نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۵، بهمن-اسفند ۱۴۰۰، ص. ۱۴۴۳-۱۴۳۲

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 15, Feb.-Mar. 2022, p. 1432-1444

مقاله علمی-پژوهشی

واکنش گیاه جو دیم به مقدار شوری آب در آبیاری تکمیلی بهاره

رضا سعیدی[1]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۰۳

چکیده

انجام آبیاری تکمیلی در زراعت دیم، باعث افزایش عملکرد محصول و استفاده بهتر از منابع آبی می‌شود. در این پژوهش، اثر استفاده از آب‌های نامتعارف شور در آبیاری تکمیلی جو دیم بررسی شد. یک تیمار کشت دیم (D) و چهار سطح شوری آب با هدایت الکتریکی برابر با (S_0) ۰/۵، (S_1) ۶/۷، (S_2) ۸/۷ و (S_3) ۱۲ دسی زیمنس بر متر در نظر گرفته شد. در زمان پُر شدن دانه‌های جو، یک نوبت آبیاری بهاره بر اساس کمبود رطوبت خاک انجام شد. مقادیر عملکرد محصول در تیمارهای کشت دیم، S_0، S_1، S_2 و S_3 به ترتیب برابر با ۴۰۰۵/۸، ۶۴۴۹/۰۸، ۴۹۱۸/۳۲، ۴۲۶۰/۰۸ و ۳۰۶۳/۷۲ کیلوگرم بر هکتار (عملکرد زیست‌توده)، ۱۹۷۳/۱۸، ۳۱۷۴/۱۶، ۲۴۳۸/۴۸، ۲۱۱۲ و ۱۶۵۱/۳۲ کیلوگرم بر هکتار (عملکرد کاه) و ۲۰۳۲/۶۲، ۳۲۷۴/۹۲، ۲۴۷۹/۸۴، ۲۱۴۸/۰۸ و ۱۴۱۲/۴ کیلوگرم بر هکتار (عملکرد دانه) اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد به ازای هر یک دسی زیمنس بر متر افزایش شوری آب در آبیاری تکمیلی، عملکرد نسبی (نسبت به دیم) زیست‌توده، کاه و دانه جو به ترتیب ۷/۲، ۶/۷ و ۷/۷ درصد کاهش یافت. از این‌رو اِعمال آبیاری تکمیلی جو تا سطح شوری S_2، نسبت به شرایط کشت دیم قابل توصیه بود. هم‌چنین مقدار بهره‌وری آب در تیمارهای کشت دیم، S_0، S_1، S_2 و S_3 به ترتیب برابر با ۱/۹۴۱، ۲/۶۱۸، ۲، ۱/۷۳ و ۱/۲۴۳ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. به‌طور معمول بهره‌وری آب در زراعت دیم، بیش‌تر از کشت آبی محصول است؛ اما نتایج این پژوهش نشان داد که در انجام آبیاری تکمیلی جو تا سطح شوری S_1، مقدار بهره‌وری آب حتی بیش‌تر از شرایط کشت دیم خواهد بود؛ بنابراین علاوه بر آب باکیفیت، استفاده از آب شور (در سطح تحمل گیاه) برای آبیاری تکمیلی جو، باعث افزایش عملکرد، امنیت غذایی و مدیریت بهینه منابع آبی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آب نامتعارف، بهره‌وری آب، عملکرد

مقدمه

کاهش کمیت و کیفیت آب موجود در بخش کشاورزی و لزوم تأمین نیازهای غذایی انسان و دام، موجب بازنگری و ایجاد تغییرات بهینه در الگوی کشت و مدیریت منابع آب هر منطقه می‌شود. در بحث الگوی کشت روی آوردن به زراعت گیاهان دیم و در مسئله مدیریت منابع آب، استفاده بهینه از آب‌های باکیفیت و حتی آب‌های نامتعارف (شور و لب شور) غیرقابل استفاده در منطقه، اهمیت پیدا می‌کند. در میان غلات، گیاه جو از جمله گیاهان استراتژیک بوده که قابلیت کشت به دو صورت دیم و آبی را دارد. گیاه زراعی جو در دسته گیاهان متحمل به شوری تقسیم‌بندی می‌شود. به‌طوری‌که تا آستانه شوری آب آبیاری و عصاره اشباع خاک به ترتیب به میزان ۵/۳ و ۸ دسی زیمنس بر متر، پتانسیل عملکرد ۱۰۰ درصدی برای گیاه جو گزارش شده است (Allen et al., 1998). از این‌رو افزایش عملکرد این محصول استراتژیک از طریق کاربرد محدود آب باکیفیت و حتی‌الامکان آب‌های نامتعارف لب‌شور، می‌تواند راه‌کار مناسبی برای افزایش امنیت غذایی و مقابله با بحران‌های آبی موجود باشد. در پژوهشی گزارش شد که اگر از نظر خصوصیات توپوگرافی مشکلی برای دسترسی به منابع آبی منطقه وجود نداشته باشد، می‌توان با تخصیص بهینه منابع آب موجود به زراعت دیم، میزان عملکرد محصولات دیم را با انجام آبیاری تکمیلی افزایش داد (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۶). لازم به ذکر است مقصود از آبیاری تکمیلی، تأمین محدود نیاز آبی گیاه در زمان توقف بارندگی است. به‌طوری‌که آبیاری زراعت‌های دیم توسط باران، با انجام آبیاری‌های محدود توسط انسان، تکمیل شده و موجب افزایش عملکرد محصول می‌شود (Oweis et al., 1998). گیاه جو نسبت به غلات دیگر تحمل بیشتری به کمبود آب دارد، اما این گیاه در مرحله تشکیل دانه به تنش خشکی حساس است؛ بنابراین اعمال آبیاری تکمیلی در مرحله تشکیل دانه، باعث افزایش عملکرد دانه جو می‌شود (دولت‌پناه و همکاران، ۱۳۹۲). از این‌رو اثر آبیاری تکمیلی بر عملکرد و اجزای

۱- دکترای آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران
(Email: saeidi@org.ikiu.ac.ir)
DOR: 20.1001.1.20087942.1400.15.6.17.7

عملکرد ارقام جو تحت کشت دیم در منطقه همدان (دانشگاه بوعلی سینا) بررسی شد. تیمارهای آبیاری تکمیلی شامل تک آبیاری در هر یک از مراحل رشد گل‌دهی و پر شدن دانه‌ها و ارقام جو شامل محلی، آبیدر، والفجر، بهمن و ماکویی بود. نتایج نشان داد تیمارهای آبیاری تکمیلی در مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه نسبت به شرایط دیم، عملکرد دانه را به ترتیب ۴۵ و ۹۰ درصد افزایش داد. هم‌چنین در بین ارقام مختلف، رقم والفجر دارای بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک و دانه به ترتیب به مقدار ۵۴۴ و ۲۳۳ گرم در مترمربع بود (حمزه‌ئی و سیدی، ۱۳۹۲). در پژوهشی دیگر تأثیر مصرف کودهای زیستی و اعمال آبیاری تکمیلی بر گیاه جو تحت کشت دیم، در منطقه اردبیل بررسی شد. آبیاری تکمیلی در زمان سپری شدن ۵۰ درصد مراحل آبستنی و سنبله دهی انجام شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه به مقدار ۲۶۸۲ کیلوگرم بر هکتار مربوط به تیمار آبیاری تکمیلی و مصرف کود زیستی و کم‌ترین عملکرد دانه به مقدار ۲۰۶۵ کیلوگرم بر هکتار، مربوط به کشت دیم و عدم کاربرد کود زیستی بوده است (عبادی و همکاران، ۱۳۹۸). پژوهشی در مناطق خشک اُردن، به‌منظور بررسی تأثیر آبیاری تکمیلی بر بهره‌وری مصرف آب رقم‌های مختلف گندم انجام شد. تیمارها شامل کشت دیم (T_0) و اعمال آبیاری تکمیلی در سطح (T_1) ۵۰، (T_2) ۷۵ و (T_3) ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه بود. نتایج نشان داد انجام آبیاری تکمیلی تأثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد دانه و بهره‌وری مصرف آب داشت. به‌طوری‌که در تیمارهای T_0، T_1، T_2 و T_3 به ترتیب عملکرد دانه برابر با ۳/۸۹، ۴/۱۷، ۴/۳۲ و ۴/۲۸ تن بر هکتار و بهره‌وری مصرف آب برابر با ۲/۵۱، ۲/۶۳، ۲/۶۶ و ۲/۴۷ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شد (Al-Ghzawi et al., 2018). از سوی دیگر اعلام شد که در شرایط تحت تنش شوری و خشکی، با تجمع پرولین در اندام‌های گیاه جو، توانایی گیاه برای بقاء افزایش می‌یابد. به‌طوری‌که افزایش غلظت پرولین به دلیل نقش این اسید آمینه در تنظیم فعالیت اُسمزی گیاه می‌باشد. هم‌چنین این عمل نوعی سازگاری گیاه در شرایط تحت تنش است که برای ادامه حیات اِعمال می‌شود (ویسی‌پور و همکاران، ۱۳۹۰). به‌طورکلی شوری از طریق اعمال تنش‌های اُسمزی و یونی مانع رشد و توسعه گیاه می‌شود. با این حال گیاه جو از طریق تنظیم اُسمزی، حذف یا جابه‌جایی یون‌های سدیم و کُلر تجمع یافته در خاک، به تنش شوری سازگاری پیدا می‌کند (Mwando et al., 2020). از این‌رو در پژوهشی اثر سه سطح شوری آب شامل ۴، ۸ و ۱۴ دسی زیمنس بر متر بر ارقام مختلف جو شامل افضل، نصرت، ریحان، ۴ شوری و رودشت بررسی شد. نتایج نشان داد افزایش تنش شوری عملکرد دانه جو را کاهش داد، اما باعث افزایش مقدار سدیم و پتاسیم در دانه‌ها گردید. هم‌چنین رقم نصرت با ۷۵۴۹ کیلوگرم بر هکتار بیش‌ترین عملکرد جو را در سطح شوری ۴ دسی زیمنس بر متر تولید نمود و رقم افضل با متوسط تولید ۲۹۸۳ کیلوگرم بر هکتار، بیشترین عملکرد را در سطح شوری ۱۴ دسی زیمنس بر متر ایجاد کرد (طباطبایی و همکاران، ۱۳۹۲). در کشور چین، اثر آبیاری با آب شور چاه بر واکنش زراعی گندم زمستانه در دلتای رودخانه زرد بررسی شد. نتایج نشان داد در مرحله گل‌دهی محصول، تنش شوری تأثیر مهم بازدارنده بر فتوسنتز گیاه داشت؛ اما در مرحله پر شدن دانه‌ها، اثر تنش آبی جدّی‌تر از تنش شوری بود. درنتیجه، ترکیب ۸۰ میلی‌متر آب باکیفیت با ۸۰ میلی‌متر آب شور برای آبیاری گندم زمستانه، یک استراتژی قابل‌اجرا در دلتای رودخانه زرد چین اعلام شد (Wang et al., 2019). در پژوهشی دیگر در شهرستان تربت‌حیدریه، اثر تنش کمبود آب و آبیاری با پساب صنعتی شور (آب نامتعارف) بر عملکرد جو بررسی شد. تیمارها شامل آب باکیفیت چاه (I_1)، پساب کارخانه قند با شوری ۵/۸ دسی زیمنس بر متر (I_2) و ترکیب آب چاه و پساب (۱۲/۵٪ پساب و ۸۷/۵٪ آب) (I_3)، در دو سطح آبیاری کامل (S_1) و اعمال ۷۵ درصد تنش آبی (S_2) بود. نتایج نشان داد تیمار I_1S_1 بیش‌ترین عملکرد دانه به مقدار ۴۰۳۴ کیلوگرم در هکتار و تیمار I_2S_2 کم‌ترین عملکرد دانه جو به مقدار ۱۵۶۴ کیلوگرم در هکتار را داشت. هم‌چنین مقدار کاه و کُلَش جو در تیمارهای I_3S_1، I_2S_2 و I_3S_2 نسبت به تیمار شاهد (I_1S_1) به ترتیب ۱۱/۵۷، ۸۳ و ۱۲ درصد کاهش یافت؛ یعنی تنش‌های شوری و کمبود آب باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد جو شد (چوپان و همکاران، ۱۳۹۹). مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی بر اساس به‌روزترین آمار خود گزارش داد که در ایران رتبه دوم میزان تولید محصولات زراعی، به گیاه جو با مجموع سطح زیر کشت ۹۲۵ هزار هکتار به‌صورت دیم و ۶۲۲ هزار هکتار به‌صورت آبی اختصاص می‌یابد. در این میان سهم استان قزوین از زراعت این محصول، ۲۴۱۲۶ هکتار کشت آبی و ۷۱۶۷ هکتار کشت دیم بوده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹). با این شرایط، شکاف عملکرد و بهره‌وری آب برای گیاه جو در منطقه قزوین به ترتیب ۵/۴ تن بر هکتار و ۰/۴۷ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش‌شده است. متوسط شاخص بهره‌وری نسبی آب (نسبت بهره‌وری فعلی به بهره‌وری پتانسیل) نیز برای محصول جو به میزان ۰/۵۴ برآورد شده است (جناب و نظری، ۱۳۹۷). در پژوهش مذکور، شکاف بین وضعیت موجود و پتانسیل منطقه، نشان‌دهنده نقاط ضعف قابل‌توجه در مدیریت تولید کشاورزی و مدیریت آبیاری بوده است. از این‌رو با ارائه راه‌کارهای مدیریتی مانند اعمال آبیاری تکمیلی بر محصولات دیم و استفاده بهینه از منابع آب موجود در منطقه، امکان کاهش شکاف مذکور و افزایش عملکرد جو در واحد مصرف آب، دور از انتظار نخواهد بود. در این میان می‌توان صرفاً به‌جای آب باکیفیت، تأثیر استفاده از آب‌های لب‌شور را نیز موردبررسی قرار داد؛ بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی واکنش گیاه جو دیم در منطقه قزوین، به مقادیر شوری آب در آبیاری تکمیلی بهاره می‌باشد. با این کار می‌توان اثر کیفیت‌های مختلف آبیاری تکمیلی را بر عملکرد جو و بهره‌وری

آب در منطقه مذکور، شناسایی کرده و در جهت استفاده بهینه از منابع آبی منطقه و افزایش امنیت غذایی، توصیه‌های کاربردی ارائه نمود.

مواد و روش‌ها

محل انجام پژوهش حاضر، مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) قزوین (شکل ۱) در موقعیت جغرافیایی با طول "۰۷'۰۰°۵۰ شرقی و عرض "۳۱'۱۹°۳۶ شمالی و زمان اجرای آن سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ بود. منطقه دشت قزوین با پتانسیل منابع آب زیرزمینی حدود ۲/۱ میلیارد مترمکعب، ۴۵۰۰۰۰ هکتار وسعت دارد که ۱۰/۴ درصد از کل آب‌های زیرزمینی دشت قزوین برای کشاورزی مطلوب، ۸۳/۶ درصد آن کیفیت متوسط و ۶ درصد آن کیفیت نامطلوب دارد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۰). گیاه موردمطالعه در این پژوهش، جو رقم والفجر است که در تاریخ ۱۳۹۹/۰۸/۲۶ کاشته شد و در تاریخ ۱۴۰۰/۰۳/۰۹ برداشت شد. قبل از اجرای پژوهش تا عمق یک متری از خاک مزرعه نمونه‌برداری شد و مطابق جدول (۱) تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک توسط آزمایشگاه تحت نظارت جهاد کشاورزی استان قزوین انجام شد. بذرهای جو با تراکم ۳۵۰ بوته در مترمربع (پاک‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۶) 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 به اندازه ۲ متر از هم فاصله داشت. با توجه به شرایط کشت دیم، پس از کاشت بذرها هیچ‌گونه آبیاری انجام نشد و جوانه‌زنی بذور و رشد گیاهان تا مرحله اِعمال آبیاری تکمیلی، صرفاً از طریق آب حاصل از بارندگی اتفاق افتاد. به دلیل اهمیت بارندگی در شرایط کشت دیم، مقدار بارندگی در دوره رشد گیاه جو در شکل (۲) آورده شد. کل مقدار بارندگی در دوره مذکور، ۲۰۶/۳ میلی‌متر بوده است. تیمارهای پژوهش حاضر شامل یک دور آبیاری تکمیلی بهاره (تک آبیاری) با چهار سطح شوری آب (S) و یک تیمار کشت دیم (D) بود. آب لازم برای آبیاری تکمیلی در فصل بهار، از آب چاه با هدایت الکتریکی ۰/۵ دسی زیمنس بر متر و اسیدیته ۷/۱ تأمین شد. سطوح شوری آب با مقدار هدایت الکتریکی (EC^1) برابر با (S_0) ۰/۵، (S_1)۶/۷ (S_2) ۸/۷ و (S_3) ۱۲ دسی زیمنس بر متر در نظر گرفته شد. مقادیر مذکور بر اساس پتانسیل ۱۰۰، ۹۰، ۷۵ و ۵۰ درصدی عملکرد جو در شرایط شوری آب آبیاری انتخاب شد (Doorenbos and Pruitt, 1977). به‌طورکلی تعداد ۵ تیمار با سه تکرار، در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. در پژوهشی گزارش شد که در گیاهان دانه‌ای، مرحله بحرانی نیاز به آبیاری بلافاصله پس از گرده‌افشانی و فرایند لقاح می‌باشد (صفاری و مددی زاده، ۱۳۹۱). به‌طوری‌که بهترین مرحله برای انجام آبیاری تکمیلی گیاه جو، مرحله گلدهی و پُر شدن دانه گزارش شده است و تأثیر آن را افزایش عملکرد دانه تا حد ۹۰ درصد دانسته‌اند (حمزه‌ئی و سیدی، ۱۳۹۲). از این‌رو زمان انجام آبیاری تکمیلی در مرحله آغاز دانه بستن و پُر شدن دانه‌های جو و در تاریخ ۱۴۰۰/۰۲/۰۱ در نظر گرفته شد. به‌منظور تهیه آب شور لازم برای تیمارهای آبیاری تکمیلی، از نمک صنعتی دارای عناصر سدیم، کلسیم، منیزیم، سولفات و پتاسیم با درجه خلوص به ترتیب برابر با ۹۲، ۳/۸۴، ۱/۸۹، ۱/۷۳ و ۰/۵۴ درصد استفاده شد. برای این کار ابتدا رابطه بین وزن نمک و میزان هدایت الکتریکی آب در آزمایشگاه واسنجی شد (شکل ۳). در زمان آبیاری مقدار نمک لازم برای شور کردن حجم آب آبیاری در تیمارهای S_1، S_2 و S_3 محاسبه شد و آب شور در مخازن بزرگ آماده شد. پس از کنترل EC، آب از مخازن مربوطه توسط شیلنگ به کرت‌ها داده شد و مقدار حجم آب آبیاری با کنتور حجمی دارای دقت یک‌صدم لیتر کنترل شد. لازم به ذکر است عناصر موجود در نمک صنعتی، قبلاً به‌عنوان املاح غالب در آب‌های شور طبیعی ۵۰ نقطه از منطقه قزوین گزارش شده بود (محمدی و همکاران، ۱۳۹۰). از این‌رو آب شور تولیدشده در پژوهش حاضر، مشابه آب‌های شور طبیعی موجود در منطقه پژوهش بود.

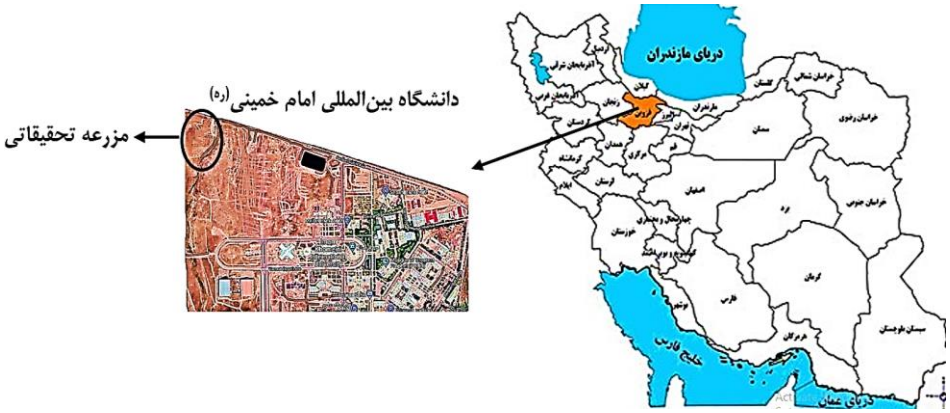
در زمان پُر شدن دانه‌های جو (زمان انجام آبیاری تکمیلی)، عمق آب لازم برای رساندن رطوبت منطقه ریشه گیاه به حد ظرفیت مزرعه (FC^2)، به‌عنوان عمق آب آبیاری در نظر گرفته شد. در گزارش فائو-۵۶ عمق ریشه جو حدود یک متر اعلام شد (Allen et al., 1998). از این‌رو در هنگام آبیاری، نمونه خاک از مرکز کرت و در چهار عمق 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 اعماق خاک نسبت به حد FC در چهار لایه مذکور خاک، عمق موردنیاز آب برای آبیاری، از طریق رابطه (۱) محاسبه شد. در نهایت عمق آب برای آبیاری تکمیلی بهاره جو در شرایط پژوهش حاضر، ۴۸ 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 ۴۳۲ لیتر بر کرت برآورد شد. به‌عبارت‌دیگر حجم آب در آبیاری تکمیلی ۴۸۰ مترمکعب بر هکتار در نظر گرفته شد.

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

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 می‌باشد، ρb: چگالی ظاهری خاک ($g.cm^{-3}$)، D: عمق لایه مدنظر خاک (۲۵ سانتی‌متر).

1- Electrical conductivity

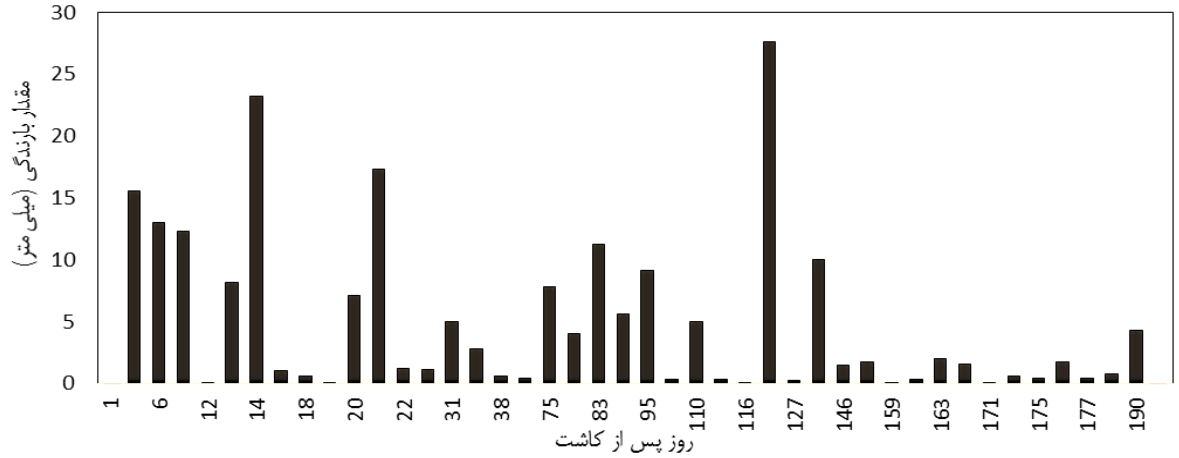
2- Field capacity



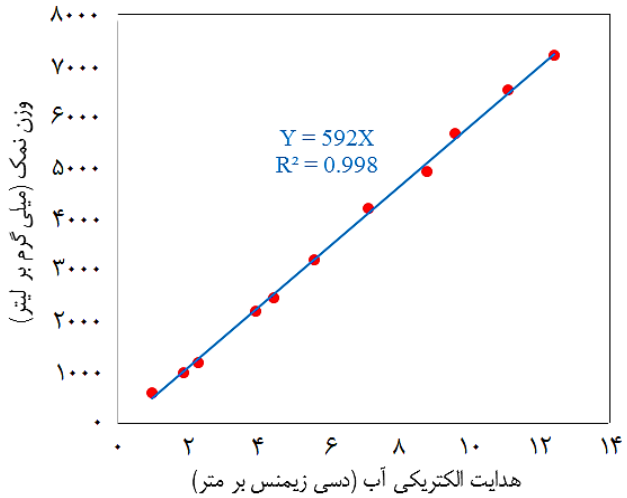
شکل ۱- نقشه منطقه موردمطالعه و محل اجرای پژوهش

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

پارامتر	واحد	عمق خاک (سانتی‌متر)			
		۲۵-۰	۵۰-۲۵	۷۵-۵۰	۱۰۰-۷۵
هدایت الکتریکی اولیه عصاره اشباع خاک	$dS.m^{-1}$	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۳۶
اسیدیته خاک (pH)	-	۷/۲	۷/۴	۷/۳	۷/۱
بافت خاک	-	لوم شنی	لوم شنی	لوم شنی	لوم شنی
رس	%	۱۲	۹	۱۳	۱۱
سیلت	%	۳۲	۲۶	۲۶	۲۷
شن	%	۵۶	۶۵	۶۱	۶۲
رطوبت وزنی حد ظرفیت مزرعه	%	۲۵	۲۴	۲۵/۵	۲۴
رطوبت وزنی در نقطه پژمردگی دائم	%	۱۳	۱۲	۱۲/۵	۱۲
چگالی ظاهری	$g.cm^{-3}$	۱/۳۵	۱/۴۲	۱/۳۱	۱/۳۷
نیتروژن کل	p.p.m	۹۰۰	۱۳۰۰	۸۰۰	۱۱۰۰
پتاسیم قابل‌جذب	p.p.m	۲۹۸	۱۹۴	۱۷۳	۱۶۵
فسفر قابل‌جذب	p.p.m	۸	۷	۵	۶



شکل ۲- مقادیر بارندگی در دوره رشد جو



شکل ۳- واسنجی وزن نمک و مقدار هدایت الکتریکی آب آبیاری

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

V: حجم آب آبیاری (لیتر)، d: عمق آب موردنیاز برای آبیاری (متر) و A: مساحت سطح کرت (مترمربع)

در پژوهش حاضر، داده‌های اندازه‌گیری شده شامل عملکرد کل، دانه و کاه گیاه جو 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 روابط (۳) و (۴) استفاده شد.

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

WP: بهره‌وری آب ($Kg.\ m^{-3}$)، Y: عملکرد زیست‌توده خشک جو ($Kg.\ ha^{-1}$)، ∀: حجم آب آبیاری تکمیلی به‌علاوه حجم آب حاصل از 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 آبیاری تکمیلی ($Kg.\ ha^{-1}$)، Y_D: عملکرد محصول در تیمار کشت دیم ($Kg.\ ha^{-1}$).

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد جو

مقادیر عملکرد و اجزای عملکرد جو شامل دانه و کاه، در شرایط کشت دیم و اعمال آبیاری تکمیلی با سطوح مختلف شوری آب، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۲). مقادیر مذکور در تیمارهای کشت دیم، S_0، S_1، S_2 و S_3 به ترتیب برابر با ۴۰۰۵/۸، ۶۴۴۹/۰۸، ۴۹۱۸/۳۲، ۴۲۶۰/۰۸ و ۳۰۶۳/۷۲ کیلوگرم بر هکتار (عملکرد کل)، ۱۹۷۳/۱۸، ۳۱۷۴/۱۶، ۲۴۳۸/۴۸، ۲۱۱۲ و ۱۶۵۱/۳۲ کیلوگرم بر هکتار (عملکرد کاه) و ۲۰۳۲/۶۲، ۳۲۷۴/۹۲، ۲۴۷۹/۸۴، ۲۱۴۸/۰۸ و ۱۴۱۲/۴ کیلوگرم بر هکتار (عملکرد دانه) اندازه‌گیری شدند (شکل ۴). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، بیش‌ترین تا کم‌ترین عملکرد کل و اجزای جو به ترتیب مربوط به تیمارهای S_0، S_1، S_2، دیم و S_3 بود. به‌بیان‌دیگر کاهش عملکرد ناشی از اعمال تنش شوری تا سطح S_2 در آبیاری تکمیلی جو، به‌اندازه تنش کم‌آبی ناشی از شرایط کشت دیم نبوده است. از این‌رو آبیاری تکمیلی جو تا سطح شوری S_2 به دلیل افزایش عملکرد نسبت به شرایط دیم، منطقی و قابل‌قبول بوده و کاربرد آب‌های شورتر برای این منظور در منطقه قزوین توصیه نمی‌شود؛ اما در سطح شوری S_3، اثر تنش شوری بر تنش آبی (کمبود آب) حاصل از شرایط کشت دیم غلبه نموده و باعث کاهش عملکرد محصول نسبت به شرایط دیم شد. لازم به ذکر است در مسئله حفظ کیفیت خاک، به دلیل این‌که در کل فصل کشت فقط یک نوبت آبیاری با آب شور انجام می‌شود، نمک قابل‌ملاحظه‌ای در مقایسه با شرایط معمول کشت آبی (چندین نوبت آبیاری با آب با کیفیت‌تر) وارد خاک نمی‌شود. در پژوهشی مشابه مقدار عملکرد جو در تعداد ۲۳ مزرعه از پنج شهرستان استان قزوین که تحت سیستم آبیاری بارانی قرار داشت، بررسی شد. با توجه به پاییزه بودن کشت جو، بخشی از نیاز آبی آن از طریق بارندگی به مقدار ۱۵۴ میلی‌متر برطرف شد و بخش دیگر هم از طریق آبیاری بارانی، با حجم آب آبیاری بین ۱۹۴۴ تا ۴۷۰۶ مترمکعب بر هکتار (در مزارع مختلف) تأمین شد. نتایج نشان داد مقدار عملکرد جو در تعداد

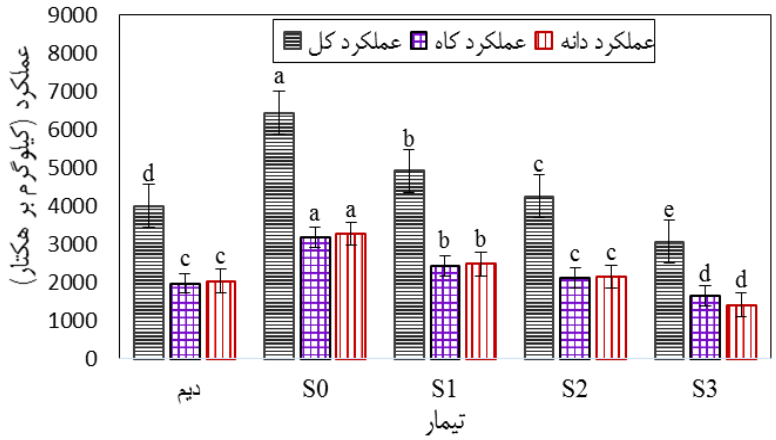
1- Water Productivity

۲۳ مزرعه، بین ۲/۹ تا ۷ تن بر هکتار متغیر بود و متوسط آن ۴۸۷۱/۹ کیلوگرم بر هکتار برآورد شد (غلامی و همکاران، ۱۳۹۵). اگرچه شرایط پژوهش مذکور با پژوهش حاضر متفاوت بود، ولی مقدار عملکرد اندازه‌گیری شده در تیمار S_0، در بازه‌ی نتایج پژوهش غلامی و همکاران (۱۳۹۵) قرار داشت. در بخش مرکزی شهرستان خرم‌آباد پژوهشی با دو تیمار اعمال آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی و شرایط دیم، بر روی گیاه جو انجام شد. نتایج نشان داد با انجام آبیاری تکمیلی در مرحله گل‌دهی جو، عملکرد این محصول نسبت به کشت دیم به‌طور معنی‌داری از ۱۵۲۳/۵۶ به ۲۲۵۹/۲۹ کیلوگرم بر هکتار (۴۸/۳ درصد) افزایش یافت. در این آزمایش، افزایش تعداد دانه در سنبله از اثرات آبیاری تکمیلی بوده است (اسکندری و عالی‌زاده امرایی، ۱۳۹۵). نتایج پژوهش اخیر از نظر تأثیر افزایشی آبیاری تکمیلی بر عملکرد جو، مشابه نتایج پژوهش حاضر بود. در طول سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲، در مزرعه مرکز ملی تحقیقات شوری استان یزد آزمایشی با دو تیمار شوری آب آبیاری به مقدار ۲ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر، بر روی گیاه جو انجام شد. نتایج نشان داد در اثر افزایش تنش شوری، مقدار عملکرد بیولوژیک و دانه جو به ترتیب با کاهش ۳۶ و ۵۲/۱ درصدی در سال اول و ۴۸/۴ و ۶۹/۱ درصدی در سال دوم همراه بود (پیرسته انوشه و همکاران، ۱۳۹۶). در پژوهش حاضر نیز افزایش شوری آب در آبیاری تکمیلی به علت اِعمال تنش شوری، باعث کاهش عملکرد محصول جو شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات موردبررسی در طرح

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		عملکرد کل	عملکرد دانه	عملکرد کاه
تکرار	۲	۶×۱۰^{۳ns}	۱۸×۱۰^{۳ns}	۱۹×۱۰^{۳ns}
آبیاری تکمیلی	۴	$۴۷۴۸\times۱۰^{۳**}$	$۱۳۹۵\times۱۰^{۳**}$	$۱۰۰۶\times۱۰^{۳**}$
خطا	۸	۱۱×۱۰^{۳}	۸×۱۰^{۳}	۷×۱۰^{۳}
ضریب تغییرات (٪)		۲۷/۷	۲۵/۵	۲۷/۷

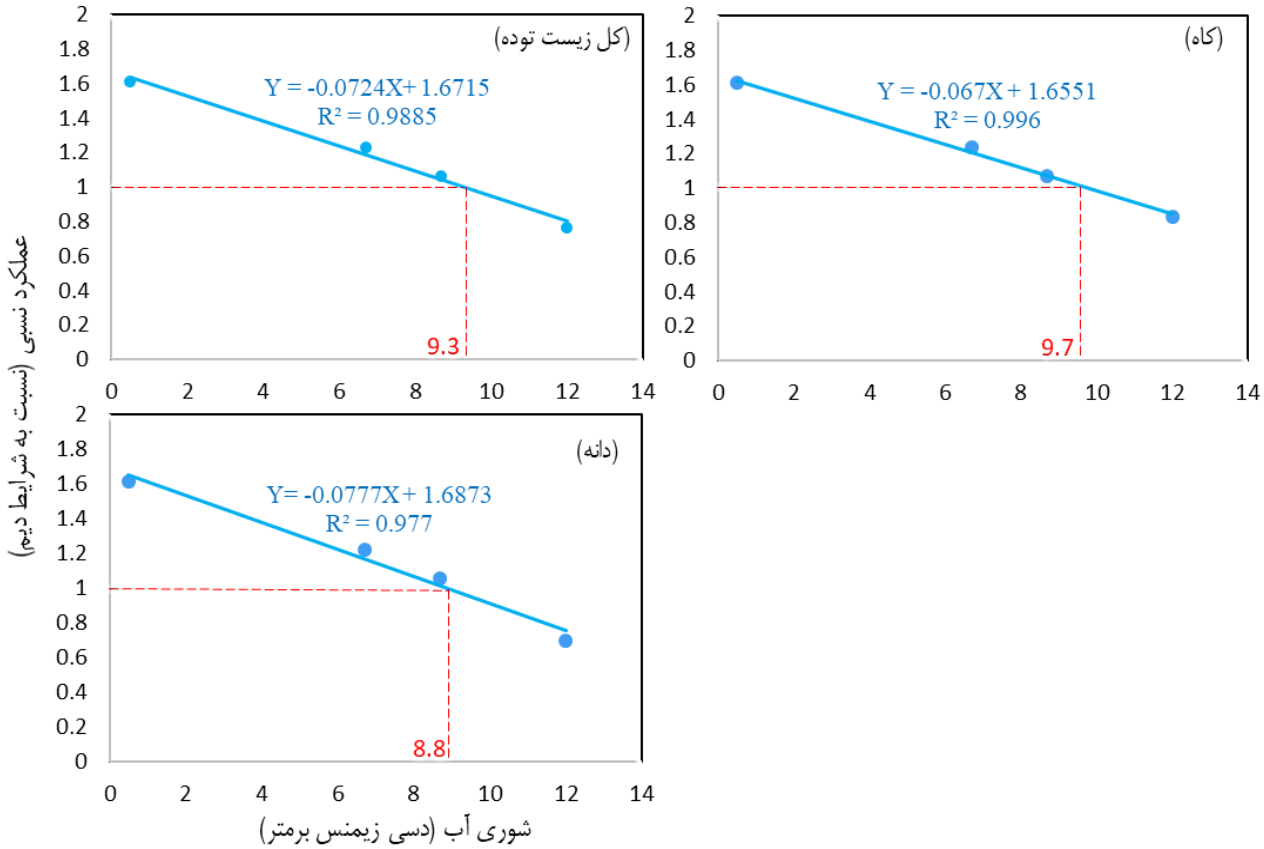
ns و **: به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد



شکل ٤- مقادیر عملکرد و اجزای عملکرد جو در تیمارهای مختلف

در ادامه پژوهش عملکرد کل، دانه و کاه جو در تیمارهای آبیاری تکمیلی، نسبت به شرایط دیم (عملکرد نسبی) بررسی شد (شکل ۵). بر این اساس عملکرد کل، کاه و دانه جو به ترتیب با افزایش ۶۱، ۶۰/۹ و ۶۱/۱ درصدی در تیمار S_0، افزایش ۲۲/۸، ۲۳/۶ و ۲۲ درصدی در تیمار S_1، افزایش ۶/۳، ۷ و ۵/۷ درصدی در تیمار S_2 و کاهش ۲۳/۵، ۱۶/۳ و ۳۰/۵ درصدی در تیمار S_3 همراه بود. نتایج این بخش از پژوهش نشان داد که با افزایش شوری آب در آبیاری تکمیلی و به‌خصوص در تیمار S_3، عملکرد دانه نسبت به کاه کاهش بیشتری داشت؛ یعنی با کاهش کیفیت آب در آبیاری تکمیلی جو، راندمان تولید دانه در برابر راندمان تولید کاه کاهش یافت. نتیجه حاصل به این دلیل می‌تواند باشد که با افزایش بیش از حد تنش شوری، احتمال عقیم ماندن خوشه‌های جو و عدم دانه بستن آن‌ها وجود داشته است. در پژوهشی مشابه نیز گزارش شد که در سطوح شوری بالاتر از حد آستانه گندم، عملکرد دانه‌ها نسبت به عملکرد کاه، کاهش بیشتری داشت (Kafi and Stwart, 1998). هم‌چنین در شکل (۵) نشان داده شد که به ازای یک دسی زیمنس بر متر افزایش شوری آب در آبیاری

تکمیلی، عملکرد نسبی کل، کاه و دانه جو به ترتیب ۷/۲، ۶/۷ و ۷/۷ درصد کاهش یافته است. به‌طور مشابه در گزارش فائو-۵۶ به این مطلب اشاره شده است که به ازای هر یک دسی زیمنس بر متر افزایش شوری آب آبیاری مقدار ۷/۱ درصد از عملکرد جو کاسته می‌شود (Allen et al., 1998). از این‌رو نتایج پژوهش حاضر با گزارش فائو-۵۶ مطابقت دارد. با توجه به روابط بین عملکرد نسبی و شوری آب در شکل (۵)، حد تحمل به شوری آب (آبیاری تکمیلی) برای اجزای کل، کاه و دانه جو به ترتیب ۹/۳، ۹/۷ و ۸/۸ دسی زیمنس بر متر برآورد می‌شود؛ یعنی با اعمال آبیاری تکمیلی در سطح شوری‌های مذکور، عملکردی برابر با شرایط کشت دیم ایجاد شده و شوری‌های بیش‌تر از آن موجب خُسران در تولید محصول جو می‌شود. در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت جو به دو شیوه آبی و دیم را در سطح کل اراضی استان قزوین به ترتیب ۲۴۱۲۶ و ۷۱۶۷ هکتار گزارش نموده است. در این میان متوسط عملکرد دانه جو به‌صورت کشت آبی و دیم در کل استان قزوین به ترتیب ۴۰۷۰ و ۹۳۷ کیلوگرم بر هکتار اندازه‌گیری شده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹). هم‌چنین در پژوهشی با استفاده از اطلاعات و داده‌های سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۵ در منطقه قزوین، متوسط عملکرد واقعی و پتانسیل جو به ترتیب ۲۸۷۳ و ۸۲۲۳ کیلوگرم بر هکتار برآورد شد (جناب و نظری، ۱۳۹۷). با توجه به دو گزارش اخیر، متوسط عملکرد دانه جو در شرایط دیم (استان قزوین) بسیار کم‌تر از نتایج تیمارهای آبیاری تکمیلی در پژوهش حاضر بوده و فاصله زیادی تا رسیدن به عملکرد پتانسیل این محصول در سطح استان قزوین وجود دارد؛ بنابراین می‌توان از نتایج پژوهش حاضر در کاهش شکاف بین عملکرد واقعی و پتانسیل منطقه‌ای این محصول بهره‌برداری نمود. تا جایی که علاوه بر آب‌های باکیفیت، استفاده از منابع آب‌های نامتعارف تا سطح شوری S_2 نیز کمک شایانی به افزایش عملکرد جو نسبت به شرایط کشت دیم می‌کند. در این شرایط تولید محصول جو، اشتغال و درآمدزایی حاصل از آن در بخش کشاورزی افزایش یافته و زمینه‌ای برای بهره‌برداری از منابع آب‌های نامتعارف شور طبیعی (مانند چاه‌های عمیق کشاورزی) در منطقه قزوین فراهم می‌شود.

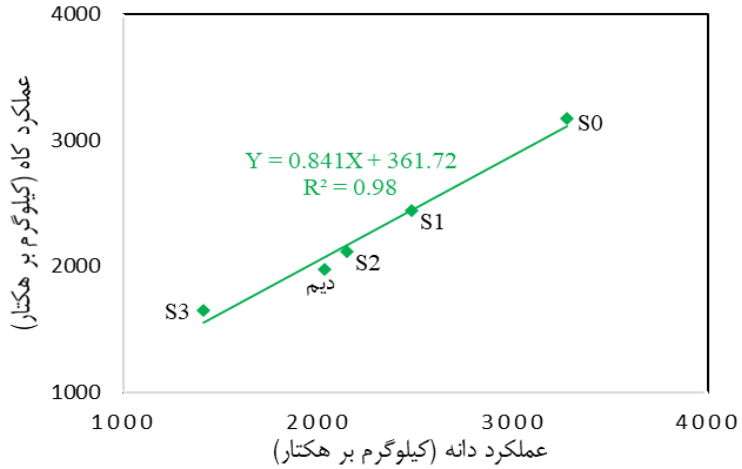


شکل ۵- عملکرد نسبی کل و اجزای جو نسبت به شرایط دیم، در سطوح شوری آب آبیاری

رابطه بین دانه و کاه جو

در شکل (۶) خطی بین مقادیر عملکرد کاه و دانه جو برازش داده شد و رابطه Y=0.841X+361.72 با ضریب همبستگی ۰/۹۸ برای آن‌ها به‌دست‌آمده آورده شد. این قبیل روابط می‌تواند معیاری برای

تخمین مقدار هر یک از اجزای عملکرد بر اساس مقدار دیگری باشد. به این صورت که با استفاده از رابطه مذکور و در صورت فقدان یکی از اجزای عملکرد جو (دانه یا کاه)، می‌توان مقدار پارامتر موردنیاز را تخمین زد. به‌عنوان مثال اگر در پژوهشی نیاز به مقدار عملکرد کاه باشد، اما فقط عملکرد دانه در دسترس باشد، با استفاده از نتایج پژوهش حاضر می‌توان عملکرد کاه را برآورد نمود. از سوی دیگر در رابطه شکل (۶)، اگر به‌جای عملکرد دانه (پارامتر X) مقدار صفر قرار داده شود، برای عملکرد کاه (پارامتر Y) مقدار ۳۶۱/۷۲ کیلوگرم بر هکتار به‌دست‌آمده می‌آید. این مطلب نشان می‌دهد که اگر در اثر تنش‌های شوری بسیار بیش‌تر از سطح تیمار S_3 هیچ دانه‌ای تولید نشود، مقدار کاه تولیدشده پایه عدد ۳۶۱/۷۲ کیلوگرم بر هکتار خواهد بود. در پژوهشی مشابه، دانه گندم و جو به‌عنوان محصول اصلی و کاه و کُلَش آن‌ها به‌عنوان محصول فرعی در نظر گرفته شد. در این پژوهش گزارش شد که نسبت بین محصول اصلی و فرعی در کشت گیاهان مذکور و تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی، به‌صورت یک به یک است؛ یعنی به ازای هر یک کیلوگرم دانه گندم و جو تولیدشده، یک کیلوگرم هم کاه و کُلَش به‌دست آمده است (Ramezani Etedali et al., 2015)؛ اما در پژوهش حاضر شیب خط در شکل (۶) نشان داد که به ازای هر یک کیلوگرم دانه جو، ۰/۸۴۱ کیلوگرم کاه تولید شده است که این مطلب به گزارش پژوهش مذکور نزدیک بوده است.

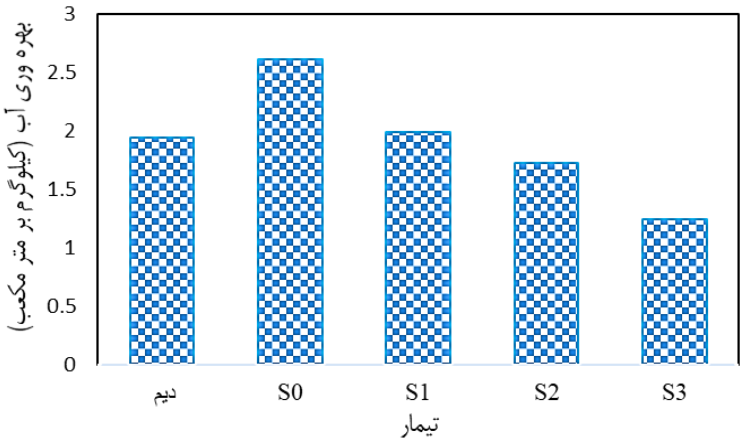


شکل ٦– رابطه بین عملکرد دانه و کاه جو در تیمارهای مختلف

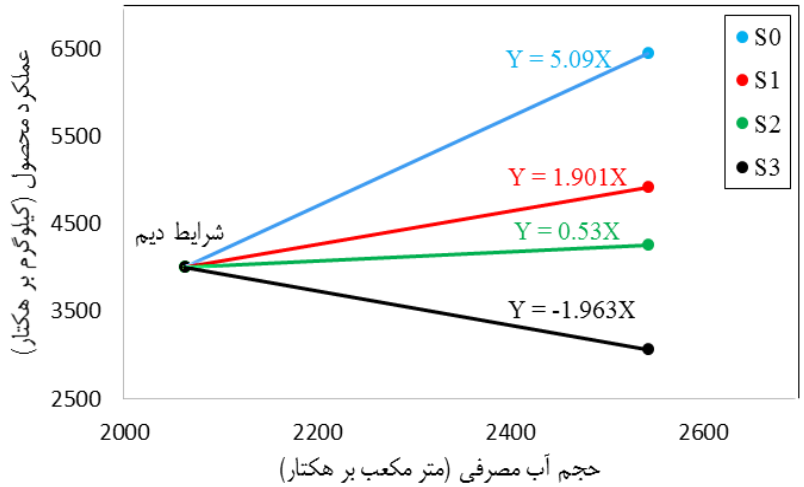
بهره‌وری آب

در این پژوهش مقدار بهره‌وری آب در تیمارهای کشت دیم، S_0، S_1، S_2 و S_3 به ترتیب برابر با ۱/۹۴۱، ۲/۶۱۸، ۲، ۱/۷۳ و ۱/۲۴۳ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد (شکل ۷). بیشینه تا کمینه مقدار بهره‌وری آب به ترتیب مربوط به تیمارهای S_0، S_1، دیم، S_2 و S_3 بود. در این شرایط بهره‌وری نسبی آب (نسبت به تیمار دیم) در تیمارهای S_0، S_1، S_2 و S_3 به ترتیب برابر با ۱۳۴/۸۴، ۱۰۲/۸۴، ۸۹ و ۶۴ درصد بود. از این‌رو بهره‌وری آب در تیمارهای S_0 و S_1 مطلوب‌تر از شرایط دیم و در تیمارهای S_2 و S_3 غیرقابل‌قبول بود. این نشان می‌دهد که استفاده از آب‌هایی تا سطح شوری ۶/۷ دسی زیمنس بر متر (تیمار S_1) در آبیاری تکمیلی جو، بهره‌وری مناسبی در مصرف آب ایجاد می‌کند. در سال ۱۳۹۰ عملکرد و بهره‌وری آب محصولات تحت کشت در دشت قزوین، در سیستم‌های آبیاری بارانی و سطحی برآورد شد. نتایج نشان داد برای گیاه جو، بهره‌وری آب آبیاری در سیستم‌های آبیاری بارانی بین ۰/۷۵ تا ۲/۵ و در آبیاری سطحی بین ۰/۴۳ تا ۱/۴۲ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است (غلامی و همکاران، ۱۳۹۵). این نشان می‌دهد که با توجه به سیستم آبیاری سطحی در پژوهش حاضر، نتایج مطلوبی نسبت به پژوهش غلامی و همکاران (۱۳۹۵) به‌دست آمده است. در پژوهشی در منطقه قزوین عملکرد و بهره‌وری آب جو توسط مدل آکواکراپ مدل‌سازی شد. در تیمارهای مختلف آبیاری بین ۱۰ تا ۱۱۰ درصد نیاز آبی گیاه، میزان متوسط بهره‌وری واقعی و بهره‌وری پتانسیل آب در کشت محصول جو به ترتیب ۰/۵۵ و ۱/۰۲ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد. هم‌چنین اعلام شد که ۵۰ درصد از شکاف بهره‌وری جو (اختلاف بین بهره‌وری واقعی و پتانسیل آب) با مدیریت آبیاری در شرایط ۳۰ درصد اعمال کم آبیاری قابل جبران خواهد بود (جناب و نظری، ۱۳۹۷). در پژوهش حاضر نیز نشان داده شده که با مدیریت آبیاری تکمیلی تا سطح شوری S_1، بهره‌وری آب نسبت به شرایط کشت دیم افزایش داشته است. در پژوهشی دیگر نیاز خالص و ناخالص آبی محصولات مهم زراعی دشت مشهد در سال ۱۳۹۲ تعیین شد و عملکرد هر محصول با استفاده از سالنامه آماری بخش کشاورزی موردبررسی قرار گرفت. در سطح زیر کشت ۱۲۰۲۷ هکتار برای گیاه جو، متوسط عملکرد جو

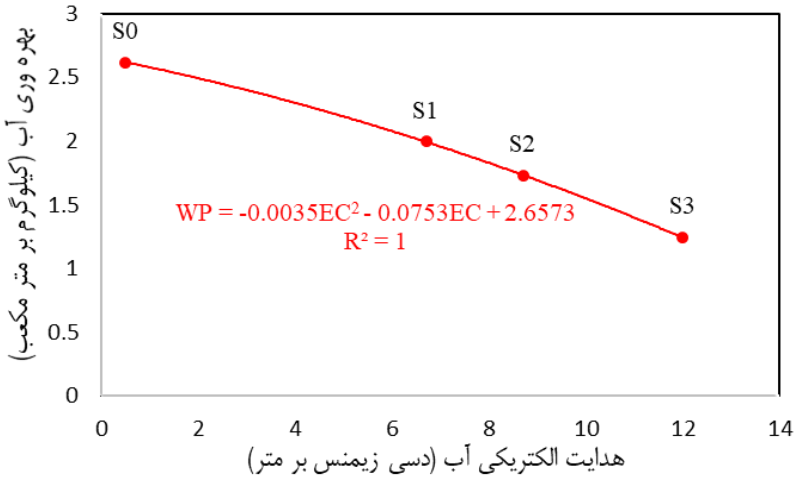
مقدار ۲۶۹۴/۳ کیلوگرم بر هکتار برآورد شد. درحالی‌که نیاز آبی خالص و ناخالص این محصول به ترتیب مقدار ۲۵۱۰ و ۵۰۰۰ مترمکعب بر هکتار گزارش شد (کریمی و جلینی، ۱۳۹۶). بر اساس نتایج پژوهش مذکور، بهره‌وری واقعی و پتانسیل جو در دشت مشهد به ترتیب ۰/۵۳۹ و ۱/۰۷۳ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که شکاف بهره‌وری آب گیاه جو در منطقه مشهد تا رسیدن به مقدار بهینه، حدود ۵۰ درصد بوده است و می‌توان با اعمال مدیریت آبیاری مانند پژوهش حاضر، شکاف مذکور را کاهش داد. از سوی دیگر مقدار شوری آب آبیاری در پژوهش کنونی باعث شد که در تیمارهای S_1، S_2 و S_3، بهره‌وری آب نسبت به تیمار S_0 (آب باکیفیت) به ترتیب مقدار ۲۳/۷۳، ۳۳/۹۴ و ۵۲/۵ درصد کاهش داشته باشد. به‌طوری‌که به ازای هر یک دسی زیمنس بر متر افزایش شوری آب، به‌طور متوسط مقدار ۰/۱۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب از مقدار بهره‌وری آب کم شد. هم‌چنین نتایج شکل (۸) نشان داد به ازای هر یک مترمکعب اعمال آبیاری تکمیلی، شیب عملکرد محصول در تیمارهای S_0، S_1 و S_2 به ترتیب ۵/۰۹، ۱/۹ و ۰/۵۳ کیلوگرم بر هکتار افزایش و در تیمار S_3، ۱/۹۶۳ کیلوگرم بر هکتار کاهش یافت. در پژوهشی در استان یزد، اثر شوری آب آبیاری با دو تیمار ۲ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر بر روی بهره‌وری آب گیاه جو بررسی شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، تنش شوری در سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ به ترتیب باعث کاهش ۲۳ و ۳۱/۷ درصدی بهره‌وری آب شد. میانگین دوساله بهره‌وری آب بر حسب عملکرد دانه جو در سطح شوری ۲ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر بر متر به ترتیب مقدار ۰/۸۷ و ۰/۶۴ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد (پیرسته انوشه و همکاران، ۱۳۹۶). همان‌طور که قبلاً اشاره شد، در پژوهش حاضر نیز اعمال آبیاری تکمیلی در سطح شوری ۱۲ دسی زیمنس متر بر متر (تیمار S_3) باعث کاهش ۵۲/۵ درصدی بهره‌وری آب نسبت به تیمار S_1 شد؛ اما به علت اعمال تنش شوری آب در مرحله حساس رشد جو (پر شدن دانه‌ها)، کاهش بهره‌وری آب نسبت به پژوهش پیرسته انوشه و همکاران (۱۳۹۶) بیش‌تر بوده است.



شکل ۷– بهره‌وری آب مصرفی در تولید زیست‌توده جو، در تیمارهای مختلف



شکل ۸– واکنش عملکرد جو به حجم آب مصرفی در تیمارهای شوری آب، نسبت به شرایط دیم



شکل ۹– رابطه بین مقدار شوری و بهره‌وری آب در آبیاری تکمیلی جو

در ادامه بررسی نتایج، رابطه‌ای با معادله $WP=-0.0035EC^2-0.075EC+2.657$ بین تیمارهای آبیاری تکمیلی برازش داده شد (شکل ۹) که به‌وسیله آن می‌توان مقدار بهره‌وری آب را بر اساس مقدار شوری آب برآورد نمود. در پژوهش‌های گذشته نیز از این شیوه برای تخمین عملکرد محصول ذرت بر اساس مقدار تبخیر–تعرق گیاه در منطقه قزوین، استفاده شده است (سعیدی، ۱۴۰۰). به‌طور معمول بهره‌وری آب در زراعت دیم، بیش‌تر از کشت آبی محصول است؛ اما دستاورد کاربردی این بخش از پژوهش نشان داد که در انجام آبیاری تکمیلی جو تا سطح شوری آب برابر با ۶/۷ دسی زیمنس متر بر متر، مقدار بهره‌وری آب حتی بیش‌تر از شرایط کشت دیم خواهد بود.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر آبیاری تکمیلی گیاه جو دیم با چهار تیمار شوری آب به مقدار (S_0) ۰/۵، (S_1) ۶/۷ (S_2) ۸/۷ و (S_3) ۱۲ دسی‌متر بر متر بررسی شد. نتایج نشان داد عملکرد و اجزای عملکرد جو در تیمارهای کشت دیم و آبیاری تکمیلی، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد داشتند. بیش‌ترین تا کم‌ترین عملکردها به ترتیب مربوط به تیمارهای S_0، S_1، S_2، دیم و S_3 بود. بر این اساس عملکرد کل، کاه و دانه جو به ترتیب با افزایش ۶۱، ۶۰/۹ و ۶۱/۱ درصدی در تیمار S_0، افزایش ۲۲/۸، ۲۳/۶ و ۲۲ درصدی در تیمار S_1، افزایش ۶/۳، ۷ و ۵/۷ درصدی در تیمار S_2 و کاهش ۲۳/۵، ۱۶/۳ و ۳۰/۵ درصدی در تیمار S_3 همراه بود. درنتیجه برای افزایش عملکرد محصول جو دیم در منطقه قزوین، آبیاری تکمیلی بهاره تا سطح شوری ۸/۷ دسی زیمنس متر بر متر قابل توصیه است. از این‌رو دستاورد کاربردی پژوهش، بیش‌تر در بحث مقابله با کم‌آبی مورداستفاده قرار می‌گیرد. به این صورت که با مدیریت آبیاری (اِعمال آبیاری تکمیلی) و استفاده بهینه از منابع آب باکیفیت و حتی لب‌شور، یک الگوی مفید و مناسب در زراعت دیم گیاه جو ایجاد می‌شود. از سوی دیگر بهره‌وری مصرف آب نسبت به شرایط دیم، در تیمارهای S_0 و S_1 به ترتیب ۳۴/۸ و ۲/۸ درصد افزایش و در تیمارهای S_2 و S_3 به ترتیب ۱۱ و ۳۶ درصد کاهش یافت. به‌طوری‌که به ازای هر یک دسی زیمنس بر متر افزایش شوری آب، مقدار بهره‌وری آب با شیب ۰/۱۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب کم شد. از این‌رو برای کسب بهره‌وری مطلوب آب، اعمال آبیاری تکمیلی بر روی جو تا سطح شوری S_1 توصیه شد. در این‌باره معادله $WP=-0.0035EC^2-0.075EC+2.657$ برای تخمین مقدار بهره‌وری آب بر اساس مقدار شوری آب ارائه شد. جنبه کاربردی دیگر پژوهش حاضر این بود که با استفاده بهینه از منابع آبی تا سطوح شوری مورداشاره، ضمن افزایش عملکرد و بهره‌وری آب در تولید جو، می‌توان سطح زیر کشت محصول و به دنبال آن اشتغال، درآمدزایی و امنیت غذایی را در بخش کشاورزی منطقه قزوین افزایش داد.

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: ۱–۸۹.

اسکندری، ح. و عالی زاده امرایی، ا. ۱۳۹۵. عملکرد دانه و کارایی انرژی سیستم تولید جو در شرایط دیم در واکنش به آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی. مجله به‌زراعی کشاورزی، ۱۸(۴): ۸۷۱–۸۸۰.

پاک‌نژاد، ف.، فاطمی ریکا، ز. و ایلکایی دهنو، م. ن. ۱۳۹۶. بررسی اثر تنش آخر فصل بر عملکرد و اجزای عملکرد ده رقم جو در منطقه کرج. مجله تنشهای محیطی در علوم زراعی، ۱۰(۳): ۳۹۱–۴۰۱.

پیرسته انوشه، ه.، امام، ی.، کاظمینی، س. ع. و دهقانی، ف. ۱۳۹۶. تأثیر شوری آب آبیاری بر عملکرد جو، رطوبت و شوری خاک در طول فصل رشد و بهره‌وری آب. مجله پژوهش های خاک، ۳۱(۲): ۱۵۵-۱۶۷.

جناب، م. و نظری، ب. ۱۳۹۷. مطالعه شکاف عملکرد و شکاف بهره‌وری آب گندم، جو و ذرت در استان قزوین. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۹(۶): ۱۴۰۵-۱۴۱۷.

چوپان، ی.، خاشعی سیوکی، ع. و شهیدی، ع. ۱۳۹۹. بررسی اثر آبیاری با پساب صنعتی توأم با تنش کمبود آب بر عملکرد و اجزای عملکرد جو. مجله مدیریت آب در کشاورزی، ۷(۱): ۱۲۱-۱۳۰.

حمزه‌ئی، ج. و سیدی، م. ۱۳۹۲. واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام جو به آبیاری تکمیلی در شرایط دیم. مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار، (۲۳)۴: ۱۵۹-۱۶۸.

دولت‌پناه، ت.، روستایی، م.، آهک‌پز، ف. و محبعلی‌پور، ن. ۱۳۹۲. تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای آن در ژنوتیپ‌های بینابین و زمستانه جو در منطقه مراغه. مجله به‌نژادی نهال و بذر، ۱: ۲۵۷-۲۷۵.

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 آب و خاک، ۳۰(۳): ۷۰۱-۷۱۴.

سعیدی، ر. ۱۴۰۰. بررسی حساسیت درون فصلی تبخیر-تعرق ذرت به تنش آبی، در سطوح مختلف آبیاری. مجله آب و خاک، ۳۵(۳): ۳۳۵-۳۴۸.

صفاری، م. و مددی زاده،، م. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر سطوح مختلف کود ازته و آبیاری تکمیلی بر عملکرد و اجزای عملکرد جو رقم سهند در منطقه بافت. مجله علوم کشاورزی دیم، ۱: ۹۲-۱۰۷.

طباطبایی، س. ع.، کوچکی، ه. ر. و ملاصادقی، ج. ۱۳۹۲. ارزیابی تحمل به شوری ارقام جو در شرایط آزمایشگاه و مزرعه. فصلنامه فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۵(۲۰): ۸۷-۱۰۱.

عبادی، ن.، سیدشریفی، ر. و صدقی، م. ۱۳۹۸. تأثیر کودهای زیستی بر عملکرد و برخی صفات بیوشیمیایی و فیزولوژیک جو رقم سهند تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی. مجله تنشهای محیطی در علوم زراعی، ۱۲(۴): ۱۱۴۱-۱۱۵۰.

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

کریمی، م. و جلینی، م. ۱۳۹۶. بررسی شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات مهم زراعی، مطالعه موردی: دشت مشهد. مجله آب و توسعه پایدار، ۴(۱): ۱۳۳-۱۳۸.

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.

ویسی‌پور، ا.، مجیدی، م. م. و میرلوحی، ا. ۱۳۹۰. تحلیل روابط صفات تحت دو شرایط تنش و عدم تنش خشکی در توده‌های اسپرس. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۲(۴): ۷۴۵-۷۵۶.

Al-Ghzawi, A. L., Bani Khalaf, Y., Al-Ajlouni, Z., Al-Quraan, N., Musallam, I. and Bani Hani, N. 2018. The Effect of Supplemental Irrigation on Canopy Temperature Depression, Chlorophyll Content, and Water Use Efficiency in Three Wheat (Triticum aestivum L. and T. durum Desf.) Varieties Grown in Dry Regions of Jordan. Journal of Agriculture. 8(5): 1-23.

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.

Kafi, M. and Stwart, D. A. 1998. Effect of salinity on growth and yield of nine types of wheat. Journal of Agronomy Food Science. 12(1): 77-85.

Mwando, E., Angessa, T., Han, Y. and Li, C. 2020. Salinity tolerance in barley during germination homologs and potential genes. Journal of Zhejiang University-SCIENCE B (Biomedicine & Biotechnology). 21(2): 93-121.

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.

Wang, T., Xu, Z. and Pang, G. 2019. Effects of Irrigating with Brackish Water on Soil Moisture, Soil Salinity, and the Agronomic Response of Winter Wheat in the Yellow River Delta. Journal of Sustainability. 11(20): 1-16.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 15, Feb.-Mar. 2022, p. 1432-1444

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۵، بهمن-اسفند ۱۴۰۰، ص. ۱۴۴۳-۱۴۳۲

Reaction of Rainfed Barley to Water Salinity Amount in Spring Supplementary Irrigation

R. Saeidi [1]

Recived: Aug.27, 2021 Accepted: Sep.25, 2021

Abstract

Supplementary irrigation in rainfed agriculture causes the increasing of crop yield and better using of water resources. The objective of this research was to investigate the effects of using of unconventional saline waters on supplementary irrigation of rainfed barley. The treatments included a rainfed (D) treatment and four water salinity levels with EC of 0.5 (S_0), 6.7 (S_1), 8.7 (S_2) and 12 (S_3) $dS.m^{-1}$. When the barley grains filling, was performed the once spring irrigation based on deficiency of soil moisture. The yield amounts in D, S_0, S_1, S_2 and S_3 treatments were measured equal to 4005.8, 6449.08, 4918.32, 4260.08 and 3063.72 kg. ha^{-1} (biomass yield), 1973.18, 3174.16, 2438.48, 2112 and 1651.32 kg. ha^{-1} (straw yield) and 2032.62, 3227.92, 2479.84, 2148.08 and 1412.4 kg. ha^{-1} (grain yield), respectively. The results showed that for one $dS.m^{-1}$ increasing of water salinity in supplementary irrigation, biomass, straw and grain were decreased (relative to rainfed), equal to 7.2%, 6.7% and 7.7%, respectively. Therefore, supplementary irrigation of barley up to salinity level of S_2, was recommended for rainfed cultivation conditions. Also, water productivity in D, S_0, S_1, S_2 and S_3 treatments were calculated equal to 1.941, 2.618, 2, 1.73 and 1.243 $kg.m^{-3}$, respectively. Typically, water productivity in rainfed agriculture is more than irrigated crop cultivation. However, the results of this research showed that in supplementary irrigation of barley up to salinity level of S_1, the amount of water productivity will be more than rainfed cultivation conditions. Therefore, in addition of quality water, the using of saline water (at the crop tolerance level) for supplementary irrigation of barley, causes the increasing of crop yield, food security and optimal management of water resources.

Keywords: Unconventional water, Water productivity, Yield

1- Ph.D. of irrigation and drainage Engineering, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
(Email: saeidi@org.ikiu.ac.ir)