



## مقاله علمی - پژوهشی

# اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب زعفران در خراسان رضوی (منطقه باخرز)

حسن مسافری ضیال‌الدینی<sup>۱</sup>، امین علیزاده<sup>۲\*</sup> و پرویز رضوانی مقدم<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۲۲ مرداد ۱۳۹۹

تاریخ دریافت: ۱۷ فروردین ۱۳۹۹

مسافری ضیال‌الدینی، ح.، علیزاده، ا.، و رضوانی مقدم، پ. ۱۳۹۹. اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب زعفران در خراسان رضوی (منطقه باخرز). زراعت و فناوری زعفران، ۸(۴): ۴۹۷-۵۱۰.

## چکیده

به منظور مطالعه عملکرد کمی گل و بنه زعفران در پاسخ به مدارهای مختلف و حجم‌های مختلف آب آبیاری و برآورد کارایی مصرف آب آزمایشی در سال‌های زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۵ در شهر باخرز، به صورت کرت‌های نواری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. دور آبیاری به‌عنوان عامل افقی (فاکتور A) در چهار مدار (15 = a1، 30 = a2، 45 = a3 و 90 = a4 روز) و حجم آب آبیاری به‌عنوان عامل عمودی (فاکتور B) در چهار حجم (250 = b1، 500 = b2، 1000 = b3 و 1250 = b4 متر مکعب در هکتار) انتخاب شد. نتایج نشان داد، که بیشترین عملکرد گل و بنه زعفران در تیمار a2b3 (حجم کل آب 6000 مترمکعب در هکتار) بدست آمد. بیشترین کاهش عملکرد بنه در تیمار a4b1 (حجم کل آب 750 مترمکعب در هکتار) با کاهش 72/1 درصدی نسبت به a1b2 (حجم کل آب 5500 مترمکعب در هکتار) و کمترین عملکرد وزن تر گل در تیمار a4b1 (حجم کل آب 750 مترمکعب در هکتار) با کاهش 76/5 درصدی نسبت به a1b2 (حجم کل آب 5500 مترمکعب در هکتار) و کمترین عملکرد وزن بنه در تیمار با حجم a4b1 (حجم کل آب 750 مترمکعب در هکتار) با کاهش 70/6 درصدی نسبت به حجم a2b3 (حجم کل آب 6000 مترمکعب در هکتار) بدست آمد. همچنین نتایج بدست آمده از مقایسه کارایی مصرف آب زعفران تحت تأثیر اثر متقابل حجم و مدار مختلف آبیاری نشان داد که بیشترین کاهش کارایی مصرف آب بر مبنای وزن بنه در تیمار a1b4 (حجم کل آب 13750 متر مکعب در هکتار) با کاهش 85/4 درصدی نسبت به a3b1 (حجم کل آب 1000 مترمکعب در هکتار) و بیشترین کاهش کارایی مصرف آب بر مبنای وزن گل در تیمار a1b4 (حجم کل آب 13750 متر مکعب در هکتار) با کاهش 82/4 درصدی نسبت به a2b1 (حجم کل آب 1500 مترمکعب در هکتار) بدست آمد. با توجه به نتایج بدست آمده استفاده از حجم آبیاری 250 تا 500 متر مکعب در هکتار در مدار 30 روز (1500 تا 3000 مترمکعب در هکتار) برای حداکثر بهره‌وری آب در زراعت زعفران توصیه می‌شود.

**کلمات کلیدی:** برنامه‌ریزی آبیاری، بهره‌وری آب، عملکرد بنه، عملکرد گل

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استاد گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

\*-نویسنده مسئول: alizadeh@um.ac.ir

## مقدمه

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. گیاهی است از خانواده زنبقیان (Iridaceae)، گیاهان این تیره خشکزی، علفی و چند ساله می‌باشند. گونه *sativus* تنها گونه‌ای است که برای استفاده اقتصادی کشت می‌شود و گستردگی آن از مدیترانه تا چین امتداد دارد (Kafi et al., 2006). زعفران گیاهی یک ساله است که در پایان دوره رشد بنه‌های جدید بوجود آمده و با توجه به هزینه‌های بالای جابجایی بنه کشاورزان اقدام به کشت متراکم بنه در سال اول نموده (۴ تن در هکتار) و مدت بهره‌برداری ۸ سال طول می‌انجامد. اخیراً با تحقیقات انجام شده با کاشت بنه‌های درشت و تراکم دو برابر بنه (۸ تن بنه در هکتار) مدت بهره‌برداری به ۴ سال کاهش می‌یابد و متوسط میزان عملکرد نیز بیشتر می‌شود (Behdani et al., 2005). گیاه زعفران در ایران در نواحی بیابانی و نیمه بیابانی در اواخر پاییز، زمستان و بهار رشد می‌کند، اگر در پاییز قبل از دوران گل دهی بارش باران به تأخیر افتاد، گیاه زعفران به حدود ۱۰۰ میلی‌متر آبیاری نیاز دارد (Sepaskhah & Kamgar Haghighi, 2009). ایران با سطح زیر کشت ۹۰ هزار هکتار و تولید بیش از ۳۲۰ تن زعفران بیش از ۹۰ درصد زعفران جهان را تأمین می‌کند. کشت زعفران در استان خراسان رضوی سالانه در سطحی بالغ بر ۷۲ هزار هکتار انجام می‌شود. تولید سالانه آن بیش از ۲۲۰ تن با متوسط عملکرد ۳ کیلوگرم در هکتار است که رتبه اول را در بین استان‌های کشور به خود اختصاص می‌دهد. شهرستان باخرز با سطح ۳۵۰۰ هکتار کشت زعفران جایگاه پنجم تولید این محصول در سطح استان را دارا می‌باشد (Sadeghi et al., 2013) در سال‌های چهارم و پنجم کشت آبی و دیم زعفران با عملکرد کل ۱۲/۸ و ۱۲/۲ کیلوگرم در هکتار زعفران خشک نسبت به بقیه سال‌ها برتر بودند و سال‌های

دوم، سوم و ششم به ترتیب با عملکرد ۵/۳، ۵/۹۹ و ۷/۰۴ کیلوگرم در هکتار در گروه میانی و سال اول با عملکرد ۰/۴ کیلوگرم در هکتار در گروه پایین قرار گرفت. در مجموع، شش سال آزمایش، بین کشت آبی و دیم با متوسط عملکرد به ترتیب با ۷/۵ و ۷/۱ کیلوگرم تفاوت معنی‌دار وجود ندارد (Azizi Zohan et al., 2006). اثر سطوح آبیاری و کشت پر تراکم بر کارایی جذب و مصرف نیتروژن در زعفران نشان داد که کمترین میزان جذب نیتروژن در اندام هوایی و بنه زعفران (به ترتیب ۶/۰۲ و ۵/۶۲ گرم در متر مربع) در شرایط اجرای کاشت ۵۰ بنه در متر مربع +۵۰ درصد آبیاری می‌باشد (Koocheki et al., 2015). آبیاری تابستانه در اواسط مرداد ماه موجب افزایش ۴۰ درصدی در عملکرد گل زعفران و آبیاری در نیمه دوم تیرماه را مضر و با ۱۷ درصد کاهش عملکرد گل زعفران گزارش نمودند (Mosaferei Ziauddin et al., 2009). آبیاری قطره‌ای با میانگین عملکرد ۱۲/۶ کیلوگرم زعفران (کلاله خشک) و متوسط مصرفی آب ۲۲۷ میلی‌متر در طول دوره رشد و نمو گیاه نسبت به سایر روش‌ها برتر و قابل توصیه می‌باشد که این عملکرد حدود ۲۰٪ نسبت به سایر روش‌ها افزایش داشت و به‌ازای تولید هر گرم زعفران ۰/۱۸ متر مکعب آب مصرف شد و در سال سوم ۷/۵۱ تن بنه حاصل شد. بالاترین عملکرد بنه و برگ خشک در سال اول مربوط به آبیاری کرتی به‌ترتیب ۱۱/۵ و ۳/۹۴ تن و حداقل آن مربوط به آبیاری بارانی به‌ترتیب ۷/۰۵ و ۱/۸۵ تن حاصل شد (Mollafilabi, 2004). آبیاری زعفران بلافاصله پس از کاشت و نیز تکرار آبیاری در سال دوم (آبیاری‌های تأخیری بهاره، تابستانه و زود هنگام پاییزه) بر اکثر صفات مورفولوژیکی بنه‌های دختری زعفران مانند تعداد جوانه در هر بنه و نیز قطر و وزن متوسط بنه‌های دختری اثر منفی داشت. با این وجود، تأثیر آبیاری در تاریخ‌های مختلف کاشت و در شرایط وجود یا عدم

کننده نیاز بخش‌های مختلف به آب، سفره‌های آب زیرزمینی هستند. به علت برداشت بیش از اندازه از این منابع بسیاری از دشت‌های استان دارای تراز منفی هستند و سطح آب زیرزمینی سالانه در حدود یک متر پایین می‌افتد. نیاز آبی زعفران بستگی به تراکم کشت و سال بهره‌برداری دارد و بین ۳۰۰۰ تا ۸۰۰۰ متر مکعب در هکتار متغیر بوده و در هر مدار بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ مترمکعب در هکتار آبیاری انجام می‌شود. در مشهد نیاز آبی سالانه زعفران حدود ۳۰۰۰ متر مکعب و بهترین زمان برای آبیاری اول با توجه به دمای هوا در خراسان، ۱۵ مهر و دوم آبیاری ۱۵ روز مناسب‌ترین دور آبیاری توصیه می‌شود (Mosaferei Ziauddin, 2002). تاکنون افزایش تولید زعفران تنها ناشی از افزایش سطح زیرکشت بوده است و این موضوع یکی از چالش‌های مهم تولید زعفران در سال‌های آینده می‌باشد، زیرا در مناطق تولید زعفران تقریباً با آب قابل استحصال مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند و با توجه به شرایط اقلیمی منطقه خراسان، افزایش بیشتر سطح زیر کشت منطقی نیست و تنها راه افزایش پایدار تولید، افزایش عملکرد در واحد سطح می‌باشد (Alizadeh et al., 2008). اگر چه نیاز آبی زعفران نسبتاً پایین است، ولی اعمال تنش رطوبتی بر رشد برگ و غلاف گیاه شدیداً اثر دارد و بنابراین هرچند زعفران به عنوان گیاهی متحمل به خشکی شناخته شده است، لیکن نباید در شرایط تنش خشکی قرار گیرد (Goliaris, 1999). این تحقیق با هدف تعیین نیاز آبی و برنامه ریزی آبیاری زعفران و به منظور مدیریت بهینه مصرف آب و افزایش کارایی مصرف آب زعفران انجام گردید.

### مواد و روش‌ها

این طرح در مزرعه‌ای در روستای قلعه نو شامل از توابع شهرستان باخرز واقع در ۱ کیلومتری شهرستان باخرز استان خراسان رضوی (با عرض جغرافیایی  $33^{\circ} 49' 25''$  شمالی و طول جغرافیایی  $52^{\circ} 17' 52''$  شرقی و ارتفاع ۱۲۸۱ متری از

وجود بقایای گیاهان همراه، مقداری متفاوت بود. اثر آبیاری در مهرماه تا حدود (۴۲ درصد) بر وزن بنه‌های موجود در هر کلون مثبت بود. در مجموع، کاشت زعفران در اول خرداد ماه، عدم انجام آبیاری پس از کاشت بنه در این تاریخ کاشت و نیز بکارگیری گیاهان همراه موجب بهبود شاخص‌های رشدی بنه-های دختری زعفران گردید (Koocheki et al., 2015). در ۴ سال اول رشد گیاه زعفران، در هر سال نسبت به سال پیش، مقدار تبخیر - تعرق افزایش پیدا می‌کند، علت آن ازدیاد پدازه‌ها به صورت چشم‌گیر در سال دوم نسبت به سال اول و به نسبت کمتری در دوره‌های رشد میانی و پایانی و در نتیجه توسعه پوشش گیاه بوده است. همچنین تبخیر - تعرق گیاه زعفران در سال اول و دوم کشت به ترتیب برابر ۵۲۳ و ۶۴۰ میلی متر بود (Yarami et al., 2011). روش آبیاری کرتی با تولید ۴/۱۸ کیلوگرم در هکتار زعفران دسته و ۱۳/۱۲ تن در هکتار بنه، از روش جویچه‌ای با تولید ۲/۴۲۵ کیلوگرم و ۱۰/۴۸ تن بنه در هکتار، بهتر بوده و در سال‌هایی که بارندگی بیش از میانگین در منطقه خراسان جنوبی نازل می‌شود، مقدار محصول زعفران ۵۰٪ افزایش نشان می‌دهد (Shir-Mohammadi Aliakbar-Khani, 2003). همبستگی بالایی بین فواصل آبیاری و عملکرد وزن خشک وجود دارد، به طوری که عملکرد بالاتر با فواصل آبیاری کمتر بدست می‌آید. در سال اول کشت، به علت ضعف بنه‌ها و عدم استقرار کامل آن‌ها در خاک و کشت عمقی، جوانه-های گل توان کافی برای رویش ندارند و حتی برگ‌ها درسال اول دیرتر از معمول ظاهر می‌شوند (Behdani et al., 2005). مصرف 30 تن در هکتار کود آلی و انجام آبیاری با فواصل ماهیانه (مصرف 3600 مترمکعب در هکتار در طول فصل رشد) می‌تواند رشد و عملکرد زعفران را افزایش دهد (Fallahi et al., 2016). همچنین ارتباط مثبت بین اندازه بنه‌های زعفران با تولید گل در این گیاه گزارش شده است (Gresta et al., 2008; Kumar et al., 2009). در استان خراسان رضوی منبع اصلی تأمین-

سطح دریا اجرا شد (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و شمایی هوایی طرح

Figure 1- Geographical location and aerial view of the experimental site.

با فاصله یک متر از هر طرف از کرت‌های مجاور در نظر گرفته شد. در ۱۵ اردیبهشت ماه سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ به منظور بررسی اثرات طرح بر تولید بنه‌های زعفران نمونه‌برداری از ۰/۱۵ متر مربع در هر کرت انجام شد. گل‌های زعفران در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در ۱ آبان‌ماه ظاهر شدند و گلدهی به مدت ۲۰ روز به طول انجامید و در طول این مدت، یک روز در میان چین گل‌ها انجام شد (شکل ۲).

اجزای عملکرد شامل تعداد گل در واحد سطح شمارش شد و وزن تر گل، وزن خشک کلاله، وزن خشک خامه توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم تعیین و عملکرد کل گل‌تر و کلاله خشک زعفران از طریق برداشت گل‌های باقی‌مانده از هر کرت تعیین شد. صفات زراعی اندازه‌گیری شده شامل صفات مربوط به گل زعفران (تعداد گل در واحد سطح، وزن گل تر در واحد

دور آبیاری به‌عنوان عامل افقی (فاکتور A) در چهار مدار ( $a_1=15$ ،  $a_2=30$ ،  $a_3=45$  و  $a_4=90$  روز) و حجم آب آبیاری به‌عنوان عامل عمودی (فاکتور B) در چهار حجم (هکتار) انتخاب شد. تیمارها (حجم‌های مختلف آب آبیاری بر حسب متر مکعب در هکتار) شامل:  $a_1b_1=2750$  ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ )،  $a_1b_3=11000$  ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ )،  $a_1b_2=5500$  ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ )،  $a_2b_1=1500$  ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ )،  $a_1b_4=13750$  ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ )،  $a_2b_4=3000$  ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ )،  $a_2b_3=6000$  ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ )،  $a_3b_1=1000$  ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ )،  $a_3b_2=2000$  ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ )،  $a_3b_3=4000$  ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ )،  $a_3b_4=5000$  ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ )،  $a_4b_1=750$  ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ )،  $a_4b_2=1500$  ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ )،  $a_4b_3=3000$  ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ ) و  $a_4b_4=3750$  ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ )، قالب سه تکرار از اوایل خرداد ۱۳۹۵ تا اواخر آبان ماه ۱۳۹۷ به مدت سه سال متوالی اجرا شد. ابعاد کرت‌ها ۲\*۲/۱ متر مربع و

تجزیه و تحلیل داده‌ها از بسته نرم‌افزاری SPSS استفاده گردید.

سطح و وزن کلاله خشک در واحد سطح) و صفات مربوط به بنه زعفران (تعداد بنه دختری در واحد سطح) اعمال شد. برای



شکل ۲- مراحل کاشت و داشت و برداشت طرح  
Figure 2- Planting, growth, development and harvesting stages.

#### کارایی مصرف آب

آب به عنوان مهم‌ترین نهاده در تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شود و از این رو کمبود آب عمده‌ترین عامل بازدارنده توسعه زراعت آبی محسوب می‌شود. با توجه به بحران فزاینده مرتب بر کیفیت منابع آبی در ایران و جهان، انتخاب استراتژی‌های مناسب به منظور بیشینه کردن میزان بهره‌وری آب برای محصولات تولیدی ضروری است (Behdani et al., 2008). بنا به تعریف کارایی مصرف آب مقدار محصول تولید شده به ازای واحد آب مصرف شده می‌باشد و با واحد کیلوگرم بر متر مکعب سنجیده می‌شود. مقدار آب مصرفی از جنبه‌های

گوناگون قابل تعریف است، لذا کارایی مصرف آب نیز به روش‌های متفاوت قابل محاسبه می‌باشد (Molden et al., 2007). در این تحقیق، تجزیه واریانس شاخص کارایی مصرف آب زعفران با لحاظ نمودن میزان بارندگی برای چهار فاکتور کارایی مصرف آب برای گل تازه ( $WUE_{Fresh\ flower}$ )، کارایی مصرف آب برای گل خشک ( $WUE_{Dry\ flower}$ )، کارایی مصرف آب برای بنه ( $WUE_{Corn}$ ) و کارایی مصرف آب برای کلاله ( $WUE_{Stigma}$ ) محاسبه شد. با توجه به تیمارهای انتخاب شده زمان‌های آبیاری مشخص گردید و براساس آن آبیاری در طول فصل رشد انجام شد (جدول ۱).

جدول ۱- برنامه زمان‌بندی آبیاری تیمارهای طرح زعفران  
Table 1- Irrigation schedule of saffron design treatments

| تاریخ آبیاری<br>Irrigation date | دور آبیاری<br>Interval irrigation (day) | ۲۰ مهر<br>11 October | ۱۵ آذر<br>21 November | ۵ آذر<br>5 December | ۱۵ دی<br>21 December | ۱۵ دی<br>4 January | ۱۵ بهمن<br>20 January | ۱۵ بهمن<br>3 February | ۱۵ اسفند<br>19 February | ۱۵ اسفند<br>5 March | ۱۵ فروردین<br>21 March | ۱۵ فروردین<br>4 April | ۱۵ اردیبهشت<br>21 Anril | تعداد آبیاری<br>Irrigation number |
|---------------------------------|---|----------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| 15                              | +                                       | 1                    | 1                     | 1                   | 1                    | 1                  | 1                     | 1                     | 1                       | 1                   | 1                      | 1                     | 1                       | 11                                |
| 30                              | +                                       | 1                    |                       | 1                   |                      |                    | 1                     |                       | 1                       |                     | 1                      |                       | 1                       | 6                                 |
| 45                              | +                                       | 1                    |                       |                     | 1                    |                    |                       |                       | 1                       |                     |                        | 1                     |                         | 4                                 |
| 90                              | +                                       | 1                    |                       |                     |                      |                    | 1                     |                       |                         |                     |                        |                       | 1                       | 3                                 |

حجم کل آب مورد نیاز در طول فصل رشد با انجام آبیاری  
 بر اساس مقادیرهای پیش‌بینی شده در طرح برای هر مدار آبیاری  
 مشخص گردید (جدول ۲).  
 آزمایش خاک مزرعه به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و  
 شیمیایی آن انجام شد (جدول ۳).

جدول ۲- مقادیر کل آب آبیاری تیمارهای طرح

Table 2- The total amount of irrigation water for treatments (cubic meter per hectare)

| Irrigation interval<br>(day) | مدار آبیاری<br>Irrigation number | حجم کل آب (Total volume of water)    |                                      |                                       |                                       |
|------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
|                              |                                  | 250 m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> | 500 m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> | 1000 m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> | 1250 m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> |
| 15                           | 11                               | 2750                                 | 5500                                 | 11000                                 | 13750                                 |
| 30                           | 6                                | 1500                                 | 3000                                 | 6000                                  | 7500                                  |
| 45                           | 4                                | 1000                                 | 2000                                 | 4000                                  | 5000                                  |
| 90                           | 3                                | 750                                  | 1500                                 | 3000                                  | 3750                                  |

جدول ۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Table 3- Physical and chemical properties of farm soil

| کربن آلی<br>Organic<br>carbon<br>(%) | نیترژن کل<br>Total N<br>(%) | فسفر قابل دسترس<br>Available P<br>(mg.kg <sup>-1</sup> ) | پتاسیم قابل دسترس<br>Available K<br>(mg.kg <sup>-1</sup> ) | قدرت یونی<br>هیدروژن<br>pH | هدایت الکتریکی<br>EC (dS.m <sup>-1</sup> ) | بافت خاک<br>Soil<br>texture |
|--------------------------------------|-----------------------------|--|--|----------------------------|--|-----------------------------|
| 0.35                                 | 0.04                        | 4.8  | 85   | 7.15                       | 1.17                                       | لومی رسی<br>Loamy clay      |

## نتایج و بحث

آزمایش نشان داد که با افزایش حجم آب آبیاری از ۲۵۰ متر مکعب در هکتار (b1) به ۵۰۰ (b2) و ۱۰۰۰ (b3) و ۱۲۵۰ (b4) متر مکعب در هکتار به ترتیب میزان عملکرد وزن گل ۴۲/۲ و ۶۴/۴ و ۵۶/۹ درصد افزایش کمی یافته و اختلاف بین میانگین عملکرد گل در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد و میزان عملکرد بنه ۳۰/۵ و ۴۷/۷ و ۴۷/۵ درصد افزایش کمی یافته و اختلاف بین میانگین عملکرد بنه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش مدار آبیاری از ۱۵ (a1) به ۳۰ (a2)، ۴۵ (a3) و ۹۰ (a4) روز به ترتیب میزان عملکرد گل زعفران را ۹/۱ و ۳۶/۱ و ۵۵/۸ درصد کاهش یافته و اختلاف بین میانگین عملکرد گل در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. میزان عملکرد بنه ۵/۷ و ۲۷/۳ و ۴۸/۹ درصد کاهش کمی یافته و اختلاف بین میانگین عملکرد بنه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۵).

نتایج تجزیه واریانس تأثیر اثرات ساده تیمارهای سطوح مختلف آبیاری و مدارهای مختلف آبیاری بر عملکرد گل تازه و گل خشک و کاله خشک و بنه زعفران در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید و اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و مدارهای مختلف آبیاری بر عملکرد گل تازه و بنه زعفران در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد و اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و مدارهای مختلف آبیاری بر عملکرد گل خشک زعفران معنی‌دار نشد و اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و مدارهای مختلف آبیاری بر عملکرد وزن کاله خشک زعفران در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل تکرار بر مدار و اثر متقابل تکرار بر حجم آب آبیاری معنی‌دار نشد (جدول ۴).

نتایج میانگین وزنی گل زعفران تحت تأثیر اثرات ساده تیمارهای سطوح مختلف آبیاری و مدارهای مختلف آبیاری

جدول ۴- تجزیه واریانس ( میانگین مربعات ) اثرات متقابل حجم و مدارهای مختلف آبیاری بر ویژگی‌های کمی عملکرد زعفران  
 Table 4- Analysis of variance (mean squares) for the effects of different irrigation volume and interval on some quantitative yield criteria of saffron

| منابع تغییرات<br>S.O.V.                          | درجه<br>آزادی<br>df | وزن بنه<br>Weight of<br>corm | وزن گل تازه<br>Weight of fresh flower | وزن گل خشک<br>Weight of dry flower | وزن کلاله خشک<br>Weight of<br>dry stigma |
|--|---------------------|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--|
| تکرار<br>Replication                             | 2                   | 35895.396**                  | 893.795**                             | 18.189**                           | 0.220**                                  |
| مدار<br>Interval                                 | 3                   | 93990.889**                  | 4311.710**                            | 43.132**                           | 1.119**                                  |
| حجم<br>Volume                                    | 3                   | 34912.500**                  | 1547.412**                            | 25.302**                           | 0.468**                                  |
| حجم*مدار<br>Interval * Volume                    | 9                   | 2343.685**                   | 249.762**                             | 3.115 ns                           | 0.056*                                   |
| تکرار*مدار<br>Replication * Interval             | 6                   | 954.035**                    | 112.209*                              | 3.713 ns                           | 0.068*                                   |
| تکرار*حجم<br>Replication * Volume                | 6                   | 344.479 ns                   | 54.069 ns                             | 2.045 ns                           | 0.033 ns                                 |
| تکرار*مدار*حجم<br>Replication * Interval* Volume | 18                  | 588.525                      | 31.350                                | 1.609                              | 0.018                                    |
| کل<br>Total                                      | 47                  | 10595.29                     | 493.08                                | 7.09                               | 0.141                                    |
| ضریب تغییرات<br>C.V. %                           |                     | 32.6                         | 39.9                                  | 42.8                               | 44.8                                     |

\*\*\*، \*\* و \* به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشند.  
 \*, \*\* and ns are significant at the 0.05 and 0.01 level of probability and no significant, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل حجم و مدارهای مختلف آبیاری بر ویژگی‌های کمی عملکرد زعفران  
 Table 5- Mean comparison for the effects of different irrigation volume and interval on some quantitative yield criteria of saffron

| تیمار<br>Factor  | بنه عملکرد<br>Yield of<br>corms<br>(g.m <sup>-2</sup> ) | وزن تر گل<br>Fresh weight of<br>flower<br>(g.m <sup>-2</sup> ) | خشک گل وزن<br>Dry weight of flower<br>(g.m <sup>-2</sup> ) | وزن خشک کلاله<br>Dry weight of<br>stigma<br>(g.m <sup>-2</sup> ) |
|--|---|--|--|--|
| حجم آب آبیاری<br>Volume water irrigation (m <sup>3</sup> ) |   |  |  |  |
| b1   | 240.17 b  | 39.465 b   | 4.242 b  | 0.553 b  |
| b2   | 313.42 ab   | 56.129 ab  | 6.002 ab   | 0.863 a  |
| b3   | 354.92 a  | 64.900 a   | 7.436 a  | 0.984 a  |
| b4   | 354.17 a  | 61.905 a   | 7.161 a  | 0.955 a  |
| مدار آبیاری<br>Irrigation interval (day)                   |   |  |  |  |
| a1   | 397.00 a  | 74.372 a   | 8.240 a  | 1.167 a  |
| a2   | 374.17 a  | 67.616 a   | 7.304 a  | 0.991 a  |
| a3   | 288.67 b  | 47.524 b   | 5.190 b  | 0.729 b  |
| a4   | 202.83 c  | 32.886 c   | 4.107 c  | 0.469 c  |

\*: در هر ستون تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.  
 \*: For each factor and in each column means followed by the same letters are not significantly different by Duncan's test at 5% level of probability.

تیمار a4b1 (حجم کل آب ۷۵۰ مترمکعب در هکتار) با کاهش ۷۶/۵ درصدی نسبت به a1b2 (حجم کل آب ۵۵۰۰ مترمکعب در هکتار) و کمترین عملکرد وزن بنه در تیمار با حجم a4b1 (حجم کل آب ۷۵۰ مترمکعب در هکتار) با کاهش ۷۰/۶ درصدی نسبت به حجم a2b3 (حجم کل آب ۶۰۰۰ مترمکعب در هکتار) بدست آمد (جدول ۶).

نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین وزنی بنه‌های زعفران تحت تأثیر اثرات متقابل تیمارهای مدارهای آبیاری و سطوح مختلف آبیاری آزمایش نیز نشان داد که با افزایش مدار آبیاری از a1 به a4 و افزایش حجم آبیاری از b1 به b4 بیشترین کاهش عملکرد بنه در تیمار a4b1 (حجم کل آب ۷۵۰ مترمکعب در هکتار) با کاهش ۷۲/۱ درصدی نسبت به a1b2 (حجم کل آب ۵۵۰۰ مترمکعب در هکتار) و کمترین عملکرد وزن تر گل در

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل حجم و مدارهای مختلف آبیاری بر ویژگی‌های کمی عملکرد زعفران

Table 6- Mean comparisons for the effects of interaction of different irrigation volume and interval on some quantitative yield criteria of saffron

| مدار آبیاری<br>Irrigation<br>interval<br>(day) | حجم آب<br>آبیاری<br>Irrigation<br>volume<br>(m <sup>3</sup> ) | بنه عملکرد<br>Yield of<br>corms<br>(g.m <sup>-2</sup> ) | وزن تر گل<br>Weight of<br>Fresh flower<br>(g.m <sup>-2</sup> ) | وزن خشک گل<br>Weight of dry<br>flower<br>(g.m <sup>-2</sup> ) | خشک کاله وزن<br>Weight of dry<br>stigma<br>(g.m <sup>-2</sup> ) | حجم کل آب<br>Total volume of<br>irrigation<br>(m <sup>3</sup> ) |
|--|---|---|--|---|---|---|
| a1   | b1  | 343.6 c   | 64.960 bc  | 6.680 bcd   | 0.922 abc   | 2750  |
|  | b2  | 431.6 ab  | 88.718 a   | 9.452 ab  | 1.406 a   | 5500  |
|  | b3  | 398.0 abc   | 73.544 abc   | 8.756ab   | 1.251 a   | 11000   |
|  | b4  | 414.6 ab  | 70.268 abc   | 8.076 abc   | 1.091 ab  | 13750   |
| a2   | b1  | 277.6 de  | 43.695 de  | 4.727 cdw   | 0.660 bcd   | 1500  |
|  | b2  | 365.0 bc  | 66.798 bc  | 6.520 bcd   | 0.973 abc   | 3000  |
|  | b3  | 452.0 a   | 83.459 ab  | 9.744 a   | 1.245 a   | 6000  |
|  | b4  | 402.0 abc   | 76.515abc  | 8.228 abc   | 1.087 ab  | 7500  |
| a3   | b1  | 206.3 fg  | 28.321 eh  | 3.482 de  | 0.367 d   | 1000  |
|  | b2  | 267.3 ef  | 39.395 eh  | 4.623 cde   | 0.651 bcd   | 2000  |
|  | b3  | 335.3 cd  | 62.128 c   | 5.352 cde   | 0.917 abc   | 4000  |
|  | b4  | 345.6 c   | 60.255 cd  | 7.306 bcd   | 0.981 abc   | 5000  |
| a4   | b1  | 133.0 h   | 20.886 h   | 2.081 d   | 0.264 d   | 750   |
|  | b2  | 189.6 gh  | 29.605 eh  | 3.417 bcd   | 0.425 d   | 1500  |
|  | b3  | 234.3 efg   | 40.471 eh  | 5.895 de  | 0.523 cd  | 3000  |
|  | b4  | 254.3 efg   | 40.583 eh  | 5.038 cde   | 0.665 bcd   | 3750  |

\*: در هر ستون تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

\*: For each factor and in each column means followed by the same letters are not significantly different by Duncan's test at 5% level of probability.

دختری در رژیم آبیاری دو هفته همخوانی دارد با کاهش فواصل آبیاری مقادیر طول گل و کاله حدود هفت درصد در مقایسه با دور آبیاری چهار هفته‌ای افزایش نشان داد، ولی سرعت گلدهی ۲۳ درصد کاهش یافت (Fallahi & Mahmoodi, 2018).

تأثیر رژیم آبیاری بر تعداد گل تولید در واحد سطح، طول گل، طول کاله، سرعت گلدهی و نیز عملکرد گل، کاله و گلبرگ معنی‌دار بود و میزان گلدهی زعفران در تیمار فواصل آبیاری چهار هفته، ۱۵ درصد بیشتر از تیمار انجام آبیاری با فواصل هر دو هفته بود این موضوع با کاهش ۱۵ درصدی تعداد بنه‌های



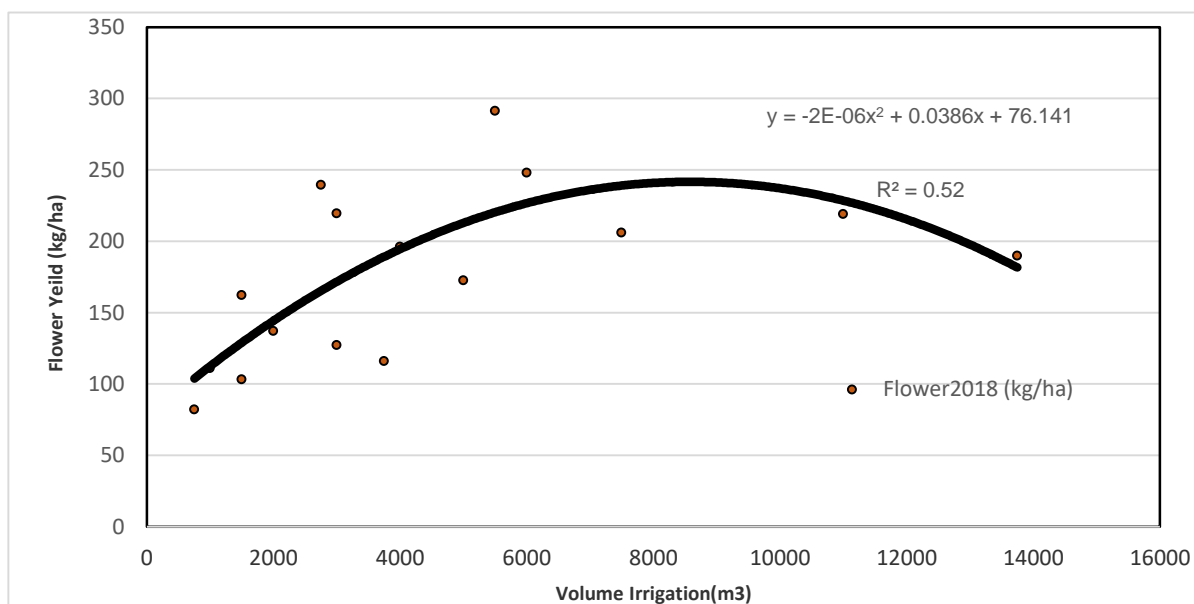
### رابطه آب مصرفی - عملکرد زعفران

در شکل ۱ منحنی تابع تولید برای زعفران با استفاده از نتایج سطوح مختلف آبیاری و مدارهای مختلف آبیاری رسم شده است. نقطه حداکثر تولید گل با مشتق گیری از تابع درجه دو تولید با مقدار آب مصرفی ۹۶۵۰ متر مکعب و تولید ۲۶۲/۴ کیلوگرم گل در هکتار در سال سوم کشت زعفران بدست آمد.

نتایج تجزیه واریانس تأثیر اثرات ساده و متقابل تیمارهای سطوح مختلف آبیاری و مدارهای مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب (گل تازه و گل خشک و کلاله خشک و بنه) زعفران در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۷).

نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین کارایی مصرف آب بر مبنای وزن گل و وزن کلاله و وزن بنه زعفران تحت تأثیر اثر ساده حجم مختلف آبیاری نشان می‌دهد که با افزایش حجم آب

آبیاری از ۲۵۰ متر مکعب (b1) به ۵۰۰ (b2) و ۱۰۰۰ (b3) و ۱۲۵۰ متر مکعب (b4) به ترتیب میزان کارایی مصرف آب نسبت به عملکرد بنه به مقدار ۶۸/۱ و ۶۰/۶ و ۳۳/۷ درصد کاهش یافته و با افزایش مدار آبیاری از ۱۵ روز (a1) به ۳۰ (a2) و ۴۵ (a3) و ۹۰ روز (a4) به ترتیب میزان کارایی مصرف آب نسبت به عملکرد بنه مقدار ۶۶/۷ و ۸۲/۷ و ۶۱/۵ درصد افزایش یافته است (جدول ۸). همچنین با افزایش حجم آب آبیاری از b1 به b2 و b3 و b4 به ترتیب میزان کارایی مصرف آب نسبت به عملکرد گل به مقدار ۶۴/۹ و ۵۴/۴ و ۲۸/۵ درصد کاهش و با افزایش مدار آبیاری از a1 به a2 و a3 و a4 به ترتیب میزان کارایی مصرف آب نسبت به عملکرد کلاله خشک به مقدار ۳۹/۵ و ۴۶/۷ و ۴۶/۴ درصد افزایش یافته است (جدول ۸).



شکل ۳- تابع تولید گل زعفران

Figure 3- Production function of saffron flower.

جدول ۷- تجزیه واریانس ( میانگین مربعات ) اثرات حجم و مدارهای مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب برخی از صفات زعفران  
 Table 7- Analysis of variance (mean squares) for the effects of different irrigation volume and interval on water use efficiency of some saffron criteria

| تکرار<br>Replication                              | درجه آزادی<br>df | کارایی مصرف آب بنه<br>WUE of corm | کارایی مصرف آب گل تازه<br>WUE of fresh flower | کارایی مصرف آب گل خشک<br>WUE of dry flower | کارایی مصرف آب کلاله خشک<br>WUE of dry stigma |
|---|------------------|-----------------------------------|---|--|---|
| تکرار<br>Replication                              | 2                | 17.71**                           | 696.87**                                      | 13.173**                                   | 0.194**                                       |
| مدار<br>Interval                                  | 3                | 152.77**                          | 8323.31**                                     | 88.669**                                   | 1.436**                                       |
| حجم<br>Volume                                     | 3                | 31.96**                           | 1106.58**                                     | 16.776**                                   | 0.206**                                       |
| حجم*مدار<br>Interval * Volume                     | 9                | 0.965**                           | 43.12 *                                       | 1.948 <sup>ns</sup>                        | 0.025**                                       |
| تکرار*مدار<br>Replication * Interval              | 6                | 0.314**                           | 23.20 <sup>ns</sup>                           | 1.211 <sup>ns</sup>                        | 0.014 <sup>ns</sup>                           |
| تکرار*حجم<br>Replication * Volume                 | 6                | 1.563 <sup>ns</sup>               | 38.46 <sup>ns</sup>                           | 2.020 <sup>ns</sup>                        | 0.032**                                       |
| تکرار*مدار*حجم<br>Replication * Interval * Volume | 18               | 0.258                             | 17.06   | 1.819                                      | 0.007   |
| کل<br>Total                                       | 47               | 13.06                             | 654.22  | 8.773                                      | 0.126   |
| ضریب تغییرات<br>C.V. %                            |                  | 52.6                              | 44.7  | 46.5                                       | 42.6  |

\*\*، \* و<sup>ns</sup> به ترتیب نشاندهنده معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و عدم وجود اختلاف معنی دار می باشند.  
 \*, \*\* and ns are significant at the 0.05 and 0.01 level of probability and no significant, respectively.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثرات حجم و مدارهای مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب برخی از صفات زعفران  
 Table 8- Mean comparison for the effects of different irrigation volume and interval on water use efficiency of some saffron criteria

| تیمار<br>Factor   | کارایی مصرف آب بنه<br>WUE of corm<br>(kg.m <sup>-3</sup> ) | کارایی مصرف آب گل تازه<br>WUE of fresh flower<br>(g.m <sup>-3</sup> ) | کارایی مصرف آب گل خشک<br>WUE of dry flower<br>(g.m <sup>-3</sup> ) | کارایی مصرف آب کلاله خشک<br>WUE of dry stigma<br>(g.m <sup>-3</sup> ) |
|---|--|---|--|---|
| حجم آب آبیاری<br>Irrigation volume<br>(m <sup>3</sup> ) |  |   |  |   |
| b1  | 11.562 a   | 90.768 a  | 9.863 a  | 1.244 a   |
| b2  | 7.671 b  | 64.859 b  | 7.067 b  | 0.991 b   |
| b3  | 4.557 c  | 41.348 c  | 4.769 c  | 0.604 c   |
| b4  | 3.678 c  | 31.821 d  | 3.741 c  | 0.498 c   |
| مدار آبیاری<br>Irrigation Interval<br>(day)             |  |   |  |   |
| a1  | 4.496 a  | 42.957 a  | 4.609 a  | 0.653 a   |
| a2  | 7.261 b  | 62.923 a  | 6.705 a  | 0.930 b   |
| a3  | 8.216 b  | 63.001 b  | 7.160 b  | 0.931 b   |
| a4  | 7.495 b  | 59.914 b  | 6.966 b  | 0.822 b   |

\*: در هر ستون تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.  
 \*: For each factor and in each column means followed by the same letters are not significantly different by Duncan's test at 5% level of probability.

نتایج بدست آمده از مقایسه کارایی مصرف آب زعفران تحت تأثیر اثر متقابل حجم و مدار مختلف آبیاری در نشان می‌دهد که با افزایش مدار آبیاری از ۱۵ روز به ۹۰ روز و افزایش حجم آبیاری از ۲۵۰ متر مکعب به ۱۲۵۰ متر مکعب بیشترین کاهش کارایی مصرف آب بر مبنای وزن بانه در تیمار a1b4 (حجم کل آب ۱۳۷۵۰ متر مکعب) با کاهش ۸۵/۴ درصدی نسبت به a2b1 (حجم کل آب ۱۵۰۰ متر مکعب) بدست آمد (جدول ۹).

جدول ۹- مقایسه میانگین اثرات متقابل حجم و مدارهای مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب برخی از صفات زعفران

Table 9- Mean comparison for the effects of interaction of different irrigation volume and interval on water use efficiency of some saffron criteria

| مدار آبیاری<br>Irrigation<br>interval (Day) | حجم آب آبیاری<br>Irrigation<br>volume (m <sup>3</sup> ) | کارایی مصرف<br>آب بانه<br>WUE of<br>corm (kg.m <sup>-3</sup> ) | کارایی مصرف آب گل<br>تازه<br>WUE of fresh<br>flower (g.m <sup>-3</sup> ) | کارایی مصرف آب<br>گل خشک<br>WUE of dry<br>stigma (g.m <sup>-3</sup> ) | کارایی مصرف آب<br>کلاه خشک<br>WUE of dry<br>stigma (g.m <sup>-3</sup> ) | حجم کل آب<br>Total volume of<br>water (m <sup>3</sup> ) |
|---|---|--|--|---|---|---|
| a1  | b1  | 8.331 c  | 78.740 b   | 1.11 bc   | 8.09 cd   | 2750  |
|   | b2  | 5.232 d  | 53.768 d   | 0.85 de   | 5.72 def  | 5500  |
|   | b3  | 2.412 fg   | 22.286 h   | 0.37 hi   | 2.65 ik   | 11000   |
|   | b4  | 2.011 g  | 17.035 h   | 0.264h  | 1.958 k   | 13750   |
| A2  | b1  | 12.341 b   | 97.1 a   | 1.46 a  | 10.50 ab  | 1500  |
|   | b2  | 8.111 c  | 74.2 b   | 1.08 bc   | 7.24 cde  | 3000  |
|   | b3  | 5.022 d  | 46.3 def   | 0.69 efg  | 5.41 efg  | 6000  |
|   | b4  | 3.573 ef   | 34.01 g  | 0.48 gh   | 3.65 hik  | 7500  |
| a3  | b1  | 13.756 a   | 94.404 a   | 1.22 b  | 11.60 a   | 1000  |
|   | b2  | 8.911 c  | 65.658 c   | 1.08 bc   | 7.70 cde  | 2000  |
|   | b3  | 5.589 d  | 51.77 de   | 0.76 def  | 4.46 ghi  | 4000  |
|   | b4  | 4.609 de   | 40.17 fg   | 0.65 efg  | 4.87 fgh  | 5000  |
| a4  | b1  | 11.822 b   | 92.828 a   | 1.17 b  | 9.24 bc   | 750   |
|   | b2  | 8.430 c  | 65.789 c   | 0.94 cd   | 7.59 cde  | 1500  |
|   | b3  | 5.207 d  | 44.96 ef   | 0.58 fgh  | 6.55 def  | 3000  |
|   | b4  | 4.521 de   | 36.074 g   | 0.59 fg   | 4.47 ghi  | 3750  |

\* در هر ستون تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

\*: For each factor and in each column means followed by the same letters are not significantly different by Duncan's test at 5% level of probability.

در مجموع بیشترین سطح فتوسنتزی گیاه زعفران و نیز حداکثر تعداد گل و وزن کل بنه‌های دختری در روش آبیاری قطره‌ای و در سطح تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی به دست آمد (Karimiferezh et al., 2018). عملکرد و کارایی مصرف آب محصول زعفران، بیشترین حساسیت را به عامل آبیاری، سپس بارندگی و درنهایت ساعات آفتابی دارد (Shirdeli & Tavassoli, 2015) و آبیاری و تأمین رطوبت کافی جهت

در این طرح آبیاری با حجم ۵۵۰۰ متر مکعب در هکتار بیشترین عملکرد گل و بنه زعفران را به دنبال داشت که با کاهش حجم آبیاری به ۷۵۰ متر مکعب در هکتار کاهش ۷۲/۱ درصدی عملکرد بنه دختری و کاهش ۷۱/۸ درصدی وزن گل را به دنبال داشت که در تحقیق مشابه مشخص شد کاهش آبیاری از سطح ۱۰۰ به ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، تعداد بنه‌های دختری و وزن آن‌ها را شدیداً کاهش می‌دهد (به ترتیب ۶۲ و ۸۶ درصد) و

زعفران در تیمار a2b1 (حجم آب مصرفی ۱۵۰۰ متر مکعب در هکتار در سال) بدست آمد. با افزایش مدار آبیاری از ۱۵ روز به ۹۰ روز و افزایش حجم آبیاری از ۲۵۰ متر مکعب در هکتار به ۱۲۵۰ متر مکعب در هکتار بیشترین کاهش کارایی مصرف آب بر مبنای وزن بنه دختری در تیمار a1b4 با کاهش ۹۰ درصدی نسبت به تیمار a3b1 و بیشترین کاهش کارایی مصرف آب بر مبنای وزن کاله خشک در تیمار a1b4 با کاهش ۸۵ درصدی نسبت به تیمار a2b1 بدست آمد. با توجه به نتایج بدست آمده بهترین برنامه آبیاری برای زعفران آبیاری با حجم ۲۵۰ تا ۵۰۰ متر مکعب در هکتار در مدار ۳۰ روز (۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ متر مکعب در هکتار در سال زراعی) می‌باشد و برای اجرایی نمودن آن استفاده از روش‌های نوین آبیاری با هدف مصرف بهینه آب برای زعفران توصیه می‌شود.

### قدردانی

این تحقیق با حمایت دانشگاه فردوسی مشهد و جهاد کشاورزی خراسان رضوی اجرا شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می‌شود.

افزایش وزن بنه‌ها نیز در افزایش عملکرد زعفران مؤثر بوده است و تأمین رطوبت کافی سبب افزایش تعداد بنه‌های خواهری شد (Mohammad Abadi et al., 2011) و در این تحقیق نیز تغییر در تأمین سطوح مختلف آب آبیاری بر کارایی مصرف آب تأثیر متفاوت داشت، به طوری که بیشترین کارایی مصرف آب در حجم آبیاری ۱۵۰۰ متر مکعب در هکتار بدست آمد.

### نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان داد که بیشترین عملکرد گل و بنه زعفران در تیمار a1b2 با حجم مصرفی ۵۵۰۰ متر مکعب در هکتار در سال بدست آمد. با افزایش مدار آبیاری از ۱۵ روز به ۹۰ روز و افزایش حجم آبیاری از ۲۵۰ متر مکعب در هکتار) با کاهش ۷۲/۱ درصدی نسبت به حجم a1b2 (حجم آب مصرفی ۵۵۰۰ متر مکعب در هکتار در سال) و کمترین عملکرد وزن تر گل در تیمار a4b1 با کاهش ۷۱/۸ درصدی نسبت به تیمار a1b2 و کمترین عملکرد وزن کاله خشک در تیمار a4b1 با کاهش ۷۷/۴ درصدی نسبت به تیمار a1b2 بدست آمد. همچنین بیشترین کارایی مصرف آب

### منابع

- Alizadeh, A., Sayari, N., Ahmadian, J., and Mohamadian, A. 2008. Study for zoning the appropriate time of irrigation of saffron (*Crocus sativus*) in Khorasan Razavi, northern and southern provinces. *Journal of Water and Soil* 23: 109-118. (In Persian with English Summary).
- Azizi Zohan, A.A., Kamgar-Haghighi, A.A., and Sepaskhah, A.R. 2006. Effect of irrigation method and frequency on corm and saffron production (*Crocus sativus* L.). *JWSS-Isfahan University of Technology* 10 (1): 45-54. (In Persian with English Summary).
- Behdani, M.A., Koocheki, A.R., Nassiri, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2005. Evaluation of quantitative relationships between saffron yield and nutrition (on farm trial). *Iranian Journal of Field Crop Research* 3: 1-14. (In Persian with English Summary).
- Behdani, M.A., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Jami Al-Ahmadi, M. 2008. Agro-ecological zoning and potential yield of saffron in Khorasan-Iran. *Journal of Biological Sciences* 8 (2): 298-305.
- Fallahi, H.R., Zamani, G., Mehrabani, M., Aghavani-Shajari, M., and Samadzadeh, A. 2016. Influence of superabsorbent polymer rates on growth of saffron replacement corms.

- Journal of Crop Science and Biotechnology 19 (1): 77-84. (In Persian with English Summary).
- Fallahi, H.R., and Mahmoodi, S. 2018. Influence of organic and chemical fertilization on growth and flowering of saffron under two irrigation regimes. *Saffron Agronomy and Technology* 6 (2): 147-166. (In Persian with English Summary).
- Gresta, F., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 2008. Saffron, an alternative crop for sustainable agricultural systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 28: 95-112.
- Goliaris, A.H. 1999. Saffron Cultivation in Greece. In: Neghbi, M., (Eds.), *Saffron*. Harwood Academic Publication. The Netherlands. pp. 73-83.
- Kafi, M., Rashed-Mohassel, M.H., Koocheki, A., and Mollafilabi, A. 2006. Saffron, Production and Processing. Ferdowsi University of Mashhad Press, Iran. (In Persian with English Summary).
- Karimiferezh, M., Khazaei, H.R., Kafi, M., and Nezami, A. 2018. Comparison of the effect of irrigation levels and methods on leaf area and replacement corm production of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy and Technology* 6 (3): 279-290. (In Persian with English Summary).
- Koocheki, A.R., Rezvani Moghaddam, P., and Fallahi, H.R. 2015. Effects of planting dates, irrigation management and cover crops on growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Agroecology* 8 (3): 435-451. (In Persian with English Summary).
- Kumar, R., Virendra, S., Kiran, D., Sharma, M., Singh, M.K., and Ahuja, P.S. 2009. State of art of saffron (*Crocus sativus* L.) agronomy: A comprehensive review. *Food Reviews International* 25: 44-85.
- Mohammad Abadi, A.A., Rezvani Moghaddam, P., and Fallahi, J. 2011. Effects of planting pattern and the first irrigation date on growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Agroecology* 3 (1): 84-93. (In Persian with English Summary).
- Molden, D., Oweis, T., Kijne, J., Steduto, P., Ahmad Hanjra, M., Bindraban, P.S., Bouman, B.A.M., Cook, S., Erenstein, O., Farahani, H., Hachum, A., Hoogeveen, J., Mahoo, H., Nangia, V., Peden, V., Sikka, A., Silva, P., Turrall, H., Upadhyaya, A., and Zwart, S. 2007. Pathways for increasing agricultural water productivity. In: D. Molden (Ed.). *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture* (7 ed., pp. 279-310). Earthscan; International Water Management Institute.
- Mollafilabi A. 2004. Experimental findings of production and ecophysiological aspects of saffron (*Crocus sativus* L.). *Acta Horticulturae (ISHS)* 650: 195-200.
- Mosaferi Ziauddin, H. 2002. Investigation the effects of irrigation methods yield of saffron (*Crocus sativus* L.). M.Sc Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).
- Mosaferi Ziauddin, H., Alizadeh, A., and Mousavi, S.J. 2009. Effect of summer irrigation on saffron yield. *Science and Technology of Agriculture* 21: 163-169. (In Persian with English Summary).
- Sadeghi, B., Hosseini, M., Masroori, M., and Mollafilabi, A. 2013. Effect of nutrition in bed on enlargement of saffron corm. Research Project for Institute of Food Science and Technology, Khorasan Razavi, Iran. 23p. (In Persian).
- Sepaskhah, A.R., and Kamgar Haghghi, A.A. 2009. Saffron irrigation regime. *International Journal of Plant Production* 3 (1): 1-16.
- Shirdeli, A, and Tavassoli, A. 2015. Predicting yield and water use efficiency in Saffron using models of artificial neural network based on climate factors and water. *Saffron Agronomy*

and Technology 3 (2): 121- 131. (In Persian with English Summary).

Shir-Mohammadi Aliakbar-Khani, Z. 2003. Investigation the effects of irrigation methods and water defiction on leaf area index, canopy temperature and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). M.Sc Thesis, University of Shiraz,

Iran. (In Persian with English Summary).

Yarami, N., Kamgar-Haghighi, A.A., Sepaskhah, A.R., and Zand-Parsa, S. 2011. Determination of the potential evapotranspiration and crop coefficient for saffron using a water-balance lysimeter. Archives of Agronomy and Soil Science 57: 727-740.

## Effect of Irrigation Regimes on Crop Water Use Efficiency of Saffron (Case study: the Bakharz region of Khorasan Razavi, Iran)

Hassan Mosafery Zyaaldiny<sup>1</sup>, Amin Alizadeh<sup>2\*</sup> and Parviz Rezvani Moghaddam<sup>3</sup>

Submitted: 7 April 2020

Accepted: 12 August 2020

Mosafery Zyaaldiny, H., Alizadeh, A., Rezvani Moghaddam, P. 2021. Effect of Irrigation Regimes on Crop Water Use Efficiency of Saffron (Case study: the Bakharz region of Khorasan Razavi, Iran). Saffron Agronomy & Technology, 8(4): 497-510.

### Abstract

An experiment was conducted in a strip-plot layout based on a randomized complete block design with three replications in the 2016-2017 growing season at the Bakhrez county, Khorasan Razavi province, Iran, in order to study quantitative performance and water use efficiency of a few saffron criteria in response to different irrigation volumes and intervals. Irrigation intervals was allocated as horizontal factor (factor A) in four levels ( $a_1=15$ ,  $a_2=30$ ,  $a_3=45$ , and  $a_4=90$  days) and irrigation water volume performed as vertical factor (factor B) in four volumes ( $b_1=250$ ,  $b_2=500$ ,  $b_3=1000$  and  $b_4=1250$   $m^3.ha^{-1}$ ). The results showed that the highest saffron flower and corm yields were obtained in the  $a_2b_3$  treatment (total water volume of  $6000$   $m^3.ha^{-1}$ ). The highest reduction in corm yield is shown in the  $a_4b_1$  treatment (total water volume  $750$   $m^3.ha^{-1}$ ) with a decrease of 72.1% compared to  $a_1b_2$  (total water volume  $5500$   $m^3.ha^{-1}$ ). The lowest fresh flower yield was obtained in the  $a_4b_1$  treatment (total water volume  $750$   $m^3.ha^{-1}$ ) with a decrease of 76.5% compared to  $a_1b_2$  (total water volume  $5500$   $m^3.ha^{-1}$ ), and the lowest yield of corm yield was shown in treatment with  $a_4b_1$  volume (total water volume  $750$   $m^3.ha^{-1}$ ) with a decrease of 70.6% compared to the  $a_2b_3$  volume (The total volume of water was  $6000$   $m^3.ha^{-1}$ ). Also, the results showed that the highest decrease in corm water use efficiency was obtained in the  $a_1b_4$  treatment (total water volume  $13750$   $m^3.ha^{-1}$ ) decreased by 85.4 percent compared to  $a_3b_1$  (total volume of water  $1000$   $m^3.ha^{-1}$ ) and the greatest decrease in fresh flower water use efficiency was shown in the  $a_1b_4$  treatment (total volume of water  $13750$   $m^3.ha^{-1}$ ) decreased by 82.4% compared to  $a_2b_1$  (total volume of water  $1500$   $m^3.ha^{-1}$ ). According to the results, 250 to 500  $m^3.ha^{-1}$  irrigation in 30-day intervals ( $1500$  to  $3000$   $m^3.ha^{-1}$ ) is recommended for maximum water use efficiency in saffron cultivation.

**Keywords:** Corm yield, Dry flower yield, Irrigation planning, Water Productivity.

1- Ph.D. Student of Water Science Engineering, international campus, Ferdowsi University of Mashhad

2- Professor, Department of Water Science Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

3- Professor, Department of Agrtechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

(\*- Corresponding author Email: alizadeh@um.ac.ir)

DOI: 10.22048/JSAT.2020.225629.1389