‌وری آب جو را در سه منطقه مختلف در کشور چک مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که مدل‌هایی که از روش پنمن برای محاسبه نیاز آبی استفاده می‌نمایند نسبت به روش پنمن مانتیث، مقادیر نیاز آبی را کمتر برآورد می‌کنند. در روش پنمن با توجه به پارامترها و روابط در نظر گرفته شده، متوسط نیاز آبی جو ۲۵۰ میلی‌متر و در روش پنمن مانتیث ۳۳۰ میلی‌متر برآورد گردید (Pohankova et al., 2018).

شریف و عبدالمحسن در تحقیقی اثرات رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب جو در منطقه‌ای در لیبی را مورد ارزیابی

آبیاری مزرعه شامل زمان هر نوبت آبیاری، تعداد دفعات آبیاری در طول سال و همچنین اندازه‌گیری سطح زیر کشت محصول، حجم آب کاربردی محصول جو برای هرکدام از مزارع منتخب در طول فصل اندازه‌گیری شد. همچنین در هرکدام از مزارع مواردی نظیر بافت خاک، هدایت الکتریکی خاک و آب آبیاری اندازه‌گیری گردید.

کشاورزی انتخاب و حجم آب داده شده بدون دخالت در برنامه آبیاری کشاورزان اندازه‌گیری گردید. بدین منظور ابتدا مقدار دبی منبع آب (کانال، چاه، قنات و یا چشمه) با وسیله مناسب (فلوم و کنتور) در هرکدام از مزارع منتخب با سه تکرار در طول فصل اندازه‌گیری شد. پس از تعیین میزان دبی آب ورودی به مزرعه با پایش دقیق برنامه



شکل ۱- موقعیت مکانی مزارع جو مورد مطالعه در استان مرکزی

این پژوهش، نیاز آبی گیاه مرجع با اعمال ضرایب گیاهی ارائه شده در نشریه شماره ۵۶ فائو به نیاز آبی خالص گیاه تبدیل شدند (Allen et al., 1998). عملکرد محصول در پایان فصل زراعی نیز اندازه‌گیری و بهره‌وری آب در هر یک از مناطق و مزارع مورد مطالعه محاسبه و مقایسه شد.

در این تحقیق بارندگی مؤثر به روش SCS برآورد شد که مقدار آن با استفاده از رابطه ۱ و ۲ محاسبه می‌گردد (USDA, 1967). نیاز آبی گیاه به روش پنمن-مانتیث با استفاده از داده‌های هواشناسی سال زراعی جاری و ۱۰ سال اخیر به‌عنوان میانگین بلندمدت، برای منطقه مورد نظر از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی تهیه و برآورد گردید. در

جدول ۱- سری زمانی تغییرات سطح زیر کشت و تولید محصول جو در استان مرکزی

سال	سطح زیر کشت (هکتار)	تولید (تن در هکتار)
۱۳۸۹	۴۳۶۸۰	۱۷۵۷۵۰
۱۳۹۰	۳۱۹۶۳	۹۹۴۴۰
۱۳۹۱	۴۶۷۵۶	۱۲۵۹۱۵
۱۳۹۲	۴۰۵۸۱	۱۲۹۸۴۸
۱۳۹۳	۳۹۵۰۶	۱۴۳۰۸۸
۱۳۹۴	۳۹۷۳۷	۱۳۹۸۳۹
۱۳۹۵	۴۴۴۲۰	۱۵۹۱۵۳
۱۳۹۶	۴۴۰۱۵	۱۶۷۲۵۸
۱۳۹۷	۴۷۵۰۱	۱۸۰۵۱۴
۱۳۹۸	۴۳۵۲۵	۱۷۱۹۶۸
۱۳۹۹	۴۶۳۵۰	۱۹۸۰۰۰

جاری) به حجم آب داده شده توسط بهره‌برداران برای هر یک از مزارع مورد مطالعه برآورد و تحلیل شد.

راندمان کاربرد آب در مزرعه با استفاده از نسبت نیاز خالص آبیاری (به روش پنمن-مانتیث با استفاده از داده‌های سال زراعی

جدول ۲- مشخصات عمومی مزارع جو منتخب

کد مزرعه	آدرس (شهر- روستا)	سطح زیر کشت (هکتار)	نوع منبع آب	ارتفاع از سطح دریا (متر)	بافت خاک	شوری خاک (دسی زیمنس بر متر)	شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر)
B1	آشتیان-دشت مهربان	۱/۱	قنات	۱۹۷۱	لوم رس شنی	۲/۹	۱/۵۱
B2	آشتیان-مزرعه نو	۱۰/۲	چاه	۱۸۳۷	لوم شنی	۴/۵	۲/۲۱
B3	آشتیان-مزرعه نو	۱/۲	چاه	۱۸۳۶	لوم رس شنی	۳/۶	۱/۹
B4	اراک- محمدیه	۳۰/۴	چاه	۱۶۸۳	لوم رس شنی	۳/۴۳	۱/۵۱
B5	اراک- محمدیه	۷/۹	چاه	۱۶۸۰	لوم رس شنی	۳/۱	۱/۵۵
B6	اراک- محمدیه	۵/۱	چاه	۱۶۷۶	لوم	۴/۵۹	۲/۲۳
B7	اراک- محمدیه	۴/۳	چاه	۱۶۸۳	لوم	۴/۲۱	۲/۲۳
B8	اراک- مرادآباد	۲/۴	چاه	۱۶۷۰	لوم رسی	۳/۲۵	۱/۷۱
B9	اراک- مرادآباد	۱۰/۲	چاه	۱۶۶۵	لوم	۱/۹۵	۰/۹۱
B10	اراک- مرادآباد	۱/۵	چاه	۱۶۶۴	لوم	۲/۲۱	۱/۲۱
B11	اراک- مرادآباد	۱۴/۲	چاه	۱۶۵۹	لوم شنی	۱/۸	۰/۷۶
B12	فراهان- جونوش	۳/۹	چشمه	۱۷۲۶	لوم شنی	۳/۴۲	۱/۷۹
B13	فراهان- جونوش	۳/۷	قنات	۱۷۳۳	لوم رس شنی	۲/۶۵	۱/۳۹
B14	فراهان- جونوش	۱۲/۱	چاه	۱۷۲۹	لوم رس شنی	۴/۱	۲/۲۳
B15	زرنديه- نجفآباد	۳۹/۸	چاه	۱۲۹۶	لومی	۳/۱	۱/۵۵
B16	زرنديه- خشکرو	۱۲/۲	چاه	۱۳۶۹	لوم رس شنی	۳/۳۵	۱/۸۶
B17	زرنديه- مامونیه	۶/۱	چاه	۱۴۲۳	لوم شنی	۶/۱	۳/۱
B18	زرنديه- مامونیه آسیابک	۱۴/۹	چاه	۱۴۲۲	لوم شنی	۷/۴۵	۳/۸۸
B19	زرنديه- خشکرو	۱۰/۲	چاه	۱۴۴۸	لوم رس شنی	۶/۰۲	۲/۵
B20	زرنديه- خشکرو	۹/۸	چاه	۱۴۴۴	لوم رس شنی	۵/۸	۲/۵
B21	اراک- مبارکآباد	۴/۹	چاه	۱۶۹۵	لوم شنی	۲/۲	۰/۹۳
B22	اراک- مبارکآباد	۰/۹	چاه	۱۶۹۶	لوم شنی	۲/۳	۰/۹۳
B23	ساوه- احمدآباد	۳/۳	چاه	۹۶۳	لوم رسی	۸/۱	۳/۹۵
B24	ساوه- احمدآباد	۴۷/۸	چاه	۹۳۸	لوم رسی	۷/۸۶	۳/۸۵
B25	ساوه- حسینآباد	۳/۲	چاه	۹۵۸	لومی	۵/۴	۲/۶۱
B26	ساوه- قلعه شیرخان	۱	چاه	۹۵۹	لومی	۵/۸	۲/۶۳

$$P_e = P_{tot} \frac{125 - 0.2P_{tot}}{125} \text{ for } P_{tot} < 250 \text{ mm} \quad (1)$$

$$P_e = 125 + 0.1P_{tot} \text{ for } P_{tot} > 250 \text{ mm} \quad (2)$$

که در این رابطه P_e بارش مؤثر (mm) و P_{tot} بارش کل (mm) می باشد.

این روش متوسطی از شاخص راندمان کاربرد آب را در فصل زراعی ارائه می دهد (گودرزی و همکاران ۱۳۹۹). شاخص بهره‌وری آب از نسبت مقدار عملکرد محصول به حجم آب کاربردی به دست آمد؛ به عبارت دیگر شاخص بهره‌وری آب در تولید جو از رابطه ۴ تعیین شد (Molden et al., 2001).

اراضی زیر کشت جو در مزارع مورد مطالعه با میانگین ۱۰/۱ هکتار بین ۰/۹ تا ۴۷/۸ هکتار متغیر بود. میزان شوری خاک با میانگین ۴/۲ بین ۱/۸ تا ۸/۱ دسی زیمنس بر متر متغیر بود. بر اساس معیارهای توصیه شده (Richards, 1954) می‌توان بیان نمود که خاک سطحی مزارع مطالعاتی در کلاس بدون مشکل شوری تا اندکی شور قرار می‌گیرند، که عمدتاً اراضی با شوری بالاتر در منطقه ساوه و زرنديه واقع شده‌اند. شوری آب آبیاری در مزارع مورد مطالعه با میانگین ۲/۱ بین ۰/۸ تا ۴ دسی زیمنس بر متر متغیر بود، در مورد شوری آب نیز شوری بالاتر عمدتاً مربوط به مزارع واقع در دو منطقه زرنديه و ساوه بود. دور آبیاری در مزارع مورد مطالعه با میانگین ۱۵ روز بین ۶ تا ۳۰ روز متغیر بود و بر این اساس با توجه به زمان قطع آبیاری در انتهای فصل تعداد کل آبیاری‌های اعمال شده با متوسط ۸ بار آبیاری بین ۴ تا ۱۳ آبیاری متغیر بود. متوسط عمق آبیاری نیز با میانگین ۸۵ میلی‌متر بین ۲۹/۱ تا ۱۳۴/۷ میلی‌متر در سیستم‌های آبیاری مختلف متغیر بود.

$$E_{ap} = \frac{V_{CW}}{V_{ap}} \quad (3)$$

که در این رابطه E_{ap} راندمان کاربرد، V_{CW} حجم نیاز خالص آبیاری (مترمکعب در هکتار) و V_{ap} حجم آب کاربردی توسط کشاورز (مترمکعب در هکتار) می‌باشد.

$$WP = \frac{CY}{CW} \quad (4)$$

که در آن:

WP = بهره‌وری آب در تولید جو (کیلوگرم بر مترمکعب آب کاربردی)، CY = عملکرد جو (کیلوگرم در هکتار در سال) و CW = حجم آب کاربردی در تولید جو (مترمکعب در هکتار در سال)

نتایج و بحث

در جدول ۲ مشخصات عمومی مزارع جو منتخب در سطح استان مرکزی نشان داده شده است. همچنین، مقادیر آماره‌های توصیفی برخی از خصوصیات فیزیکی و مدیریتی در مزارع مورد مطالعه در سطح استان مرکزی در جدول ۳ ارائه شده است. میزان مساحت

جدول ۳- آماره‌های توصیفی برخی از پارامترهای فیزیکی و مدیریتی در مزارع مورد مطالعه

پارامتر	حداقل	حداکثر	میانگین	ضریب تغییرات (%)
دور آبیاری (روز)	۶	۳۰	۱۵	۵۳/۲
متوسط عمق آبیاری (میلی‌متر)	۲۹/۱	۱۳۴/۷	۸۵	۴۰/۳
تعداد کل آبیاری	۴	۱۳	۸	۳۴/۲
حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)	۳۷۸۳	۷۲۳۲	۵۸۵۹	۱۶/۱
ارتفاع از سطح دریا (متر)	۹۳۸	۱۹۷۱	۱۵۳۱/۷	۱۹/۲
شوری خاک (دسی زیمنس بر متر)	۱/۸	۸/۱	۴/۲	۴۳/۱
شوری آب (دسی زیمنس بر متر)	۰/۸	۴	۲/۱	۴۳/۹
دبی منبع آب (لیتر بر ثانیه)	۵/۳	۶۸/۶	۲۷/۱	۶۰/۴
سطح زیر کشت مزرعه (هکتار)	۰/۹	۴۷/۸	۱۰/۱	۱۱۷/۴
عملکرد (تن در هکتار)	۳/۱	۴/۷	۳/۷	۱۲/۳

دریافتی از منبع آب است. از طرفی در تمامی مزارع به صورت حقایقه‌ای آب دریافت می‌شود و اصولاً به نیاز آبی و حتی بارش مؤثر به‌طور علمی و اصولی توجهی نمی‌شود. همچنین مشاهدات و ارزیابی‌ها نشان داد که مدیریت آبیاری تأثیر زیادی بر مصرف آب در سطح منطقه دارد. به‌گونه‌ای که با توجه به زمان شروع آبیاری در ابتدای فصل، مدت زمان آبیاری، روش آبیاری، دور آبیاری و زمان قطع آبیاری در انتهای فصل، مقادیر آب کاربردی مختلفی برای سامانه‌های مختلف به دست آمد. این نتایج با دیگر پژوهش‌های انجام شده برای تعیین آب کاربردی محصولات مختلف توسط گودرزی و همکاران (۱۳۹۹) برای محصول انگور، پرچی عراقی (۱۴۰۰) برای محصول کلزا، سلامتی و عباسی (۱۴۰۰) برای محصول ذرت علوفه‌ای و گودرزی و همکاران (۱۴۰۰) برای محصول یونجه، همخوانی دارد.

در جدول ۴ نتایج اندازه‌گیری آب کاربردی در مزارع جو مورد مطالعه در استان مرکزی ارائه شده است. میانگین حجم آب کاربردی در مناطق مورد مطالعه در سطح استان ۵۸۵۹ مترمکعب در هکتار بود. همچنین، بیشترین و کمترین حجم آب کاربردی به ترتیب برابر با ۳۷۸۳ و ۷۱۸۸ مترمکعب در هکتار بود. بر این اساس، بیشترین حجم آب کاربردی در روش آبیاری سطحی و کمترین آن در روش آبیاری قطره‌ای بوده است. متفاوت بودن حجم آب آبیاری علاوه بر تأثیر روش آبیاری مورد استفاده به نحوه مدیریت کشاورز از جمله زمان انجام اولین آبیاری، دور آبیاری، زمان پایان آبیاری در انتهای فصل و حقایقه در دسترس کشاورز بستگی داشت.

بر اساس نتایج به دست آمده مشخص گردید که عمدتاً کشاورزان در منطقه تقریباً در تمام آبیاری‌ها ساعت آبیاری یکسانی را اعمال می‌نمایند و تنها چیزی که بر مقدار آبیاری آن‌ها تأثیر می‌گذارد، دبی

جدول ۴- نتایج اندازه‌گیری آب کاربردی در مزارع جو منتخب در سطح استان مرکزی

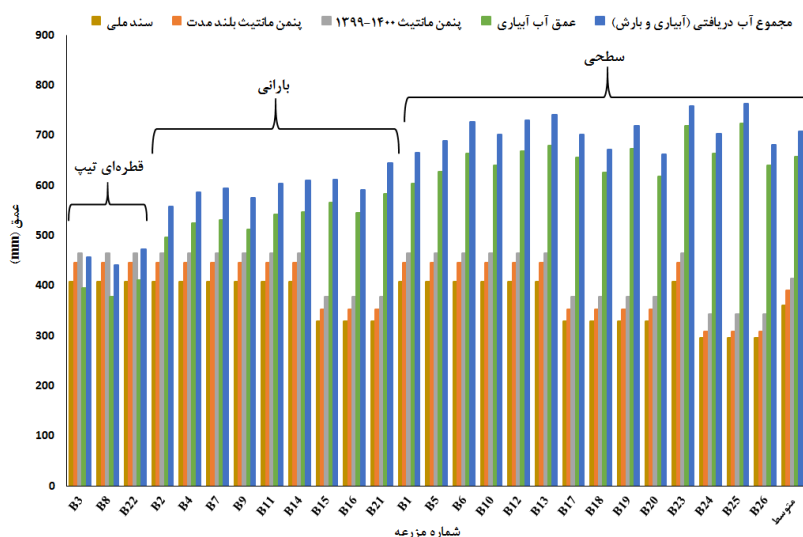
کد مزرعه	روش آبیاری	تاریخ اولین آبیاری	دور آبیاری (روز)	متوسط عمق آب هر آبیاری (میلی‌متر)	تعداد کل نوبت‌های آبیاری	حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)
B1	سطحی	۱۳۹۹/۰۶/۰۲	۱۴	۱۰۹/۷	۵	۶۰۳۳
B2	بارانی کلاسیک	۱۳۹۹/۰۷/۲۳	۸	۴۶/۵	۱۰	۴۹۵۹
B3	قطره‌ای تیپ	۱۳۹۹/۰۷/۲۰	۶	۳۰/۴	۱۳	۳۹۵۲
B4	بارانی کلاسیک	۱۳۹۹/۰۷/۱۲	۱۵	۵۲/۵	۹	۵۲۴۹
B5	سطحی	۱۳۹۹/۰۷/۲۰	۱۰	۱۱۴	۵	۶۲۷۰
B6	سطحی	۱۳۹۹/۰۷/۱۵	۱۱	۱۱۰/۷	۶	۶۶۴۲
B7	بارانی کلاسیک	۱۳۹۹/۰۷/۱۲	۱۱	۸۸/۶	۶	۵۳۱۶
B8	قطره‌ای تیپ	۱۳۹۹/۰۷/۱۸	۷	۲۹/۱	۱۳	۳۷۸۳
B9	بارانی کلاسیک	۱۳۹۹/۰۷/۲۶	۱۴	۶۴/۱	۸	۵۱۲۸
B10	سطحی	۱۳۹۹/۰۷/۲۷	۱۴	۷۹/۹	۷	۶۳۹۲
B11	بارانی کلاسیک	۱۳۹۹/۰۷/۲۵	۱۴	۴۷/۱	۱۱	۵۴۱۷
B12	سطحی	۱۳۹۹/۰۷/۰۶	۱۵	۸۳/۵	۷	۶۶۸۰
B13	سطحی	۱۳۹۹/۰۶/۲۳	۱۵	۱۱۳/۲	۶	۶۷۹۲
B14	بارانی کلاسیک	۱۳۹۹/۰۷/۲۵	۱۰	۶۴/۴	۷	۵۴۷۴
B15	بارانی کلاسیک	۱۳۹۹/۰۷/۲۰	۲۰	۷۰/۸	۸	۵۶۶۴
B16	بارانی کلاسیک	۱۳۹۹/۰۸/۱۰	۷	۶۸/۲	۸	۵۴۵۶
B17	سطحی	۱۳۹۹/۰۷/۱۵	۲۵	۱۳۱/۳	۵	۶۵۶۵
B18	سطحی	۱۳۹۹/۰۷/۲۵	۳۰	۱۲۵/۳	۴	۶۲۶۵
B19	سطحی	۱۳۹۹/۰۷/۱۲	۳۰	۱۳۴/۷	۵	۶۷۳۵
B20	سطحی	۱۳۹۹/۰۷/۱۶	۳۰	۱۲۳/۵	۵	۶۱۷۵
B21	بارانی کلاسیک	۱۳۹۹/۰۷/۲۷	۷	۵۸/۳	۱۰	۵۸۳۰
B22	قطره‌ای تیپ	۱۳۹۹/۰۷/۲۵	۷	۳۷/۳	۱۱	۴۱۰۳
B23	سطحی	۱۳۹۹/۰۷/۱۰	۹	۷۴/۶	۹	۷۱۸۸
B24	سطحی	۱۳۹۹/۰۷/۰۱	۳۰	۱۳۲/۶	۵	۶۶۳۰
B25	سطحی	۱۳۹۹/۰۷/۰۲	۱۲	۹۰/۴	۸	۷۲۳۲
B26	سطحی	۱۳۹۹/۰۷/۱۵	۲۵	۱۲۸/۱	۵	۶۴۰۵

اجرای پروژه ۴۶۵-۳۴۳ میلی‌متر بود. دلیل اختلاف مقادیر در هر یک از روش‌ها به دلیل روابط مورد استفاده در هر یک از روش‌ها و پارامترهای اقلیمی در نظر گرفته شده بود. در سال اجرای پروژه بدلیل افزایش دما و کاهش رطوبت نسبی نسبت به میانگین ۱۰ ساله، مقادیر

نیاز آبی سالانه مزارع جو در استان مرکزی بر اساس روش سند ملی آب کشور ۴۰۷-۲۹۵ میلی‌متر برآورد شده است، درحالی‌که بر اساس روش پنمن ماتیتث با داده‌های هواشناسی بلندمدت (۱۰ سال اخیر) ۴۴۶-۳۰۹ میلی‌متر و بر اساس داده‌های هواشناسی سال زراعی

اعمال شده و مجموع آب دریافتی شامل آبیاری و بارش مؤثر در مزارع جو مورد مطالعه در استان مرکزی برای مقایسه مقادیر نیاز واقعی گیاه با مقداری که توسط زارع استفاده شده، نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌گردد مقادیر آب کاربردی در مزارع مختلف متفاوت است که علت آن روش آبیاری مورد استفاده و مدیریت آبیاری توسط کشاورز بوده است.

بالاتری برای نیاز آبی سالانه برآورد شده است. همچنین، بر اساس نتایج به دست آمده مشخص گردید که با توجه به نحوه مدیریت مزارع میزان عملکرد در مزارع جو در سطح استان متفاوت است. متوسط عملکرد محصول برابر با ۳/۷ تن در هکتار و حداقل و حداکثر آن نیز به ترتیب برابر با ۳/۱ و ۴/۷ تن در هکتار بود. در شکل ۲ نمودار نیاز آبی به روش‌های مختلف، عمق آب آبیاری

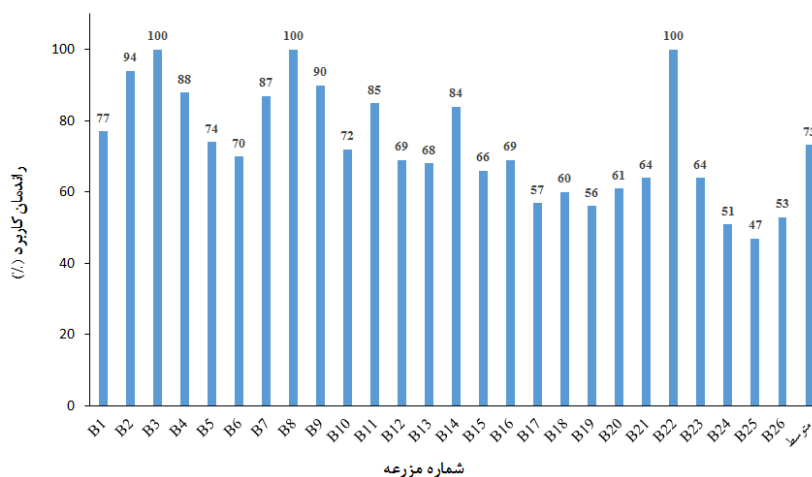


شکل ۲- مقایسه نیاز آبی خالص و عمق آب آبیاری در مزارع جو منتخب در استان مرکزی

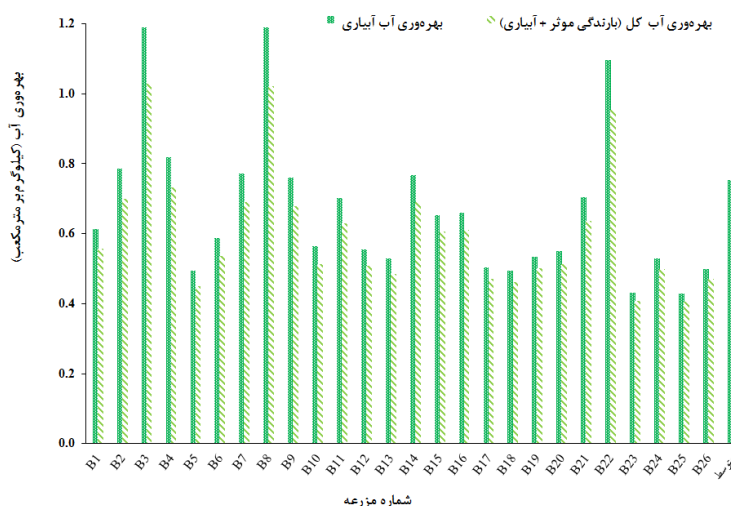
سطح استان مرکزی نشان می‌دهد. دلیل زیاد بودن شاخص راندمان کاربرد در برخی از مزارع مورد مطالعه، اعمال کم آبیاری ناخواسته بوده است. برخی از بهره‌برداران آب کافی برای آبیاری مزارع خود در اختیار نداشتند و یا مقداری از آب را به کشت محصولات دیگر اختصاص می‌دادند، لذا میانگین راندمان کاربرد این مزارع بالا بوده و به طور ناخواسته در این مزارع کم آبیاری اعمال شده است. این نتایج با نتایج ارائه شده توسط گودرزی و همکاران (۱۳۹۹)، پرچی عراقی و همکاران (۱۴۰۰)، سلامتی و عباسی (۱۴۰۰) و گودرزی و همکاران (۱۴۰۰)، همخوانی دارد.

میانگین شاخص بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری کل (آب آبیاری و باران مؤثر) در مزارع مورد مطالعه به ترتیب ۰/۷۵ و ۰/۶۷ کیلوگرم بر مترمکعب بود (شکل ۴). با توجه به اینکه برنامه آبیاری زارعین بر اساس نیاز آبی واقعی گیاه و تنش رطوبتی انجام نمی‌شود گیاه در مقاطعی آب بیشتری دریافت و در مقاطعی آب کمتر از حد مورد نیاز دریافت می‌کند و این مسئله باعث کاهش بهره‌وری آب و متغیر بودن آن در سطح منطقه شده است. این نتایج بیانگر قابلیت اجرای کم آبیاری در سطح مزارع جو استان است، لذا ترویج و آموزش کم آبیاری به روش صحیح و کاربردی به کشاورزان، می‌تواند باعث افزایش قابل توجه راندمان کاربرد و بهره‌وری آب در تولید جو گردد.

متوسط نیاز آبی به روش سند ملی، پنمن ماتنیث بلندمدت (۱۰ سال اخیر) و پنمن ماتنیث سال زراعی اجرای پروژه به ترتیب برابر با ۳۷۳، ۴۰۵ و ۴۲۵ میلی‌متر بوده است. ناصری و همکاران (۱۳۹۷) نیز در پژوهشی مقدار نیاز خالص آبیاری جو در استان مرکزی را بر اساس روش پنمن ماتنیث بلندمدت و پنمن ماتنیث ۱۰ ساله به ترتیب ۵۳۹ و ۵۲۲ میلی‌متر برآورد نمودند. با وجود این، بر اساس نتایج تحقیق حاضر متوسط عمق آب آبیاری در اکثر مزارع از مقدار نیاز آبی خالص بیشتر است. با وجود این بایستی به این نکته توجه نمود که در روش‌های پنمن ماتنیث و سند ملی طول دوره رشد و ضرایب گیاهی متناظر آن‌ها با واقعیت منطقه همخوانی ندارد. لذا، برای برآورد دقیق‌تر نیاز آبی با این روش‌ها بایستی طول دوره رشد و ضرایب متناظر برای منطقه اصلاح گردد. شاخص راندمان کاربرد برای همه مزارع مورد مطالعه برآورد شد. مقدار میانگین شاخص راندمان کاربرد آبیاری در طول فصل برای مزارع مورد مطالعه بین ۵۱ تا ۱۰۰ درصد متغیر و متوسط آن ۷۳ درصد بود (شکل ۳). متوسط راندمان کاربرد برای محصولات زراعی در کشور توسط عباسی و همکاران (۱۳۹۵)، ۵۲/۶ درصد گزارش شده است، همچنین در تحقیق مذکور متوسط راندمان کاربرد در استان مرکزی ۶۱ درصد برآورد شده است، در حالی که نتایج تحقیق حاضر راندمان کاربرد بالاتری را برای محصول جو در



شکل ۳- شاخص راندمان کاربرد آب آبیاری در مزارع جو مورد مطالعه



شکل ۴- شاخص بهره‌وری آب در مزارع جو مورد مطالعه

سیستم‌ها، عدم شستشوی خاک و تجمع املاح در آبیاری قطره‌ای، سود حاصل از افزایش عملکرد، سهولت مدیریت و شرایط مزرعه نیز در نظر گرفته شده و بر اساس مزیت نسبی سیستم برتر مشخص شود.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که میزان آب کاربردی در مزارع جو در استان مرکزی متفاوت است و بسته به روش آبیاری، تعداد نوبت‌های آبیاری، زمان شروع آبیاری در ابتدای فصل، زمان قطع آبیاری در انتهای فصل، میزان حبابه و منابع آب در دسترس و نحوه مدیریت مزرعه، بین ۳۷۸۳ تا ۷۲۳۲ مترمکعب در هکتار متغیر است. به طور میانگین مجموع حجم آب آبیاری و بارش مؤثر در مزارع جو در استان مرکزی

با توجه به هزینه‌های بالای اجرای آبیاری قطره‌ای، اکثر کشاورزان در سطح استان مرکزی تمایل چندانی به استفاده از آبیاری قطره‌ای در مزارع جو ندارند. با وجود این، نتایج این تحقیق نشان داد که به ترتیب مقدار متوسط حجم کل آبیاری، راندمان کاربرد و بهره‌وری آب در مزارع دارای سامانه آبیاری قطره‌ای به ترتیب برابر با ۳۹۴۶ مترمکعب در هکتار، ۱۰۰ درصد و ۱/۱۶ کیلوگرم بر مترمکعب، در مزارع دارای سامانه آبیاری بارانی ۵۳۸۸ مترمکعب در هکتار، ۸۰/۷ درصد و ۰/۷۳ کیلوگرم بر مترمکعب و در مزارع دارای سامانه آبیاری سطحی ۶۵۷۲ مترمکعب در هکتار، ۶۲/۸ درصد و ۰/۵۲ کیلوگرم بر مترمکعب بود. این نتایج بیانگر برتری روش آبیاری قطره‌ای و بارانی از لحاظ بهره‌وری فیزیکی نسبت به آبیاری سطحی در تولید محصول جو در استان مرکزی است. این در حالی است که باید هزینه‌های

غلامی، ز.، ابراهیمیان، ح. و نوری، ح. ۱۳۹۵. بررسی بهره‌وری آب آبیاری در سیستم‌های آبیاری بارانی و سطحی (مطالعه موردی: دشت قزوین). علوم و مهندسی آبیاری. ۳۹ (۳): ۱۳۵-۱۴۶.

گودرزی، م. عباسی، ف. و هدایتی‌پور، ا. ۱۳۹۹. ارزیابی شاخص‌های مدیریت آب آبیاری در تولید انگور (مطالعه موردی استان مرکزی). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۴ (۶): ۲۰۱۲-۲۰۰۳.

گودرزی، م.، اکبری، م. و هدایتی‌پور، ا. ۱۴۰۰. کارایی مصرف آب در تولید علوفه یونجه در شرایط کشاورزان استان مرکزی. مجله ترویجی علوفه و خوراک دام. ۲ (۱): ۸۷-۹۵.

ناصری، ا.، عباسی، ف.، اکبری، م.، عباسی، ن. و سهراب، ف. ۱۳۹۷. برآورد مقدار مصرف آب در بخش کشاورزی. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirement. FAO Irrig. Drain. Paper No. 56. FAO, Rome, Italy, 300 pp.

Molden, D., Murray-Rust, H., Sakthivadivel, R. and Makin, I. 2001. A water-productivity framework for understanding and action, Workshop on Water productivity, Wadduwa, Sri Lanka. November 12 and 13, 2001, pp. 1-18.

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

Pardo, J.J., Martínez-Romero, A., Lélis, 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.

Pohanková E., Hlavinka P., Orság, M., Takáč, 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*.

Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils (No. 60). Soil and Water Conservative Research Branch, Agricultural Research Service, US Department of Agriculture.

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.

USDA. 1967. Irrigation water requirements. Tech. Release No. 21, United States Dept. of Agr., Soil Manage. 59: 67-75.

از نیاز آبی واقعی گیاه بیشتر است. به‌طور کلی نتایج نشان داد که مدیریت آبیاری تأثیر زیادی بر میزان کاربرد آب در سطح منطقه دارد. با توجه به اینکه اکثر مزارع به‌صورت حقایبه‌ای آب دریافت می‌کنند اصولاً به نیاز آبی و حتی بارش مؤثر توجه ویژه‌ای نمی‌شود و میزان دسترسی به آب بیشترین تأثیر را در مصرف آب دارد. لذا گیاه در مقاطعی آب بیشتری دریافت و در مقاطعی آب کمتر از حد مورد نیاز دریافت می‌کند و این باعث کاهش بهره‌وری آب می‌گردد. پیشنهاد می‌شود به‌منظور کاهش مصرف آب و بهبود بهره‌وری آب، تحویل آب به کشاورزان در طول فصل مدیریت شود و حقایبه متناسب با نیاز آبی به آن‌ها تحویل داده شود. نتایج تحقیق نشان داد که با توجه به حقایبه‌ای بودن و کمبود آب در سطح استان پتانسیل اعمال کم‌آبیاری در مزارع جو استان وجود دارد و کشاورزان براساس شرایط موجود ناگزیر به اعمال کم‌آبیاری هستند. در نتیجه، آموزش اعمال کم‌آبیاری علمی و دقیق به کشاورزان باعث افزایش بهره‌وری آب در تولید جو می‌گردد. همچنین با توجه به گستردگی استفاده از روش آبیاری سطحی در سطح استان، استفاده از سامانه‌های آبیاری نوین با توجه به شرایط مزرعه و با رعایت اصول صحیح بهره‌برداری و کاربرد روش‌های بهبود آبیاری سطحی (روش کاهش جریان، آبیاری موجی، استفاده از هیدروفلوم)، برای بهبود راندمان آبیاری و کاهش مصرف آب در تولید جو در سطح استان پیشنهاد می‌گردد.

منابع

احمدی، ک.، عبادزاده، ح. ر.، حاتمی، ف.، عبدشاه، ه. و کاظمیان، ا. ۱۳۹۸. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶. جلد اول: محصولات زراعی، وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، ۹۵ ص.

پرچمی عراقی، ف.، معیری، م. و زینل‌زاده تبریزی، ح. ۱۴۰۰. ارزیابی آب کاربردی و بهره‌وری فیزیکی آب کلزا در دشت مغان. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۵ (۵): ۱۱۸۶-۱۱۷۲.

رمضانی اعتدالی، ه. و آبایی، ب. ۱۳۹۵. برآورد اجزاء ردپای آب مجازی در تولید جو در مقیاس ملی و استانی. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۳۰ (۳): ۴۳۱-۴۴۳.

سلامتی، ن. و عباسی، ف. ۱۴۰۰. ارزیابی بهره‌وری آب سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی در مزارع ذرت علوفه‌ای (مطالعه موردی: شهرستان بهبهان). مجله دانش آب و خاک. ۳۱ (۴): ۹۹-۱۱۰.

عباسی، ف.، سهراب، ف. و عباسی، ن. ۱۳۹۵. ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری در ایران. تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی. ۱۷ (۶۷): ۱۱۳-۱۲۸.

Evaluation of Water Productivity of Surface, Sprinkler and Drip Irrigation Systems in Barley Production Farms in Markazi Province

M. Goodarzi^{1*}, A. Haghayeghi Moghadam², A. Hedayatipour³

Received: May.14, 2022

Accepted: Jun.29, 2022

Abstract

This study was conducted with the aim of field measurement of water productivity and applied water in barley farms in Markazi province. For this purpose, 26 farms in the major barley production zones in the 1399-1400 crop year, in Markazi province were. The farms were selected in coordination with the service centers and management of Jihad Keshavarzi, and the volume of applied water was measured without interfering with the farmers' irrigation program. In this regard, first the amount of water source discharge (canal, well, aqueduct or spring) was measured with a suitable device (flume and meter) in each of the selected farms. After that, by carefully monitoring the farm irrigation program, including the time of each irrigation, the number of irrigations per year and also measuring the cultivated area, the applied volume water used for each of the selected farms during the growing season was determined. The results showed that the volume of irrigation water for barley fields in the Markazi province varied depending on the irrigation method, irrigation period and field management and its volume varied from 3783 to 7232 cubic meters per hectare. The efficiency of irrigation water application in the studied farms varied from 51 to 100% and its average was 73%. Water use productivity for this crop in Markazi province fluctuated between 0.43 to 1.19 with an average of 0.75 kg/m³. In general, the results of measurements performed in Markazi province show that regardless of the irrigation method used, irrigation management by the farmer has an important role in the amount of water used in the study fields. The results show the superiority of drip irrigation method over surface and sprinkler irrigation in the barley production in Markazi province. Also, the results of this study showed that there is the ability to implement deficit irrigation in the province's barley fields, so promoting and training deficit irrigation in a correct and practical way to farmers can significantly increase water productivity in the barley production.

Keywords: Barley, Irrigation, Water Requirement, Yield

1- Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Arak, Iran

2- Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

3- Agricultural Engineering Research Department, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Arak, Iran

(*-Corresponding Author Email: goodarzimustafa@gmail.com)