نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۸، شماره ۲، پاییز و زمستان، ۱۴۰۰، ص. ۱۰۰-۸۹

Water Management in Agriculture
Vol. 8, No. 2, Autumn and Winter, 2022, 89-100

مقاله پژوهشی

اثر آبیاری تکمیلی با سطوح مختلف شوری بر عملکرد گندم دیم در قزوین

رضا سعیدی[۱*]، عباس ستوده‌نیا[۲] و سیّد غلامرضا بابایی[۳]

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کیفیت آب تک آبیاری بهاره بر عملکرد گندم دیم، پژوهشی در منطقه قزوین انجام شد. تیمارها شامل چهار سطح شوری آب با هدایت الکتریکی برابر با ۰/۵(S_0)، ۴/۹(S_1)، ۶/۴(S_2) و ۸/۷(S_3) دسی زیمنس بر متر و یک تیمار کشت دیم (D) بود. آزمایش مزرعه‌ای در کرت‌هایی با ابعاد ۳×۳ متر و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. آبیاری به‌صورت تک نوبت بهاره و در مرحله خوشه‌بندی گندم انجام شد. نتایج نشان داد اثر کیفیت آب آبیاری بر عملکردهای زیست‌توده، کاه و دانه گندم به ترتیب در تیمار S_0 با افزایش ۱۸، ۱۲ و ۲۶ درصدی، در تیمار S_1 با افزایش ۱۰، ۷ و ۱۵ درصدی، در تیمار S_2 با کاهش ۸، ۴ و ۱۳ درصدی و در تیمار S_3 با کاهش ۲۱، ۱۳ و ۳۴ درصدی نسبت به شرایط دیم همراه بود. ازاین‌رو انجام تک آبیاری تا سطح شوری S_1 قابل‌قبول و بیشتر از آن غیرقابل توصیه بود. عملکرد دانه نسبت به کاه، در تیمار S_0 با درصد بیشتری افزایش یافت و در تیمار S_3 با درصد بیشتری کاهش یافت. به‌طوری‌که تنش شوری باعث شدت گرفتن کاهش تولید دانه گندم شد. از سوی دیگر مقدار بهره‌وری آب در تیمارهای کشت دیم، S_0، S_1، S_2 و S_3 به ترتیب برابر با ۲/۲۶، ۲/۴۶۲، ۲/۳، ۱/۹۳ و ۱/۶۴۴ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. همچنین رابطه‌ای خطی برای تخمین مقدار بهره‌وری آب از روی مقدار شوری آب ارائه شد. دستاورد کلی این‌که بهره‌برداری مناسب از منابع آب تا سطح شوری S_1 در تک آبیاری گندم دیم، باعث افزایش تولید و درآمدزایی در بخش کشاورزی قزوین می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آب نامتعارف، آبیاری تکمیلی، بهره‌وری آب، تنش شوری، کمبود آب خاک

مقدمه

بحران کمبود مقدار آب و محدودیت منابع آب باکیفیت در بخش کشاورزی، توجه برنامه‌ریزان آبیاری را به سَمت استفاده بهینه از انواع منابع آبی موجود معطوف می‌نماید. علاوه بر کمیت آب، کاهش کیفیت آب (شور شدن) نیز بر بحران مذکور و بلااستفاده شدن منابع آب موجود می‌افزاید. ازاین‌رو سازگار نمودن الگوی کشت منطقه‌ای با کم‌آبی و استفاده بهینه از آب‌های لب‌شور، می‌تواند باعث تداوم اشتغال و تولید در بخش کشاورزی باشد. یکی از الگوهای مناسب در مواجهه با کم‌آبی، توسعه کشت محصولات دیم پاییزه است؛ زیرا در زمان بارش‌های متداول فصول سرد سال، بهره‌مندی گیاه از نزولات جوّی حائز اهمیت خواهد بود. در میان محصولات دیم، گندم ازجمله گیاهان استراتژیک به شمار می‌رود که در ایران دارای سطح زیر کشت قابل‌ملاحظه‌ای بوده و افزایش دادن محصول آن همواره موردتوجه است (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۶). در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ بیشترین میزان تولید کشت دیم در بین محصولات متنوع زراعی، به محصول گندم با تولید حدود ۵/۵ میلیون تن و سهم ۷۱/۵ درصد از کل تولیدات دیم در ایران، اختصاص‌یافته است. در این میان استان قزوین با تولید گندم آبی و دیم به ترتیب به مقدار ۲۱۸۸۰۷ و ۹۸۹۶۹ تن و اختصاص سطح زیر کشت ۴۷۵۴۵ و ۹۸۱۵۱ هکتار به آن‌ها، از جایگاه ویژه‌ای برخوردار بوده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹). ازاین‌رو

[۱] دکترای آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران (*نویسنده مسئول: saeidi@org.ikiu.ac.ir)
[۲] دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران
[۳] کارشناس گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۱۲
DOR: 20.1001.1.24764531.1400.8.2.8.4

به‌منظور مقابله با بحران کم‌آبی، ارائه راه‌کارهای کوتاه‌مدت برای بهینه‌سازی عملکرد محصول گندم و افزایش بهره‌وری آب، گزینه مطلوبی برای پژوهش‌های منطقه‌ای خواهد بود. یکی از این راه‌کارها بررسی اراضی دیم از نظر خصوصیات توپوگرافی، دسترسی به منابع آبی و تخصیص بهینه منابع آب موجود به آن‌هاست که می‌توان میزان تولید محصولات دیم را با انجام آبیاری تکمیلی افزایش داد (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۶). در پژوهشی گزارش شد با توجه به منابع آبی موجود در یک منطقه، می‌توان با انجام آبیاری محدود در یک یا چند مرحله از رشد گیاه گندم، به عملکرد قابل‌قبولی در زراعت گندم دیم دست یافت (بابا زاده و همکاران، ۱۳۹۰). به‌طورکلی منظور از آبیاری تکمیلی، کاربرد مقدار محدودی آب در زمان توقف بارندگی است. به این وسیله آب لازم برای تکمیل رشد بوته‌ها و افزایش عملکرد محصول فراهم می‌شود. لذا ضرورت انجام آبیاری تکمیلی، کامل نمودن عملیات آبیاری (توسط آب باران) در زراعت‌های دیم است (Oweis et al., 1998). در پژوهشی، اثر آبیاری تکمیلی در مراحل باروَری، گرده‌افشانی و پر شدن دانه گندم نسبت به شرایط کشت دیم بررسی شد. نتایج نشان داد بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه گندم، با انجام آبیاری تکمیلی در زمان گرده‌افشانی و باروَری گیاه به ترتیب برابر با ۳۶۲۲ و ۳۵۲۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. همچنین مقدار عملکرد در اثر آبیاری تکمیلی در مراحل باروَری، گرده‌افشانی و پر شدن دانه گندم نسبت به شرایط کشت دیم به ترتیب ۲۹/۶، ۳۲/۵ و ۴ درصد افزایش داشت (فعله‌کری و همکاران، ۱۳۹۳). در پژوهش دیگر دامنه تغییرات بهره‌وری آب کاربردی گندم در استان‌های خراسان رضوی، فارس، البرز، آذربایجان غربی، اصفهان، خوزستان، کرمان و سیستان و بلوچستان بین ۰/۳ تا ۱/۵ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شد. همچنین دامنه وسیع بهره‌وری آب گندم، نشان‌دهنده پتانسیل زیاد برای افزایش تولید محصول گندم به ازای مصرف آب کمتر اعلام شد (نخجوانی مقدم و همکاران، ۱۳۹۶). در پژوهش دیگر دامنه تغییرات مقادیر بهره‌وری آب گندم در نقاط مختلف کشور بین ۰/۳ تا ۲/۴ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شد. همچنین بیشینه بهره‌وری آب گندم، در محدوده مصرف آب بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر تعیین شد (عزیزی زهان و همکاران، ۱۳۹۳). ازاین‌رو با مدیریت صحیح و کاربرد محدود آب مانند یک نوبت آبیاری در کشت دیم، می‌توان بهره‌وری آب حاصل از نزولات جوّی (بهره‌وری بارش) را افزایش داد. از سوی دیگر، علاوه بر کاربرد آب باکیفیت در آبیاری تکمیلی گندم، استفاده از آب‌های نامتعارف لب‌شور نیز ممکن است نتایج مطلوبی دربَر داشته باشد. به‌طوری‌که در پژوهش کیانی و آبیار (۱۳۹۸) گزارش شد که به دلیل وجود چالش‌های جدی در بحث محدودیت و بحران منابع آب در بخش کشاورزی، استفاده از منابع آب جایگزین به‌ویژه آب‌های شور، برای تداوم فعالیت‌های کشاورزی لازم است. در ادامه گزارش آمده است استفاده از آب‌شور زهکش با شوری ۲۰ $dS.m^{-1}$ و آب باکیفیت با شوری ۱ $dS.m^{-1}$، عملکرد گندم را در استان گلستان از ۴۰۰۰ به ۳۶۰۰ کیلوگرم بر هکتار کاهش داده است؛ اما صرفه‌جویی ۵۰ درصدی منابع آب شیرین باعث حفظ پایداری منابع آب، توسعه سطح زیر کشت و افزایش تولید شد؛ بنابراین با مدیریت و کاربرد آب‌های نامتعارف شور در آبیاری، می‌توان از فشار بر روی منابع آب باکیفیت کاست و با جایگزین کردن بخشی از آب موردنیاز گیاه با آب‌شور، فرصتی برای تولید و درآمدزایی در بخش کشاورزی ایجاد نمود (کیانی و آبیار، ۱۳۹۸). در پژوهش دیگر در استان گلستان، گزارش شد که در اوایل فصل رشد گندم پاییزه، آب باران نیاز آبی گیاه را برآورده می‌کند؛ اما در مراحل بعدی رشد که گیاه به شوری متحمل‌تر می‌شود، ممکن است با رسیدن به فصل گرما نزولات جوّی کاهش یابد. در این صورت با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، این امکان وجود دارد که از آب‌شور موجود (مثلاً زهاب زهکش) به‌عنوان یک منبع آب برای برنامه‌ریزی آبیاری گیاهان زمستانه استفاده کرد (کیانی، ع؛ و صالحی، ۱۳۹۴). جمع‌بندی پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد علی‌رغم اثر مثبت آب باکیفیت در آبیاری تکمیلی گندم دیم، گاهی آبیاری گیاه با آب‌شور بهتر از عدم آبیاری آن بوده است. به نظر می‌رسد یک نوبت آبیاری گیاه دیم با آب‌شور اگرچه باعث اِعمال تنش شوری بر گیاه می‌شود، اما ممکن است کاهش عملکرد در اثر آن به‌اندازه کاهش عملکرد ناشی از کم‌آبی (کشت دیم) نباشد؛ بنابراین هدف

از پژوهش حاضر، مطالعه اثر یک نوبت آبیاری (تک آبیاری) تحت سطوح مختلف شوری، بر عملکرد گندم دیم در قزوین است. در این شرایط از طریق تک آبیاری گندم دیم با آب دارای شوری‌های مختلف، احتمال افزایش عملکرد محصول و بهره‌وری آب نسبت به کشت دیم بررسی می‌شود. همچنین با تعیین حد شوری مناسب آب برای تک آبیاری گندم، توصیه‌های علمی برای بهره‌برداری از آب‌های نامتعارف شور مطرح می‌گردد.

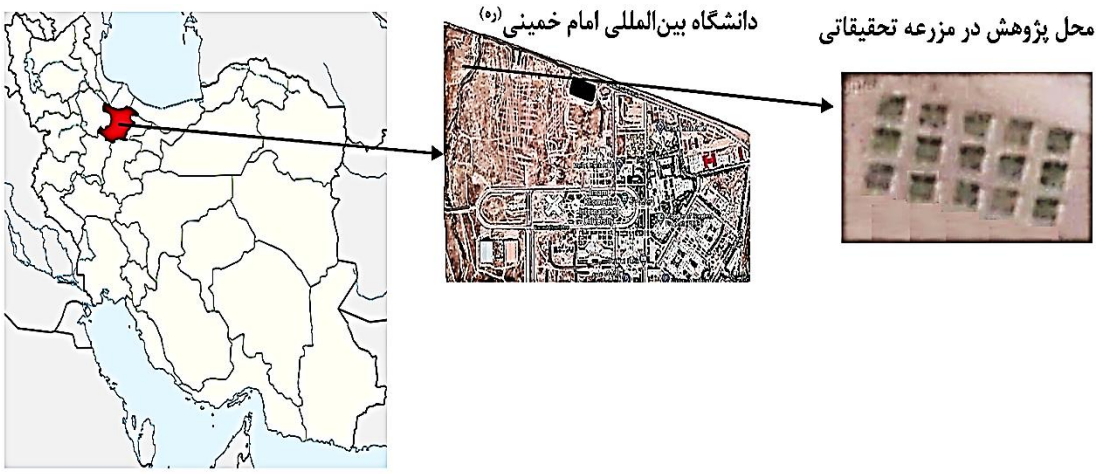
مواد و روش‌ها

کلیات و تیمارهای پژوهش

در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و در منطقه قزوین، پژوهشی بر روی گیاه گندم انجام شد. محل مطالعه، مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) با موقعیت جغرافیایی ″۵۰°۰۰′۰۷ طول شرقی و ″۳۶°۱۹′۳۱ عرض شمالی بود (شکل ۱). قبل از کشت با نمونه‌برداری از اعماق خاک مزرعه، تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک توسط آزمایشگاه تحت نظارت سازمان جهاد کشاورزی قزوین انجام شد (جدول ۱). در آزمایشگاه مذکور مقادیر نیتروژن، پتاسیم و فسفر خاک به ترتیب با روش‌های کِجِلدال، فِلِیم فتومتری و اُلسِن اندازه‌گیری شد. در این پژوهش گندم رقم پیشتاز در تاریخ ۱۳۹۹/۰۸/۲۷ کاشته شد و در تاریخ ۱۴۰۰/۰۳/۱۰ برداشت شد. رقم پیشتاز نسبت به انواع بیماری‌ها و خوابیدگی بوته مقاوم بوده و به‌واسطه داشتن کارایی مصرف آب بالاتر، از ارقام متحمل به خشکی محسوب می‌شود. به همین دلیل برای کشت دیم مناسب بوده و بهترین تاریخ کشت برای آن، اواخر مهر تا اواسط آذرماه گزارش‌شده است (اسماعیل‌زاده مقدم و اکبری مقدم، ۱۳۸۳). با توجه به اهمیت بارندگی در دوره رشد، مقدار بارندگی ماهانه در بازه زمانی مذکور در جدول (۲) ارائه‌شده است که مجموع آن ۲۰۶/۳ میلی‌متر بوده است. بذرهای گندم با تراکم ۴۵۰ عدد در مترمربع (چگنی، ۱۳۹۳) در کرت‌های مسطح، بدون شیب و با ابعاد ۳×۳ متر کاشته شد. محیط کرت‌ها توسط پشته‌هایی تا ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر محصور شد و کرت‌ها از هر طرف به‌اندازه ۲ متر از هم فاصله داشت. آب لازم برای آبیاری در فصل بهار، از آب چاه با هدایت الکتریکی ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر و اسیدیته ۷/۱ تأمین شد. تیمارها شامل تک آبیاری بهاره با چهار سطح شوری آب (S) و یک تیمار کشت دیم (D) بود. سطوح شوری آب با مقدار هدایت الکتریکی (EC[1]) برابر با ۰/۵(S_0)، ۴/۹ (S_1)، ۶/۴(S_2) و ۸/۷ (S_3) دسی‌زیمنس بر متر در نظر گرفته شد. مقادیر مذکور بر اساس پتانسیل ۱۰۰، ۹۰، ۷۵ و ۵۰ درصدی عملکرد گندم در شرایط شوری آب آبیاری انتخاب شد. در این شرایط آستانه تحمل گندم به شوری آب آبیاری، مقدار ۴ دسی زیمنس بر متر گزارش شد (Doorenbos and Pruitt, 1977). به‌طورکلی تعداد ۵ تیمار با سه تکرار، در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. پس از کاشت بذرها هیچ‌گونه آبیاری انجام نشد و جوانه‌زنی بذور و رشد گیاهان از طریق نزولات جوّی اتفاق افتاد؛ اما در تاریخ ۱۴۰۰/۰۲/۰۴ که مرحله خوشه‌بندی گندم بود، آبیاری به‌صورت یک نوبت انجام شد. قبل از انجام آبیاری، متوسط مقدار رطوبت وزنی خاک ۱۶/۸ درصد اندازه‌گیری شد. علت انتخاب مرحله خوشه‌بندی برای انجام تک آبیاری این بود که مرحله گل‌دهی و خوشه‌بندی گندم از مراحل حساس رشد بوده و اِعمال تنش رطوبتی در این مرحله، باعث کاهش قابل‌توجه تولید در این محصول شده است (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۶). برای تهیه آب‌شور لازم برای آبیاری، با استفاده از نمودار شکل (۲) نمک صنعتی به آب باکیفیت چاه اضافه شد تا هدایت الکتریکی موردنظر تهیه شود. لازم به ذکر است عناصر موجود در نمک صنعتی شامل سدیم، کلسیم، منیزیم، سولفات و پتاسیم با درجه خلوص به ترتیب برابر با ۹۲، ۳/۸۴، ۱/۸۹، ۱/۷۳ و ۰/۵۴ درصد بود. در پژوهش‌های گذشته، عناصر مذکور به‌عنوان املاح غالب در آب‌های شور طبیعی ۵۰ نقطه از منطقه قزوین گزارش‌شده است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۰). ازاین‌رو آب‌شور تولیدشده در پژوهش حاضر، مشابه آب‌های شور طبیعی موجود در منطقه بود. در زمان آبیاری نیز نمک محاسبه‌شده برای هر تیمار به همراه آب لازم برای آبیاری، در مخازن بزرگ مخلوط شد و پس از کنترل EC آب، آبیاری انجام شد. برای آبیاری کرت‌ها، آب از مخازن تیمارها توسط شیلنگ و به‌صورت غرقابی به کرت‌ها داده شد و مقدار حجم آب

1- Electrical conductivity

با کنتور حجمی کنترل شد.



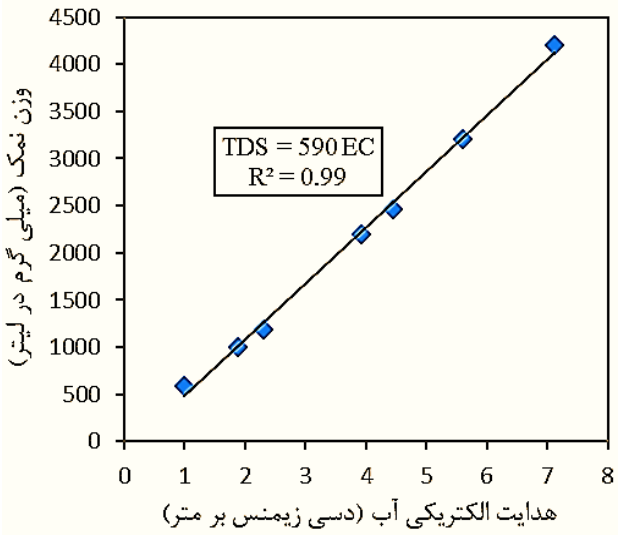
شکل ۱- موقعیت استان قزوین در نقشه ایران و محل اجرای پژوهش

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

پارامتر	واحد	عمق خاک (سانتی‌متر)			
		۰-۲۵	۲۵-۵۰	۵۰-۷۵	۷۵-۱۰۰
هدایت الکتریکی اولیه عصاره اشباع خاک	دسی زیمنس بر متر	۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۳۵
اسیدیته خاک (pH)	–	۷/۱	۷/۳	۷/۲	۷/۲
بافت خاک	–	لوم شنی	لوم شنی	لوم شنی	لوم شنی
رس	درصد	۱۰	۸	۱۱	۱۰
سیلت	درصد	۳۳	۲۵	۲۷	۲۹
شن	درصد	۵۷	۶۷	۶۲	۶۱
رطوبت وزنی حد ظرفیت مزرعه	درصد	۲۴	۲۳	۲۴	۲۴
رطوبت وزنی در نقطه پژمردگی دائم	درصد	۱۳	۱۲	۱۲/۵	۱۳
چگالی ظاهری	گرم بر سانتی مترمکعب	۱/۳۳	۱/۴	۱/۳۷	۱/۳۹
نیتروژن کل	%	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۰۸
پتاسیم قابل‌جذب	پی پی ام	۲۹۱	۱۸۴	۱۵۳	۱۵۵
فسفر قابل‌جذب	پی پی ام	۷	۶	۵	۶

جدول ۲- مقدار بارندگی ماهانه در دوره رشد گندم

ماه	آذر ۱۳۹۹	دی ۱۳۹۹	بهمن ۱۳۹۹	اسفند ۱۳۹۹	فروردین ۱۴۰۰	اردیبهشت ۱۴۰۰	خرداد ۱۴۰۰
مقدار بارندگی (میلی‌متر)	۱۰۸/۶	۱	۲۸/۶	۴۲/۴	۱۱/۷	۸/۹	۵/۱



شکل ۲-نمودار واسنجی مقدار هدایت الکتریکی آب نسبت به وزن نمک

تعیین عمق و حجم آب آبیاری

هدف از انجام تک آبیاری، رساندن رطوبت منطقه ریشه گیاه به حد ظرفیت مزرعه (FCi) در زمان خوشه‌بندی گندم بود. در گزارش نشریه فائو-۵۶ عمق ریشه گندم حدود یک متر اعلام‌شده است (Allen et al., 1998).

ازاین‌رو قبل از زمان آبیاری، نمونه خاک از مرکز کرت و در چهار عمق ۰-۲۵، ۲۵-۵۰، ۵۰-۷۵ و ۷۵-۱۰۰ سانتی‌متری نسبت به سطح زمین، برداشت شد و مقدار رطوبت آن به روش وزنی اندازه‌گیری شد. بر اساس کمبود رطوبت خاک نسبت به حد FC در چهار لایه مذکور خاک، عمق موردنیاز آب برای آبیاری، از طریق رابطه (۱) محاسبه شد.

$$d = \sum_{i=1}^{4}\left[\frac{(FC_i - \theta_i)}{100}.\rho b_i.D\right] \qquad (۱)$$

d: عمق آب موردنیاز برای آبیاری (سانتی‌متر)، FC: رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت مزرعه (درصد)، θ: رطوبت وزنی خاک در زمان قبل از آبیاری (درصد)، i: شمارنده لایه‌های عمق خاک که در این پژوهش چهار لایه است، ρb: چگالی ظاهری خاک ($g.cm^{-3}$)، D: عمق لایه مدنظر خاک (۲۵ سانتی‌متر).

در نهایت عمق آب برای تک آبیاری بهاره گندم در شرایط پژوهش حاضر، ۴۵ میلی‌متر تعیین شد. برای محاسبه حجم آب ورودی به هر کرت از رابطه (۲) استفاده شد که بر اساس عمق آب محاسبه‌شده و مساحت نُه مترمربعی هر کرت، مقدار حجم آب برابر با ۴۰۵ لیتر بر کرت برآورد شد. به‌عبارت دیگر حجم آب در تک آبیاری، ۴۵۰ مترمکعب بر هکتار در نظر گرفته شد.

$$V = 1000 \times d \times A \qquad (۲)$$

V، حجم آب آبیاری (lit)، d، عمق آب موردنیاز برای آبیاری (m) و A، مساحت سطح کرت (m^2).

برداشت محصول و تحلیل آماری

داده‌های ثبت‌شده در پژوهش شامل عملکرد کل، دانه و کاه گندم بود که تجزیه واریانس و مقایسه میانگین آن‌ها توسط نرم‌افزار SPSS و با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. برای برداشت محصول، یک قاب چوبی با ابعاد داخلی ۰/۵×۰/۵ متر تهیه شد و به‌صورت تصادفی به داخل کرت‌ها انداخته شد. سپس بوته‌های داخل قاب از کف زمین بریده شد و وزن کل و اجزای آن (کاه و دانه) توسط ترازوی دقیق (با دقت صدم گرم) اندازه‌گیری شد. برای برآورد بهره‌وری آب مصرف‌شده و عملکرد نسبی محصول در تیمارهای مختلف به ترتیب از رابطه (۳) و (۴)

استفاده شد.

$$WP^{1} = \frac{Y}{\forall} \quad (۳)$$

WP: بهره‌وری آب ($Kg.\ m^{-3}$)، Y: عملکرد ماده خشک گندم ($Kg.ha^{-1}$)، ∀: حجم آب آبیاری به‌علاوه حجم بارندگی در دوره رشد گیاه ($m^3.\ ha^{-1}$).

$$Y_R = \frac{Y_{si}}{Y_D} \quad (۴)$$

Y_R عملکرد نسبی محصول نسبت به شرایط دیم (بی‌بعد)، Y_{si} عملکرد محصول در تیمارهای تحت تک آبیاری ($Kg.ha^{-1}$)، Y_{si} عملکرد محصول در تیمار کشت دیم ($Kg.\ ha^{-1}$).

نتایج و بحث

عملکرد

عملکرد محصول گندم در قالب سه بخش عملکرد کل (دانه + کاه)، دانه و کاه موردبررسی قرار گرفت. نتایج جدول (۳) نشان داد اثر تیمارهای مختلف بر صفات موردنظر، در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بر اساس شکل (۳) عملکرد گندم در تیمارهای کشت دیم، S_0، S_1، S_2 و S_3 به ترتیب برابر با ۵۱۳۱/۳، ۶۰۶۵/۴، ۵۶۶۹، ۴۷۵۱ و ۴۰۴۹/۶ کیلوگرم بر هکتار (عملکرد کل)، ۳۰۴۴/۴، ۳۴۲۲/۳، ۳۲۵۹/۱، ۲۹۳۳/۶ و ۲۶۵۶ کیلوگرم بر هکتار (عملکرد کاه) و ۲۰۸۶/۹، ۲۶۴۳/۱، ۲۴۰۹/۹، ۱۸۱۷/۴ و ۱۳۹۳/۶ کیلوگرم بر هکتار (عملکرد دانه) اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد بیشترین تا کم‌ترین مقدار عملکرد کل و اجزای گندم به ترتیب مربوط به تیمارهای S_0، S_1، دیم، S_2 و S_3 بوده است. همچنین عملکرد محصول در تیمارهای تک آبیاری نسبت به شرایط دیم (عملکرد نسبی) در شکل (۴) بررسی شد. بر این اساس در تیمارهای S_0 و S_1 عملکرد کل، کاه و دانه گندم به ترتیب با افزایش ۱۸، ۱۲ و ۲۶ درصدی (تیمار S_0) و ۱۰، ۷ و ۱۵ درصدی (تیمار S_1) نسبت به شرایط دیم همراه بود. از سوی دیگر در تیمارهای S_2 و S_3 عملکرد کل، کاه و دانه گندم نسبت به شرایط دیم به ترتیب ۸، ۴ و ۱۳ درصد (تیمار S_2) و ۲۱، ۱۳ و ۳۴ درصد (تیمار S_3) کاهش یافت. به‌طورکلی افزایش شوری آب در تک آبیاری به علت اِعمال تنش شوری، باعث کاهش عملکرد محصول گندم شد. نتایج نشان داد که تک آبیاری گندم تا سطح شوری S_1 به دلیل افزایش عملکرد نسبت به شرایط دیم، منطقی و قابل‌قبول بود؛ یعنی تنش شوری در سطح S_1 به‌اندازه تنش کم‌آبی ناشی از شرایط دیم نبود. از سوی دیگر در سطوح شوری بیش از S_1، تنش شوری بر تنش آبی (کمبود آب) حاصل از شرایط کشت دیم غلبه نموده و باعث کاهش عملکرد محصول نسبت به شرایط دیم شد. ازاین‌رو تک آبیاری گندم تحت سطوح شوری S_2 و S_3 توصیه نمی‌گردد. لازم به ذکر است در تیمارهای S_2 و S_3 که آب با شوری ۶/۴ و ۸/۷ دسی‌زیمنس بر متر به گیاهان داده‌شده است، علاوه بر کاهش پتانسیل آب خاک برای جذب توسط گیاه، عناصر مضر موجود در آب‌شور (مانند سدیم) نیز باعث ایجاد سَمیّت برای گیاه شده و در مجموع موجب کاهش عملکرد در تیمارهای S_2 و S_3 نسبت به شرایط دیم شده است. بررسی‌ها در مورد اجزای عملکرد دانه و کاه نشان داد که از طریق تک آبیاری با آب باکیفیت، عملکرد دانه نسبت به کاه با افزایش بیشتری همراه بود. به‌طوری‌که در تیمار S_0 عملکرد دانه ۲۶ درصد و عملکرد کاه ۱۲ درصد نسبت به شرایط دیم افزایش داشت؛ اما با افزایش شوری آب در تک آبیاری، عملکرد دانه نسبت به کاه با شدت بیشتری کاهش یافت. کاهش ۳۴ درصدی عملکرد دانه و کاهش ۱۳ درصدی عملکرد کاه در تیمار S_3 نسبت به شرایط دیم، مؤید این مطلب بود؛ یعنی با افزایش کیفیت آب، راندمان تولید دانه بیشتر از کاه بود و با کاهش کیفیت آب برعکس آن اتفاق افتاد؛ بنابراین در اینجا اثر تخریبی تنش شوری بر شدت گرفتن کاهش تولید دانه گندم مشخص شد. به‌منظور مقایسه نتایج پژوهش حاضر با مستندات و پژوهش‌های گذشته، ذکر می‌شود که در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ وزارت جهاد کشاورزی متوسط عملکرد دانه گندم آبی و دیم را در سطح کل اراضی استان قزوین به ترتیب ۴۶۰۲ و ۱۰۰۸ کیلوگرم بر هکتار گزارش کرده است. همچنین آمده است سطح زیر کشت گندم آبی و دیم در استان قزوین ۴۷۵۴۵ و ۹۸۱۵۱ هکتار است

1- Water Productivity

(احمدی و همکاران، ۱۳۹۹). در پژوهش دیگر گزارش شد که در فواصل ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ کیلومتری از شبکه آبیاری دشت قزوین، به ترتیب ۷۸۳۰، ۸۵۸۰، ۸۳۰۰، ۵۷۵۰ و ۴۲۸۰ هکتار از اراضی دیم پتانسیل مدیریت آبیاری تکمیلی را دارند (رمضانی اعتدالی و همکاران، ۱۳۹۳).

ازاین‌رو با توجه به مساحت بیش از دو برابری اراضی دیم به آبی استان قزوین و در صورت به‌کارگیری نتایج پژوهش حاضر، افزایش قابل‌ملاحظه‌ای در تولید گندم این استان ایجاد خواهد شد. در پژوهش دیگر اثر آبیاری تکمیلی به میزان ۵۰۰ مترمکعب بر هکتار در سه تیمار شامل؛ یک نوبت آبیاری در مرحله خوشه رفتن گندم (I_1)، دو نوبت آبیاری در مراحل خوشه رفتن و دانه بستن (I_2) و یک نوبت آبیاری در مرحله دانه بستن (I_3) بر گندم دیم منطقه خرمدره زنجان بررسی شد. نتایج نشان داد اثر تیمارهای آبیاری تکمیلی بر روی صفات زیست‌توده و عملکرد دانه، در سطح یک درصد معنی‌دار بود. عملکرد کل و دانه گندم در تیمارهای I_1، I_2، I_3 و دیم به ترتیب برابر با ۶/۸۸۹، ۵/۸۸۹، ۶/۳۷۵ و ۵/۳۹۱ تن بر هکتار (عملکرد کل)، ۲/۴۴۲، ۲/۳۴۲، ۲/۳۷۵ و ۱/۶۱۸ تن بر هکتار (عملکرد دانه) برآورد شد (داودی و همکاران، ۱۳۸۶).

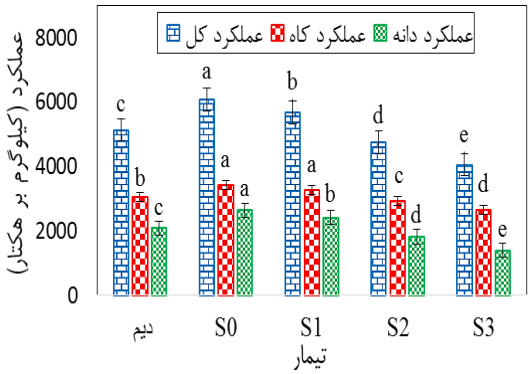
مقادیر به‌دست‌آمده در تیمارهای I_3 و دیم پژوهش اخیر، با نتایج تیمارهای S_0 و دیم در پژوهش حاضر مشابهت داشت. در پژوهشی در منطقه کرمانشاه، اثر آبیاری تکمیلی گندم دیم به مقدار ۱۰۰۰ مترمکعب بر هکتار در مراحل باروَری، گرده‌افشانی و پر شدن دانه گندم بررسی شد. نتایج نشان داد عملکرد دانه در مراحل رشد مذکور به ترتیب ۳/۵۳۲، ۳/۶۱ و ۲/۸۳۲ تن بر هکتار و در شرایط کشت دیم به مقدار ۲/۷۲۴ تن بر هکتار برآورد شد (فعله‌کری و همکاران، ۱۳۹۳).

با توجه به پژوهش‌های گذشته، تأثیر مثبت یک نوبت آبیاری محصول گندم دیم با آب باکیفیت قابل پیش‌بینی بوده و دور از انتظار نبود؛ اما دستاورد کاربردی پژوهش حاضر این بود که بسته به حد تحمل محصول گندم دیم به شوری، استفاده از آب‌های نامتعارف لب‌شور (سطح شوری ۴/۹ دسی‌زیمنس بر متر در پژوهش حاضر) می‌تواند باعث افزایش عملکرد محصول شود. ازاین‌رو در صورت موجود بودن منابع آب نامتعارف تا سطح شوری S_1 در منطقه قزوین و فراهم بودن شرایط انتقال آب و آبیاری اراضی دیم، می‌توان از نتایج پژوهش حاضر درجه‌ات افزایش بازده محصول گندم بهره‌برداری نمود. به‌این‌ترتیب علی‌رغم افزایش تولید و درآمدزایی در بخش کشاورزی، زمینه بهره‌برداری از آب‌های نامتعارف نیز فراهم می‌شود.

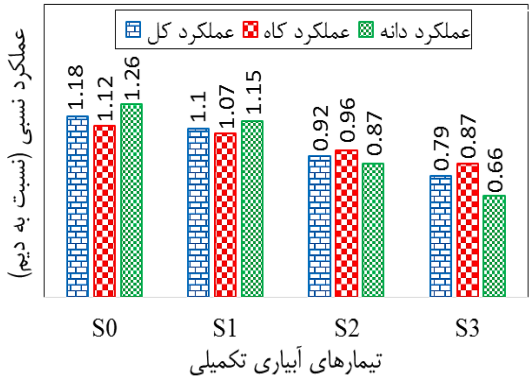
جدول ۳- تجزیه واریانس صفات موردبررسی در طرح

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		عملکرد کل	عملکرد دانه	عملکرد کاه
تکرار	۲	۱۴×۱۰^{۳ns}	۱۷×۱۰^{۳ns}	۱۸×۱۰^{۳ns}
تک آبیاری	۴	$۸۶۹۱\times۱۰^{۳**}$	$۱۷۱۲\times۱۰^{۳**}$	$۲۷۲۴\times۱۰^{۳**}$
خطا	۸	۹×۱۰^{۳}	۶×۱۰^{۳}	۸×۱۰^{۳}
ضریب تغییرات (٪)		۱۵/۳	۹/۶	۱۵/۳

ns و **: به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد



شکل ۳– مقایسه میانگین عملکرد اجزای گندم در تیمارهای مختلف

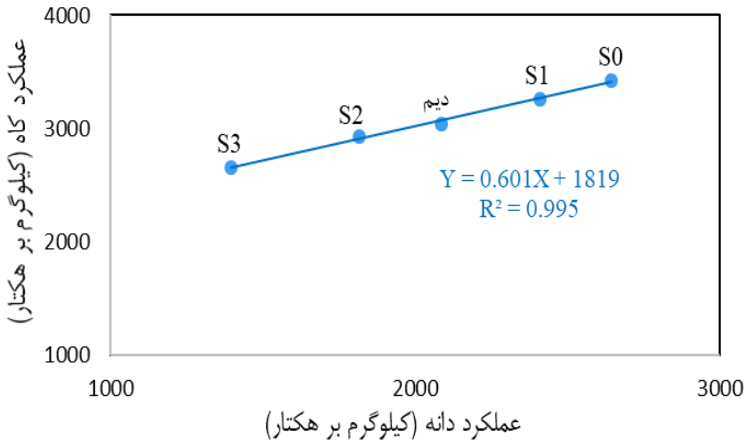


شکل ٤– عملکرد نسبی اجزای گندم نسبت به شرایط دیم، در تیمارهای تک آبیاری

رابطه بین دانه و کاه گندم

برقرار نمودن یک رابطه ساده بین اجزای عملکرد محصول، می‌تواند کمک مناسبی برای تخمین مقدار هریک از اجزاء بر اساس مقدار دیگری باشد؛ زیرا گاهی اتفاق می‌افتد که در پژوهشی نیاز به مقدار عملکرد کاه می‌باشد، اما صرفاً عملکرد دانه وجود دارد. ازاین‌رو در شکل (۵) رابطه خطی $Y=0.601X+1819$ با ضریب همبستگی (R^2) برابر با ۰/۹۹۵ بین تیمارهای مختلف پژوهش برازش داده شد. با استفاده از رابطه مذکور، در صورت فقدان یکی از اجزای عملکرد گندم (دانه یا کاه)، می‌توان مقدار پارامتر موردنیاز را تخمین زد.

از سوی دیگر رابطه به‌دست‌آمده نشان داد که قبل از تولید اولین واحد دانه گندم، ۱۸۱۹ کیلوگرم بر هکتار کاه تولیدشده است؛ یعنی اگر تنش شوری در شرایط این پژوهش به حدی برسد که هیچ دانه‌ای از گندم تولید نشود، مقدار کاه تولیدی پایه از طریق این قبیل روابط قابل تخمین خواهد بود. در پژوهشی مشابه نیز گزارش شد که عملکرد محصول فرعی در واحد سطح (کاه) از طریق ضریبی که میزان محصول فرعی را نسبت به محصول اصلی (دانه) نشان می‌دهد، قابل‌محاسبه است. به‌طوری‌که متوسط ضریب مذکور برای گیاه گندم، عدد یک اعلام شد؛ یعنی به ازای هر یک کیلوگرم دانه گندم تولیدشده، به‌طور متوسط یک کیلوگرم کاه قابل استحصال است (Ramezani Etedali et al., 2015).



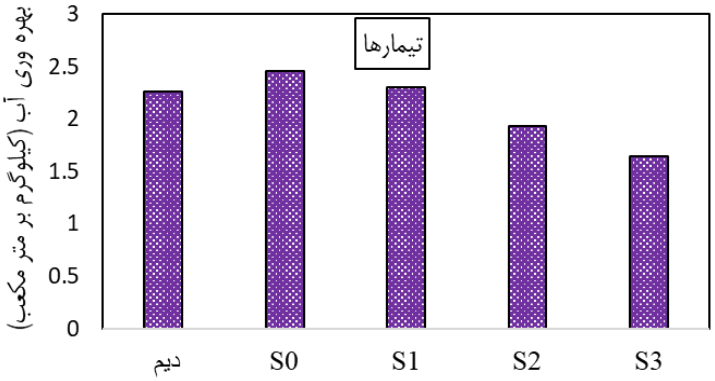
شکل ۵– رابطه بین عملکرد دانه و کاه گندم در تیمارهای مختلف

بهره‌وری آب

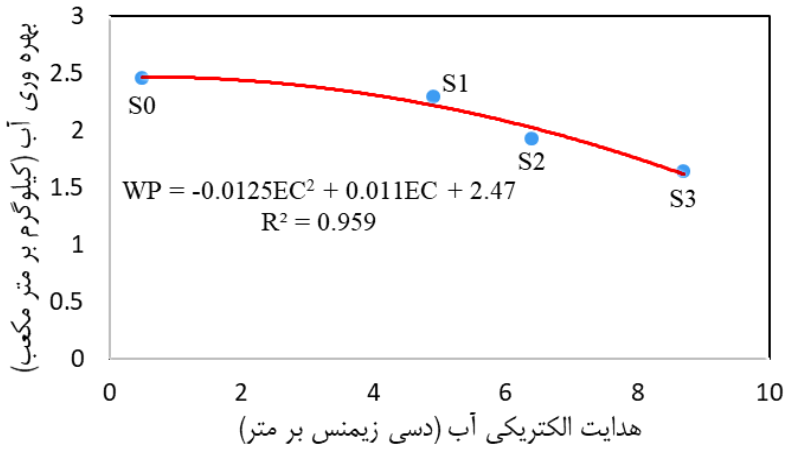
در این پژوهش بهره‌وری آب مصرف‌شده (مجموع حجم آب بارندگی و تک آبیاری) در تولید ماده خشک گیاهی گندم برآورد شد. مقدار بهره‌وری آب در تیمارهای کشت دیم، S_0، S_1، S_2 و S_3 به ترتیب برابر با ۲/۲۶، ۲/۴۶۲، ۲/۳، ۱/۹۳ و ۱/۶۴۴ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد (شکل ۶). نتایج نشان داد بیشترین تا کم‌ترین مقدار بهره‌وری آب به ترتیب مربوط به تیمارهای S_0، S_1، دیم، S_2 و S_3 بود. نسبت بهره‌وری آب در تیمارهای تک آبیاری به تیمار دیم برابر با ۱۰۹(S_0)، (۱۰۱/۸ (S_1)، ۸۵/۳(S_2) و ۷۲/۷(S_3) درصد بود. علی‌رغم افزایش بهره‌وری آب در تیمار S_0، وضعیت تیمار S_1 نیز نسبت به شرایط دیم مطلوب‌تر بود.

نتایج نشان داد استفاده از آب‌های نامتعارف شور تا سطح شوری ۴/۹ دسی زیمنس بر متر (تیمار S_1) بهره‌وری بزرگ‌تر یا نزدیک به شرایط دیم در مصرف آب ایجاد کرده است. این در حالی است که آب تا سطح شوری S_1 جزو آب‌های لب‌شور به‌حساب آمده و بلااستفاده در امر کشاورزی است؛ بنابراین با توجه به دستاورد پژوهش حاضر، امکان استفاده مفید از این آب‌های نامتعارف فراهم می‌گردد. همچنین در مسئله حفظ کیفیت خاک، به دلیل فقط یک نوبت آبیاری، نمک قابل‌ملاحظه‌ای در مقایسه با شرایط معمول کشت آبی (چندین نوبت آبیاری با آب باکیفیت) وارد خاک نمی‌شود؛ اما بررسی‌های دیگر نشان داد در تیمارهای S_1، S_2 و S_3 نسبت به تیمار S_0، به ترتیب کاهش ۶/۵، ۲۱/۶ و ۳۳/۲ درصدی در مقدار بهره‌وری آب مشاهده شد. در این شرایط به ازای هر یک دسی زیمنس بر متر افزایش شوری آب، به‌طور متوسط مقدار ۰/۱ کیلوگرم بر مترمکعب از مقدار بهره‌وری آب کاسته شده است.

با توجه به شکل (۷) رابطه‌ای با معادله $WP=-0.0125EC^2+0.011EC+2.47$ بین تیمارهای تک آبیاری برازش داده شد که بر اساس مقدار شوری آب، مقدار بهره‌وری آب قابل تخمین خواهد بود. در پژوهشی گزارش شد که در شرایط محدودیت منابع آبی، عمق آب کاربردی بهینه (عمق آبیاری و بارندگی) برای رسیدن به بیشترین بهره‌وری آب گندم در منطقه مشهد، تقریباً برابر با ۴۲۰ میلی‌متر است. در شرایط کم‌آبیاری، حداکثر مقدار بهره‌وری آب آبیاری و آب کاربردی (آبیاری و بارندگی) گندم در منطقه مشهد به ترتیب ۱/۹ و ۱/۵ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست‌آمده آمد (نخجوانی مقدم و همکاران، ۱۳۹۶). پژوهشی نیز در دشت‌های شمالی چین در قالب آبیاری تکمیلی گندم در مرحله شیری شدن دانه انجام شد. نتایج نشان داد در اثر کاربرد ۷۵ میلی‌متر آب بر روی گندم دیم، بهره‌وری آب در سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۱۳، ۲۰۱۵-۲۰۱۴ و ۲۰۱۶-۲۰۱۵ به ترتیب برابر با ۲/۱، ۱/۸۳ و ۱/۷۷ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد (Xu et al., 2018). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با انجام تک آبیاری با آب دارای کیفیت مناسب (تا سطح شوری قابل‌تحمل گیاه)، مقدار بهره‌وری آب حتی نسبت به شرایط کشت دیم نیز قابل‌افزایش است. درنتیجه علی‌رغم ایجاد عملکرد مطلوب‌تر برای گندم، بهره‌وری آب نیز نسبت به کشت‌های دیم و آبی بیشتر خواهد شد.



شکل ٦- بهره‌وری آب در تولید کل زیست‌توده گندم



شکل ۷– ارتباط مقدار شوری و بهره‌وری آب در تک آبیاری گندم

نتیجه‌گیری

انجام تک آبیاری بهاره بر روی زراعت‌های دیم پاییزه مانند گندم، الگوی مناسبی برای مواجهه با بحران کم‌آبی و تداوم تولید محصول است. به‌طوری‌که عملکرد محصول نسبت به شرایط کشت دیم و بهره‌وری آب نسبت به شرایط کشت آبی، قابل‌افزایش است. از سوی دیگر در برخی مناطق، منابع آب‌های نامتعارف شور و لب‌شور موجود است، ولی رغبت چندانی برای استفاده دائمی از آن‌ها در کشت‌های آبی وجود ندارد؛ اما می‌توان در کنار نزولات جوّی و در مرحله‌ای از رشد گیاه که نیاز اساسی به آبیاری می‌باشد، از منابع آب‌شور برای تأمین کمبود آب خاک استفاده نمود. ازاین‌رو در پژوهش حاضر علاوه بر آب باکیفیت، از آب با سطوح مختلف شوری در تک آبیاری گندم استفاده شد تا سطحی از شوری آب که در آن، عملکرد گیاه نسبت به شرایط دیم بیشتر بوده است، تعیین شود. ازاین‌رو نتایج پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از آب‌های باکیفیت و حتی شور تا سطح شوری ۴/۹ دسی زیمنس بر متر، برای انجام یک نوبت آبیاری در مرحله خوشه‌بندی گندم دیم قابل توصیه بود. به‌طوری‌که در این شرایط، افزایش عملکرد محصول نسبت به کشت دیم کاملاً مشهود بود. از سوی دیگر مقدار بهره‌وری آب نیز تا سطح شوری S1 بیشتر از شرایط دیم بود، اما به‌طور متوسط افزایش هر یک دسی‌زیمنس بر متر شوری آب باعث کاهش مقدار ۰/۱ کیلوگرم بر مترمکعب از مقدار بهره‌وری آب شد. نتیجه کلی این‌که با استفاده مفید از آب‌های باکیفیت و حتی نامتعارف شور، امکان افزایش تولید و درآمدزایی در بخش کشاورزی دور از ذهن نبود.

منابع

احمدی، ک.، عبادزاده، ح. ر.، حاتمی، ف.، عبدشاه، ه. و کاظمیان، ا. ۱۳۹۹. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷. جلد اول: محصولات زراعی. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی. مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. ۱-۸۹.

اسماعیل‌زاده مقدم، م. و اکبری مقدم، ح. ۱۳۸۳. گندم پیشتاز. معاونت ترویج و نظام بهره‌برداری وزارت جهاد کشاورزی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر.

بابازاده، ح.، شاهرخی، ف.، منشوری، م. و فریدون، د. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر آبیاری تکمیلی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیم منطقه ابهر، استان زنجان. مجله مهندسی منابع آب. ۴(۱۰): ۷۵-۸۴.

چگنی، ه. ۱۳۹۳. بررسی اثر تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم. مجله زراعت. (۲۷)۱۰۴: ۹-۲۱.

داودی، ف.، دانشی، ن. و خدادادی، م. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر

آبیاری تکمیلی بر عملکرد کمی و کیفی گندم. نهمین سمینار بین‌المللی آبیاری و کاهش تبخیر. بهمن‌ماه. دانشگاه شهید باهنر. کرمان، ایران.

رمضانی اعتدالی، ه.، لیاقت، ع.، پارسی‌نژاد، م.، توکلی، ع. ر. و آبابایی، ب. ۱۳۹۳. پتانسیل‌یابی اراضی دیم و تخصیص بهینه آب بین اراضی آبی و دیم (مطالعه موردی: دشت قزوین). مجله تحقیقات آب‌وخاک ایران. ۴۵(۲): ۱۶۷-۱۷۷.

سعیدی، ر.، رمضانی اعتدالی، ه.، صمدی، ا. و توکلی، ع. ۱۳۹۶. تخصیص بهینه آب برای آبیاری تکمیلی مزارع گندم و جو دیم در زیرحوضه‌های منطقه کامیاران. مجله آب‌وخاک. ۳۰(۳): ۷۰۱-۷۱۴.

عزیزی زهان، ع. ا.، شهابی‌فر. م.، ابراهیمی‌پاک، ن.، رضوی، ر.، غالبی، س.، سرایی تبریزی، م.، طلوعی، ر. و پیری، ر. ۱۳۹۳. ارزیابی کارایی مصرف آب گندم در ایران و جهان. اولین کنفرانس ملی مدیریت خاک و آب در تولید گندم. آذرماه. موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.

فعله‌کری، ح.، اقبال‌قبادی، م.، محمدی، غ.، جلالی‌هنرمند، س.، قبادی، م. و سعیدی، م. ۱۳۹۳. اثر آبیاری تکمیلی و کود نیتروژن بر شاخص‌های رشدی دو رقم گندم دیم در شرایط کرمانشاه. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۶(۲۲): ۱۰۱-۱۱۳.

کیانی، ع. و صالحی، م. ۱۳۹۴. تجاربی از تولید گندم و کوشیا با استفاده از منابع آب‌وخاک شور در استان گلستان. مجله آب و توسعه پایدار. ۲(۲): ۵۹-۶۶.

کیانی، ع. و آبیار، ن. م. ۱۳۹۸. استفاده از آب‌های شور برای تولید پایدار گندم. مجله مدیریت آب در کشاورزی. ۶ (۲): ۱۱-۲۰.

محمدی، م.، محمدی قلعه‌نی، م. و ابراهیمی، ک. ۱۳۹۰. تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت قزوین. مجله پژوهش آب ایران. ۵ (۸): ۴۱-۵۲.

نخجوانی مقدم، م. م.، قهرمان، ب. و زارعی، ق. ۱۳۹۶. تحلیل بهره‌وری آب گندم در مدیریت‌های آبیاری در برخی از مناطق ایران. مجله پژوهش آب در کشاورزی. ۳۱ (۱): ۴۳-۵۷.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation Drainage Paper No.56, 1-326.

Doorenbos, J. and Pruitt, W. O. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements, Food and agriculture organization (FAO) of the United Nations, Irrigation and drainage paper No. 24. Rome, Italy.

Oweis, T. M., Pala, M. and Ryan, J. 1998. Stabilizing rainfed wheat yield with supplemental irrigation and nitrogen in a Mediterranean climate. Journal of Agronomy. 90: 672-681

Ramezani Etedali, H., Ahmadaali, K., Liaghat, A., Parsinejad, M., Tavakkoli, A. R., and Ababaei, B. 2015. Optimum Water Allocation between Irrigated and Rainfed Lands in different Climatic Conditions. Journal of Biological Forum, 7(1): 1556-1567.

Xu, X., Zhang, Y., Li, J., Zhang, M., Zhou, X., Zhou, S. and Wang, Z. 2018. Optimizing single irrigation scheme to improve water use efficiency by manipulating winter wheat sink-source relationships in Northern China Plain. Journal of PLoS ONE. 13(3): 1-19.

Water Management in Agriculture
Vol. 8, No. 2, Autumn and Winter, 2022, 89-100

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۸، شماره ۲، پاییز و زمستان، ۱۴۰۰، ص. ۱۰۰-۸۹

Effect of Supplementary Irrigation with Different Salinity Levels on Yield of Rainfed Wheat in Qazvin

R. Saeidi [1*], A. Sotoodehnia [2] and S. Gholamreza Babaei [3]

Abstract

In order to investigate the effect of single irrigation water quality on rainfed wheat yield, a study was conducted in Qazvin region. Treatments included four levels of water salinity with electrically conductive equal to 0.5 (S0), 4.9 (S1), 6.4 (S2) and 8.7 (S3) dS. m-1 and a rainfed treatment (D). The field experiment was conducted in plots with dimensions of 3 × 3 m. Statistical analysis was performed in the randomized complete block design. Irrigation was done as a single spring irrigation in stage of wheat clustering. The results showed that the effect of irrigation water quality on the total biomass, straw and grain yield of wheat was caused an increase of 18%, 12% and 26%, (in S0 treatment) an increase of 10%, 7% and 15%, (in S1 treatment) a decrease of 8%, 4% and 13%, (in S2 treatment) and a decrease of 21%, 13% and 34%, (in S3 treatment) respectively, in relative to rainfed conditions. Therefore, single irrigation up to salinity level of S1 was acceptable and more than, that was not recommended. Grain yield compared to straw yield increased in S0 treatment and decreased in S3 treatment, by a more intensity. So that salinity stress intensified the decrease in wheat grain production. On the other hand, the amount of water productivity in D, S0, S1, S2 and S3 treatments was calculated equal to 2.26, 2.462, 2.3, 1.93 and 1.644 kg. m-3, respectively. Also, a linear equation was presented for estimate the amount of water productivity, based on the water salinity amount. The general result is that the using of water resources with salinity up to S1 level in single irrigation of rainfed wheat, will increase the production and economic efficiency in Qazvin agricultural sector.

Keywords: Salinity stress, Soil water deficiency, Supplementary irrigation, Unconventional water, Water productivity

[1] Ph.D. of irrigation and drainage engineering, department of water engineering, faculty of agriculture and natural resources, Imam Khomeini international university, Qazvin, Iran (*Corresponding Author Email: saeidi@org.ikiu.ac.ir)
[2] Associate professor, department of water engineering, faculty of agriculture and natural resources, Imam Khomeini international university, Qazvin, Iran
[3] Employee in department of water engineering, faculty of agriculture and natural resources, Imam Khomeini international university, Qazvin, Iran
Received: 1 Sept 2021
Accepted: 3 Nov 2021