مدیریت آب و آبیاری، دوره ۲، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۱، صص ۸۳-۶۹

بررسی اثر آبیاری تکمیلی بر عملکرد و کارایی مصرف آب سه رقم جدید گندم

هوشنگ قمرنیا [۱*]، میلاد فرمانی‌فرد [۲] و شهریار ساسانی [۳]

(E-mail: hghamarnia@razi.ac.ir)

(تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۱۸ - تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۲/۱۹)

چکیده

در پژوهش حاضر، به بررسی اثر اعمال مقدار و زمان آبیاری تکمیلی برای کمک به نیاز آبی و عملکرد سه رقم گندم ('W33g'، 'کراس البرز' و 'بهار')، در دو سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ پرداخته شده است. آزمایشات در ایستگاه لیسیمتری تحقیقاتی شماره یک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی با بهره‌گیری از لیسیمترهای موجود، در قالب طرح فاکتوریل دو عامله و بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. همه تیمارها تا مرحله گلدهی به میزان یکسان آبیاری شدند اما در مراحل بعدی، زمان و مقدار تیمارهای آبیاری تکمیلی در قالب چهار تیمار متفاوت آزمایش گردید. زمان اعمال تیمارهای آبیاری تکمیلی گلدهی و دانه‌دهی به ترتیب مشاهده ۵۰ درصد به گل رفتن بوته‌ها و مشاهده شروع دانه بستن ۵۰ درصد سنبله‌ها بود. نتایج نشان داد که بیشترین میزان مشارکت آبیاری تکمیلی در سال اول و دوم به‌ترتیب ۲۷/۵ و ۲۶/۱ درصد کل آب مصرفی گیاه است. به‌طور متوسط در سال اول و دوم بیشترین عملکرد دانه محصول گندم از آن رقم 'کراس البرز' و مربوط به تیمار دو آبیاری توام گلدهی و دانه‌دهی به‌ترتیب ۴۶۸۱ و ۴۸۰۴ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. در هر دو سال، رقم 'کراس البرز' نسبت به دو رقم دیگر تحت تیمار آبیاری تکمیلی یکسان، بیشترین کارایی مصرف آب را به خود اختصاص داد.

کلمات کلیدی: آبیاری تکمیلی، دانه‌دهی، عملکرد، کارایی مصرف آب، گلدهی، گندم

۱ - دانشیار، گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی کرمانشاه، کرمانشاه - ایران **(نویسنده مسئول مکاتبات [*])**

۲ - دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی کرمانشاه، کرمانشاه - ایران

۳ - استادیار، بخش زراعت، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، کرمانشاه - ایران

مقدمه

تأمین غذای کافی با قیمت مناسب برای افراد یک جامعه، از مهمترین ارکان اصلی توسعه پایدار هر کشور می‌باشد. در عصر حاضر باتوجه به محدودیت منابع و افزایش روزافزون جمعیت و درنتیجه افزایش تقاضا برای محصولات غذایی، شرایط ایجاب می‌کند که از منابع محدود به نحو بهینه استفاده شود. از طرف دیگر، در حال حاضر کشور ایران به‌دلیل نازل بودن ریزش‌های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی آن، در زمره کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد و همچون سایر کشورهای واقع در کمربند خشک کره زمین دچار کم‌آبی است. پیش‌بینی می‌شود که طی نیم قرن آتی، ایران از جمله ۶۶ کشوری باشد که از تنش آبی رنج خواهد برد (۱). از طرف دیگر، در نقاط خاصی از کره زمین به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی، عوامل تنش‌زا در تولید محصولات کشاورزی تأثیر بیشتری دارند و کشاورزی در آن مناطق با تحمل هزینه بیشتر و بازده کمتر صورت می‌گیرد. لذا توجه ویژه به شرایط اقلیمی، به عنوان یکی از عوامل تعیین‌کننده تولید محصولات کشاورزی باید مدنظر قرار گیرد.

گندم به عنوان غذای پایه کشور به شمار آمده و خودکفایی در تولید این محصول یک آرمان ملی محسوب می‌گردد. گندم در ایران سالانه دارای سطح زیرکشت قابل‌توجهی بوده و افزایش محصول آن مورد توجه قرار گرفته است. در قسمت قابل‌توجهی از اراضی کشور، به‌دلیل عدم دسترسی کافی به آب و عدم آبیاری کافی و درنتیجه تنش رطوبتی در مرحله پر شدن دانه، بذر تولیدی چروکیده و غیراستاندارد بوده و درنتیجه تولید کاهش می‌یابد و بدین دلیل میانگین تولید گندم آبی کشور کمتر از چهار تن است. بنابراین به‌نظر می‌رسد که یکی از راه‌های بسیار موثر در ارتقاء عملکرد در واحد سطح در اراضی فوق استفاده از ارقام گندم متحمل به تنش خشکی آخر فصل بوده که دارای خصوصیات مرفولوژیکی و فنولوژیکی بین ارقام دیم و آبی باشند (۲). علاوه بر این، طبق گزارشات کم‌آبی تنها دلیل کمبود آب برای تولید محصول نیست، بلکه عدم وجود تناسب میان دسترسی به منابع آبی و نیاز به آن باعث این مشکل است (۲۷).

کارایی مصرف آب یک عامل مهم برای شناخت بهترین استراتژی زمان‌بندی اعمال آبیاری تکمیلی است. بنابراین، اگر آبیاری درست و خوب هدف‌گذاری شود، می‌تواند قسمتی از مشکل را که بالا بردن راندمان مصرف آب است، حل نماید (۲۲).

منظور از آبیاری تکمیلی، کاربرد مقدار محدودی آب در زمان توقف بارندگی است تا آب کافی جهت رشد بوته‌ها و افزایش و ثبات عملکرد دانه تأمین گردد. بدیهی است که این مقدار آب مصرفی، به تنهایی برای تولید گیاه زراعی کافی نیست، بنابراین از ویژگی‌های ضروری آبیاری تکمیلی، تکمیل طبیعت باران و آبیاری است (۲۰ و ۲۶). در واقع آبیاری تکمیلی یک مداخله موقت است و به نحوی طراحی شده است تا بتوان در زمانی که آب فراهم است، تعرق طبیعی گیاه را افزایش داد. از طرف دیگر، کاربرد آن در زمانی که بارندگی برای رشد گیاه زراعی کافی به‌نظر می‌رسد، نامناسب است (۱۹). آبیاری تکمیلی نقش کلیدی در تولید گیاهان در کشورهای مختلف دنیا دارد، به‌طوری‌که این روش هم‌اکنون ۸۰ درصد مناطق تحت کشت دنیا و ۶۰ درصد تولید جهانی را به خود اختصاص داده است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا شامل غرب آسیا و شمال آفریقا محدوده تولید گندم بسته به مقدار و توزیع بارندگی از ۰/۶ تا ۱/۵ تن درهکتار در نوسان است. در این شرایط، عملکرد و راندمان کاربرد آبیاری تکمیلی افزایش معنی‌داری نسبت به شرایط دیم داشته است (۱۴). حدود ۹۰ درصد زمین‌های زیرکشت گندم دیم کشور در مناطق با بارندگی سالانه کمتر از ۵۰۰ میلی‌متر قرار دارد و در مناطق فاریاب نیز به‌دلیل محدودیت آب آبیاری مخصوصاً در مراحل انتهایی رشد گندم، امکان تأمین رطوبت مطلوب خاک وجود ندارد (۲۳). آزمایش‌ها نشان داده‌اند که کاهش ۵۰ میلی‌متری در آب مصرفی مورد نیاز گیاه گندم اثری منفی بر محصول دانه آن نداشته است و در عوض بهره‌وری آب را افزایش می‌دهد (۲۵، ۲۸ و ۲۹). در اردن که کشوری خشک بوده و میانگین بارندگی سالانه در ۵۰ درصد اراضی آن کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر است، سود اقتصادی تولید گندم تحت اعمال هفت تا ۱۰ بار آبیاری تکمیلی افزایش یافته است (۱۵).

تعیین مهم‌ترین صفات و اجزای عملکرد گندم و همبستگی آنها با عملکرد دانه سبب می‌شود تا رقم‌های مناسب انتخاب و در جهت افزایش عملکرد در واحد سطح استفاده گردند. براساس گزارش محققین، تعداد دانه در سنبله گندم را به عنوان حساس‌ترین صفت جهت انتخاب رقم‌های مقاوم به تنش خشکی پیشنهاد نموده‌اند. معمولاً همبستگی بین عملکرد دانه گندم با وزن هزاردانه، ارتفاع بوته، تعداد پنجه در مترمربع، طول آخرین میان‌گره، تعداد دانه در سنبله، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت مثبت و

معنی‌دار است (۹ و ۱۳). برخی از تحقیقات مرحله تشکیل ریشه‌های اصلی و برخی مرحله خوشه رفتن گندم تا اوایل پر شدن را به کمبود آب حساس می‌دانند، درحالی‌که تعدادی دیگر مراحل ساقه رفتن تا گلدهی را به کمبود آب حساس می‌دانند (۷ و ۸). در مطالعه‌ای نیز مرحله ساقه‌رفتن حساس‌تر از مرحله گلدهی و خمیری دانه به کمبود آب گزارش شده است (۱۲). در نهایت، در این رابطه گزارش شده است که کمبود آب در خاک باعث می‌شود که نفوذ ریشه و گسترش آن در خاک محدود شده و درنتیجه رشد گیاه به صورت عادی انجام نپذیرد (۵ و ۲۴).

در تحقیقی به منظور تعیین حساسیت گندم به آب آبیاری در مراحل حساس رشد گندم، آزمایشی در سه تکرار به مدت سه سال اجرا گردید. در این آزمایش سه مرحله رشد، شامل سنبله رفتن، گلدهی و دانه بستن برای اعمال تیمارهای آبیاری درنظر گرفته شده بود. براساس نتایج، حداکثر عملکرد از تیمار شروع آبیاری در مرحله به سنبله رفتن و آبیاری در هر سه مرحله سنبله، گل و دانه بستن و با مقدار آب آبیاری براساس ۷۰ درصد تبخیر از تشت حاصل شد (۴). اجرای آبیاری تکمیلی نمی‌تواند همیشه مؤثر باشد، به‌طوری‌که در آزمایشی که در منطقه گرگان اجرا شده بود، آبیاری تکمیلی بر عملکرد گندم اثر معنی‌داری نداشت. علت آن بارندگی زیاد در سال زراعی موردنظر ذکر شده است (۳).

هدف از انجام تحقیق حاضر، ارزیابی تأثیر اعمال تیمارهای مختلف آبیاری تکمیلی بر عملکرد و کارایی مصرف آب دانه و پروتئین سه رقم جدید گندم 'بهار' و 'W33g' (که ارقامی آبی هستند) و 'کراس البرز' (رقم دیم) در قالب آزمایش فاکتوریل دو عاملی و در قالب طرح کاملاً تصادفی، در سه تکرار می‌باشد. از طرف دیگر، مقایسه میان تیمارهای آبیاری تکمیلی با حالت آبیاری کامل نیز از اهداف پژوهش حاضر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در ایستگاه لایسیمتری شماره یک مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی با مختصات جغرافیایی ۴۷° و ۹' دقیقه شرقی و ۳۴° و ۲۱' شمالی و ارتفاع ۱۳۱۹ متر از سطح دریا انجام شد. در این تحقیق از دو دسته آمار و اطلاعات روزانه و بلندمدت (۳۰ ساله) جهت برآورد مشخصات آب و هوایی طرح، محاسبه و برآورد مقادیر ضریب گیاهی روزانه در مقاطع مختلف رشد و همچنین برآورد میزان نیاز آبی، با استفاده از روش تشتک تبخیر در سال‌های ۹۰-۱۳۸۸ بهره گرفته شد. اقلیم منطقه براساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن از نوع نیمه‌خشک می‌باشد. با آزمایشات و نمونه‌گیری‌هایی که از خاک‌های منطقه صورت گرفته است، طبقه‌بندی خاک‌های مزرعه مورد مطالعه از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به شرح جدول‌های (۱) و (۲) می‌باشد. همچنین براساس تجزیه تحلیل چند نمونه از آب مورد استفاده که در ماه‌های فروردین تا خرداد سال ۱۳۹۰ صورت گرفت، خصوصیات آب آبیاری به شرح جدول (۳) است.

جدول ۱ - خصوصیات فیزیکی خاک منطقه مورد مطالعه

بافت خاک	رس (٪)	سیلت (٪)	ماسه (٪)	وزن مخصوص ظاهری	عمق نمونه‌گیری (سانتی‌متر)
رس سیلتی	۵۱/۶	۴۴/۲	۴/۲	۱/۳۰	۰-۳۰
	۵۰/۶	۴۶/۵	۳/۹	۱/۳۲	۳۰-۶۰
	۵۴/۷	۴۳/۱	۳/۲	۱/۳۴	۶۰-۱۰۰

جدول ۲ - خصوصیات شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه

فسفر قابل جذب (Mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (Mg/kg)	کربن آلی (٪)	Mn (Mg/kg)	Fe (Mg/kg)	Zn (Mg/kg)	EC (dS/m)	pH
۲۷/۱	۴۲۷	۱/۴۳	۸/۱	۱۰/۸	۱/۱۱	۱/۳۲	۷/۴

جدول ۳ – مشخصات شیمیایی آب منطقه مورد مطالعه

pH	EC (dS/m)	SAR	TDS (Mg/lit)	سدیم محلول (٪)	Na+ (Meq/lit)	Ca^{++} و Mg^{++} (Meq/lit)	$SO4^{-}$ (Meq/Lit)	CL^{-} (Meq/lit)	$CO3^{--}$ (Meq/lit)	$HCO3^{-}$ (Meq/lit)
۷	۱	۰/۵۷	۶۲۹	۱۱/۴۵	۱/۱۲	۸/۲۳	۱/۱۷	۱/۶۸	۰/۰۱۶	۶/۴۲

در این تحقیق از تعدادی لایسیمتر جنس پلی‌اتیلن با قطر ۳۰ و ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر استفاده شد که از خاک منطقه و رد شده از الک شماره دو پر شدند تا عاری از سنگریزه و کلوخه گردند. انتهای این لایسیمترها توسط رینگ و فلنچ کاملاً آب‌بندی گردید تا از خروج آب از انتهای آنها جلوگیری شود. یک لایه پنج سانتی‌متری شن در کف این لایسیمترها ریخته شد که روی آن یک لایه پنج سانتی‌متر ماسه قرار گرفت و درنهایت لایسیمتر از خاک سیلتی‌کلی (خاک زراعی محل) شامل ۴۹/۶ درصد رس، ۴۱/۷ درصد سیلت و ۸/۷ درصد شن پر گردید. در موقع انجام عملیات کشت نیز، اعمال قبل از کاشت اعم از آماده‌سازی، سله شکنی و کوددهی خاک با دقت مناسب انجام شد. کاشت بذور (اول آذر هر دو سال) با تراکم ۴۵۰ بذر در مترمربع صورت گرفت.

محاسبات آب موردنیاز و نحوه اعمال تیمارهای آبیاری

برای به‌دست آوردن میزان آب موردنیاز گیاه داده‌های تبخیر از تشتک تبخیر به صورت روزانه از ایستگاه هواشناسی مستقر در ایستگاه دریافت می‌گردید. تعیین نیاز آبی شامل سه مرحله، تعیین تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_O)، تعیین ضریب گیاهی (K_C) و تعیین اثر شرایط محلی و عملیات زراعی بر نیاز آبی گیاه بوده است. در این تحقیق از تشتک تبخیر کلاس A و از معادلات (۱ و ۲) جهت تعیین میزان تبخیر و تعرق پتانسیل و واقعی استفاده شد.

$$ET_O = K_P \times E_{Pan} \quad (۱$$

در این رابطه، K_P ضریب تشتک و E_P میزان تبخیر از تشتک اندازه‌گیری شده (میلی‌متر) برای هر منطقه که به تبخیر و تعرق گیاه مرجع و به تبخیر و تعرق واقعی گیاه ربط دارد. مقدار K_P به عوامل متعددی از جمله رطوبت نسبی هوا، سرعت باد و محیط اطراف تشتک بستگی دارد.

$$ET_C = K_C \times ET_O \quad (۲$$

در این رابطه، K_C ضریب گیاهی و ET_O تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر) و ET_C تبخیر و تعرق واقعی گیاه (میلی‌متر) می‌باشد. در رابطه با تعیین مقدار K_C، از جداول توصیه شده در نشریه فائو ۵۶ استفاده شده است (۱۰).

پس از کاشت بذور، گندم در اول آذر ماه هر دو سال تکرار آزمایشات، کوددهی در هنگام کاشت و در دوره رشد و دیگر کارهای مرسوم در مرحله داشت، آبیاری لیسیمترها اعمال شد. باتوجه به اقلیم نیمه‌خشک منطقه و عدم وجود بارندگی کافی در مراحل رشد به دلیل خشکسالی ایجاد شده در سال انجام آزمایشات، با درنظر گرفتن نیاز آبی گیاه و کمبود آب، آبیاری سطحی مطابق جدول (۴) اعمال گردید. به عبارت دیگر، مقادیر آبیاری سطحی به صورت تقریبی از مقدار نیاز آبی گیاه در دوره معین از رشد، براساس میزان بارندگی، نیاز تبخیر و تعرق و حتی مقدار آب زهکش شده (در صورت وجود) تعیین می‌شد، لذا این مقدار درصدی از نیاز آبیاری گیاه تا زمان آبیاری بوده است. در مواردی که بارندگی در مراحل قبل از به گل‌رفتن گندم کافی باشد، دیگر لزومی به انجام آبیاری سطحی مذکور نیست.

تیمارهای مورد مطالعه در این آزمایش عبارت از چهار تیمار زمان انجام آبیاری تکمیلی، شامل تک آبیاری در مراحل گلدهی و دانه‌دهی و دو آبیاری در مرحله گلدهی و دانه‌دهی و یک حالت بدون آبیاری (در دو مرحله گلدهی و دانه‌دهی) می‌باشد. هدف اصلی از انجام پژوهش حاضر، ارزیابی تأثیر اعمال دو آبیاری اصلی و پایانی گلدهی و دانه‌دهی بود. به محض رسیدن به این مراحل که زمان آن باتوجه به رشد گیاه و رسیدن ۵۰ درصد کل لایسیمترهای مزرعه به این مرحله تعیین می‌شد، آبیاری انجام گرفت. همچنین آبیاری تکمیلی زمان گلدهی در دهه دوم اردیبهشت ماه و آبیاری زمان دانه‌دهی در دهه اول خرداد در هر دو سال انجام شد. دلیل تفاوت در مقادیر آبیاری در زمان یکسان در دو تکرار، وجود اختلاف در مقادیر بارندگی و نیاز آبی طی بازه زمانی بین دو آبیاری بوده است. برای مقایسه بهتر، تیمار شاهد آبیاری کامل (فقط در سال دوم تکرار) مورد بررسی و آزمایش قرار گرفت و تیمار در کل مدت رشد بر اساس دور آبیاری و نیاز آبی آبیاری شد.

جدول ۴ - زمان و مقادیر آبیاری سطحی و تکمیلی اعمال شده در مراحل مختلف رشد

سال	زمان کاشت (میلی‌متر)	۵۰ روز بعد از کاشت	۷۰ روز بعد از کاشت	۹۵ روز بعد از کاشت	۱۱۵ روز بعد از کاشت	۱۴۰ روز بعد از کاشت	زمان گلدهی	زمان دانه‌دهی
۱۳۸۸-۸۹	۱۰	۱۰	۱۵	۲۰	۱۰	۱۰	۲۰	۳۰
۱۳۸۹-۹۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۵	۲۰	-	۲۰	۳۰

پارامتر کارایی مصرف آب بر مبنای عملکرد دانه (IWUE)

پارامتر کارایی مصرف آب بر مبنای عملکرد دانه عبارت است از نسبت عملکرد دانه به میزان آب مصرفی (کیلوگرم بر مترمکعب یا کیلوگرم بر میلی‌متر) است و رابطه‌ای که توسط جنسن بیان شده به صورت زیر است (۱۶):

$$IWUE = \frac{Gy}{IWA} \quad (۳$$

در این رابطه، G_y میزان عملکرد محصول (کیلوگرم) و IWA میزان آب مصرفی (مترمکعب) است.

پارامتر کارایی ظاهری آب آبیاری (AIWUE)

این رابطه توسط کسل و ادواردز بیان شده و به صورت رابطه زیر تعریف و محاسبه می‌شود (۱۱):

$$AIWUE = \frac{Y_{irr} - Y_{dry}}{W_{irr}} \quad (۴$$

در این رابطه، AIWUE کارآیی ظاهری آب آبیاری، Y_{irr} عملکرد دانه تحت تیمار آبیاری، Y_{dry} عملکرد دانه تحت تیمار دیم و W_{irr} مجموع آب آبیاری مصرف شده (میلی‌متر) می‌باشد.

لازم به ذکر است در کشت محصولات دیم همراه با آبیاری تکمیلی، منابع آبی مورد استفاده گیاه فقط شامل بارندگی و آبیاری می‌شود، می‌توان به راحتی کارایی این دو عامل را به‌دست آورده و تشریح نمود که پارامتر کارایی بارندگی از تقسیم عملکرد بر میزان بارندگی موجود در طول دوره رشد گیاه محاسبه شده است.

جهت آنالیز مواد موجود در دانه گندم از دستگاه NIR استفاده شد. با استفاده از این دستگاه با تابش امواج نزدیک مادون با طول موج ۲۵۰۰-۱۱۰۰ نانومتر به مواد آلی گندم و ثبت انرژی جذب شده، از روی میزان تفاوت انرژی جذب شده در مواد آلی گوناگون می‌توان میزان و کیفیت آنها را مشخص نمود. برای به‌دست آوردن درصد پروتئین و رطوبت موجود در دانه، مقداری از گندم به‌دست آمده از هر لیسیمتر در داخل ظرف نمونه دستگاه قرار داده شده و براساس طرز کار آن و تابش امواج، مقدار این پارامترها اندازه‌گیری می‌شد. پس از استخراج کامل داده‌های اندازه‌گیری شده قبل از تجزیه و تحلیل آماری ابتدا داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab مورد تست نرمالیته قرار گرفته و در صورت نیاز در موارد معدود نرمال شدند. سپس برای آنالیز آماری و مقایسه میانگین نتایج با استفاده از نرم‌افزار MSTATC به‌دست آمد. باتوجه به تفاوت شرایط آب و هوایی و اقلیمی در دو سال متوالی تکرار آزمایشات، تجزیه و تحلیل آماری صرفاً در هر سال جداگانه صورت گرفته و از روش تجزیه مرکب استفاده نشده است. هدف از بررسی آماری، اثر تیمارهای آبیاری تکمیلی و ارقام سه‌گانه در هر سال می‌باشد.

نتایج و بحث

کل آب مصرفی، مشارکت و مصرف روزانه آبیاری تکمیلی

مجموع مقدار آب مصرفی گیاه در طول دوره اعمال تیمار شامل آب ذخیره شده در خاک، بارندگی و آبیاری تکمیلی می‌باشد (جدول ۵). طبق نتایج موجود، برای دو سال ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ به ترتیب ۳۳۰ و ۳۲۷ میلی‌متر بارندگی در مدت رشد گیاه (اول آذرماه تا نیمه اول تیرماه) رخ داده است و از طرف دیگر، در این مدت کل نیاز تبخیر و تعرق گیاه به ترتیب ۳۲۰ و ۳۱۷ میلی‌متر بوده است. برای تیمار شاهد آبیاری کامل نیز (در سال ۹۰-۱۳۸۹)، آبیاری براساس دور آبیاری و نیاز تبخیر و تعرق، انجام شد که مقدار آن برای هر سه رقم ۲۱۰ میلی‌متر بوده است. مقادیر آبیاری تکمیلی، مشارکت و مصرف روزانه برای ارقام 'W33g'، 'کراس البرز' و 'بهار' تحت تیمار آبیاری یکسان برابر می‌باشد، به‌طوری‌که برای تیمارهای بهره‌مند از تک‌آبیاری گلدهی و یا دانه‌دهی و دو آبیاری گلدهی و دانه‌دهی در سال اول به ترتیب ۹۵،

۱۰۵، ۱۲۵ میلی‌متر و در سال دوم نیز به ترتیب ۸۵، ۹۵ و ۱۱۵ میلی‌متر آبیاری تکمیلی اعمال شده است (جدول ۵). علت این اختلاف ۱۰ تا ۱۵ میلی‌متری در مقدار آبیاری تکمیلی، وجود بارندگی بیشتر در سال دوم و خصوصاً فروردین و اردیبهشت (در دوره به گل رفتن و دانه بستن گیاه) بوده است. درصد مشارکت آبیاری تکمیلی (نسبت به کل آب مصرفی گیاه) برای تیمارهای تک آبیاری گلدهی و یا دانه‌دهی و دو آبیاری گلدهی و دانه‌دهی به ترتیب ۲۲/۴، ۲۴/۲ و ۲۷/۵ درصد در سال ۸۹-۱۳۸۸ و به ترتیب ۲۰/۷، ۲۲/۵ و ۲۶/۱ درصد برای سال ۹۰-۱۳۸۹ بوده است. به عبارت دیگر، به‌طور متوسط در دو سال بیشترین مشارکت آبیاری تکمیلی قریب ۲۶/۷ درصد می‌باشد که در قیاس با تیمار آبیاری کامل با ۲۱۰ میلی‌متر آبیاری تکمیلی و با مشارکت آبیاری کامل ۳۹/۱ درصد قابل توجه است. میزان مشارکت روزانه آبیاری تکمیلی نیز برای مدت رشد گیاه محاسبه گردیده است. متوسط آن در دو سال تکرار آزمایشات برای تیمارهای آبیاری گلدهی، دانه‌دهی و دو آبیاری هم‌زمان به ترتیب ۰/۴۵، ۰/۵۰ و ۰/۶۰ میلی‌متر در روز بوده است. باتوجه به وجود تیمار بدون آبیاری تکمیلی در این تیمار، هیچ‌گونه آبیاری سطحی تکمیلی اعمال نشده و به عبارت دیگر، تحت تنش خشکی کامل قرار داشته است.

جدول ۵ - جدول مقایسه میانگین مجموع مصرف و مشارکت آبیاری تکمیلی در دو سال تکرار آزمایشات

شاخص تیمار	زمان آبیاری تکمیلی	رقم گندم	کل نیاز تبخیر و تعرق (mm)		مجموع بارندگی و رطوبت خاک (mm)		کل آبیاری تکمیلی (mm)		مشارکت آبیاری تکمیلی (٪)		مشارکت آبیاری تکمیلی (mm/day)	
			۸۸-۸۹	۸۹-۹۰	۸۸-۸۹	۸۹-۹۰	۸۸-۸۹	۸۹-۹۰	۸۸-۸۹	۸۹-۹۰	۸۸-۸۹	۸۹-۹۰
T-1-1	گلدهی	W33g					۹۵^{c†}	۸۵^{c}	۲۲/۴^{c}	۲۰/۷^{c}	۰/۴۸^{c}	۰/۴۲^{c}
T-1-2	گلدهی	کراس البرز					۹۵^{c}	۸۵^{c}	۲۲/۴^{c}	۲۰/۷^{c}	۰/۴۸^{c}	۰/۴۲^{c}
T-1-3	گلدهی	بهار					۹۵^{c}	۸۵^{c}	۲۲/۴^{c}	۲۰/۷^{c}	۰/۴۸^{c}	۰/۴۲^{c}
T-2-1	دانه‌دهی	W33g					۱۰۵^{b}	۹۵^{b}	۲۴/۲^{b}	۲۲/۵^{b}	۰/۵۳^{b}	۰/۴۷^{b}
T-2-2	دانه‌دهی	کراس البرز	۳۲۰	۳۱۶	۳۳۰	۳۲۷	۱۰۵^{b}	۹۵^{b}	۲۴/۲^{b}	۲۲/۵^{b}	۰/۵۳^{b}	۰/۴۷^{b}
T-2-3	دانه‌دهی	بهار					۱۰۵^{b}	۹۵^{b}	۲۴/۲^{b}	۲۲/۵^{b}	۰/۵۳^{b}	۰/۴۷^{b}
T-3-1	گلدهی و دانه‌دهی	W33g					۱۲۵^{a}	۱۱۵^{a}	۲۷/۵^{a}	۲۶/۱^{a}	۰/۶۳^{a}	۰/۵۷^{a}
T-3-2	گلدهی و دانه‌دهی	کراس البرز					۱۲۵^{a}	۱۱۵^{a}	۲۷/۵^{a}	۲۶/۱^{a}	۰/۶۳^{a}	۰/۵۷^{a}
T-3-3	گلدهی و دانه‌دهی	بهار					۱۲۵^{a}	۱۱۵^{a}	۲۷/۵^{a}	۲۶/۱^{a}	۰/۶۳^{a}	۰/۵۷^{a}
T-4-1	بدون آبیاری	W33g					–	–	–	–	–	–
T-4-2	بدون آبیاری	کراس البرز					–	–	–	–	–	–
T-4-3	بدون آبیاری	بهار					–	–	–	–	–	–
C-1	تیمار شاهد	W33g					–	۲۱۰	–	۳۹/۱	–	۱/۰۴
C-2	آبیاری کامل	کراس البرز	–	۳۱۶	–	۳۲۷	–	۲۱۰	–	۳۹/۱	–	۱/۰۴
C-3	(در سال دوم)	بهار					–	۲۱۰	–	۳۹/۱	–	۱/۰۴

† - حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد (آزمون دانکن)

کارایی مصرف آب

براساس نتایج، وضعیت کارایی مصرف آب و عملکرد محصول به خوبی قابل مشاهده است (جدول ۶). به‌طور متوسط عملکرد دانه محصول با افزایش مقدار و دفعات آبیاری تکمیلی

بیشتر شده است، به‌طوری‌که برای سال‌های اول و دوم بیشترین عملکرد دانه محصول گندم از آن رقم 'کراس البرز' و مربوط به تیمار دو آبیاری هم‌زمان گلدهی و دانه‌دهی به ترتیب ۴۶۸۱ و ۴۸۰۴ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد مربوط به تیمار بدون آبیاری، به ترتیب ۲۳۸۴ (رقم 'بهار') و ۲۷۶۶ کیلوگرم در هکتار (رقم 'W33g') به‌دست آمده است. در مقایسه، ارقام نظیر تیمارهای آبیاری تکمیلی با حالت آبیاری کامل (تیمار شاهد)، عملکرد دانه حدود دو تا ۲/۵ برابر کمتر شده است.

جدول ۶ - مقایسه میانگین شاخص‌های کارایی مصرف آب در دو سال زراعی تکرار آزمایشات

سال	شاخص تیمار	زمان آبیاری تکمیلی	رقم گندم	عملکرد دانه (Kg/ha)	کارایی مصرف آب (Kg/m^3)	عملکرد پروتئین (Kg/ha)	کارایی بارندگی (Kg/m^3)	کارایی ظاهری مصرف آب (Kg/m^3)	پروتئین دانه (٪)
۱۳۸۸-۸۹	T-1-1	گلدهی	W33g	۳۶۹۵ b	۳/۸۹ ab	۷۱۰ b	۱/۱۲ bc	۱/۲۹ b	۱۹/۲ abc
	T-1-2	گلدهی	کراس البرز	۳۸۱۹ ab	۴/۰۲ a	۷۴۰ b	۱/۱۶ b	۱/۱۲ c	۱۹/۴ abc
	T-1-3	گلدهی	بهار	۳۵۸۳ b	۳/۷۷ b	۷۱۱ bc	۱/۰۹ c	۱/۲۶ ab	۱۹/۸ abc
	T-2-1	دانه‌دهی	W33g	۳۷۲۱ b	۳/۶۴ ab	۷۱۷ ab	۱/۱۶ b	۱/۲۹ b	۱۸/۸ bc
	T-2-2	دانه‌دهی	کراس البرز	۴۰۱۸ ab	۳/۸۳ a	۸۱۵ ab	۱/۲۲ ab	۱/۲۰ bc	۲۰/۳ abc
	T-2-3	دانه‌دهی	بهار	۳۸۲۷ ab	۳/۶۵ b	۷۷۱ b	۱/۱۸ b	۱/۳۷ ab	۲۰/۲ abc
	T-3-1	گلدهی و دانه‌دهی	W33g	۴۱۸۹ ab	۳/۳۵ bc	۸۷۴ ab	۱/۲۷ ab	۱/۳۸ ab	۲۰/۹ a
	T-3-2	گلدهی و دانه‌دهی	کراس البرز	۴۶۸۱ a	۳/۷۴ b	۹۶۲ a	۱/۴۲ a	۱/۵۴ a	۲۰/۶ ab
	T-3-3	گلدهی و دانه‌دهی	بهار	۴۱۰۳ ab	۳/۲۸ c	۸۳۴ ab	۱/۲۴ ab	۱/۳۸ ab	۲۰/۳ abc
	T-4-1	بدون آبیاری	W33g	۲۴۶۷ c	–	۴۸۰ c	۰/۷۵	–	۱۹/۵ abc
	T-4-2	بدون آبیاری	کراس البرز	۲۷۵۶ bc	–	۵۳۲ bc	۰/۸۳	–	۱۹/۳ abc
	T-4-3	بدون آبیاری	بهار	۲۳۸۴ c	–	۴۴۳ c	۰/۷۲	–	۱۸/۶ c
۱۳۸۹-۹۰	T-1-1	گلدهی	W33g	۳۷۵۲ b	۴/۴۱ a	۷۶۸ b	۱/۱۵ b	۱/۱۶ bc	۲۰/۵ ab
	T-1-2	گلدهی	کراس البرز	۳۹۶۷ b	۴/۶۷ a	۷۸۱ b	۱/۲۱ b	۱/۱۲ c	۱۹/۷ bc
	T-1-3	گلدهی	بهار	۳۷۷۹ b	۴/۴۵ a	۷۸۴ b	۱/۱۶ b	۱/۱۵ bc	۲۰/۷ ab
	T-2-1	دانه‌دهی	W33g	۳۹۶۵ ab	۴/۱۷ b	۷۳۹ bc	۱/۲۱ bc	۱/۲۶ b	۱۸/۶ c
	T-2-2	دانه‌دهی	کراس البرز	۴۱۵۹ ab	۴/۳۸ ab	۸۵۴ ab	۱/۲۷ a	۱/۲۰ b	۲۰/۵ ab
	T-2-3	دانه‌دهی	بهار	۳۷۷۷ b	۳/۹۸ bc	۷۹۲ ab	۱/۱۶ bc	۱/۰۲ c	۲۱/۰ ab
	T-3-1	گلدهی و دانه‌دهی	W33g	۴۴۱۴ a	۳/۸۴ bc	۹۴۶ a	۱/۳۵ c	۱/۴۳ ab	۲۱/۴ a
	T-3-2	گلدهی و دانه‌دهی	کراس البرز	۴۸۰۴ a	۴/۱۸ b	۱۰۱۰ a	۱/۴۷ bc	۱/۵۵ a	۲۱/۱ ab
	T-3-3	گلدهی و دانه‌دهی	بهار	۴۲۹۲ ab	۳/۷۳ c	۸۶۲ ab	۱/۳۱ c	۱/۲۹ b	۲۰/۱ ab
	T-4-1	بدون آبیاری	W33g	۲۷۶۶ c	–	۴۸۰ c	۰/۸۵	–	۱۷/۴ ab
	T-4-2	بدون آبیاری	کراس البرز	۳۰۱۹ bc	–	۶۰۲ bc	۰/۹۲	–	۱۹/۹ ab
	T-4-3	بدون آبیاری	بهار	۲۸۰۴ c	–	۵۱۹ bc	۰/۸۶	–	۱۸/۵ bc
	C-1	تیمار شاهد (آبیاری کامل)	W33g	۹۵۶۱	۳/۰۶	۲۱۲۲	۰/۶۸	–	۲۲/۲
	C-2		کراس البرز	۱۰۷۵۲	۳/۴۵	۲۳۸۶	۰/۷۶	–	۲۲/۲
	C-3		بهار	۸۴۰۱	۲/۶۹	۱۵۷۱	۰/۵۰	–	۱۸/۷

† - حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد (آزمون دانکن)

در مقایسه ارقام نظیر در سال اول تکرار آزمایشات (۸۹–۱۳۸۸) و در حالت تک‌آبیاری زمان گلدهی برای ارقام 'W33g'، 'کراس البرز' و 'بهار' به ترتیب ۶۱/۴، ۶۴/۵ و ۵۷/۴ درصد، در حالت تک‌آبیاری زمان دانه‌دهی به‌ترتیب ۶۰/۱، ۶۲/۶ و ۵۴/۴ درصد، نسبت به حالت دو آبیاری گلدهی و دانه‌دهی نیز برای ارقام سه‌گانه به‌ترتیب ۵۶/۲، ۵۶/۵ و ۵۱/۲ درصد و نهایتاً در قیاس با تیمارهای بدون آبیاری نیز به‌ترتیب ۷۴/۲، ۷۴/۴ و ۷۱/۶ درصد، در میزان عملکرد دانه گندم به‌وجود آمده است. برای سال دوم (۹۰–۱۳۸۸) نیز، درنتیجه مقایسه نظیر ارقام سه‌گانه 'W33g'، 'کراس البرز' و 'بهار' تیمارهای آبیاری تکمیلی با آبیاری کامل، در حالت تک آبیاری زمان گلدهی به ترتیب ۶۰/۸، ۶۳/۱ و ۵۵/۱ درصد، در حالت تک‌آبیاری زمان دانه‌دهی به‌ترتیب ۵۸/۲، ۶۱/۳ و ۵۵/۱ درصد، نسبت به حالت دو آبیاری گلدهی و دانه‌دهی نیز برای ارقام سه‌گانه به‌ترتیب ۵۳/۸، ۶۰/۱ و ۴۲/۸ درصد و در قیاس با تیمارهای بدون آبیاری نیز به‌ترتیب برای ارقام 'W33g'، 'کراس البرز' و 'بهار' ۷۱/۱، ۷۱/۹ و ۶۶/۶ درصد، کاهش عملکرد دانه مشاهده شده است. در آزمایشی که بررسی اثر آبیاری تکمیلی در مراحل مختلف رشد پرداخته است، رقم 'سبلان' با متوسط ۲۲۱۴ کیلوگرم در هکتار در تیمارهای مختلف آبی دارای بیشترین عملکرد و رقم 'سرداری' با متوسط ۱۵۰۲ کیلوگرم در هکتار دارای حداقل عملکرد بود و انجام یک آبیاری در مرحله شیری شدن دانه در رقم سبلان سبب ۵۴ درصد افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد. اختلاف عملکرد شاهد 'واینیا' با تیمار آبیاری در مرحله ساقه رفتن همان رقم ۱۴۳۶/۲ کیلوگرم در هکتار بوده است، درحالی‌که این مقدار برای رقم 'خزر' یک ۱۶۳۱/۳ کیلوگرم در هکتار بوده است (۶).

براساس نتایج، تفاوت محسوس معنی‌داری بین تیمارهای طرح از نظر عملکرد پروتئین مشاهده می‌شود و تنوع بیشتری نسبت به عملکرد دانه در سطح یک درصد وجود دارد (جدول ۶). همچنین به‌طور متوسط تیمارهای بهره‌مند از دو آبیاری تکمیلی دارای عملکرد پروتئین بیشتری بوده‌اند، به‌طوری‌که در هر دو سال ۸۹–۱۳۸۸ و ۹۰–۱۳۸۹، بیشترین عملکرد پروتئین مربوط به تیمار آبیاری تکمیلی هم‌زمان گلدهی و دانه‌دهی و رقم 'کراس البرز' به ترتیب ۹۶۲ و ۱۰۱۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمده است. باید اضافه نمود که از نظر عملکرد دانه و پروتئین در سطح احتمال یک درصد بین تیمارهای آبیاری اختلاف معنی‌دار وجود دارد اما میان ارقام سه‌گانه تحت تیمار آبیاری یکسان تفاوت آماری قابل ذکری وجود ندارد. از نظر درصد پروتئین موجود در دانه، در هر دو سال در سطح یک درصد از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار وجود دارد. در حالت عادی و به دور از تنش درصد پروتئین دانه گندم حدود ۱۰ تا ۱۲ درصد گزارش شده است، اما در این تحقیق درصد پروتئین دانه بسیار بیشتر از این مقدار است. دلیل این عدم هم‌خوانی را باید در تأثیر وجود تنش‌های محیطی و آبی ناشی از شرایط اعمال شده آزمایش دانست.

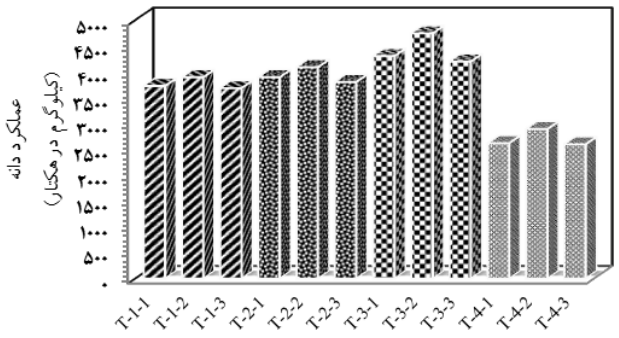
باتوجه به مقادیر به‌دست آمده، برای کارایی مصرف آب (براساس عملکرد دانه) بین تیمارهای آبیاری در سطح احتمال یک درصد اختلاف آماری وجود دارد اما ارقام سه‌گانه تحت تیمار آبیاری یکسان فاقد تفاوت آماری بوده‌اند. در هر دو سال تیمارهای بهره‌مند از تک‌آبیاری دارای بیشترین کارایی مصرف آب بوده‌اند. از طرف دیگر، رقم 'کراس البرز' در هر دو سال نسبت به دو رقم دیگر تحت تیمار آبیاری یکسان، بالاترین کارایی مصرف آب را به خود اختصاص داده است. بیشترین میزان کارایی مصرف آب (براساس عملکرد دانه) برای سال اول و دوم به ترتیب ۴/۰۲ و ۴/۶۷ کیلوگرم در مترمکعب و از آن تیمار تک آبیاری و رقم 'کراس البرز' و کمترین آن مربوط به تیمار دو آبیاری تکمیلی هم‌زمان گلدهی و دانه‌دهی و به ترتیب ۳/۲۸ و ۳/۷۳ کیلوگرم در مترمکعب (هر دو برای رقم 'بهار') به‌دست آمده است. نتایج تحقیقات انجام شده حاکی است که با اعمال آبیاری تکمیلی متوسط کارایی مصرف آب ۲۲/۱ کیلوگرم به ازای هر میلی‌متر آب مصرفی بوده، اما با اعمال آبیاری کامل و مصرف ۸۰۰ میلی‌متر آب و مدیریت خوب زراعی، عملکرد دانه گندم به شش تن در هکتار افزایش یافت، در عوض مقدار کارایی مصرف آب ۷/۵ کیلوگرم به ازای هر میلی‌متر آب مصرفی یعنی یک سوم آنچه که در آبیاری تکمیلی و با مدیریت مشابه به‌دست آمد (۲۱). در قیاس بین تیمارهای بهره‌مند از تک‌آبیاری و تیمار بهره‌مند از دو آبیاری تکمیلی می‌توان گفت درمقایسه بین اعمال تک‌آبیاری گلدهی و دو آبیاری برای ارقام 'W33g'، 'کراس البرز' و 'بهار' به ترتیب ۱۳/۹، ۶/۸ و ۱۲/۹ درصد در سال اول و ۱۳/۱، ۱۰/۵ و ۱۶/۱ درصد در سال دوم، شاخص کارایی مصرف آب افزایش یافته است. نسبت به حالت تک آبیاری دانه‌دهی نیز در سال ۸۹–۱۳۸۸ برای ارقام سه‌گانه فوق‌الذکر به ترتیب ۷/۹، ۲/۱ و ۱۰/۰ درصد و در سال ۹۰–۱۳۸۹ نیز به ترتیب ۸/۱، ۴/۶ و ۶/۱ درصد در مقدار کارایی

مصرف آب افزایش مشاهده می‌شود.

براساس درنظر گرفتن مقدار بارندگی (۳۳۰ میلی‌متر در سال اول و ۳۲۷ میلی‌متر در سال دوم) در مدت رشد گیاه و عملکرد دانه، شاخص کارایی بارندگی نیز محاسبه و در جدول (۶) آمده است. در سال اول متوسط مقدار این شاخص برای تیمارهای بهره‌مند از ۹۵، ۱۰۵ و ۱۲۵ میلی‌متر و بدون آبیاری تکمیلی به ترتیب ۱/۱۲، ۱/۱۸، ۱/۳۱ و ۰/۷۷ کیلوگرم در مترمکعب و در سال دوم نیز برای تیمارهای ۸۵، ۹۵ و ۱۱۵ میلی‌متر و بدون آبیاری به ترتیب ۱/۱۷، ۱/۲۱، ۱/۳۸ و ۰/۸۸ کیلوگرم در مترمکعب متغیر بود. در هر دو سال بیشینه مقدار این شاخص برای رقم 'کراس البرز' و تیمار دو آبیاری می‌باشد. براساس نتایج تحقیقات مشابهی که در سه نقطه از جنوب سوریه انجام شده است، عملکرد محصول گندم در مناطق با بارندگی کم (۲۳۴ میلی‌متر)، متوسط (۳۱۶ میلی‌متر) و زیاد (۵۰۴ میلی‌متر) که مقدار آب مکمل آبیاری نیز به ترتیب ۲۱۲، ۱۵۰ و ۷۵ میلی‌متر بود، در قیاس با حالت بدون آبیاری به ترتیب ۳۵۰، ۱۴۰ و ۳۰ درصد افزایش یافته است که در مناطق مذکور کارایی بارندگی به ترتیب ۰/۳۲، ۰/۷۳ و ۰/۹۹ کیلوگرم در مترمکعب بود و آبیاری تکمیلی توانسته است تا کارایی آبیاری را به ترتیب تا ۱/۴۶، ۲/۲۰ و ۱/۹۲ کیلوگرم در متر افزایش دهد (۱۸).

در مقایسه نظیر ارقام سه‌گانه میان تیمارهای آبیاری، در دو سال تکرار، ارقام بهره‌مند از دوآبیاری، دارای بیشترین و ارقام بهره‌مند از تک‌آبیاری زمان گلدهی کمترین کارایی ظاهری مصرف آب بوده‌اند که بیشترین آن در سال اول و دوم به ترتیب ۱/۵۴ و ۱/۵۵ کیلوگرم در مترمکعب (هر دو برای رقم 'کراس البرز') و کمترین مقدار آن ۱/۱۲ و ۱/۰۲ کیلوگرم در مترمکعب بوده است (جدول ۶). براساس نتایج، رقم 'بهار' رقمی حساس به تنش خشکی بوده و نسبت به تیمارهای مختلف آبیاری تکمیلی واکنش مثبت مناسبی نشان نداده است. ضمناً متوسط عملکرد دانه محصول گندم تحت تیمارهای آزمایش برای هر سه رقم گندم در دو سال تکرار در شکل (۱)، نشان داده شده است.

براساس نتایج، به وضوح مشخص است که در کل، رقم 'کراس البرز' (که در اصل رقمی دیم بوده و به آبیاری تکمیلی واکنش مثبت نشان می‌دهد) نسبت به دو رقم آبی 'W33g' و 'بهار'، دارای متوسط عملکرد دانه بالاتری بوده است (شکل ۲). به عبارتی مطابق این نمودار مقایسه‌ای، متوسط عملکرد دوساله رقم 'کراس البرز' در حالت تک‌آبیاری زمان گلدهی ۳۸۹۳، در حالت تک‌آبیاری زمان دانه‌دهی ۴۰۸۸، در حالت دوآبیاری زمان گلدهی و دانه‌دهی ۴۷۴۳ و در حالت بدون اعمال آبیاری ۲۸۸۸ کیلوگرم در هکتار بوده است. به عبارت دیگر، اعمال دوآبیاری بیشتر باعث افزایشی قریب ۱۸۵۵ کیلوگرم در هکتار در عملکرد رقم 'کراس البرز' شده است. در سال ۱۹۸۷ گزارش شده است که به‌کارگیری آبیاری تکمیلی در سه مرحله در قبرس، متوسط تولید دانه گندم را از ۴۰۰ تا ۵۴۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش داده است (۱۷).

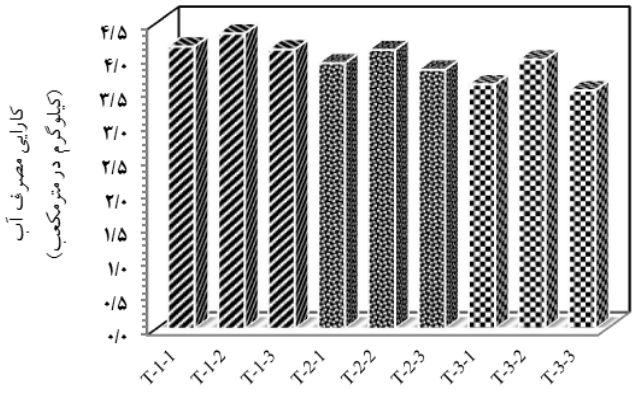


شکل ۱ - متوسط عملکرد دانه محصول گندم در دو سال تکرار

از طرف دیگر، در مقایسه نظیر متوسط نتایج دوساله عملکرد دانه ارقام مختلف تحت تیمارهای بهره‌مند از آبیاری تکمیلی با حالت بدون آبیاری (دیم کامل) برای ارقام 'W33g'، 'کراس البرز' و 'بهار' به ترتیب ۲۹/۸، ۲۵/۹ و ۲۹/۶ درصد در حالت تک‌آبیاری

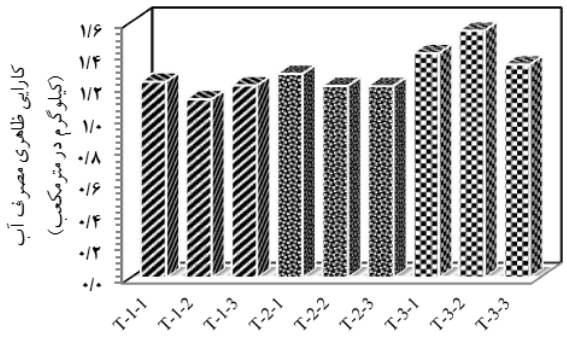
زمان گلدهی ۳۲/۸، ۲۹/۴ و ۳۱/۷ در حالت تک‌آبیاری زمان دانه‌دهی و به ترتیب ۳۹/۲، ۳۵/۴ و ۴۱/۸ درصد نسبت به حالت اعمال دو آبیاری گلدهی و دانه‌دهی، افزایش عملکرد دانه درنتیجه اعمال آبیاری تکمیلی به‌وجود آمده است. نتایج تحقیقات انجام شده در سوریه، عملکرد محصول گندم در سه نقطه با بارندگی کم، متوسط و زیاد که مقدار آب مکمل آبیاری نیز به ترتیب ۲۱۲، ۱۵۰ و ۷۵ میلی‌متر بود، در قیاس با حالت بدون آبیاری به ترتیب ۳۵۰، ۱۴۰ و ۳۰ درصد افزایش گزارش شده است (۱۸).

متوسط دوساله کارایی مصرف آب (براساس عملکرد دانه)، در شکل (۲) نشان داده شده است. متوسط مقدار شاخص کارایی مصرف آب به‌طور متوسط برای ارقام 'W33g'، 'کراس البرز' و 'بهار'، در حالت اعمال تک‌آبیاری گلدهی به ترتیب ۴/۱۵، ۴/۳۴ و ۴/۱۱ کیلوگرم در مترمکعب، در حالت تک‌آبیاری دانه‌دهی به ترتیب ۳/۹۱، ۴/۱۰ و ۳/۸۱ کیلوگرم در مترمکعب و برای حالت دوآبیاری به ترتیب ۳/۵۹، ۳/۹۶ و ۳/۵۱ کیلوگرم در مترمکعب به‌دست آمده است. طبق نتایج، در هر دو سال رقم 'کراس البرز' نسبت به دو رقم دیگر تحت تیمار آبیاری تکمیلی یکسان، بیشترین کارایی مصرف آب را داشتند. درمجموع مقایسه ارقام مشابه در حالات مختلف آبیاری تکمیلی، بیشترین کارایی مصرف آب متعلق به تیمارهای تحت تک آبیاری زمان گلدهی است.



شکل ۲ - متوسط کارایی مصرف آب براساس عملکرد دانه در دو سال تکرار

شکل (۳) متوسط شاخص کارایی ظاهری مصرف آب به‌دست آمده طی دو سال تکرار آزمایشات را نشان می‌دهد. این شاخص که بیان‌کننده نسبت افزایش عملکرد دانه در حالت اعمال آبیاری به حالت دیم کامل است. به طور متوسط بیشترین مقدار این شاخص برای دو سال (۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹)، در حالت تک‌آبیاری گلدهی، دانه‌دهی و دو آبیاری گلدهی و دانه‌دهی به ترتیب ۱/۲۳، ۱/۲۸ و ۱/۵۵ کیلوگرم در مترمکعب به‌دست آمده است.



شکل ۳ - متوسط کارایی ظاهری مصرف آب براساس عملکرد دانه در دو سال تکرار

مقایسه میانگین صفات عملکرد و اجزای عملکرد محصول گندم

متوسط عملکرد اجزای محصول گندم که توسط آزمون دانکن در سطح یک درصد آنالیز شده در جدول (۷) برای سال ۸۹-۱۳۸۸ و در جدول (۸) برای سال ۹۰-۱۳۸۹ ارائه شده است. براساس نتیجه تحلیل آماری درصد رطوبت دانه در سطح یک درصد برای سال اول این شاخص نسبتاً از تنوع کمتری برخوردار بوده و تفاوت معنی‌داری نداشته است، درحالی‌که در سال دوم تنوع بیشتر و اختلافات معنی‌داری وجود دارد. برای سال دوم، تقریباً بین تیمارهای برخوردار از یک و دو آبیاری تکمیلی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشده است اما بین تیمارهای دارای آبیاری تکمیلی و تیمارهای بدون آبیاری تفاوت معنی‌دار وجود دارد.

جدول ۷ - مقایسه میانگین صفات عملکرد و اجزای عملکرد محصول گندم در سال ۸۹-۱۳۸۸

شاخص	رقم	زمان	رطوبت دانه	طول بوته	قطر ساقه	وزن دانه	وزن هزار	طول سنبله	وزن سنبله	طول ریشه	روز تا	کل وزن
تیمار	گندم	آبیاری تکمیلی	(٪)	(cm)	(mm)	در گیاه	دانه (gr)	(cm)	(gr)	(cm)	رسیدگی	خشک (gr)
T-1-1	W33g	گلدهی	۹/۹۲ a	۴۹/۸ abc	۲/۰۹ a	۰/۳۴ a	۲۸/۷ a	۷/۹۹ a	۱/۰۵ a	۳۴/۳ a	۲۱۵ bcde	۶۸/۳ ab
T-1-2	کراس البرز	گلدهی	۱۰/۲ a	۵۵/۳ abc	۲/۲۱ a	۰/۳۱ a	۲۵/۹ ab	۸/۲۹ a	۱/۲۳ a	۳۰/۰ a	۲۱۶ abcd	۹۵/۶ a
T-1-3	بهار	گلدهی	۱۰/۲ a	۴۴/۸ c	۲/۳۸ a	۰/۲۴ a	۲۰/۴ cd	۸/۴۴ a	۱/۱۸ a	۳۱/۴ a	۲۱۴ cde	۸۱/۵ ab
T-2-1	W33g	دانه‌دهی	۱۰/۳ a	۴۶/۳ bc	۲/۲۶ a	۰/۲۶ a	۲۸/۸ a	۸/۲۰ a	۱/۱۳ a	۳۲/۸ a	۲۱۳ de	۶۲/۳ ab
T-2-2	کراس البرز	دانه‌دهی	۱۱/۱ a	۴۹/۷ abc	۲/۳۳ a	۰/۳۹ a	۲۶/۸ abc	۸/۱۶ a	۱/۲۳ a	۲۹/۶ a	۲۱۶ abcd	۶۹/۰ ab
T-2-3	بهار	دانه‌دهی	۱۱/۱ a	۴۵/۶ bc	۲/۲۱ a	۰/۲۹ a	۲۲/۲ bcd	۸/۹۴ a	۱/۴۴ a	۳۰/۹ a	۲۱۱۱ ef	۵۲/۰ b
T-3-1	W33g	گلدهی و دانه‌دهی	۱۱/۲ a	۵۹/۱ abc	۲/۳۲ a	۰/۳۳ a	۲۹/۷ a	۸/۷۰ a	۱/۱۶ a	۳۴/۱ a	۲۱۸ abc	۸۱/۷ ab
T-3-2	کراس البرز	گلدهی و دانه‌دهی	۱۰/۸ a	۶۱/۲ ab	۲/۴۰ a	۰/۳۴ a	۲۵/۴ abcd	۸/۳۵ a	۱/۴۸ a	۳۵/۸ a	۲۲۰ a	۸۷/۳ ab
T-3-3	بهار	گلدهی و دانه‌دهی	۱۱/۱ a	۴۷/۷ abc	۲/۲۶ a	۰/۳۲ a	۲۸/۰ ab	۹/۲۹ a	۱/۳۴ a	۴۴/۶ a	۲۱۹ ab	۷۸/۰ ab
T-4-1	W33g	دیم کامل	۱۰/۱ a	۵۹/۳ abc	۲/۱۳ a	۰/۲۵ a	۲۰/۵ cd	۸/۴۱ a	۱/۱۱ a	۳۱/۱ a	۲۰۷ g	۷۲/۶ ab
T-4-2	کراس البرز	دیم کامل	۹/۹۸ a	۶۲/۳ a	۲/۴۲ a	۰/۲۶ a	۲۲/۰ bcd	۸/۸۱ a	۱/۳۵ a	۳۰/۲ a	۲۰۶ g	۸۸/۹ ab
T-4-3	بهار	دیم کامل	۱۰/۳ a	۴۶/۳ bc	۲/۲۱ a	۰/۲۴ a	۱۹/۰ d	۹/۸۲ a	۱/۱۸ a	۳۵/۸ a	۲۰۸ fg	۶۹/۹ ab

† - **حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد (آزمون دانکن)**

برای شاخص طول بوته بین تیمارهای مختلف آبیاری تکمیلی در هر دو سال اختلاف معنی‌دار وجود دارد. در هر دو سال، بیشترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار بدون آبیاری تکمیلی و برای رقم 'کراس البرز' بوده است که در سال اول و دوم به ترتیب ۶۲/۳ و ۶۱/۳ سانتی‌متر کمترین آن مربوط به تیمار بهره‌مند از تک آبیاری زمان گلدهی و برای رقم 'بهار' به ترتیب ۴۴/۸ و ۴۴/۸ سانتی‌متر برای سال اول و دوم به‌دست آمده است. باتوجه به نتایج حاصل در هر دو سال تکرار طرح و برای هر چهار تیمار در بین ارقام مختلف، رقم 'بهار' دارای کمترین و رقم 'کراس البرز' حائز بیشترین ارتفاع بوته می‌باشند. قطر ساقه از معدود پارامترهایی است که در سطح احتمالی یک درصد اختلاف معنی‌دار و قابل توجهی نداشته است. به عبارت دیگر، می‌توان گفت قطر ساقه تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری تکمیلی عکس‌العمل خاصی بروز نداده است. لازم به ذکر است که با مقایسه نتایج تیمارهای این طرح با تیمارهای شاهد می‌توان گفت که در همه موارد قطر ساقه تیمارهای آبیاری از تیمار شاهد کمتر بوده‌اند. وزن دانه در بوته برای تیمارهای آبیاری تکمیلی و ارقام مختلف در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری نشان نداده است اما تیمار بدون آبیاری تکمیلی به طور متوسط در هر دو سال دارای کمترین و از طرف دیگر تیمار گلدهی - دانه‌دهی دارای بیشترین مقدار وزن دانه در بوته هستند. مقادیر این پارامتر در تمامی تیمارهای طرح نسبت به تیمار شاهد کمتر بوده‌اند. در سال اول، بیشترین و کمترین مقدار وزن دانه در بوته ۳۹ و ۲۴ و در سال دوم ۳۴ و ۲۳ درصد به‌دست آمده است.

جدول ۸ – مقایسه میانگین صفات عملکرد و اجزای عملکرد محصول گندم در سال ۹۰-۱۳۸۹

شاخص تیمار	رقم گندم	زمان آبیاری تکمیلی	رطوبت دانه (٪)	طول بوته (cm)	قطر ساقه (mm)	وزن دانه در گیاه	وزن هزاردانه (gr)	طول سنبله (cm)	وزن سنبله (gr)	طول ریشه (cm)	روز تا رسیدگی	کل وزن خشک (gr)
T-1-1	W33g	گلدهی	۱۱/۱ ab	۴۹/۸ ab	۲/۵۵ a	۰/۳۲ a	۲۷/۱ ab	۷/۸۷ a	۱/۲۰ a	۳۳/۵ a	۲۱۶ ab	۹۶/۱ a
T-1-2	کراس البرز	گلدهی	۱۰/۹ abc	۵۶/۴ ab	۳/۱۷ a	۰/۲۳ a	۲۵/۳ abcd	۸/۲۲ a	۱/۳۴ a	۳۰/۵ a	۲۱۷ a	۱۲۸ a
T-1-3	بهار	گلدهی	۱۱/۱ ab	۴۴/۸ b	۲/۵۹ a	۰/۲۴ a	۱۷/۱ d	۸/۱۱ a	۱/۱۶ a	۳۱/۵ a	۲۱۷ a	۹۰/۹ a
T-2-1	W33g	دانه‌دهی	۱۱/۲ ab	۴۵/۸ ab	۲/۴۵ a	۰/۲۳ a	۲۶/۹ ab	۷/۵۹ a	۱/۳۰ a	۳۰/۵ a	۲۱۴ ab	۸۰/۱ a
T-2-2	کراس البرز	دانه‌دهی	۱۱/۴ a	۵۰/۹ ab	۲/۹۰ a	۰/۳۱ a	۲۴/۷ abcd	۷/۴۰ a	۱/۴۰ a	۲۶/۱ a	۲۱۵ ab	۹۴/۲ a
T-2-3	بهار	دانه‌دهی	۱۰/۲ bc	۴۶/۳ ab	۲/۸۲ a	۰/۳۲ a	۱۸/۰ cd	۹/۰۷ a	۱/۱۶ a	۳۱/۹ a	۲۱۵ ab	۱۲۲ a
T-3-1	W33g	گلدهی و دانه‌دهی	۱۱/۳ ab	۵۶/۶ ab	۲/۶۹ a	۰/۲۸ a	۲۹/۹ a	۸/۲۷ a	۱/۳۱ a	۳۱/۷ a	۲۱۸ a	۹۱/۳ a
T-3-2	کراس البرز	گلدهی و دانه‌دهی	۱۱/۷ a	۵۶/۵ ab	۳/۱۸ a	۰/۳۴ a	۲۵/۸ abc	۸/۲۹ a	۱/۲۵ a	۳۰/۵ a	۲۱۹ a	۱۰۳/۱ a
T-3-3	بهار	گلدهی و دانه‌دهی	۱۰/۹ abc	۴۷/۸ ab	۲/۶۸ a	۰/۳۲ a	۲۸/۰ ab	۸/۶۳ a	۱/۳۷ a	۳۷/۵ a	۲۲۰ a	۹۰/۶ a
T-4-1	W33g	دیم کامل	۹/۸۴ c	۵۱/۳ ab	۲/۴۶ a	۰/۲۸ a	۲۴/۳ abcd	۸/۱۶ a	۱/۱۶ a	۳۰/۵ a	۲۰۵ c	۸۳/۴ a
T-4-2	کراس البرز	دیم کامل	۱۱/۰ ab	۶۱/۳ a	۳/۱۳ a	۰/۲۳ a	۲۳/۳ abcd	۸/۸۲ a	۱/۵۷ a	۳۰/۰ a	۲۰۷ c	۷۸/۶ a
T-4-3	بهار	دیم کامل	۹/۷۶ c	۴۷/۸ ab	۲/۸۲ a	۰/۲۴ a	۱۹/۶ bcd	۹/۳۹ a	۱/۴۰ a	۳۶/۲ a	۲۱۰ bc	۹۱/۳ a
C-1-1	W33g	تیمار شاهد آبیاری کامل	۱۱/۲	۷۷/۲	۳/۳۴	۰/۴۴	۴۱/۴	۱۲/۱	۲/۸۷	۶۲/۱	۲۳۳	۲۹۵
C-1-2	کراس البرز		۱۱/۳	۹۲/۵	۳/۴۲	۰/۴۰	۳۶/۳	۱۲/۳	۲/۶۴	۴۹/۱	۲۳۸	۳۴۸
C-1-3	بهار		۱۱/۸	۸۱/۶	۳/۶۰	۰/۴۷	۴۴/۳	۱۱/۷	۲/۹۶	۵۶/۹	۲۴۴	۳۶۴

† – **حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد (آزمون دانکن)**

در هر دو سال و بین تیمارهای مختلف طرح، رقم 'بهار' در اکثر موارد دارای کمترین شاخص وزن هزار دانه می‌باشد. مطابق نتایج به‌دست آمده در سطح احتمال یک درصد بین تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود دارد. نتایج نشان می‌دهد که در هر دو سال بیشترین مقادیر وزن هزار دانه مربوط به تیمار دارای هر دو مرحله آبیاری تکمیلی و رقم 'W33g' است که ۲۹/۷ گرم برای سال اول و ۲۹/۹ گرم برای سال دوم به دست آمده است (جدول ۸). همچنین کمترین مقدار این شاخص برای سال اول و دوم به ترتیب ۱۹/۱ و ۱۷/۱ گرم است.

طول و وزن سنبله محصول گندم در هر دو سال تکرار طرح هیچ اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد نشان نداده و براساس نتایج به‌دست آمده طول سنبله برای تیمارهای مختلف فاقد تنوع محسوسی است اما می‌توان اشاره کرد که به طور متوسط بیشترین طول سنبله به تیمارهای بدون آبیاری تکمیلی و آبیاری گلدهی – دانه‌دهی تعلق دارد. درمقایسه با نتایج حاصل از تیمار شاهد تفاوت چشم‌گیری بین این تیمار و تیمارهای طرح به چشم می‌خورد که می‌توان دلیل اصلی آن را وجود تنش خشکی و عدم در دسترس قرار گرفتن آب کافی برای تیمارها دانست. لازم به ذکر است که در هر دو سال اجرای طرح، بیشترین طول سنبله برای رقم بهار و حالت دیم کامل به دست آمده است. همچنین از حیث وزن سنبله، بین تیمارهای دارای تک‌آبیاری گلدهی یا دانه‌دهی، تیمار دانه‌دهی دارای متوسط وزن سنبله بیشتری بوده‌اند. تیمارهای دارای آبیاری تکمیلی هم‌زمان گلدهی و دانه‌دهی نسبت به دو تیمار دیگر وضعیت بهتری نشان می‌دهد. بیشترین و کمترین مقدار آن در سال اول به ترتیب ۱/۴۸ و ۱/۰۵ و در سال دوم به ترتیب ۱/۵۷ و ۱/۱۶ گرم است.

برای طول ریشه علی‌رغم وجود تفاوت ظاهری نسبی بین تیمارهای مختلف این طرح، اما تحلیل آماری نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد است. در یک دید کلی مشخص است که در هر دو سال، با افزایش مقدار آبیاری

تکمیلی تا حدودی طول ریشه نیز افزایش یافته است و به عبارتی ارقام مختلف در تیمار دو آبیاری تکمیلی نسبت به تیمارهای دیگر دارای عمق ریشه بیشتری هستند.

به طور نسبی با افزایش مقدار و تعداد دفعات آبیاری تکمیلی زمان رسیدگی تیمارها رو به افزایش بوده و درنتیجه تیمارهای بهره‌مند از دو آبیاری تکمیلی در مراحل گلدهی و دانه‌دهی، دارای دوره رشد بیشتر و زمان رسیدگی طولانی‌تر است (جدول‌های ۷ و ۸). به همین نسبت تیمار بدون آبیاری تکمیلی دارای کمترین طول دوره رشد و زمان رسیدگی زودتری است. بیشترین و کمترین تعداد روز تا رسیدگی بین تیمارهای مختلف در سال اول به‌ترتیب ۲۲۰ و ۲۰۶ و در سال دوم به‌ترتیب ۲۲۰ و ۲۰۵ روز بوده است.

نتیجه‌گیری

در تحقیقات مختلف در سطح دنیا، نقش آبیاری تکمیلی بر زراعت محصولات مختلف از جمله گندم بررسی گردیده است اما شناخت تأثیرپذیری محصول از آبیاری تکمیلی نسبت به زمان اعمال آن مهمترین بحث می‌باشد. باتوجه به کمبود منابع آب و میزان بارش‌های جوی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، دستیابی به ارقامی از گندم که تحت شرایط محدودیت آب و کم آبیاری تحمل بیشتری نشان داده و کاهش عملکرد کمتری داشته باشند، بسیار مهم است. از طرف دیگر، با دستیابی به چنین ارقامی و تعیین حد تحمل آنها به کم آبیاری می‌توان تا حد زیادی از اتلاف منابع آب جلوگیری نمود و در عین حال در شرایط محدودیت آب، عملکرد مناسبی به‌دست آورد. نتایج حاصل از دو سال آزمایش لیسیمتری بر روی سه رقم جدید گندم (دیم و آبی)، نشان داد که به طور متوسط به‌کارگیری ۱۲۰ میلی‌متر آبیاری در مراحل مختلف ارقام رشد گندم باعث افزایشی قریب به ۵۰ درصد در عملکرد دانه نسبت به حالت بدون آبیاری (دیم کامل) شد. ضمناً بیشترین عملکرد نیز در هر دو سال برای رقم 'کراس البرز' و در حالت دو مرحله آبیاری تکمیلی در زمان‌های گلدهی و دانه‌دهی به‌دست آمد. در مقایسه ارقام نظیر تیمارهای آبیاری تکمیلی با حالت آبیاری کامل (تیمار شاهد)، عملکرد دانه در حدود دو تا ۲/۵ برابر کمتر بود. از نظر شاخص کارایی، مصرف آب نیز تیمارهای تک آبیاری دارای بالاترین مقدار بوده و رقم دیم 'کراس البرز' در بین ارقام سه‌گانه به عنوان رقم برتر شناخته شد.

پیشنهادها

پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات بعدی، تأثیر آبیاری تکمیلی با کیفیت‌های متفاوت و همچنین اثر شوری‌های مختلف آب آبیاری بررسی گردد. همچنین می‌توان با تغییر در مقادیر آبیاری و یا ارزیابی تأثیر آبیاری در مراحل دیگر رشد گندم در شرایط مزرعه را آزمایش نموده و به نتایج جامع‌تری دست یافت.

منابع مورد استفاده

۱ . احسانی م. و خالدی ه (۱۳۸۲) بهره‌وری آب کشاورزی. کمیته ملی آبیاری زهکشی ایران. ۱۱۵ ص.

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

۳ . توکلی ع. ر (۱۳۸۲) اثر مقادیر مختلف آبیاری تکمیلی و نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیم رقم سبلان. نهال و بذر. ۱۹(۳): ۳۸۰-۳۶۷.

۴ . رضوی ر (۱۳۸۲) تعیین میزان حساسیت گندم به آب در مراحل مختلف رشد. گزارش نهایی پژوهشی. مرکز اسناد و مدارک کشاورزی. شماره ثبت ۴۵۱. انتشارات مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی. ص ۳۸.

۵ . روستایی م. و صادقی ا (۱۳۸۱) عوامل مؤثر در کاهش زیان‌های ناشی از خشکسالی در زراعت گندم دیم. نشریه ترویجی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم. انتشارات معاونت ترویج. ۳۸ ص.

۶ . طهماسبی سروستانی ز.، روحی ا.، و مدرس ثانوی س (۱۳۸۰) بررسی خصوصیات کمی کیفی عملکرد ژنوتیپ‌های گندم دیم تحت شرایط آبیاری تکمیلی. علوم زراعی. ۳(۱): ۵۵-۴۷.

۷ . عبدمیشانی س. و جعفری شبستری ج (۱۳۶۵) اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و میزان بذر بر عملکرد گندم پاییزه. علوم کشاورزی ایران. ۳ و ۴: ۴۵-۵۱.

۸ . گالشی س ا. و مشایخی ک (۱۳۷۵) بررسی اثر آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد دو رقم گندم 'واینیا' و 'خزر یک'. علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۳: ۶۳-۵۷.

۹ . محمدی م (۱۳۷۷) گزارش نهایی بررسی همبستگی صفات زراعی با عملکرد دانه گندم در شرایط دیم. مرکز تحقیقات کشاورزی کهکیلویه و بویراحمد. شماره ۲۳۲. ۱۱ ص.

10 . Allen RG, Pereira LS, Raes D and Smith M (1998) Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage. Paper No. 56.

11 . Cassel DK and Edwards EC (1985) Effects of sub-soiling and irrigation on corn production. Soil Science Society of America. 49: 996-1001.

12 . Day AD and Intalop S (1970) Some effect of Soil Moiture Stress on the growth of Wheat. Agronomy. 55: 5-31.

13 . Hanchinal R, Tandon RJP and salmiath PM (1994) Variation and adaptation of Wheat Varietiesfor heat tolerance in Penin Solar India. Pp. 175-183.

14 . Harris HC (1991) Implications of climate variability. In: Harris HC, Cooper PJM and Pala M (Eds.) Soil and Crop Management for Improved Water Use Efficiency in rain-fed areas. Proceedings of an International Workshop, Ankara, Turkey, 1989, ICARDA, Alepo, Syria, 352 p.

15 . Jaradat AA (1987) The farming system in Jordan, rainfeel, water harvesting and supplimenta irrigation. In: E: R. Perrier and Salkini AB (Eds.) Supplimental irrigation in Near East and North Africa. ICARDA. Pp. 394-423.

16 . Jensen ME, Harrison DS, Korven HC and Robinson FE (1983) The role of irrigation in food and fibre production. In: Designe and operation of farm irrigation systems.

17 . Krentos VC (1987) Supplimental irrigation in Cyprus, In: Perrier ER and Salkini AB (Eds.). Supplimental irrigation in Near East and Nort Africa. ICARDA. Pp. 327-364.

18 . Oweis T (1997) Supplemental irrigation: a highly efficient water- use practice. ICARDA, Aleppo, Syria. 16 p.

19 . Oweis T and Hachum A (2004) Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity for dry farming systems in West Asia and North Africa. ICARDA. Aleppo. Syria for Presentation at the 4th International Crop Science Congress 26th Sept. to 1st Oct.

20 . Oweis TM, Pala and Ryan J (1998) Stabilizing rainfed wheat yield with supplemental irrigation and nitrogen in a Mediterranean climate. Agronomy. 90: 672-681.

21 . Oweis T, Hachum A and Kijne J (1999) Water harvesting and Supplemental irrigation for improvedWater use efficiency in dry areas. SWIM. Paper No. 7.

22 . Pereira LS, Oweis T and Zairi A (2002) Irrigation management under water scarcity. Agricultural Water Management. 57: 175-206.

23 . Saeedi A (1998) Strategy and application of wheat improvement methods in cereal research, past, present and future. In: Proceedings of 5th Iranian congres of crop production and plant breeding, Karaj. Research Institute of Seed and Plant Improvement. 656 p.

24 . Shema SS, Dhingra KK and Gill GS (1973) Effect of missing irrigation at different stages of growth on wheat. Research. 10(1): 41-44.

25 . Sun HY, Liu CM, Zhang XY, Shen YJ and Zhang YQ (2006) Effects of irrigation on water balance, yield and WUE of winter wheat in the North China Plain. Agricultural Water Management. 85: 211-218.

26 . Tavakkoli AR and Owise TY (2002). The role of supplemental irrigation and nitrogen in producing bread wheat in the highlands of Iran. Agricultural Water Management. 65: 225-236.

27 . Tesfaye K and Walker S (2004) Matching of crop and environment for optimal water use: Case of Ethiopia. Physics and Chemistry of the Earth. 29: 1061-1067.

28 . Zhang XY, Chen SY, Pei D, Liu MY and Sun HY (2005) Improved water use efficiency associated with cultivars and agronomic management in the North China Plain. Agronomy. 97: 783-790.

29 . Zhang XY, Pei D, Chen SY, Sun HY and Yang YH (2006) Performance of double-cropped winter wheat – summer maize under minimum irrigation in the north China Plain. Agronomy. 98: 1620-1626.

The effects of supplementary irrigation on yield and water use efficiency of three new wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars

H. Ghamarnia [1*], M. Farmanifard [2] and SH. Sasani [3]

(E-mail: hghamarnia@razi.ac.ir)

(Received: 8 January 2012, Accepted: 9 March 2013)

Abstract

Two-year experiments was conducted to find the effect of value and times of supplementary irrigation on water requirement and yield production of three new wheat cultivar namely ('W33g', 'Cross Alborz' and 'Bahar') in three replicate randomized complete block factorial experiments since 2009–11. Experiments were performed at the Campus of Agriculture and Natural Resources of Razi University lysimetery research station No. 1. All treatments were irrigated with the same amount of water until flowering stage but the times and the value of supplementary irrigation was different in four treatments based on experiment design at next stages. Supplementary irrigation during the flowering, seedling and both conditions were applied, by observation 50 percent of flowering and seedling starting, respectively. The results showed that the highest supplementary irrigation contribution in the first and second year of study was 27.5 and 26.1 percent of total water use respectively. In the first and the second year of this study, the highest average yield production was obtained for 'Cross Alborz' under flowering and seedling supplementary irrigation treatments with 4681 and 4804 kg.ha^{-1}, respectively.

Keywords: Flowering, Seedling, Supplementary irrigation, Water use efficiency, Wheat, Yield

1 - Associate Professor, Department of Water Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah - Iran **(Corresponding Author *)**

2 - Ph.D. Student, Department of Water Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah - Iran

3 - Assistant Professor, Department of Agronomy, Agricultural and Natural Resources Research Center, Kermanshah - Iran