نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۹، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۴، ص. ۱۴-۱

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.1, Vol. 19, Apr.-May. 2025, p. 1-14

مقاله علمی-پژوهشی

بهره‌وری آب گندم در مدیریت‌های مختلف آبیاری (مطالعه موردی بالادست حوضه آبریز کرخه)

حسین دهقانی سانیج[1*]، محمد مهدی نخجوانی مقدم[2] و علیرضا توکلی[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲۵

چکیده

مدیریت آب در بالادست حوضه‌های آبریز برای دسترسی مناسب‌تر به منابع آبی و همچنین کاهش تنش در پایین دست ضروری است. مطالعه حاضر برای تحلیل و ارزیابی بهره‌وری آب گندم، در مدیریت‌های مختلف آبیاری، در منطقه بالادست حوضه آبریز کرخه (بطور خاص دشت هنام در استان لرستان) طی دو سال زراعی انجام گردید. این مطالعه در ۴ فاز الف) فاز شناخت، ب) فاز بررسی و بهبود، ج) فاز اجرا و د) فاز تحلیل انجام گردید. در سال اول پژوهش (فاز شناخت) وضعیت موجود منطقه از نظر میزان عملکرد و بهره‌وری آب مورد بررسی قرار گرفت. در فاز بررسی و بهبود گزاره‌های مختلف مدیریتی به منظور ارتقاء عملکرد و بهره وری آب منطقه تعریف و مورد بررسی قرار گرفتند. سناریوهای مدیریتی براساس شرایط موجود و امکانات کشاورزان و امکان عملیاتی بودن، تعریف و در سال دوم (فاز سوم - اجرا) در مزارع گندم آبی اجرا گردید. در نهایت در فاز چهارم، نتایج بدست آمده مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفت. پایش مزارع گندم آبی کشاورزان منطقه نشان داد که کشاورزان، مزارع منتخب را بطور متوسط به‌میزان ۴۳ درصد کمتر از نیاز آبیاری کامل گیاه، آبیاری نمودند. اعمال مدیریت‌های متفاوت آبی (قطع آب در یک یا دو نوبت آبیاری) در مزارع تحقیقاتی در سال دوم اجرای پژوهش، سبب کاهش قابل ملاحظه عمکرد گندم در مزارع مذکور نسبت به شرایط بدون قطع آب شد. در این بین، بیشترین کاهش محصول با قطع اولین نوبت آبیاری مشاهده گردید. نتایج بیانگر آن بود که در شرایط مدیریتی حاضر، اعمال مدیریت کم‌آبیاری (به صورت قطع آب در مراحل رشد گندم) و تخصیص آب صرفه‌جویی شده برای تک‌آبیاری مزارع گندم دیم، گزینه مناسبی برای منطقه هنام نیست.

واژه‌های کلیدی: کم‌آبیاری، عملکرد، مدیریت، هنام

مقدمه

گندم زمستانه یکی از محصولات غلات کلیدی است که ۲۱ درصد از منابع غذایی جهانی را به خود اختصاص داده است (FAO, 2021). افزایش تولید گندم برای پاسخگویی به تقاضاهای فزاینده و تضمین امنیت غذایی ضروری است. با این حال، عملکرد گندم توسط تنش آبی به طور فزاینده و نامنظم تهدید می‌شود (Hegerl et al., 2015; Lesk et al., 2016). امروزه آبیاری به عنوان یک عامل مهم، در افزایش تولید پایدار گندم نقش اساسی داشته است. برای اطمینان از امنیت غذا و آب، درک بهتر نیازهای آبیاری گندم در طول دوره‌های مختلف رشد حیاتی است (Zeng et al., 2023).

در سال‌های اخیر، مطالعات و پژوهش‌های مفیدی با هدف بررسی و ارتقاء مقادیر بهره‌وری آب (WP) گندم در نقاط مختلف دنیا صورت گرفته‌است. نتایج نشان داده‌است که بهبود شیوه‌های مدیریتی آبی و زراعی می‌تواند سبب افزایش بهره‌وری آب گندم شود (Zwart and Bastiaanssen, 2004; Zhang et al., 2023; Foley et al., 2020). مهتدی و همکاران بهره‌وری آب گندم را در اراضی تحت پوشش ۹ شبکه آبیاری و زهکشی در استان خوزستان طی ۶ سال بررسی کردند. بر اساس مطالعه ایشان دامنه تغییرات مقادیر بهره‌وری آب گندم بین ۰/۴۴ تا ۱/۰۳ کیلوگرم بر مترمکعب بود (Mohtadi, et al., 2023). فن و همکاران بهره‌وری آب گندم را در شمال غرب چین را بین ۰/۵۷ تا ۱/۶۸ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کردند (Fan, et al., 2014).

به منظور افزایش بهره‌وری آب در بخش کشاورزی باید با در نظر گرفتن تأثیر کمی تغییرات آب آبیاری و بارندگی بر عملکرد محصول

۱- استاد مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۲- استادیار پژوهش مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۳- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: dehghanisanij@yahoo.com)

در مزارع، این شاخص را بهبود بخشید. یکی از مهم‌ترین شیوه‌های افزایش بهره‌وری آب محصولات زراعی فاریاب، کم‌آبیاری است، که طی آن مقداری تنش آبی در طول فصل رشد اعمال می‌گردد. تنش آبی ناشی از کم‌آبیاری ممکن است به دلیل تأخیر چند روز در آبیاری (قطع آب در یک یا چند مرحله از رشد) و یا کاهش مقدار آب مصرفی در هر نوبت آبیاری باشد. تاکنون تحقیقات متعددی در زمینه اثرات تنش آبی در مراحل مختلف رشد و نمو گندم انجام شده است (جلینی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Zeng et al., 2023). جلینی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند با در نظر گرفتن میزان عملکرد، میزان آب مصرفی، و کارآیی مصرف آب گندم هرگاه کمبود آب جدی نیست آبیاری کامل و در زمان مواجه با کمبود آب، تامین ۸۵ درصد نیاز آبی گندم و نیز قطع آب در مرحله ساقه رفتن قابل توصیه است. زنگ و همکاران گزارش کردند اعمال تنش آبی به ویژه در طول دوره‌های قبل از گرده‌افشانی (از سبز شدن تا ساقه‌دهی و ساقه‌دهی تا گرده‌افشانی) باعث کاهش قابل توجه عملکرد به ترتیب ۶۰ و ۵۵ درصد نسبت به شرایط تامین آب کافی در دشت شمال چین (NCP) و شمال غربی چین (NW) شد. در مقابل، در سین کیانگ (XJ)، کمبود آب شدید و مکرر تأثیر منفی معنی‌داری بر عملکرد در هر دو دوره قبل و بعد از گرده‌افشانی داشت (Zeng et al., 2023).

منطقه بالادست حوضه آبریز کرخه از تنوع اقلیمی برخوردار بوده و از نظر بارندگی قطب تولید آب شیرین کشور است. لیکن عواملی چون، مدیریت آبی و زراعی ضعیف، نظام بهره‌برداری نامطلوب، عدم سرمایه‌گذاری مناسب در بخش کشاورزی و .... سبب پایین بودن عملکرد و بهره وری آب گندم در این منطقه بویژه در اراضی خرده مالک شده است. مطالعه حاضر با هدف تحلیل و ارزیابی مدیریت آبی و بهره‌وری آب گندم در بالادست حوضه کرخه (به‌طور ویژه استان لرستان) انجام گرفته است. همچنین با توجه به اینکه در منطقه بالادست کرخه، اراضی دیم عمدتاً در مجاورت اراضی آبی واقع هستند، در مطالعه حاضر اعمال مدیریت کم‌آبیاری در اراضی تحت کشت گندم آبی و تخصیص آب صرفه‌جویی‌شده به آبیاری تکمیلی اراضی دیم، به عنوان یک راهکار برای افزایش بهره‌وری آب گندم دیم مورد مطالعه قرار گرفت البته به شرطی که مجوزهای لازم از مراجع ذی‌ربط در خصوص استفاده از آب صرفه‌جوئی شده برای تک‌آبیاری اخذ گردد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه هنام در بالادست حوضه آبریز کرخه و در جنوب شهر الشتر بین طول جغرافیائی ۴۸ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی و عرض ۳۳ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۵۱ دقیقه شمالی قرار دارد. این منطقه از شمال به دشت الشتر، از جنوب به کوه‌های اسپش، داریکنان و نشانه، از شرق به دامنه رشته کوه گرین و از غرب به منطقه دوآب الشتر و روستاهای زیرطاق و سیاه‌پوش محدود است. مساحت حوزه حدود ۱۴۲۰۰ هکتار است که ۴۲۷۰ هکتار از آن را اراضی زراعی تشکیل می‌دهند. منطقه هنام الشتر جزء مناطق سرد استان لرستان محسوب شده و دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های نسبتاً معتدل است. میانگین بارندگی ۱۷ ساله منطقه هنام (سال زراعی ۷۷-۱۳۷۶ لغایت سال ۹۳-۱۳۹۲) ۴۴۶ میلی‌متر است. مهم‌ترین منبع آب سطحی در منطقه، رودخانه هنام است که از روستای سراب هنام واقع در شرق حوضه سرچشمه می‌گیرد و با جهت شرقی-غربی از میانه اراضی زراعی می‌گذرد. آبیاری بیشتر اراضی حوضه با استفاده از آب این رودخانه و از طریق انشقاق نهر، انجام می‌گیرد. در جدول ۱، نتایج تجزیه شیمیایی نمونه آب این رودخانه ارائه شده‌است. طبقه‌بندی آب این رودخانه C2-S1 (مناسب برای آبیاری) است.

جدول ۱- آنالیز شیمیایی نمونه آب رودخانه هنام

جمع	کاتیون‌ها (meq/l)		جمع	آنیون‌ها (meq/l)				EC	pH
	Na^+	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$		SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	CO_3^{2-}	µmhos/cm	
۴/۸	۱	۳/۸	۵	۱/۵	۳	۰/۵	-	۴۰۰	۸/۲

روش انجام پژوهش

فاز شناخت

در سال اول اجرای پژوهش (سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲) مدیریت آبی و زراعی تعدادی از مزارع گندم آبی منطقه سلسله (جمعا ۱۱ مزرعه) با استفاده از داده‌های پرسش‌نامه‌ای و همچنین پایش آبی و زراعی مزارع مورد بررسی قرار گرفت. از طریق تکمیل پرسش‌نامه، اطلاعاتی نظیر مشخصات زارع، منبع آب، مدیریت آبیاری، مدیریت زراعی، مدیریت کودی در مزارع منتخب مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. به منظور برآورد حجم آب آبیاری مزارع منتخب، عمق آب آبیاری در مزارعی که به دو روش سطحی یا بارانی آبیاری می‌شدند به ترتیب با استفاده از فلوم WSC (برای آبیاری سطحی) و قوطی‌های اندازه‌گیری (برای آبیاری بارانی) تعیین گردید. علاوه بر آن در طول فصل رشد از اعماق مختلف خاک، در نقاط مختلف مزارع منتخب گندم آبی نمونه-برداری انجام شد. نمونه‌های خاک در آزمایشگاه بخش تحقیقات خاک

و آب مرکز تحقیقات کشاورزی لرستان و آزمایشگاه تحقیقات مهندسی آب و خاک و فاضلاب موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی آنالیز گردید. بر اساس آزمایشات انجام شده، بافت غالب خاک مزارع منتخب از نوع سیلتی رسی بوده بنحوی که میزان شن در عمق‌های ۰-۲۰، ۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ سانتی متری از سطح خاک در دامنه ۱۰-۱۱، میزان رس در این اعماق در دامنه ۴۳-۴۱ و میزان سیلت در این اعماق در دامنه ۴۹-۴۷ درصد بوده است. همچنین میزان ظرفیت زراعی خاک در دامنه ۳۹/۷ -۳۹ درصد و میزان رطوبت در نقطه پژمردگی دائم در دامنه ۲۴-۲۵/۵ قرار داشت که حاکی از یکنواختی خاک مزارع منتخب بود.

پس از اندازه‌گیری عملکرد و مقدار آب آبیاری در طول فصل زراعی، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کاربردی (آبیاری + بارش موثر) با داشتن این مقادیر و با توجه به روابط ذیل محاسبه گردید.

$$WP_I = \frac{Y}{I} \quad (۱)$$

$$WP_p = \frac{Y}{I + Re} \quad (۲)$$

که در آن‌ها، WP_Iبهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم بر مترمکعب)، WPpبهره‌وری آب کاربردی (کیلوگرم بر مترمکعب)، Y عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)، I حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار) است. برای محاسبه بارندگی موثر، از روشSCS (سرویس حفاظت خاک ایالات متحده آمریکا) استفاده شد.

برآورد نیاز آبی گندم آبی در منطقه هنام

در مطالعه حاضر برای محاسبه نیاز آبی گندم آبی در منطقه هنام، ابتدا میزان تبخیر-تعرق مرجع (ET_O) با استفاده از نرم افزار (Raes, 2012) ETo-calculator برای دو سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ به روش پنمن مانتیث فائو برآورد شد. برای تأمین داده‌های هواشناسی از اطلاعات نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی استفاده گردید. سپس میزان تبخیر-تعرق پتانسیل گندم آبی در منطقه هنام با استفاده از از رابطه تجربی $ET_c = Kc \cdot ET_o$ برآورد شد. برای تعیین مقادیر ضریب گیاهی (Kc) در مراحل مختلف رشد، ابتدا با توجه به مشاهدات مزرعه‌ای، مراحل چهارگانه رشدگندم آبی در منطقه هنام مشخص شدند. سپس ضرایب گیاهی مربوط به هر مرحله رشد بر اساس پیشنهاد نشریه فائو ۵۶ (آلن و همکاران، ۱۹۹۸) انتخاب و سپس ضرایب گیاهی بر اساس شرایط مدیریتی و اقلیمی با توجه به شرایط جوی در دوسال زراعی مذکور تصحیح شدند (دهقانی، ۱۳۹۶)

فاز اجرا

در سال دوم پژوهش (سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳) در منطقه هنام الشتر سه مزرعه گندم آبی به منظور آزمون عملی سناریوهای مدیریتی آبیاری (کم‌آبیاری) انتخاب گردیدند. در این فاز ضمن بکارگیری مدیریت برتر زراعی و کودی در مزارع تحقیقاتی، تأثیر تمامی سناریوهای مدیریتی آبی ممکن (کم آبیاری از طریق قطع آب در یک یا دو مرحله از رشد) بر عملکرد و بهره‌وری آب مزارع تحقیقاتی گندم مورد بررسی گرفت.

جدول ۲- مشخصات مزارع تحقیقاتی گندم آبی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳

شماره مزرعه	نام کشاورز	روستا	سطح مزرعه(m^2)	بافت خاک	تناوب کاشت	منبع آبی	سیستم آبیاری
۱	پنجعلی سیاهپوش	سیاهپوش	۵۰۰۰	رسی سیلتی	چغندرقند	رودخانه	سطحی
۲	نصرت ا.. میرزایی	نوراللهی	۲۰۰۰	رسی سیلتی	آیش	رودخانه	سطحی
۳	دولت مراد سیاهپوش	زیرطاق	۱۰۰۰۰	رسی سیلتی	چغندرقند	رودخانه	بارانی

جدول ۳- نتایج آنالیز کیفی نمونه خاک مزارع تحقیقاتی گندم آبی*

شماره مزرعه	نام کشاورز	Ec dS/m	ماده آلی (%)	ازت کل N (%)	پتاسیم قابل استفاده (ppm)	فسفر قابل استفاده (ppm)	pH	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)
۱	پ. سیاهپوش	۰/۵۳	۲/۱۹	۰/۲۲	۲۳۸/۳۶	۹/۷۳	۷/۶۶	۱۱/۸	۱۰	۱/۳۶
۲	ن. میرزایی	۰/۴۸	۱/۸۴	۰/۱۸	۳۱۰/۱۱	۷/۸۵	۷/۷۶	۵	۱۱/۸	۰/۹۶
۳	د. سیاهپوش	۰/۵۱	۲/۵	۰/۲۵	۶۰۷/۶۹	۱۵/۰۱	۷/۹۶	۵/۲	۶/۸	۰/۸
دامنه مطلوب		<۱/۵	>۲	>۰/۳	۲۰۰-۲۲۰	۱۵-۲۰	۸/۲-۶/۵	۶-۶/۵	۳-۳/۵	۲-۲/۶

* تعیین شده توسط مجتمع آزمایشگاهی پارس

جدول ٤- متوسط مشخصات فیزیکی خاک مزارع تحقیقاتی گندم آبی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ *

عمق خاک (cm)	سهم ذرات خاک (٪)			بافت خاک	چگالی ظاهری BD (gr/cm^3)	رطوبت حجمی خاک %		درصد اشباع θ_{sat}
	شن	رس	سیلت			PWP	FC	
۲۰-۰	۱۱	۴۸	۴۱	رسی سیلتی	۱/۳۴	۱۹/۵	۳۵/۸	۴۹/۲
۴۰-۲۰	۱۱	۴۹	۴۰	رسی سیلتی	۱/۳۴	۲۰	۳۶/۴	۴۹/۴
۶۰-۴۰	۸/۳۳	۵۱/۳۳	۴۰/۳۳	رسی سیلتی	۱/۳۳	۱۹/۷	۳۵/۷	۵۰

* تعیین شده توسط آزمایشگاه تحقیقات مهندسی آب و خاک و فاضلاب موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

قبل از آغاز عملیات کاشت، از نقاط مختلف مزارع تحقیقاتی نمونه‌برداری صورت گرفت. نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده در مجتمع آزمایشگاهی پارس وابسته به بخش خصوصی آنالیز کیفی و همچنین در آزمایشگاه تحقیقات مهندسی آب و خاک و فاضلاب موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مشخصات فیزیکی آنها تعیین گردید. در جداول ۲، ۳ و ۴ به ترتیب مشخصات مزارع تحقیقاتی منتخب، نتایج آزمون خاک مزارع مذکور و متوسط مشخصات فیزیکی خاک مزارع تحقیقاتی گندم آبی ارائه شده است.

مدیریت‌های برتر زراعی به کاررفته در مزارع تحقیقاتی شامل: رعایت تناوب زراعی (دو تا از مزارع مورد مطالعه در تناوب با چغندرقند و مزرعه سوم در تناوب با آیش قرار داشت)، آماده‌سازی زمین (شامل عملیات شخم و دیسک‌زنی با ادوات مخصوص)، تاریخ کاشت مناسب، مدیریت مصرف کود (بر اساس نتایج آزمایشات آزمون خاک (جدول ۳) و همچنین توصیه کودی توسط کارشناسان تغذیه خاک، کود سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار (متوسط سه مزرعه) در زمان کاشت و کود اوره به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار (متوسط سه مزرعه) به صورت تقسیطی در سه زمان کاشت گیاه، پنجه‌زنی و ساقه‌دهی مصرف گردید)، ضدعفونی بذر، کاشت با ماشین ردیفکار و با تراکم کاشت ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار، کنترل علف‌های هرز و آفات و بیماری‌ها بوده است. براساس نظر محققین مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان در مزارع شماره ۱ و ۲ (روش آبیاری سطحی) از رقم پیشتاز و در مزرعه شماره ۳ (روش آبیاری بارانی) از رقم پیشگام استفاده گردید.

رقم گندم پیشتاز با شجره Alvand//Aldan/Ias58 در سال ۱۳۸۱ توسط بخش تحقیقات غلات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر جهت کشت در اقلیم معتدل کشور معرفی گردید. گندم پیشتاز نسبتاً دیررس، تا حدودی حساس به خوابیدگی بوته و عملکرد بالا است. رقم گندم پیشگام بعنوان رقم مقاوم به بیماری زنگ و تحمل به کم‌آبیاری آخر فصل در سال ۱۳۸۸ توسط موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر برای اقلیم سردسیر معرفی‌گردید. این رقم دارای سنبله نسبتا بلند، متراکم، سفید رنگ، ریشک‌دار و دانه زرد رنگ با وزن هزار دانه ۴۶ و ۳۵ گرم (به ترتیب در شرایط آبیاری معمولی و کم آبیاری) آخر فصل است. این رقم به دلیل مقاومت به خوابیدگی در شرایط سیستم آبیاری بارانی نسبت به دیگر ارقام گندم رایج برتری دارد (محفوظی و همکاران، ۱۳۸۸).

بر اساس شرایط اقلیمی سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و شرایط رطوبتی خاک، تاریخ ۷ آبان برای انجام عملیات کاشت در مزارع تحقیقاتی انتخاب گردید. هر سه مزرعه تحقیقاتی در طول دوره رشد، مورد پایش زراعی و آبی قرار گرفتند.

به علت وجود رطوبت کافی در خاک مزارع تحقیقاتی قبل از عملیات کاشت (رطوبت حجمی متوسط مزارع تحقیقاتی اول تا سوم در عمق ۰- ۲۰ سانتی‌متر برابر ۲۸/۵ درصد) و همچنین بارندگی مناسب پس از کاشت، میزان رطوبت خاک برای جوانه‌زنی و سبز شدن گیاه کافی بود. بطوری که همه مزارع تحقیقاتی گندم آبی بطور یکنواخت یک هفته پس از تاریخ کاشت در تاریخ ۱۳۹۳/۸/۱۵ سبز شدند. بنابراین در این شرایط نیازی به اعمال آبیاری اولیه پس از کاشت (خاکاب) در مزارع تحقیقاتی نبود. شروع عملیات آبیاری در مزارع مذکور در فصل بهار و پس از اتمام بارندگی‌های موثر بهاره بود. عمق آبیاری با اندازه‌گیری رطوبت خاک قبل از آبیاری و تعیین کمبود رطوبت خاک در تیمار آبیاری کامل تعیین گردید. حجم آب مورد نیاز از حاصلضرب سطح مزرعه در عمق آبیاری تعیین شد. با استفاده از فلوم WSC تیپ ۳ میزان آب ورودی به مزرعه کنترل گردید. براساس شرایط و امکانات کشاورزان در هر کدام از مزارع تحقیقاتی، گزینه‌های متفاوت مدیریت کم‌آبیاری (به صورت قطع آب در یک یا دو مرحله از رشد) برای اجرا در مزارع مذکور انتخاب گردیدند. در جداول ۵، ۶ و ۷ مدیریت‌های آبیاری اعمال‌شده (تیمارهای آبیاری) در هر کدام از مزارع تحقیقاتی گندم ارائه شده‌است.

در مجموع برای مزارع شماره ۱، ۲ و ۳ به ترتیب اثرات کاربرد ۴، ۴ و ۵ نوع مدیریت آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب گندم در مزارع تحقیقاتی بررسی گردید. از مرحله سنبله‌دهی (آغاز مرحله گل‌دهی) به بعد (در طی روزهای مختلف) میزان رطوبت خاک تا عمق توسعه ریشه (۶۰ سانتی‌متر از سطح خاک) با استفاده از روش وزنی (نمونه برداری از خاک مزارع با دستگاه اوگر) در نقاط مختلف و در مدیریت-های متفاوت سه مزرعه تحقیقاتی تعیین گردید. در انتهای فصل رشد (۲۶ تیرماه ۹۴) برای تعیین عملکرد گندم از ابعاد ۱ متر مربعی سه نمونه با دست برداشت و میزان عملکرد و زیست توده گندم به ازای مدیریت‌های متفاوت آبی تعیین گردید.

جدول ۵- مدیریت‌های آبیاری اعمال‌شده در مزرعه شماره ۱ (روش آبیاری سطحی)

	مدیریت ۱	مدیریت۲	مدیریت ۳	مدیریت٤
آبیاری اول (۱۸۹ روز پس از کاشت)	√	-	√	√
آبیاری دوم (۲۰۵ روز پس از کاشت)	√	√	-	-
آبیاری سوم (۲۲۲ روز پس از کاشت)	√	√	√	-

جدول ٦- مدیریت‌های آبیاری اعمال شده در مزرعه شماره ۲ (روش آبیاری سطحی)

	مدیریت ۱	مدیریت۲	مدیریت ۳	مدیریت٤
آبیاری اول (۱۹۶ روز پس از کاشت)	√	-	√	-
آبیاری دوم (۲۱۲ روز پس از کاشت)	√	√	-	√
آبیاری سوم (۲۲۳ روز پس از کاشت)	√	√	√	-

جدول ۷- مدیریت‌های آبیاری اعمال شده در مزرعه شماره ۳ (روش آبیاری بارانی)

	مدیریت ۱	مدیریت۲	مدیریت ۳	مدیریت۴	مدیریت ۵
آبیاری اول (۱۹۰ روز پس از کاشت)	√	-	√	√	-
آبیاری دوم (۲۰۱ روز پس از کاشت)	√	√	-	√	√
آبیاری سوم (۲۱۳ روز پس از کاشت)	√	√	√	-	-
آبیاری چهارم (۲۲۵ روز پس از کاشت)	√	√	√	√	√

فاز تجزیه و تحلیل

در پایان فصل رشد، مقادیر عملکرد دانه گندم آبی به ازای مدیریت‌های آبیاری متفاوت اعمال‌شده (تیمارهای آبیاری) در مزارع تحقیقاتی اندازه‌گیری شد. سپس شاخص بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کاربردی (آبیاری+ بارش موثر) در مزارع منتخب تعیین. و نتایج بدست آمده تجزیه و تحلیل شد.

نتایج و بحث

ارزیابی عملکرد دانه گندم دیم در مزارع آزمایشی در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲

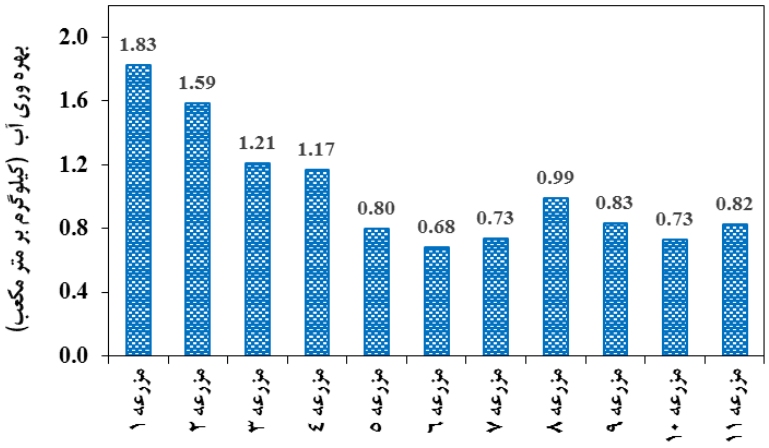
دامنه تغییرات عملکرد دانه گندم آبی در مزارع منتخب کشاورزان منطقه سلسله، بین ۳۸۴۰ تا ۸۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. میانگین عملکرد دانه مزارع منتخب برابر۵۴۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. این میزان عملکرد در محدوده دامنه ارایه‌شده توسط مدیریت جهاد کشاورزی سلسله (الشتر) برای گندم آبی در منطقه هنام (بین ۵۰۰۰ تا ۶۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. مطابق نتایج پایش زراعی، حدود ۵۵ درصد از عملکردهای واقعی مزارع منتخب، کمتر از ۵۴۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. بر اساس آمارنامه کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی، در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲متوسط عملکرد گندم آبی کشور به میزان ۳۱۳۸ کیلوگرم در هکتار گزارش شده بود (بی نام، ۱۳۹۴). این امر نشان دهنده افزایش ۷۲ درصدی متوسط عملکرد دانه گندم در مزارع منتخب منطقه هنام نسبت به متوسط کشوری بود. دامنه تغییرات حجم آبیاری در مزارع گندم منتخب بین ۲۰۰۰ تا ۳۶۰۰ متر مکعب در هکتار و دامنه تغییرات حجم آب کاربردی بین ۴۹۰۰ تا ۶۰۰۰ متر مکعب در هکتار بود.

نتایج پایش زراعی و آبی مزارع منتخب گندم نشان‌داد که نوع مدیریت زراعی، آبی و کودی کشاورزان نقش مهمی در میزان دانه تولیدی ایفا کرده‌بود. کشاورزان پیشرو منطقه، با بکارگیری مدیریت‌های برتر زراعی نظیر؛ تاریخ کاشت مناسب، ضدعفونی بذر، استفاده از ردیف کار، مبارزه با آفات و علف‌های هرز، مدیریت مناسب مصرف کود، با میانگین عملکرد ۶۹۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد گندم آبی را به طور میانگین به‌ترتیب به میزان ۳۰ و ۵۰ درصد نسبت به متوسط عملکرد دانه منطقه هنام و متوسط عملکرد دانه سایر مزارع منتخب ارتقا دادند.

در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ رقم گندم مورد استفاده در بیشتر مزارع گندم آبی منطقه رقم بهار بود. رقم گندم بهار اگر چه نسبت به رقم پیشتاز رقم جدیدتری است (رقم بهار در سال ۱۳۸۷ و رقم پیشتاز در سال ۱۳۸۱ توسط موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر معرفی شده‌است)، لیکن بررسی پایش زراعی مزارع گندم آبی نشان‌داد که رقم مذکور به دلایلی از جمله ریزش زیاد، مقاومت کمتر نسبت به آفات مورد اقبال کشاورزان منطقه نبود. متوسط میزان کاهش عملکرد دانه

رقم گندم بهار نسبت رقم پیشتاز در مزارع کشاورزان پیشرو و سایر کشاورزان منتخب به ترتیب به میزان ۲۵ و ۲۴ درصد بود.

در مزارع منتخب کشاورزان دامنه تغییرات بهره‌وری آب کاربردی بین ۰/۶۸ تا ۱/۸۳ کیلوگرم بر مترمکعب (شکل ۱) بود. میانگین مقادیر بهره‌وری آب و بهره‌وری آب آبیاری گندم آبی در مزارع منتخب منطقه هنام به ترتیب برابر ۱/۰۴ و ۱/۸۶ بود. بین حداقل وحداکثر مقادیر بهره‌وری آب و بهره‌وری آب آبیاری در مزارع منتخب، به ترتیب ۱۷۰ و ۲۱۰ درصد تفاوت وجود داشت. دامنه وسیع مقادیر بهره‌وری آب گندم آبی در منطقه هنام بیش از آنکه نشان‌دهنده اختلاف مدیریت زارعین منطقه باشد، بیانگر پتانسیل بالای منطقه هنام برای تولید گندم آبی با بهره‌وری آب بالا است. دلایل پایین بودن بهره‌وری آب و بهره‌وری آب آبیاری در مزارع منتخب کشاورزان نسبت به کشاورزان پیشرو قطعاً به عوامل و پارامترهای زیادی از جمله؛ روش و مدیریت آبیاری، مدیریت به‌زراعی و مدیریت مصرف کود و ..... بستگی دارد.



شکل ۱- بهره‌وری آب کاربردی گندم آبی در مزارع منتخب

نتایج پایش زراعی و آبی مزارع منتخب گندم همچنین بیانگر آن بود که سطح سواد و تحصیلات زارعین نیز تاثیر زیادی در افزایش بهره‌وری آب گندم داشته‌است. بطوریکه بیشترین بهره‌وری آب و بهره‌وری آب آبیاری (به‌طور میانگین به‌ترتیب به میزان ۱/۵۴ و ۲/۹۴ کیلوگرم بر مترمکعب) از مزارع زارعینی حاصل گردید که حداقل دارای تحصیلات کارشناسی بودند. حیدری (۱۳۹۰) تحقیق مشابهی را با هدف تعیین بهره‌وری آب محصولات کشاورزی عمده در شرایط مدیریت کشاورزان و همچنین شناخت عوامل و مسائل تاثیرگذار بر مقدار آن، در مناطق کرمان، همدان، مغان، گلستان و خوزستان انجام داد. وی گزارش نمود که بالاترین مقادیر بهره‌وری آب از مزارع کشاورزانی حاصل گردید که مهارت فنی و سطح سواد بالاتری داشتند.

مدت زمان مراحل چهارگانه رشد، ضرائب گیاهی تصحیح‌شده، میزان تبخیر- تعرق مرجع (ETo) و میزان تبخیر-تعرق گندم (ET_c) مربوط به هر مرحله از رشد گندم آبی را در منطقه هنام در جدول ۸ ارائه شده‌است. مطابق جدول۸ میزان تبخیر-تعرق گندم آبی در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲در منطقه هنام برابر ۵۷۲/۶ میلی‌متر بود. مقادیر تبخیر-تعرق و بارندگی موثر به ازاء ماه‌های مختلف دوره رشد گندم در جدول ۹ ارائه شده‌است. مطابق نتایج ارائه شده در جدول ۹، میزان نیاز آبی خالص گندم در سال ۹۳-۱۳۹۲ برابر ۴۲۶ میلی‌متر برآورد می‌گردد. نتایج ارائه‌شده در جدول ۹ بیانگر آنست که عمق آبیاری اعمال‌شده توسط تمامی کشاورزان منتخب (۲۰۰ تا ۳۶۰ میلی‌متر) کمتر از نیاز آبیاری کامل برآوردشده (۴۲۶ میلی‌متر) بود. به عبارت دیگر کشاورزان در تمامی مزارع گندم سطوح متفاوتی از کم آبیاری را اعمال نموده بودند.

مطابق جدول ۹ در فروردین‌ماه، به سبب کمتر بودن میزان تبخیر- تعرق گندم از میزان بارندگی موثر، مزارع گندم آبی منطقه، حداقل نیاز به کاربرد عمق خالص آبیاری به میزان ۵۴ میلی‌متر داشت. این زمان مصادف با مرحله رشد رویشی گندم است. طبق یافته‌های محققین، گندم در این زمان (مرحله ساقه‌رفتن) حداکثر سرعت رشد را داشته و نیاز فراوانی به آب و مواد غذایی دارد. اعمال آبیاری در مرحله مذکور (ساق‌آب) تأثیر فراوانی در افزایش تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد سنبلچه در هرسنبله داشته و باعث افزایش عملکرد می‌گردد (صارمی، ۱۳۷۲).

جدول ۸- مراحل رشد و مقادیر KC ، ET_O و ET_c گندم در منطقه هنام در سال ۹۳-۱۳۹۲

مرحله رشد	مرحله ابتدائی	مرحله توسعه	مرحله میانی	مرحله نهایی
طول دوره (روز)	۱۱۳	۴۹	۶۲	۳۱
مقدار ضریب گیاهی	۰/۳		۱/۱۶۵	۰/۲۶۶
ET_o (mm)	۱۲۹	۹۶/۸	۳۰۸/۶	۱۹۵/۲
ET_c (mm)	۳۸/۷	۹۴/۳	۳۲۹/۶	۱۱۰/۵

جدول ۹- نیاز آبی در ماه‌های مختلف دوره رشد گندم آبی در منطقه هنام در سال ۹۳-۱۳۹۲

ماه‌های رشد	ET_c (mm)	بارندگی مؤثر(mm)	نیاز آبی گندم(mm)
آبان	۹/۵	۲۳	۰
آذر	۱۱/۱	۴۶/۳	۰
دی	۷/۲	۳۱/۲	۰
بهمن	۱۰/۹	۲۳/۲	۰
اسفند	۳۷/۴	۴۸	۰
فروردین	۱۰۹/۳	۵۵	۵۴/۳
اردیبهشت	۱۵۶/۸	۱۱/۴	۱۴۵/۴
خرداد	۱۸۴	۴	۱۸۰
تیر	۴۶/۴	۰	۴۶/۴
مجموع	۵۷۲/۶	۲۴۲	۴۲۶

این در حالی است که براساس پایش زارعی مزارع منتخب، زمان اعمال اولین نوبت آبیاری بهاره گندم آبی در منطقه هنام و در سال زراعی مذکور، عموما از اواسط اردیبهشت‌ماه بعد از اتمام مراحل رشد رویشی و شروع مراحل رشد زایشی گندم آبی بود. علت این تناقض (عدم آبیاری مزارع گندم منتخب در مرحله ساقه‌دهی با وجود نیاز گندم به آب) را باید در میزان رطوبت ذخیره شده در پروفیل خاک و در عمق توسعه ریشه گندم جستجو کرد. این ذخیره رطوبتی ناشی از مازاد بارندگی‌های موثر زمستانه است.

در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ امکانات لازم برای پایش پروفیل رطوبتی خاک مزارع منتخب کشاورزان در فصل بهار مهیا نبود، بنابراین نمی توان به درستی تعیین نمود که چه میزان از بارندگی‌های زمستانه در پروفیل خاک ذخیره شده‌است. با این‌وجود بر مبنای مقادیر رطوبت لایه‌های مختلف خاک (تا عمق توسعه ریشه گندم) در دو حد ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی خاک (متوسط رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی و پژمردگی در عمق توسعه ریشه مزارع منتخب به‌ترتیب برابر ۳۹/۴ و ۲۴/۵ درصد حجمی)، میزان آب قابل استفاده در عمق توسعه ریشه گیاه در فصل بهار، در حدود ۹۰ میلی‌متر برآورد گردید. حال چنانچه در ماه‌هایی از فصل رشد که مقادیر بارندگی موثر از بیشتر میزان تبخیر-تعرق گیاه بودند (ماه‌های آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند در جدول ۹)، از روش بیلان استفاده شود، مجموع میزان بارندگی قابل ذخیره برای استفاده گیاه در ابتدای فصل بهار در حدود ۹۵ میلی‌متر برآورد گردید. لذا از مجموع مطالب مذکور نتیجه گرفته می‌شود که گندم آبی در مزارع منتخب در آغاز فصل بهار در سال زراعی زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در حدود ۵۴ میلی‌متر از نیاز آبی خود را از طریق میزان رطوبت ذخیره‌شده در خاک تامین نموده است (با توجه به میزان ضریب تخلیه رطوبتی به میزان ۶۰ درصد برای گندم). چنانچه عدد بدست آمده برای میزان رطوبت خاک قابل استفاده برای گندم از میزان نیاز آبی برآورد شده در جدول ۱۱ کسر شود، میزان نیاز آبی گندم در حدود ۳۷۰ میلی‌متر تعیین می‌گردد. همچنین در صورتی که متوسط راندمان دو روش آبیاری سطحی و بارانی را در منطقه مذکور به ترتیب برابر ۷۰ و ۸۰ درصد در نظر گرفته شود (با توجه به نوع مدیریت آبیاری بکارگرفته‌شده توسط زارعین، بافت سنگین خاک و بر اساس نظر کارشناسان)، عمق آب آبیاری در شرایط تامین نیاز کامل آبی گیاه (نیاز آبیاری) برای دو روش مذکور به ترتیب در حدود ۵۳۰ و ۴۶۰ میلی‌متر برآورد می‌گردد. مقایسه اعداد بدست آمده برای نیاز آبیاری کامل گندم در دو روش آبیاری بارانی و سطحی با مقادیر ارائه شده در جدول ۹ نشان دهنده آنست که کشاورزان منتخب مزارع گندم را کمتر از نیاز کامل آبیاری نموده‌اند، به‌عبارتی دیگر کشاورزان منتخب منطقه هنام در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مدیریت آبیاری گندم آبی، به نوعی کم‌آبیاری اعمال نموده‌اند. در این بین کشاورزان پیشرو شماره ۱تا ۳ با کاربرد روش آبیاری بارانی به ترتیب به‌میزان ۴۵، ۳۸ و ۲۶ درصد و سایر کشاورزان نیز که از روش آبیاری سطحی استفاده‌کردند به طور متوسط به میزان ۳۳ درصد گندم را کمتر از نیاز کامل آبیاری نموده‌اند.

اجرای مدیریت‌های متفاوت آبیاری در مزارع تحقیقاتی در سال دوم (سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳)

در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ به‌دلیل اینکه میزان بارندگی برای جوانه‌زنی گیاه کافی بود، نیازی به اعمال آبیاری اولیه پس از کاشت (خاکاب) در مزارع تحقیقاتی گندم آبی نبود. از اینرو شروع عملیات آبیاری در مزارع مذکور در فصل بهار و پس از اتمام بارندگی‌های موثر بهاره بود. در فصل بهار نیز (بر اساس شرایط موجود)، تعداد دفعات آبیاری از ۴ مرتبه (عرف منطقه) به ۳ مرتبه کاهش یافت. در نتیجه عدم انجام خاکاب و همچنین کاهش تعداد دفعات آبیاری پس از فصل بهار، عمق آب مورد استفاده برای آبیاری مزارع تحقیقاتی گندم آبی به میزان قابل ملاحظه‌ای (بطور میانگین در دو روش آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب به میزان ۲۵ و ۳۷ درصد) نسبت به عمق آب آبیاری مزارع کشاورزان منتخب در سال گذشته (۹۳-۱۳۹۲) کاهش یافت. در جداول ۱۰، ۱۱ و ۱۲ عمق آب آبیاری، عمق آب کاربردی (مجموع آبیاری و بارندگی موثر)، عملکرد دانه، زیست توده و شاخص برداشت مزارع تحقیقاتی گندم آبی تحت تاثیر اعمال مدیریت‌های متفاوت آبیاری ارائه شده‌است. نتایج جداول مذکور نشان‌دهنده آنست که انجام اولین آبیاری بهاره (پس از اتمام بارندگی-های موثر بهاره) در مزارع تحقیقاتی گندم از اهمیت زیادی برخوردار بود، بطوریکه با قطع اولین آب در در هر سه مزرعه تحقیقاتی، عملکرد دانه و زیست توده گندم بطور متوسط به ترتیب به میزان ۵۷ و ۳۸ درصد نسبت به آبیاری کامل گندم کاهش یافت. در مزارع تحقیقاتی شماره ۱ تا ۳، کاهش ۳۷، ۳۵ و ۲۵ درصدی عمق آب آبیاری (در شرایط قطع اولین نوبت آبیاری) به ترتیب سبب کاهش ۵۱، ۵۵ و ۶۷ درصدی عملکرد گندم گردید. همچنین در مزارع مذکور در شرایط قطع دومین نوبت آبیاری، کاهش ۳۰، ۳۱ و ۲۵ درصدی عمق آب آبیاری (نسبت به مدیریت آبیاری کامل) به ترتیب سبب کاهش ۳۴، ۴۲ و ۴۸ درصدی عملکرد گندم مزارع شماره ۱ تا ۳ گردید. در مزارع تحقیقاتی با قطع آب در دو نوبت آبیاری، عملکرد محصول به میزان زیادی کاهش یافت (بطور متوسط ۶۶ درصد نسبت به مدیریت آبیاری کامل). همانگونه که مشاهده می‌شود، در هر سه مزرعه تحقیقاتی کمترین کاهش عملکرد نسبت به مدیریت آبیاری کامل گندم، از قطع دومین نوبت آبیاری، حاصل‌گردید (بطور متوسط ۴۱ درصد نسبت آبیاری کامل گندم). نتایج نشان‌داد که چنانچه بجای قطع اولین نوبت آبیاری، دومین نوبت آبیاری مزارع گندم قطع گردد، افزایش عملکردی به میزان ۴۰ درصد (متوسط ۳ مزرعه) حاصل می‌گردد. درباره اهمیت بیشتر اولین نوبت آبیاری نسبت به دومین نوبت آبیاری در مزارع گندم آبی منطقه هنام می‌توان گفت که در منطقه هنام اولین نوبت آبیاری مصادف با شروع مرحله گل‌دهی گندم آبی است (نیمه اردیبهشت‌ماه) است. گندم در این مرحله از رشد نیاز شدیدی به آب دارد. علاوه بر آن در این زمان به علت اتمام بارندگی موثر بهاره، میزان رطوبت موجود در عمق توسعه ریشه اندک و در حد نقطه پژمردگی بود (در مطالعه حاضر متوسط رطوبت حجمی موجود در عمق توسعه ریشه گندم در شروع مرحله گل‌دهی (اندازه‌گیری شده با روش وزنی) در مزارع سه‌گانه برابر ۲۱ درصد حجمی بود). بنابراین هر گونه تنش آبی در این مرحله از رشد سبب می‌گردد که عملکرد گندم به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یابد. دورنباس و پرویت نیز حساس‌ترین رشد گندم را مرحله تشکیل سنبله و قبل از گرده‌افشانی معرفی نموده‌اند (Doorenbos and Pruitt, 1977). در تحقیقی مشابه اسدی و همکاران (۱۳۸۲) با بررسی اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد گندم در منطقه کرج نتیجه گرفت که مراحل ظهور خوشه و گل‌دهی در گندم، حساس‌ترین مرحله به تنش خشکی می‌باشند. طبق گزارشات دورنباس و کاسام گندم در مرحله گل‌دهی به کمبود آب بسیار حساس است و در طول مدت گل‌دهی کاهش آب، تعداد دانه را در خوشه کم می‌کند (Doorenbos and Kassam, 1977). کاهش محصول در اثر کمبود آب در مرحله گل‌دهی تا حدی است که آب فراوان داده‌شده در مراحل بعدی این کاهش را جبران نمی‌کند. در منطقه مذکور زمان اعمال دومین نوبت آبیاری یا داناب در آغاز مر حله دانه‌بندی است. اگرچه تنش در مرحله دانه‌بندی نیز سبب کاهش عملکرد گندم می‌گردد، لیکن به علت اینکه در این زمان، گندم از حساس‌ترین مرحله رشد خود عبور کرده و از طرفی میزان آب موجود در پروفیل خاک بیشتر از حد نقطه پژمردگی بود (بر اساس داده‌های رطوبت خاک مزارع تحقیقاتی)، قطع آب در این مرحله از رشد تاثیر کمتری بر کاهش عملکرد گندم نسبت به قطع اولین نوبت آبیاری داشت.

جدول ۱۰- نتایج بدست‌آمده از اعمال مدیریت‌های متفاوت آبیاری در مزرعه شماره ۱

نوع مدیریت	عمق آبیاری (mm)	عمق آب کاربردی (mm)	عملکرد (kg/ha)		درصد کاهش عملکرد
			دانه	زیست توده	
بدون قطع آب	۲۲۶	۴۷۱	۶۶۸۰	۱۵۴۹۰	۰
قطع اولین آب	۱۴۱	۳۸۶	۳۲۵۰	۱۱۵۴۰	۵۱
قطع دومین آب	۱۵۸	۴۰۳	۴۴۰۰	۱۲۵۴۰	۳۴
قطع آب دوم و سوم	۸۵	۳۳۰	۲۸۰۰	۱۱۵۲۰	۵۸

جدول ۱۱- نتایج بدست آمده از اعمال مدیریت‌های متفاوت آبیاری در مزرعه شماره ۲

نوع مدیریت	عمق آبیاری (mm)	عمق آب کاربردی (mm)	عملکرد (kg/ha)		درصد کاهش عملکرد
			دانه	زیست توده	
بدون قطع آب	۲۱۱	۴۵۶	۵۱۶۰	۱۴۱۲۰	۰
قطع اولین آب	۱۳۶	۳۸۱	۲۳۱۰	۸۶۴۰	۵۵
قطع دومین آب	۱۴۵	۳۹۰	۳۰۰۰	۱۰۱۸۰	۴۲
قطع آب اول و سوم	۶۶	۳۱۱	۱۷۲۰	۷۲۵۰	۶۷

جدول ۱۲-نتایج بدست آمده از اعمال مدیریت‌های متفاوت آبیاری در مزرعه شماره ۳

نوع مدیریت	عمق آبیاری (mm)	عمق آب کاربردی (mm)	عملکرد (kg/ha)		درصد کاهش عملکرد
			دانه	زیست توده	
بدون قطع آب	۲۰۰	۴۴۵	۶۲۹۷	۱۵۳۱۰	۰
قطع اولین آب	۱۵۰	۳۹۵	۲۱۰۰	۷۴۰۰	۶۷
قطع دومین آب	۱۵۰	۳۹۵	۳۲۵۰	۹۸۷۰	۴۸
قطع سومین آب	۱۵۰	۳۹۵	۲۴۴۰	۷۹۱۰	۶۱
قطع آب اول و سوم	۱۰۰	۳۴۵	۱۴۵۰	۵۸۷۰	۷۷

در بین مزارع سه‌گانه کمترین میزان عملکرد دانه و زیست توده از مزرعه شماره ۲ حاصل گردید. این امر به علت تاخیر ۷ روزه در اولین نوبت آبیاری مزرعه مذکور نسبت به دو مزرعه دیگر بود (به علت شرایط موجود و امکانات کشاورز، امکان آبیاری زودتر مزرعه میسر نگردید).

در مطالعه حاضر مدل‌های برآورد عملکرد به دو صورت تعیین شدند. در حالت اول روابط عملکرد گیاه و متغیرهای مستقل (میزان آب آبیاری و آب کاربردی (آبیاری+ بارندگی موثر)) به طور جداگانه برای هرکدام از مزارع تحقیقاتی مطابق روابط ۱ الی ۶ محاسبه گردید. در حالت دوم رابطه کلی عملکرد گیاه با متغیرهای مستقل در سه مزرعه تعیین گردید (روابط ۷ و ۸). روابط به‌دست‌آمده در دو حالت فوق نشان می‌دهند که روابط بین عملکرد دانه با میزان آب داده‌شده از ضریب همبستگی بالائی برخوردار است. محققین دیگر از جمله اهدایی و وینز نیز همبستگی قوی بین عملکرد دانه و آب مصرفی را گزارش نمودند (Ehdaie and Waines, 1993). در آزمایش اهدایی و وینز همبستگی بین عملکرد دانه با آب مصرفی معادل ۰/۹۱گزارش شده‌است. در روابط ذیل، محدوده مجاز مقادیر I و I+Re به ترتیب بین ۶۶ تا ۲۲۶ و ۲۹۶ تا ۴۵۶ میلی‌متر است.

الف – مزرعه شماره ۱

$$Y_{g\,(kg/ha)} = 0.15(I)^2 - 18.66(I) + 3249 \quad (R^2 = 0.97) \qquad (۱)$$

$$Y_{g\,(kg/ha)} = 0.15(I+Re)^2 - 87.87(I+Re) + 15500 \quad (R^2 = 0.97) \qquad (۲)$$

ب – مزرعه شماره ۲

$$Y_{g\,(kg/ha)} = 0.16(I)^2 - 20.25(I) + 2348 \quad (R^2 = 0.98) \qquad (۳)$$

$$Y_{g\,(kg/ha)} = 0.16(I+Re)^2 - 93.62(I+Re) + 15444 \quad (R^2 = 0.98) \qquad (۴)$$

ج – مزرعه شماره ۳

$$Y_{g\,(kg/ha)} = 0.51(I)^2 - 104(I) + 6773 \quad (R^2 = 0.95) \qquad (۵)$$

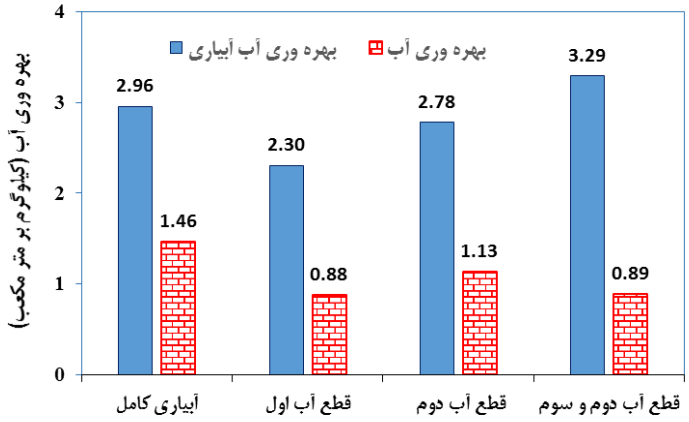
$$Y_{g\,(kg/ha)} = 0.51\,(I+Re)^2 - 338(I+Re) + 57625 \quad (R^2 = 0.95) \qquad (۶)$$

د – رابطه کلی برای سه مزرعه تحقیقاتی

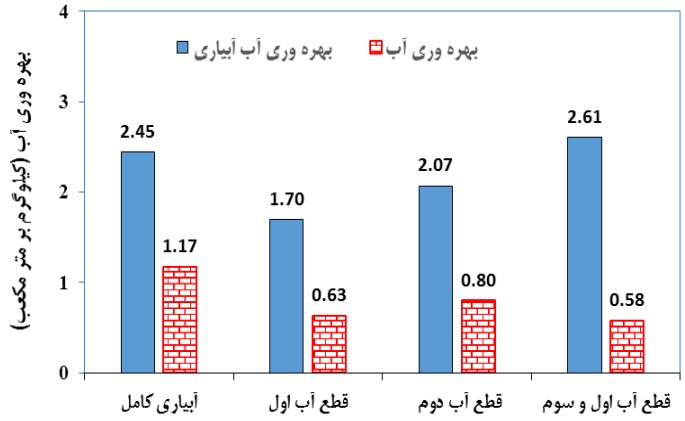
$$Y_{g\,(kg/ha)} = 0.219(I)^2 - 33.785(I) + 3211 \quad (R^2 = 0.84) \qquad (۷)$$

$$Y_{g\,(kg/ha)} = 0.21(I+Re)^2 - 134.9(I+Re) + 22610 \quad (R^2 = 0.84) \qquad (۸)$$

در شکل‌های ۲ الی ۴ مقادیر بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب گندم در سه مزرعه تحقیقاتی به ازای مدیریت‌های مختلف نشان داده‌شده‌است. در هر سه مزرعه، بیشترین میزان بهره‌وری آب در شرایط بدون قطع آبیاری حاصل گردید. مطابق نتایج ارائه‌شده در شکل‌های مذکور، قطع اولین نوبت آبیاری در هر سه مزرعه تحقیقاتی سبب گردید تا مقادیر بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب گندم بطور متوسط به ترتیب به میزان ۲۵ و ۴۰ درصد نسبت به شرایط بدون قطع آب کاهش یابد.



شکل ۲- بهره‌وری آب و بهره‌وری آب آبیاری گندم بازاء اعمال مدیریت‌های متفاوت آبیاری در مزرعه شماره ۱



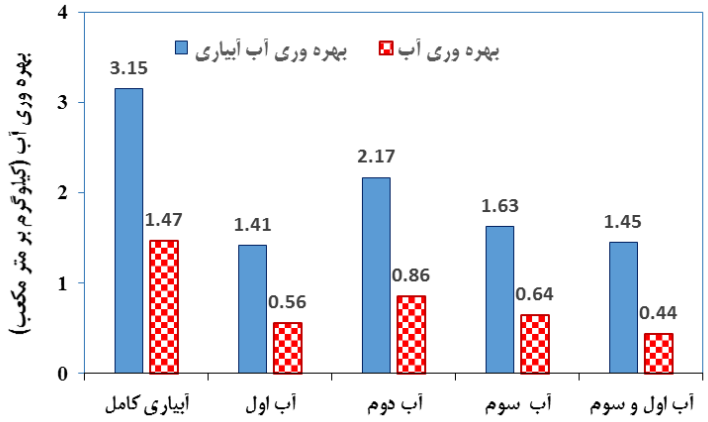
شکل ۳- بهره‌وری آب و بهره‌وری آب آبیاری گندم بازاء اعمال مدیریت‌های متفاوت آبیاری در مزرعه شماره ۲

در مزارع تحقیقاتی شماره ۱ تا ۳، کاهش ۳۷، ۳۵ و ۲۵ درصدی عمق آب آبیاری (در شرایط قطع اولین نوبت آبیاری) به ترتیب سبب کاهش ۵۹، ۵۴ و ۹۱ درصدی بهره‌وری آب گندم گردید. همچنین در مزارع مذکور در شرایط قطع دومین نوبت آبیاری، کاهش ۳۰، ۳۱ و ۲۵ درصدی عمق آب آبیاری (نسبت به مدیریت بدون قطع آب) به ترتیب سبب کاهش ۲۲، ۳۲ و ۴۱ درصدی بهره‌وری آب گندم مزارع شماره ۱ تا ۳ گردید. در مزارع تحقیقاتی با قطع آب در دو نوبت آبیاری به مدیریت بدون قطع آب آبیاری، بهره‌وری آب گندم بطور متوسط به میزان ۵۳ درصد کاهش یافت.

در هر سه مزرعه تحقیقاتی در بین تیمارهای قطع آب، بیشترین مقادیر بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب گندم از تیمار قطع دومین نوبت آبیاری حاصل گردید (بطور متوسط به ترتیب ۲/۳۴ و ۰/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب). نتایج نشان داد که چنانچه بجای قطع اولین نوبت آبیاری، دومین نوبت آبیاری مزارع گندم قطع گردد، مقادیر بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب گندم به ترتیب به میزان ۳۲ و ۳۷ درصد (متوسط سه مزرعه) افزایش پیدا می‌کند.

بر آورد نیاز آبی گندم در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در منطقه هنام

در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ (سال اجرای آزمایشات تحقیقاتی در مزارع گندم آبی) میزان نیاز آبی خالص گندم با استفاده روش محاسباتی پنمن- مانتیث و مقادیر ضریب گیاهی مراحل مختلف رشد ۴۵۰ میلی‌متر برآورد گردید (جدول ۱۳). در این سال نیز مشابه آنچه قبلا درباره مزارع منتخب در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ قبلا اشاره گردید، با استفاده از متوسط مشخصات فیزیکی مزارع تحقیقاتی و میزان مازاد بارندگی موثر ماهیانه، میزان رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه گندم در فروردین ماه ۹۴، در حدود ۶۰ میلی‌متر برآورد گردید.



شکل ٤- بهره‌وری آب و بهره‌وری آب آبیاری گندم بازاء اعمال مدیریت‌های متفاوت آبیاری در مزرعه شماره ۳

جدول ۱۳- نیاز آبی در ماه‌های مختلف دوره رشد گندم آبی در منطقه هنام در سال ۹۴-۱۳۹۳

ماه‌های رشد	ET_c (mm)	بارندگی مؤثر(mm)	نیاز آبی گندم(mm)
مهر	–	۴۵	
آبان	۹/۳۶	۱۹	۰
آذر	۹/۳۳	۵۰	۰
دی	۱۰/۴۴	۶	۰
بهمن	۱۶/۷۴	۲۷	۰
اسفند	۳۶	۳۷	۰
فروردین	۱۰۰/۵	۵۶	۴۴/۵
اردیبهشت	۱۷۵/۵	۵	۱۷۰/۵
خرداد	۱۹۷/۵	۰	۱۹۷/۵
تیر	۴۲/۵	۰	۴۲/۵
مجموع	۵۹۸	۲۴۵	۴۵۵

چنانچه عدد بدست آمده برای میزان رطوبت خاک قابل استفاده برای گندم از میزان نیاز آبی برآورد شده در جدول ۱۳ کسر شود، میزان نیاز آبی گندم برابر ۳۹۵ میلی‌متر تعیین می‌گردد. همچنین در صورتی که مشابه سال زراعی گذشته متوسط راندمان کاربرد آب دو روش آبیاری سطحی و بارانی در منطقه مذکور به ترتیب برابر ۷۰ و ۸۰ درصد در نظر گرفته شود، عمق آب آبیاری در شرایط تامین نیاز کامل آبی گیاه (نیاز آبیاری) برای دو روش مذکور در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ به ترتیب در حدود ۵۶۰ و ۴۹۰ میلی‌متر برآورد می‌گردد. مقایسه اعداد بدست آمده فوق برای نیاز آبیاری گندم با عمق‌های آبیاری اعمال‌شده در مزارع تحقیقاتی در سال زراعی مذکور (جداول ۱۰، ۱۱ و ۱۲) بیانگر آنست که عمق آب مورد استفاده برای آبیاری مزارع تحقیقاتی گندم آبی به‌میزان چشمگیری کمتر از نیاز آبیاری کامل گندم (کمتر از ۵۰ درصد) بوده است. در واقع همانند سال اول اجرای آزمایش کشاورزان در مزارع تحقیقاتی به نوعی کم‌آبیاری اعمال نموده‌اند. یکی از علت‌های مهم این امر، توجه خاص کشاورزان منطقه به کاشت محصولات با سودآوری بالا نظیر یونجه، شبدر و چغندرقند علی‌رغم نیاز آبی بیشتر محصولات مذکور نسبت به گندم است. اگرچه در سال‌های اخیر کاهش قابل توجه میزان بارندگی منطقه نسبت به سال‌های گذشته (شکل ۵)، سبب کاهش منابع آبی منطقه هنام شده‌است، با این وجود کشاورزان منطقه سعی می‌کنند همین منابع آب محدود را در درجه اول به محصولات با درآمد بالاتر اختصاص‌داده و پس از آن مزارع گندم را آبیاری نمایند. در نتیجه این امر مزارع گندم آبی به میزان کمتر از نیاز واقعی‌شان آب دریافت می‌کنند. در مطالعه حاضر اگر چه سعی گردید تمامی مدیریت‌های برتر زراعی و کودی در مزارع تحقیقاتی به‌کار گرفته شود، ولی به سبب شرایط خاص منطقه و امکانات کشاورزان، مزارع گندم آبی کمتر از نیاز آبیاری واقعی شان آب دریافت نمودند. بنابراین این امر می‌تواند یکی از دلایل مهم اختلاف قابل توجه حداکثر عملکرد دانه حاصله در مزارع تحقیقاتی (۶۶۸۰ و ۶۲۹۷ کیلوگرم در هکتار برای ارقام پیشتاز و پیشگام) با پتانسیل عملکرد دانه ارقام مورد استفاده باشد (پتانسیل

عملکرد دانه برای ارقام پیشتاز و پیشگام توسط موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به ترتیب به میزان۹۶۴۶ و ۱۰۰۶۵کیلوگرم در هکتار گزارش شده‌است).

شرایط منطقه هنام به گونه‌ای است که بخشی از اراضی دیم در مجاورت اراضی آبی واقع است و امکان پمپاژ آب برای آبیاری تکمیلی آنها مهیا می‌باشد. از آنجایی که در منطقه مورد مطالعه خرید و فروش آب مرسوم نیست، تنها راه توجیه‌کننده برای اعمال کم‌آبیاری گندم آبی، امکان استفاده از آب صرفه‌جویی‌شده برای آبیاری تکمیلی در زراعت دیم است. بر این اساس مقایسه میزان افزایش عملکرد گندم دیم در اثر اعمال تک‌آبیاری نسبت به شرایط دیم مزارع گندم (بطور میانگین ۱۶۲۰ کیلوگرم در هکتار) (نخجوانی و همکاران ، ۱۳۹۷)، با میزان کاهش عملکرد گندم آبی در اثر قطع اولین نوبت آبیاری (بطور میانگین ۳۴۵۰ کیلوگرم در هکتار) بیانگر آنست که در این شرایط اعمال مدیریت کم آبیاری در مزارع گندم آبی منطقه هنام (به صورت قطع آب در مراحل رشد گندم) و تخصیص آب صرفه‌جویی شده ناشی از آن برای اعمال تک‌آبیاری بهاره در مزارع گندم دیم، گزینه مناسبی برای منطقه هنام نیست.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف: الف) پایش زراعی و آبی مزارع گندم آبی منطقه و تعیین میزان عملکرد و بهره‌وری آب در مزارع مذکور ب) طراحی و اجرای تیمارهای مدیریتی آبی و زراعی در مزارع گندم آبی، ج) بررسی و تحلیل مدیریت‌های آبیاری اعمال شده در مزارع گندم به مدت ۲ سال انجام شد.

نتایج پایش زراعی و آبی مزارع گندم آبی کشاورزان در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ نشان داد که افزایش عملکرد و بهره‌وری آب گندم در مزارع کشاورزان پیشرو نسبت به سایر کشاورزان به عواملی زیادی از جمله؛ نحوه مدیریت زراعی و کودی و سطح سواد و تحصیلات کشاورزان بستگی داشته‌است. کشاورزان منتخب منطقه در سال زراعی مذکور مزارع گندم را بطور متوسط به‌میزان ۴۳ درصد کمتر از نیاز آبیاری کامل گیاه، آبیاری نمودند.

همانند سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲، در سال اجرای آزمایشات تحقیقاتی (سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳) نیز به علت شرایط حاکم بر منطقه (تمایل کشاورزان به کاشت محصولات با درآمد بالا)، امکان آبیاری مزارع تحقیقاتی بر اساس نیاز کامل آبی گندم میسر نگردید. در این شرایط اگرچه محصول تولیدی در مزارع تحقیقاتی بیشتر از عملکرد معمول منطقه (در حدود ۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود، ولی عملکرد مزارع مذکور بطور قابل ملاحظه‌ای کمتر از عملکرد پتانسیل ارقام گندم مورد استفاده (در حدود ۱۰۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود.

اعمال مدیریت‌های متفاوت آبی (قطع آب در یک یا دو نوبت آبیاری) در مزارع تحقیقاتی در سال دوم اجرای پژوهش (سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳)، سبب کاهش قابل ملاحظه عمکرد گندم در مزارع مذکور نسبت به تیمار بدون قطع آب شد. در این بین بیشترین کاهش محصول در تیمار قطع اولین نوبت آبیاری مشاهده گردید. یکی از علت های مهم این امر مصادف شدن اولین نوبت آبیاری مزارع گندم منطقه هنام با شروع مرحله حساس گل‌دهی گندم است.

در شرایط حاضر، قطع آب در مراحل حساس گل‌دهی و دانه‌بندی مزارع گندم آبی و تخصیص آب صرفه‌جویی شده ناشی از آن، برای اعمال تک‌آبیاری بهاره در مزارع گندم دیم، گزینه مناسبی برای منطقه هنام نیست.

منابع

اسدی، ح.، نیشابوری، م. ر. و سیادت، ح. ۱۳۸۲. تعیین ضریب حساسیت گندم به تنش رطوبتی در مراحل مختلف رویش در منطقه کرج. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۴(۳):۵۷۹ تا ۵۸۶.

بی‌نام، ۱۳۹۴. آمارنامه کشاورزی سال ۹۳-۱۳۹۲، جلد اول: محصولات زراعی. مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی

جلینی، م. ۱۳۹۲. تاثیر مقادیر و زمان قطع آب آبیاری بر عملکرد و کارآیی مصرف آب ارقام گندم در روش آبیاری بارانی. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی.۱۴(۱): ۱۲-۱.

حیدری، ن. ۱۳۹۰. تعیین و ارزیابی شاخص کارایی مصرف آب محصولات زراعی تحت مدیریت کشاورزان درکشور. مجله مدیریت آب و آبیاری. ۱(۲): ۴۳ تا ۵۷.

صارمی، م. ۱۳۷۲. بررسی حساسیت ارقام گندم در مراحل مختلف رشد فیزیولوژیکی نسبت به کمبود رطوبت. مجموعه خلاصه مقالات اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج. صفحه ۵۹.

دهقانی، ح. ۱۳۹۶. ارزیابی اثرات عوامل مدیریتی بر بهره‌وری آب گندم آبی و دیم در بخش علیای حوضه کرخه و توسعه کاربرد عوامل مناسب. گزارش نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی به شماره ثبت ۵۲۰۹۵. ۱۰۴ ص.

محفوظی، س.، اکبری حقیقی، ع.، چایچی، م.، سنجری، ا. ق.، ناظری، س. م.، عابدی اسکویی، م. س.، امین زاده، غ. ر. و رضایی، م. ۱۳۸۸. معرفی رقم: پیشگام، رقم جدید گندم نان برای کاشت در شرایط آبیاری معمولی و کم آبیاری آخر فصل در اقلیم سرد. مجله به¬نژادی نهال و بذر. ۱-۲۵(۳): ۵۱۳-۵۱۶.

نخجوانی مقدم، م. م.، قهرمان، ب.، داوری، ک.، علیزاده، ا.، دهقانی سانیج، ح. و توکلی، ع. ر. ۱۳۹۷. افزایش بهره‌وری بارش برای گندم دیم در شرایط مدیریت برتر زراعی و آبیاری محدود در بالا

دســت حوضــه کرخــه. نشــریه پــژوهش آب در کشــاورزی. ۳۰(۳):۳۱۵-۳۰۱.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirement. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, 301p.

Doorenbos J. and Kassam, A. H. 1979. Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Doorenbos, J. and Pruitt, W. O. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. FAO Irrig. Drain. Paper 24.

Ehdaie, B. and Waines, J. G. 1993. Variation in water-use efficiency and its components in wheat. I. well watered pot experiment. Crop Science. 33: 294-299.

Fan, Y., Wang, C. and Nan, Z. 2014. Comparative evaluation of crop water use efficiency, economic analysis and net household profit simulation in arid Northwest China. Agricultural Water Management. 146: 335-345.

FAO, 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Statistical Databases 2021. http://faostat.fao.org.

Foley, D. J., Thenkabail, P. S., Aneece, I. P., Teluguntla, P. G. and Oliphant, A. J. 2020. A meta-analysis of global crop water productivity of three leading world crops (wheat, corn, and rice) in the irrigated areas over three decades, International Journal of Digital Earth. 13(8):939-975.

Hegerl, G., Black, E., Allan, R., Ingram, W., Polson, D., Trenberth, K., Chadwick, R., Arkin, P., Sarojini, B., Becker, A. and Dai, A. 2015. Challenges in quantifying changes in the global water cycle

Lesk, C., Rowhani, P. and Ramankutty, N. 2016. Influence of extreme weather disasters on global crop production. Nature. 529, pp. 84-87

Mohtadi, M., Albaji, M. and Nasab, S. B. 2023. Investigation of water productivity of wheat in some irrigation and drainage networks of Khuzestan. Arab J Geosci 16, 381. https://doi.org/10.1007/s12517-023-11436-8 Raes, D. 2012. The ETo calculator, evapotranspiration from a reference surface. Reference

Zeng, R., Lin. X., Welch, S. M., Yang, S., Huang, N. and Sassenrath, G. F. 2023. Impact of water deficit and irrigation management on winter wheat yield in China. Agricultural Water Management. 287. p. 108431

Zhang, H. and Oweis, T. 1999. Water-yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean region. Agricultural Water Management. 38:195-211.

Zhang, X.; Zhang, J., Xue, J. and Wang, G. 2023. Improving Wheat Yield and Water-Use Efficiency by Optimizing Irrigations in Northern China. Sustainability. 15: 10503. https://doi.org/10.3390/su151310503

Zwart, S. J. and Bastiaanssen, G. M. 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. Agricultural Water Management. 69:115-133

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.1, Vol. 19, Apr.-May. 2025, p. 1-14

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۹، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۴، ص. ۱۴-۱

Wheat Water Productivity in Different Irrigation Management (Case study Upstream of Karkheh Basin)

H. Dehghanisanij[1]*, M.M. Nakhjavanimoghaddam [1], A. Tavakoli[1]
Recived: Nov.11, 2024 Accepted: Jan.14, 2025

Abstract

Water management in the upstream region of basin is necessary for more appropriate access to water resources and also to reduce tension in the downstream. The present study was conducted to analyze and evaluate the water productivity of wheat, in different irrigation managements, in the upstream area of the Karkheh basin (specifically, Honam plain in Lorestan province) during two years. This study was performed in four distinctive phases: a) cognitive phase, b) improving phase, c) implementation phase and D) analysis phase. In the first year of study (Cognitive phase), the situation in the region in terms of yield and water productivity in irrigated wheat fields were studied. In improving phase, the different management scenarios to enhance the yield and water productivity were defined and studied. The management scenarios were defined based on existing farmer's conditions and agricultural facilities. In the second year (third phase), management scenarios were implemented in irrigated wheat fields. Finally, in the fourth phase results were analyzed and evaluated. The Monitoring of the fields, showed that the farmers irrigated this fields on an average of 43% less than the crop full irrigation requirement. The result showed that cutting of water in first and second time decreased the yield of wheat in research fields in the second year. The highest yield reduction was observed by cutting of water in the first irrigation. Results showed that under the present situation, deficit irrigation management practices (cutting of water at wheat growth stages) and the allocation of water savings for single irrigation of rainfed wheat fields are not suitable for Honam region.

Keywords: Deficit Irrigation, Honam, Management and Yield

1- Professor, Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Alborz, Iran.
2- Assistant Professor Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Alborz, Iran.
3- Associate Professor, Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Alborz, Iran.
(*- Corresponding Author Email: dehghanisanij@yahoo.com)