

مقایسه شاخص‌های کارایی فنی و اقتصادی مصرف آب در تولید گندم و زعفران در شهرستان قائنات

فاطمه یعقوبی¹، مجید جامی الاحمدی^{2*}، محمدرضا بخشی³ و محمدحسن سیاری زهان⁴
تاریخ دریافت: 13 اسفند 1393 تاریخ پذیرش: 6 تیر 1394

چکیده

یکی از عوامل مهم در تعیین سیستم‌های کشاورزی مناسب مناطق خشک و نیمه‌خشک، بهره‌وری آب آن‌ها می‌باشد. این تحقیق با هدف تعیین شاخص‌های کارایی فنی و اقتصادی مصرف آب محصولات زعفران و گندم و همچنین شناخت عوامل تأثیرگذار بر آن در شهرستان قائنات واقع در استان خراسان جنوبی به اجرا درآمد که در آن 50 مزرعه گندم و 48 مزرعه زعفران در طی سال زراعی 91-1390 مورد بررسی قرار گرفتند. اطلاعات لازم از قبیل عملکرد محصول، نوع منبع آبیاری، دبی منبع آبیاری، تعداد و مدت زمان آبیاری از طریق پرسشنامه جمع‌آوری گردید. حجم آب آبیاری کاربردی برای تولید محصول تعیین و بر مبنای آن شاخص کارایی فنی و اقتصادی مصرف آب محاسبه گردید. بر اساس نتایج حاصله شاخص کارایی مصرف آب برای کل زیست‌توده و دانه تولیدی گندم به ترتیب 0/91 و 0/36 کیلوگرم در مترمکعب و برای کل زیست‌توده و کلاله تولیدی زعفران 0/36 و 0/002 کیلوگرم در مترمکعب به دست آمد. میانگین کارایی اقتصادی مصرف آب در کل منطقه مورد بررسی برای گندم 4041 و برای زعفران 39962 ریال به ازای هر مترمکعب آب مصرفی برآورد گردید که مزارع پنج‌ساله زعفران با بالاترین عملکرد بیشترین مقدار این شاخص را بین سنین مختلف مزارع زعفران به خود اختصاص دادند. در محصول گندم تخصیلات زارعین و مساحت مزرعه از عوامل تأثیرگذار بر دو شاخص مورد بررسی شناخته شد. همچنین بین دو شاخص مورد نظر و شوری خاک مزارع ارتباط منفی و معنی‌داری مشاهده گردید.

کلمات کلیدی: آبیاری، بهره‌وری، عملکرد، محصول.

مقدمه

(Kadi et al., 2003). در آینده‌ای نزدیک، رقابتی سخت برای استفاده از آب جهت مصرف در کشاورزی، شرب، صنعت و محیط‌زیست در خواهد گرفت و بدیهی است این مشکل در مناطق خشک و نیمه‌خشک حادث‌تر خواهد بود. بر اساس منابع موجود، هفت درصد جمعیت جهان در مناطقی زندگی می‌کنند که در آن آب کمیاب است، ولی تا سال 2050 انتظار می‌رود این رقم به بیش از 67 درصد افزایش یابد (Howell et al., 2001).

بر اساس شاخص‌های بین‌المللی، هر کشوری که بیش از 40 درصد منابع آب تجدید شونده خود را مصرف کند، وارد مرحله تنش

امروزه امنیت منابع آب و امنیت غذایی هر دو با خطر بالایی مواجه شده‌اند. دلیل اساسی این امر افزایش بی‌رویه جمعیت جهان و کاهش منابع آب به علت استفاده بیش از حد از این منابع و دخالت بشر در چرخه‌های طبیعی و بهره‌گیری از آلاینده‌های شیمیایی می‌باشد

1- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اکولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه بیرجند.
2 و 3- دانشیار و استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند.
4- دانشیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند.
(* - نویسنده مسئول: mjamialahmadi@birjand.ac.ir)

آبی شده است. به این ترتیب ایران با مصرف بیش از 74 درصد منابع آب خود (که بیش از 90 درصد آن سهم بخش کشاورزی است) سال-هاست از مرحله تنش آبی گذشته و به مرحله بحران آب نزدیک شده است (Akram, 2004). از این رو کاهش حجم زه آب و حفظ کیفیت و استفاده مجدد از آن به همراه افزایش راندمان آبیاری از ضروریات توسعه کشاورزی ایران به شمار می رود (Akram, 2004). علاوه بر موارد مذکور باید توجه نمود که متوسط بارندگی در ایران حدود 250 میلی متر است که از متوسط بارندگی در سطح آسیا یعنی 650 میلی-متر، بسیار کمتر است. علاوه بر این توزیع مکانی بارندگی نیز نامناسب است، به گونه ای که 50 درصد بارندگی در 24 درصد مساحت کشور و 50 درصد دیگر در 76 درصد مساحت کشور صورت می گیرد (Najafi, 2005). در حال حاضر بیشتر استان های کشور در معرض کم آبی شدید قرار دارند که این موضوع در منطقه شرق کشور که منطقه ای خشک و بارندگی آن کم می باشد، نمایان تر است و این امر لزوم توجه بیشتر به موضوع مدیریت آب و استفاده بهتر از آن را می طلبد و ضرورت دارد که بهره‌وری آب اراضی فاریاب و دیم بیشتر شود.

یکی از مشکلاتی که هم اکنون کشاورزی ایران با آن روبرو است، پایین بودن کارایی و بهره‌وری مصرف آب سیستم های تولیدی است. در یک بررسی، مقادیر کارایی مصرف آب برای 10 محصول زراعی با استفاده از نتایج 67 طرح تحقیقاتی انجام شده طی سال های 1993 تا 2006 در ایستگاه های تحقیقاتی استان کشور تعیین گردید. بر اساس نتایج این بررسی، متوسط کارایی مصرف آب گندم، جو، برنج، ذرت، چغندر قند، پنبه (بذر)، سیب زمینی، یونجه، کنجد و گوجه فرنگی به ترتیب 1/62، 2/37، 1/0، 1/0، 0/53، 0/61، 2/74، 0/89 و 0/11 و 6/77 کیلوگرم بر مترمکعب بود (Montazar & Kosari, 2007).

در برآورد بهره‌وری آب گندم استان های مختلف کشور با استفاده از آمار درازمدت عملکرد و استفاده از مدل هیدرولوژی و بیلان آب جهت تعیین تبخیر و تعرق مشخص گردید که بهره‌وری آب گندم در دامنه های 1/55 تا 0/15 (گندم دیم) و 0/75 تا 0/28 (گندم آبی) کیلوگرم بر مترمکعب تغییر نموده و این دامنه تغییرات برای گندم دیم بیشتر بود (Faramarzi et al., 2010). آبسالن و همکاران (Absalan et al., 2010) در تحقیقی با اندازه گیری عملکرد و دبی ورودی و خروجی 14 مزرعه گندم در منطقه دشت آزادگان در جنوب حوضه آبریز کرخه به تعیین کارایی مصرف آب این مزارع پرداختند و نشان دادند که کارایی مصرف آب در این منطقه از 0/1 تا 1/2 کیلوگرم بر مترمکعب متغیر است (با احتساب مقدار باران مؤثر به عنوان بخشی از آب مصرفی)، ولی مقدار آن برای حدود 60 درصد مزارع کشاورزان مورد مطالعه دارای دامنه تغییراتی از 0/3 تا 0/6 کیلوگرم بر مترمکعب بوده و متوسط کارایی مصرف آب حدود 0/45 کیلوگرم بر مترمکعب می باشد. نتایج ارزیابی کارایی فنی مصرف آب در سه مزرعه در شهرستان های تربت جام، تربت حیدریه و چناران برای دو محصول گندم و چغندر قند تحت دو روش آبیاری سطحی و بارانی نشان داد کارایی مصرف آب گندم در تربت جام، تربت حیدریه و چناران به ترتیب 0/44، 0/76 و 0/34 کیلوگرم به ازای واحد آب مصرفی می باشد. افزایش کارایی مصرف آب در مزرعه تربت حیدریه به دلیل برخورداری مزرعه از سیستم آبیاری بارانی و مدیریت علمی تر آن بود (Neyrizi & Halimi Fakhr Davood, 2004).

رویکرد روزافزون به استفاده از گیاهان دارویی و فرآورده های حاصله از آن نقش این گیاهان را در چرخه اقتصادی جهانی پررنگ تر کرده است، به طوری که مصرف رو به ازدیاد آنها تنها به کشورهای در حال توسعه محدود نبوده، بلکه در کشورهای پیشرفته نیز توسعه فراوانی یافته اند. زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. به عنوان گران بها ترین محصول کشاورزی و دارویی جهان جایگاه ویژه ای در بین محصولات صنعتی و صادراتی ایران دارد (Kafi et al., 2006). این گیاه یکی از کارآمدترین محصولات زراعی از نظر مصرف آب بوده و از نظر نیاز به عناصر غذایی نیز گیاهی کم توقع محسوب می-شود (Rahmati, 2004). قسمت قابل توجهی از این محصول کشاورزی در مناطقی از استان خراسان جنوبی به دست می آید که با وجود خشکی و باران کم، به علت موقعیت مناسب اقلیمی مرغوب-ترین زعفران را از لحاظ رنگ و عطر تولید می نماید.

با توجه به اهمیت محصول زعفران از نظر تولید و با در نظر گرفتن محدودیت منابع آب و رقابت بخش های مختلف در استفاده از این منابع هدف از این مطالعه تعیین شاخص کارایی فنی و اقتصادی

الف - شاخص کارایی فنی مصرف آب (کیلوگرم / مترمکعب) =
میزان تولید (کیلوگرم) / میزان آب مصرفی (مترمکعب)
ب - شاخص کارایی اقتصادی مصرف آب (ریال / مترمکعب) =
ارزش محصول تولیدی (ریال) / میزان آب مصرفی (مترمکعب)
(OECD, 2001)

آب مصرفی و میزان تولید با توجه به اطلاعات پرسشنامه‌های جمع‌آوری شده و قیمت محصولات تولیدی از سازمان جهاد کشاورزی قائنات اخذ گردید. قیمت خرید گندم از کشاورز در سال زراعی مورد بررسی 5600 ریال به ازای هر کیلوگرم دانه، قیمت هر کیلوگرم کاه و کلس 3711 ریال و قیمت هر کیلوگرم زعفران دسته 20000000 ریال بود. برای محاسبه آب مصرفی نیاز به داشتن اطلاعات دبی آب ورودی به مزرعه و مدت زمان آبیاری به تفکیک نوبت‌های آبیاری است که با استفاده از آن میزان آب مصرفی برای هر نوبت آبیاری و مجموع آن برای کل دوره رشد محاسبه گردید. لازم به ذکر است که در محاسبه آب مصرفی و شاخص کارایی مصرف آب میزان بارش - های جوی در طول فصل رشد در محاسبات وارد نشده است. رواناب خروجی از مزرعه و آب ورودی به زه‌کش‌ها نیز جزء تلفات محسوب شده و در حجم کل آب آبیاری برای تولید محصول در نظر گرفته شده است. همچنین جهت بررسی تأثیرگذاری شاخص‌ها بر شوری و درصد ماده آلی خاک، نمونه‌هایی از خاک مزارع انتخابی جمع‌آوری و مورد آنالیز قرار گرفت. داده‌های حاصل پس از آماده‌سازی توسط نرم‌افزارهای Excel و SPSS version 16 آنالیز گردید.

نتایج و بحث

نتایج آمار توصیفی مربوط به عملکرد و حجم آب آبیاری برای هر یک از محصولات به تفکیک هر بخش در جدول 1 آورده شده است. بیشترین میانگین زیست‌توده تولیدی و عملکرد دانه گندم در بخش نیمبلوک به‌دست آمد از طرفی این بخش کم‌ترین میزان حجم آب آبیاری کاربردی را نیز دارا بود. برای محصول زعفران نیز بیشترین میانگین زیست‌توده تولیدی و عملکرد کالاه در بخش نیمبلوک به‌دست آمد در حالی که این بخش بیشترین میانگین آب آبیاری کاربردی را دارا بود (جدول 1).

مصرف آب برای محصول زعفران و مقایسه آن با محصول گندم در شهرستان قائنات بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی 91-1390 در سطح مزارع گندم و زعفران شهرستان قائنات به مرحله اجرا در آمد. تعداد 48 مزرعه زعفران و 50 مزرعه گندم با استفاده از فرمول کوکران (Sarmad et al., 2009) و با توجه به تعداد بهره‌برداران گیاهان مورد نظر به‌طور تصادفی از سه بخش مرکزی، نیمبلوک و سده شهرستان قائنات انتخاب شدند. با توجه به این که تعداد زارعین گیاهان مورد نظر در هر یک از سه بخش موجود با یکدیگر متفاوت بودند، جهت انتساب تعداد نمونه در هر بخش، با استفاده از روش انتساب متناسب، تعداد مزارع انتخابی هر گیاه در هر بخش، متناسب با سطح کل مزارع زیر کشت آن گیاه انتخاب شدند، به طوری که برای گیاه گندم 21 مزرعه از بخش سده، 16 مزرعه از بخش مرکزی و 13 مزرعه از بخش نیمبلوک انتخاب گردید. برای گیاه زعفران نمونه‌برداری‌ها از چهار گروه مزارع دو، سه، پنج و هفت ساله صورت گرفت و در کل 24 مزرعه از بخش مرکزی، 12 مزرعه از بخش سده و 12 مزرعه از بخش نیمبلوک از هر چهار گروه سنی انتخاب شد، به طوری که در منطقه مورد بررسی برای هر گروه سنی 12 مزرعه انتخاب شدند و ارزیابی‌های لازم از آن‌ها به عمل آمد. به منظور جمع‌آوری داده‌ها بر اساس اهداف تحقیق پرسشنامه‌هایی بر اساس اطلاعات موردنیاز تهیه و توسط زارعین مزارع انتخابی، تکمیل شد. مهم‌ترین بخش‌های مربوط به پرسشنامه - های تهیه شده به موارد زیر مربوط می‌شد: بخش، روستا، سن و تحصیلات زارع، مساحت مزرعه، نوع منبع آبیاری، دبی منبع آبیاری، تعداد و مدت زمان آبیاری، روش آبیاری و فاصله منبع آبیاری تا سر مزرعه. داده‌های حاصل برای محاسبه شاخص‌های کارایی فنی و اقتصادی مصرف آب به کار گرفته شد. این شاخص‌ها که جزئی از شاخص‌های زیست‌محیطی ارائه شده توسط سازمان توسعه و همکاری اقتصادی¹ (OECD) برای بخش کشاورزی است، به صورت زیر تعریف می‌گردند:

جدول 1- آمار توصیفی مربوط به عملکرد و حجم آب آبیاری هر یک از محصولات در بخش‌های مختلف
 Table 1- Descriptive statistics of yield and irrigation water for each crop in different districts

محصول Crop	متغیر Variable	بخش District	تعداد نمونه Number	کمینه Minimum	بیشینه Maximum	میانگین Mean	انحراف معیار Std. Deviation	
گندم Wheat	کل زیست‌توده تولیدی Total biomass	مرکزی Central	13	1100	6597.56	3791.84	1319.22	
		نیمبولوک Nimbolouk	16	1900	10488.9	7361.2	1690.46	
		سده Sede	21	1500	9222.22	4741.9	1934.22	
	عملکرد دانه Grain yield	مرکزی Central	13	648	2000	1513.01	324.14	
		نیمبولوک Nimbolouk	16	900	5500	2979.01	990.64	
		سده Sede	21	673.2	4400	1707.08	735.32	
	حجم آب آبیاری Irrigation water	مرکزی Central	13	3671.43	8800	5603.45	1823.81	
		نیمبولوک Nimbolouk	16	3333.33	10584	5289.20	2046.50	
		سده Sede	21	4808.16	9720	7247.76	1792.53	
	زعفران Saffron	کل زیست‌توده تولیدی Total biomass	مرکزی Central	24	1520.85	1722.4	1609.09	70.39
			نیمبولوک Nimbolouk	12	1541.7	1750.2	1633.81	59.71
			سده Sede	12	1525.02	1666.8	1583.94	50.89
عملکرد کلاله Stigma yield		مرکزی Central	24	1.7	14.13	8.89	3.01	
		نیمبولوک Nimbolouk	12	3.4	14.40	10.91	3.17	
		سده Sede	12	2.04	10.88	6.84	1.97	
حجم آب آبیاری Irrigation water		مرکزی Central	24	2016	8979.2	4416.45	1418.04	
		نیمبولوک Nimbolouk	12	2646	6300	4583.75	992.41	
		سده Sede	12	1260	7600	4274.68	1555.59	

نیمبولوک زراعت گندم بیشتر توسط شرکت‌های سهامی-زراعی انجام می‌شود، در نتیجه با توجه به هم‌بستگی بالا به دست‌آمده بین تحصیلات زارعین و شاخص‌های مورد نظر برای مزارع گندم (جدول 6)، به نظر می‌رسد که دانش مهندسی این شرکت‌ها موجب به-کارگیری بهینه نهاده‌ها و رسیدن به عملکرد بالاتر شده باشد.

مقدار کارایی مصرف آب به دست‌آمده، طیفی از میزان کارایی مصرف آب محصول در هر مزرعه و برای هر بخش می‌باشد (جدول 2). کارایی مصرف آب دانه و ماده خشک گندم بخش نیمبولوک نسبت به دو بخش دیگر بیشتر بود که می‌تواند به دلیل بالا بودن متوسط عملکرد دانه و ماده خشک در این بخش باشد (جدول 2). در بخش

محصولات از لحاظ مزیت نسبی کشت محصولات با توجه به منابع آبی محدود، باید بازنگری‌های لازم به عمل آید. منتظر و کوثری (Montazar & Kosari, 2007) در یک بررسی با استفاده از نتایج طرح‌های تحقیقاتی انجام شده طی سال‌های 1993 تا 2006 متوسط کارایی مصرف آب گندم را 1/62 کیلوگرم بر مترمکعب به دست آوردند. با توجه به نتایج موجود مقدار کارایی مصرف آب این محصول در مقایسه با متوسط‌های موجود هنوز پایین بوده و نیاز به ارتقاء دارد. لازم به ذکر است، همان‌طور که قبلاً بیان گردید مقدار بارش فصل رشد در محاسبات کارایی مصرف آب در نظر گرفته نشده است، بنابراین اگر مقدار بارش فصل رشد در محاسبات حجم آب آبیاری کاربردی لحاظ شود، کارایی مصرف آب گندم نیز به مقدار زیادی پایین خواهد آمد. به‌رحال این نتایج بیانگر آن است که کشت محصولات زمستانه از لحاظ برخورداری از مزیت بارش‌های جوی طی فصل رشد، از لحاظ ارتقاء کارایی مصرف آب در کشور از مزیت نسبی برخوردار می‌باشد (Heydari, 2011).

دلایل پایین بودن کارایی مصرف آب محصولات در دو بخش دیگر (جدول 2) قطعاً به عوامل و پارامترهای زیادی از جمله کیفیت آب و خاک، شرایط اقلیمی، نوع منبع آب و سیستم آبیاری، مسائل مدیریت به‌زراعی و به‌نژادی، ارقام گیاهی، مالکیت و مساحت اراضی و میزان و نوع عملیات و نهاده‌های کشاورزی بستگی داشته است. درزمینه به‌زراعی در بخش سده می‌توان گفت که کوچک بودن اندازه قطعات و استفاده تمام زارعین مورد بررسی از شیوه آبیاری سطحی می‌تواند از دلایل پایین بودن کارایی مصرف آب این بخش باشد. باتوجه به نتایج، متوسط مقدار شاخص کارایی مصرف آب ماده خشک و دانه گندم در شهرستان قائنات به ترتیب 0/91 و 0/36 کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد (جدول 2). حیدری (Heydari, 2011) متوسط کارایی مصرف آب برای مناطق کرمان، گلستان و خوزستان را به ترتیب 0/45، 1/43 و 1/13 کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نمود و بیان نمود کارایی مصرف آب غلات در مقایسه با محصولات دیگر خیلی پایین بوده و در برنامه‌ریزی‌های کشت

جدول 2- نتایج محاسبه کارایی مصرف آب آبیاری دانه و کل زیست‌توده تولیدی محصول گندم در بخش‌های مختلف
Table 2- Results of calculation of water use efficiency for wheat total biomass and grain in different districts

محصول Crop	بخش District	دامنه کارایی مصرف	متوسط کارایی مصرف	متوسط کارایی مصرف آب در
		آب Range of water use efficiency (kg.m ⁻³)	آب Average of water use efficiency (kg.m ⁻³)	شهرستان Water use efficiency in region (kg.m ⁻³)
کل زیست‌توده تولیدی Total biomass	مرکزی Central	0.24-3.03	0.68	0.91
	نیمبلوک Nimbolouk	0.57-4.51	1.39	
	سده Sede	0.29-1.26	0.65	
دانه Grain	مرکزی Central	0.09-1.09	0.27	0.36
	نیمبلوک Nimbolouk	0.16-1.20	0.56	
	سده Sede	0.10-0.45	0.24	

(جدول 3)، بخش سده با کمترین میزان عملکرد و حجم آب آبیاری (جدول 1)، کمترین مقدار کارایی مصرف آب کلاله را به خود اختصاص داد. شیر محمدی (Shir Mohammadi, 2002) اثرات کاهش 25 و 50 درصدی نیاز آبی گیاه را بر زعفران دسته، زعفران

متوسط کارایی مصرف آب ماده خشک زعفران در سه بخش مورد بررسی مشابه یکدیگر بود درحالی که متوسط کارایی مصرف آب کلاله زعفران در بخش نیمبلوک نسبت به دو بخش دیگر بیشتر بود که می‌تواند به دلیل بالا بودن متوسط عملکرد کلاله در این بخش باشد

ممتاز و علوفه خشک نشان داد و بیان نمود بیشترین کارایی مصرف آب در تأمین نیاز کامل آبی زعفران به دست می آید.

جدول 3- نتایج محاسبه کارایی مصرف آب آبیاری کلاله و کل زیست توده تولیدی زعفران در بخش های مختلف

Table 3- Results of calculation of water use efficiency for saffron total biomass and stigma in different districts

محصول Crop	بخش District	دامنه کارایی مصرف آب Range of water use efficiency (kg.m ⁻³)	متوسط کارایی مصرف آب Average of water use efficiency (kg.m ⁻³)	متوسط کارایی مصرف آب در شهرستان Water use efficiency in region (kg.m ⁻³)
کل زیست توده تولیدی Total biomass	مرکزی Central	0.14-1.51	0.36	0.36
	نیمبولوک Nimbolouk	0.26-0.66	0.36	
	سده Sede	0.17-1.26	0.37	
کلاله Stigma	مرکزی Central	0.0003-0.0124	0.0020	0.002
	نیمبولوک Nimbolouk	0.0008-0.0077	0.0024	
	سده Sede	0.0004-0.0065	0.0016	

در ایران در سال های چهارم و پنجم به دست می آید (Mollafilabi, 2006). حداقل میانگین عملکرد سالانه مزارع در طول یک دوره گلدهی هشت ساله 3/8 و حداکثر 15 کیلوگرم در هکتار گزارش گردیده است (Sadeghi, 1993).

اندام اقتصادی اکثر گیاهان زراعی، اندام های رویشی، دانه، ریشه و یا کل گل می باشد. زعفران تنها گیاهی است که بخش کوچکی از گل یعنی کلاله آن به عنوان بخش اقتصادی مطرح است. قیمت زعفران خریداری شده از کشاورز برای هر سه بخش شهرستان قائنات در سال زراعی مورد بررسی (90-91) به طور متوسط هر کیلوگرم زعفران دسته 20000000 ریال بود. قیمت زعفران بسته به میزان کیفیت آن و نیز مکان جغرافیایی تولید آن تا حدودی متفاوت است؛ به نحوی که مثلاً قیمت زعفران شهرستان های جنوبی خراسان به مراتب بالاتر از سایر شهرستان های استان می باشد. این امر عمدتاً ناشی از مطلوب تر بودن شرایط اکولوژیکی تولید زعفران در جنوب خراسان است. قیمت تضمینی خرید گندم از کشاورز نیز با توجه به اطلاعات جهاد کشاورزی قائنات 5600 ریال به ازای هر کیلو دانه و قیمت کاه و کلش گندم به طور میانگین 3711 ریال به ازای هر کیلو گزارش شد.

کارایی مصرف آب زعفران پایین تر از مقادیر به دست آمده برای محصول گندم می باشد. هر چند زعفران در مقابل مترمکعب آب مصرفی کیلوگرم ماده خشک کمتری تولید می کند اما باید توجه داشت که محصول تولیدی از ارزش بالاتری برخوردار است، لذا شاخص کارایی اقتصادی مصرف آب می تواند شاخص جامع تری برای مقایسه این دو محصول از نظر میزان تولید به ازای آب مصرفی باشد. کارایی مصرف آب ماده خشک زعفران با وجود بالاتر بودن کل زیست توده تولیدی در مزارع پنج ساله (جدول 5) بین سنین مختلف مزارع زعفران اختلاف معنی داری نشان نداد، اما از نظر کارایی مصرف آب کلاله اختلاف معنی داری مشاهده گردید (جدول 4). میزان کارایی مصرف آب کلاله در مزارع پنج ساله به طور معنی داری از مزارع دیگر بیشتر بود. این افزایش در میزان کارایی مصرف آب به علت بالا بودن عملکرد مزارع پنج ساله (14/328 کیلوگرم بر هکتار) نسبت به سایر سنین مورد بررسی می باشد (جدول 5). عملکرد زعفران به عوامل متعددی از قبیل خاک، تراکم، روش کشت، ریزی و درشتی بنه، موقعیت جغرافیایی، عوامل جوی مانند نوسانات درجه حرارت به ویژه در زمان گل دهی، میزان بارندگی، مدیریت های زراعی و دوره بهره برداری ارتباط دارد (Habibi & Bagheri, 1989). بیشترین عملکرد

جدول 4- نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه شاخص کارایی مصرف آب بین سنین مختلف مزارع زعفران
Table 4- Results of One-way variance analysis of Water use efficiency between ages of saffron farms

پارامتر Parameter	منبع تغییرات Source of variation	مجموع مربعات Sum of squares	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square	F	سطح معنی‌داری Significant level
کارایی مصرف آب کل زیست‌توده تولیدی water use efficiency (total biomass)	بین گروه‌ها Between groups	0.227	3	0.076	1.085	0.365
	درون گروه‌ها Within groups	3.069	44	0.069		
	Total جمع	3.296	47			
کارایی مصرف آب کلاله water use efficiency (stigma)	بین گروه‌ها Between groups	0.00009	3	0.00004	5.678	0.002
	درون گروه‌ها Within groups	0.000235	44	0		
	Total جمع	0.000325	47			

جدول 5- مقایسه میانگین عملکرد، حجم آب آبیاری و کارایی مصرف آب بین سنین مختلف مزارع زعفران
Table 5- Mean comparison of yield, irrigation water and water use efficiency between ages of saffron farms

سن مزرعه Farm age	عملکرد Yield (kg.ha ⁻¹)		حجم آب آبیاری کاربردی Irrigation water (m ³ .ha ⁻¹)	کارایی مصرف آب Water use efficiency (kg.m ⁻³)	
	کلاله Stigma	کل زیست‌توده تولیدی Total biomass		کلاله Stigma	کل زیست‌توده تولیدی Total biomass
	2	4.835 ^b		1559.31 ^b	4796.85 ^a
3	8.135 ^b	1599.77 ^b	4832.20 ^a	0.0017 ^b	0.331 ^a
5	14.328 ^a	1675.73 ^a	4403.95 ^a	0.0032 ^a	0.380 ^a
7	8.246 ^b	1601.14 ^b	3658.33 ^a	0.0022 ^b	0.438 ^a

در هر ستون میانگین‌هایی دارای حرف مشترک، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

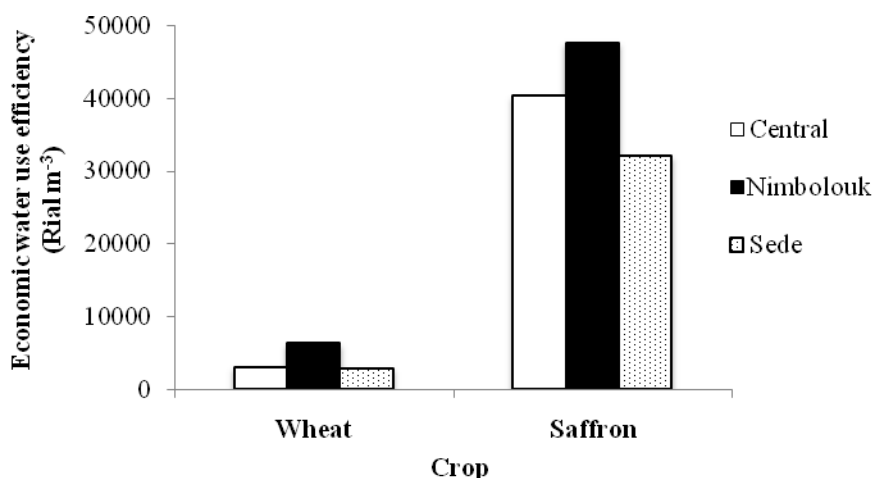
Means in each column followed by similar letter are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test.

زعفران دارند، می‌تواند منجر به استفاده بهینه‌تر از منابع آب محدود شود، گرچه بدیهی است این به معنی حذف سایر محصولات از برنامه کشت این منطقه نیست؛ همچنین باید توجه داشت که این مقدار کارایی اقتصادی مصرف آب زعفران تنها برای کلاله تولید شده است، درحالی‌که علاوه بر کلاله که بخش تجاری زعفران است از بقیه اندام‌های آن نیز می‌توان استفاده نمود؛ از گلبرگ زعفران می‌توان رنگ خوراکی تهیه نمود، زیرا این بخش از گل دارای رنگ ریزه آنتوسیانین می‌باشد، برگ زعفران در تغذیه دام‌های اهلی قابل مصرف است و از بنه‌های کوچک که برای بذر مناسب نیستند نیز می‌توان در صنایع نشاسته سازی استفاده نمود. در نتیجه با در نظر گرفتن سایر بخش‌های زعفران در محاسبه کارایی اقتصادی مصرف آب، مقادیر به‌دست آمده بیشتر خواهد شد که با توجه به مصرف پایین آب توسط این گیاه، اهمیت و ارزش آن را دو چندان می‌کند.

با توجه به قیمت خرید زعفران و گندم از کشاورز کارایی اقتصادی مصرف آب برای هر دو محصول به تفکیک هر بخش محاسبه شد (شکل 1). بخش نیمبلوک برای هر دو محصول کارایی اقتصادی مصرف آب بالاتری را نشان داد. عملکرد بالای محصولات در این بخش، همان‌طور که برای کارایی فنی مصرف آب بیان گردید، موجب بالاتر بودن این شاخص نسبت به دو بخش دیگر شد.

میانگین کارایی اقتصادی مصرف آب در کل منطقه مورد بررسی برای زعفران 39962 ریال بر مترمکعب و برای گندم 4041 ریال بر مترمکعب به‌دست آمد. همان‌طور که شکل 1 نیز نشان می‌دهد متوسط کارایی اقتصادی مصرف آب زعفران در تمامی بخش‌ها از گندم بیشتر است.

با توجه به این موضوع و مساعد بودن شهرستان قائنات برای کشت زعفران، تأکید و حمایت بیشتر از کشت این محصول، در قیاس با توسعه کشت محصولات مانده گندم که نیاز آبی بالاتری نسبت به



شکل 1- کارایی اقتصادی مصرف آب در هر بخش شهرستان قائن برای گندم و زعفران.
Figure 1- Economic water use efficiency in Ghaen's districts for wheat and saffron.

علاوه بر کوتاه‌سازی عمر مزارع از میانگین هشت سال به چهار یا پنج سال، میانگین عملکرد را نیز تا دو برابر میانگین فعلی کشور اضافه نمود و موجب نائل شدن به عملکرد اقتصادی مطلوب‌تر برای تولیدکنندگان این محصول ارزشمند شد (Kafi et al., 2006).

همبستگی متغیرها

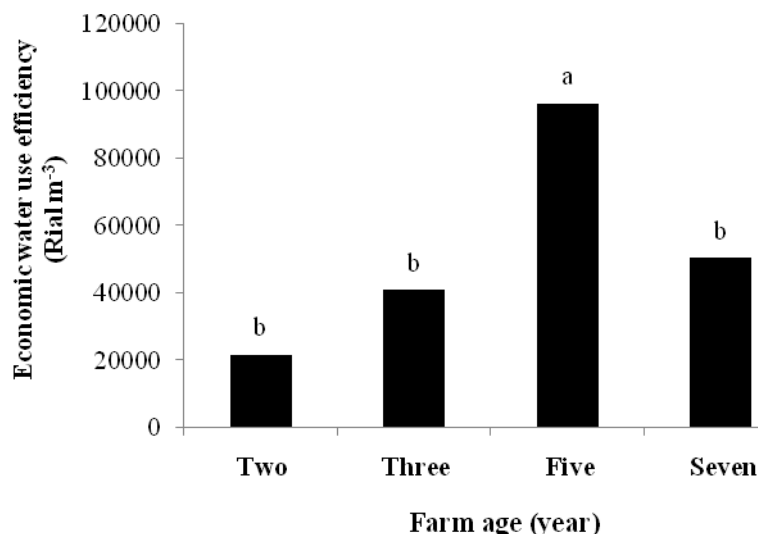
با توجه به نتایج به دست آمده (جدول 7) برای محصول گندم شاخص کارایی فنی و اقتصادی مصرف آب با تحصیلات زارعین و مساحت مزارع همبستگی مثبت و معنی‌دار و با شوری خاک مزارع رابطه منفی و معنی‌داری را نشان داد. درحالی‌که برای محصول زعفران فقط ارتباط معنی‌داری بین شاخص کارایی فنی مصرف آب با مساحت مزارع مشاهده شد، به طوری که با افزایش سطح مزارع این شاخص افزایش یافت.

بذرافشان و ابراهیم‌زاده (Bazrafshan & Ebrahimzade, 2006) بیان داشتند زعفران در قیاس با بسیاری از محصولات کشاورزی دیگر در استان خراسان از توجیه اقتصادی قابل ملاحظه‌ای برخوردار است. کارشناسان مختلف این امر را تأیید کرده‌اند که در بسیاری از نقاط استان با لحاظ کردن همه عوامل و نهاده‌های مؤثر بر تولید نظیر قیمت زمین، آب، شرایط اقلیمی، نیروی کار و غیره زعفران در یک حالت تقریباً منحصر به فرد قرار می‌گیرد (Bazrafshan & Ebrahimzade, 2006).

نتایج نشان داد بین سنین مختلف مزارع زعفران اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول 6). مزارع پنج‌ساله بیشترین کارایی مصرف آب را به خود اختصاص داده بودند لذا بیشترین کارایی اقتصادی مصرف آب نیز در این مزارع حاصل می‌شود (شکل 2). در صورت رعایت اصول به‌زراعی و کاربرد نتایج تحقیقات در مزارع، می‌توان

جدول 6- نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه شاخص کارایی اقتصادی مصرف آب بین سنین مختلف مزارع زعفران
Table 6- Results of One-way variance analysis of economic water use efficiency between ages of saffron farms

منبع تغییرات Source of variation	مجموع مربعات Sum of squares	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square	F	سطح معنی‌داری Significant level
بین گروه‌ها Between groups	0.00009	3	0.00004	5.678	0.002
درون گروه‌ها Within groups	0.000235	44	0		
جمع Total	0.000325	47			



شکل 2- شاخص کارایی اقتصادی مصرف آب برای سنین مختلف مزارع زعفران- شکل 2
 Figure 2- Economic water use efficiency for different ages of saffron farms.

میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
 Means with the same letters have not significant difference at 5% probability based on Duncan's test.

دنبال آن مرتفع شدن مشکلات اقتصادی خانواده‌ها، کشاورز تمایل به اجرای روش‌های کشاورزی پایدار داشته و تلاش بیشتری برای اجرای این روش‌ها به کار برد (Hatami Sardashti, 2010). از طرفی مزارع گندم با مساحت‌های زیاد توسط شرکت‌های سهامی اداره می‌شدند در نتیجه بالا رفتن سطح زیر کشت منجر به افزایش کارایی مصرف آب در این مزارع شده است. لذا شاید بتوان با یکپارچه‌سازی اراضی تحت یک تشکل مردمی و محلی تا حدودی از مصرف نامناسب آب جلوگیری نمود.

افزایش شاخص‌های کارایی فنی و اقتصادی مصرف آب، کاهش شوری خاک را در مزارع گندم در پی داشت. افزایش کارایی مصرف آب به معنای افزایش میزان تولید گیاه به ازای واحد آب مصرفی است که این میزان تولید می‌تواند به دلیل مصرف بهینه نهاده‌ها به‌ویژه کودها در خاک ایجاد شده باشد است و از آنجایی که افزایش مصرف کودهای شیمیایی شوری خاک را در پی دارد موجب کاهش شوری خاک شده است. همچنین افزایش کارایی مصرف آب می‌تواند در نتیجه کاهش میزان آب مصرفی ایجاد شده باشد با توجه به این که آبیاری بیشتر خود می‌تواند سبب تجمع بیشتر نمک در خاک شود و عامل اصلی شوری ثانویه است کاهش میزان آب مصرفی منجر به کاهش شوری خاک خواهد شد. در محصول زعفران ارتباط معنی‌داری

از این مطالب چنین استنباط می‌شود که افزایش سطح تحسیلات زارعین در جهت بهبود مصرف نهاده‌ها و رسیدن به عملکرد مطلوب عمل می‌نماید؛ به‌طوری‌که حیاتی و کرمی (Hayati & Karami, 1999) بیان نمودند که کشاورزان با سطح سواد بالاتر می‌توانند روابط بین پدیده‌ها و اثراتی را که عوامل مختلف در طبیعت بر یکدیگر بر جای می‌گذارند درک کنند، بنابراین منطقی است که چنین افرادی، دانش و اطلاعات بیشتری نسبت به آن دسته از فعالیت‌هایی داشته باشند که نهایتاً به پایداری منجر می‌شود. عدم ارتباط معنی‌دار برای مزارع زعفران بیانگر این است که کلیه فعالیت‌های زراعی مربوط به زعفران حتی توسط افراد تحصیل کرده مشابه افراد با سطح تحسیلات پایین، همچنان با تکیه بر دانش بومی انجام می‌شود به گونه‌ای که کافی (Kafi et al., 2006) بیان نمود هرچند زعفران محصول جدیدی نیست و سابقه زراعت آن ریشه در تاریخ کهن ایران دارد، ولی از علوم جدید حداقل بهره را برده است.

با افزایش سطح زیر کشت محصولات شاخص کارایی فنی و اقتصادی مصرف آب افزایش یافت. با توجه به این که بخش زیادی از درآمدهای جوامع روستایی به کشاورزی وابسته است و این که مساحت زیر کشت محصولات از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده درآمد در جوامع روستایی می‌باشد، می‌توان انتظار داشت با افزایش سطح اراضی و به

بین شوری خاک و شاخص‌های زیست‌محیطی مورد مطالعه مشاهده نشد که می‌تواند به دلیل تفاوت زمانی و نوع عملیات زراعی به کاررفته

جدول 7- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های کارایی فنی و اقتصادی مصرف آب با عوامل اجتماعی - اقتصادی زارعین و شرایط خاک برای هر محصول

Table 7- Correlation coefficients between indicators of economic and technical water use efficiency with socioeconomic factors and soil conditions for each crop

متغیرها Variables	Wheat گندم		Saffron زعفران		
	ضریب همبستگی Correlation coefficient	سطح معنی‌داری Significant level	ضریب همبستگی Correlation coefficient	سطح معنی‌داری Significant level	
شاخص کارایی فنی مصرف آب × Technical water use efficiency	سن زارعین Farmer age	-0.181	0.083 ^{ns}	-0.157	0.285 ^{ns}
	تحصیلات زارعین Education	0.796	0.000 ^{**}	0.143	0.331 ^{ns}
	مساحت مزرعه Area under cultivation	0.879	0.000 ^{**}	0.504	0.000 ^{**}
	ماده آلی خاک Soil organic matter	0.062	0.669 ^{ns}	-0.136	0.359 ^{ns}
	شوری خاک Soil salinity	-0.335	0.024 [*]	-0.021	0.884 ^{ns}
	شاخص کارایی اقتصادی مصرف آب × Economic water use efficiency	سن زارعین Farmer age	-0.21	0.207 ^{ns}	-0.134
تحصیلات زارعین Education		0.758	0.000 ^{**}	-0.189	0.198 ^{ns}
مساحت مزرعه Area under cultivation		0.848	0.000 ^{**}	0.207	0.157 ^{ns}
ماده آلی خاک Soil organic matter		-0.091	0.527 ^{ns}	-0.02	0.892 ^{ns}
شوری خاک Soil salinity		-0.423	0.003 ^{**}	-0.116	0.436 ^{ns}

* و ** به ترتیب معنی‌داری سطوح احتمال پنج و یک درصد، ns غیر معنی‌دار.

*,** are significant at 5 and 1% probability levels, ns: Non-significant.

نتیجه‌گیری

با توجه به کاهش روزافزون منابع آب، باید در تفکر به حداکثر رساندن عملکرد محصولات کشاورزی در واحد سطح به هر قیمت، تجدیدنظر شود. در واقع نقطه بهینه‌ای برای بهره‌وری زمین و آب وجود دارد، بدین معنی که افزایش کارایی مصرف آب ناشی از افزایش عملکرد همیشه مستقیم نیست و بعد از رسیدن به نقطه بهینه با افزایش بیشتر عملکرد، کارایی مصرف آب کاهش خواهد یافت. لذا جهت بهبود شاخص کارایی مصرف آب، باید به موازات کاهش مصرف آب (مخرج کسر)، عملکرد محصول (صورت کسر) نیز افزایش

یابد. در واقع اثرگذاری اقدامات و فعالیت‌های بهبود کارایی مصرف آب زمانی نمایان می‌گردد که اقدامات منجر به تغییرات در صورت و مخرج کسر (افزایش صورت و کاهش مخرج) به‌طور هم‌زمان باشد. لذا توأم دیدن آب مصرفی و عملکرد برای بهبود بهره‌وری آب، رویکرد علمی و عملی‌تر برای دستیابی به اهداف برنامه‌های توسعه در کشور است (Heydari, 2011). در این راستا، نتایج این تحقیق نشان داد با توجه به کم بودن میزان آب مصرفی در مزارع زعفران و بالاتر بودن شاخص کارایی اقتصادی مصرف آب در این محصول، با در نظر گرفتن شرایط خاص اقلیمی و جغرافیایی شهرستان قائنات، از قبیل

منابع آب موجود گام برداشت. همچنین با توجه به نتایج حاصل از همبستگی‌های مشاهده‌شده بین شاخص‌های مورد مطالعه و سطح تحصیلات زارعین و مساحت مزارع پیشنهاد می‌گردد در برنامه-ریزی‌های مختلف این عوامل مورد توجه مناسب قرار گیرند. می‌توان اعتقاد داشت بهبود سطح دانش زارعین به‌ویژه گندم‌کاران در زمینه مدیریت پایدار منابع آب زراعی باید در حد بالایی تحت پوشش قرار گرفته شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از گروه پژوهشی زعفران دانشگاه بیرجند به دلیل تأمین بخشی از هزینه‌های این تحقیق قدردانی می‌شود.

کمبود منابع آب و میزان بارندگی، کیفیت نامناسب آب و خاک که از عواملی می‌باشند که رشد کشاورزی را در این منطقه محدود کرده است، زعفران گیاهی است که می‌تواند مسئله کم آبی منطقه مذکور را تحمل نماید و با داشتن بازده اقتصادی بسیار بالا، موجبات دلگرمی و ماندگاری بهره‌برداران را فراهم کند. به‌بیان‌دیگر زعفران، محصول مناسبی برای کشاورزانی است که به منابع کمتری دسترسی دارند و در شرایط محدودیت‌های محیطی می‌تواند درآمد اقتصادی قابل توجهی تولید نماید.

با توجه به این که آبیاری در مزارع گندم مورد بررسی به شیوه آبیاری سطحی بوده، هنوز نیاز به ترویج و توسعه روش‌های نوین آبیاری در این منطقه نیمه‌خشک احساس می‌شود تا بتوان علی‌رغم محدودیت منابع آب با بالا بردن کارایی مصرف آب در جهت حفظ

منابع

- Absalan, Sh., Karimi, M., Heydari, N., Dhghan, A., Abbasi, F., and Rahimiyan, M.H. 2010. The final report of the project to identify and assess of water use efficiency in saline soils downstream of the Karkheh Basin. Khuzestan Agricultural Engineering Research Institute, Research Report. No. 89.1267. (In Persian).
- Akram, M. 2004. Drainage changing process. In Proceedings of 3rd drainage workshop of IRNCID, Tehran, Iran, 26 May 2006, p. 1-19. (In Persian).
- Bazrafshan, J., and Ebrahimzade, E. 2006. Analysis of the spatial distribution saffron in Iran and factors affecting it (Case study: Khorasan). *Geography and Development Journal* 4 (8): 61-84. (In Persian).
- Faramarzi, M., Yang, H., Schulin, R., and Abbaspour, K. 2010. Modeling wheat yield and crop water productivity in Iran: Implications of agricultural water management for wheat production. *Agricultural Water Management* 97 (11): 1861-1875.
- Habibi, M., and Bagheri, A. 1989. Saffron: agronomy, process, chemical composition, and its standards. Scientific-Industry Research Organization. Iran, Khorasan Center. p. 35. (In Persian).
- Hatami Sardashti, Z. 2010. Study of sustainability in ecological cultivation of saffron in parts of South Khorasan Province. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, Birjand University, Iran. (In Persian with English Summary).
- Hayati, D., and Karami, A. 1999. Influencing factors on sustainable agricultural knowledge and sustainability of farming systems (a case study of wheat farmers in Fars province). *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources (Soil and Water Sciences)* 3 (2): 21-43. (In Persian).
- Heydari, N. 2011. Determination and evaluation of water use efficiency of some major crops under farmers management in Iran. *Journal of Water and Irrigation Management* 2 (1): 43-57.
- Howell, T.A., Evtv, S.R., and Tolk, J.A. 2001. Irrigation systems and management to meet future food/fiber needs and to enhance water use efficiency. In: Proceedings of the INIFAP-ARS Joint Meeting; A frame work for cooperation. Rio Bravo. Tamaulipas. Mexico and Weslaco, Texas, USA. p. 10-14.
- Kadi, A., Shady, A., and Szollosi, A. 2003. Water the world's common heritage: Proceeding of the first world water, Marakech.
- Kafi, M., Koocheki, A., Rashed, M.H., and Nassiri, M. 2006. Saffron (*Crocus sativus*): Production and Processing. Science Publishers, USA.

- Mollafilabi, A. 2006. Saffron production technology. In M. Kafi, A. Koocheki, M.H. Rashed & M. Nassiri (eds.), Saffron (*Crocus sativus*): Production and Processing. Science Publishers, USA.
- Montazar, A., and Kosari, H. 2007. Water productivity analysis of some irrigated crops in Iran. Proceeding of the International Conference of Water Saving in Mediterranean Agriculture and Future Needs. Valenzano (Italy). Series B. 56 (1): 109-120.
- Najafi, Gh. 2005. Water and Agriculture. Dehati. 28: 8-14. (In Persian).
- Neyrizi, S., and Halmi Fakhr Davood, R. 2004. Comparison of water use efficiency at some area of Khorasan. Proceeding of 11th Iranian national committee on irrigation and drainage (irncid) conference, Tehran, Iran, 24-25 December 2003, p. 391-403. (In Persian).
- OECD, 2001. Environmental Indicators for Agriculture: Methods and Results. OECD, Paris, France. p. 180.
- Rahmati, A. 2004. The role of environmental conditions on yield and quality of saffron. In Proceeding of the 3 rd national congress on saffron, Mashhad, Iran, 11-12 December 2003, p. 146-151. (In Persian).
- Sadeghi, B. 1993. Effect of corm weight on saffron flowering. Iranian Research Organization for Science and Technology (IROST), Mashhad Center, Iran. (In Persian).
- Sarmad, Z., Hejazi, E., and Bazargan, A. 2009. Research Methods in Behavioral Sciences. Agah Publication, Tehran, Iran.
- Shir Mohammadi, Z. 2002. Effect of method and amount of irrigation water of lean area index, canopy temperature and yield of saffron. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Iran. (In Persian with English Summary).

Comparison of Indicators of Technical and Economic Water Use Efficiency in Saffron and Wheat Production Systems in the Qaenat Region

Fatemeh Yaghoubi¹, Majid Jami Al-Ahmadi^{2}, Mohammad Reza Bakhsh³ and Mohammad Hassan Sayyari⁴*

1,2, 3 and 4. M.Sc. of Agroecology, Associate Professor and Assistant Professor, Departement of Agronomy and Plant Breeding and Assistant Professor, Departement of Soil Science, University of Birjand, (-Corresponding author E-mail: mjamilahmadi@birjand.ac.ir)*

Received: 4 March, 2015

Accepted: 27 June, 2015

Abstract

The main objective of this research was to determine indicators of technical and economic water use efficiency in the cultivation of saffron and wheat in the Qaenat region located in the South Khorasan province in Iran), where 50 wheat farms and 48 saffron farms were investigated during 2011 and 2012. For this purpose, the necessary information about farmer's age and education, crop yield, the area under wheat and saffron cultivation, type of irrigation source, water flow rate and the number and duration of irrigation were collected by using a questionnaire. The results showed that the calculated indicator of water use efficiency was 0.84 and 0.34 kg.m⁻³ for wheat total biomass and grain and 0.36 and 0.002 kg.m⁻³ for saffron total biomass and stigma, respectively. Economic water use efficiency was estimated to be 23706.43 and 1836.89 Rials per cubic meter of water use in saffron and wheat production systems, respectively. There was a significant difference between the different ages of saffron farms for economic water use efficiency and the maximum value of this indicator was related to five-year old farms. Education of the farmers and the area under cultivation were identified as factors influencing the studied measures for wheat. Also, the results showed that there is a significant negative correlation between economic water use efficiency and soil salinity.

Keywords: Irrigation, Water used, Water Use Efficiency, Yield.