

بررسی بهره‌وری آب آبیاری در سیستم‌های آبیاری بارانی و سطحی (مطالعه موردی: دشت قزوین)

زینب غلامی^۱، حامد ابراهیمیان^{۲*} و حمیده نوری^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲- نویسنده مسئول، استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳- استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۱۵

تاریخ پذیرش: ۹۴/۷/۲۷

چکیده

اندازه‌گیری و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب در روش‌های مختلف آبیاری (سطحی و تحت فشار) به علت محدودیت کمی و کیفی این نهاد ارزشمند از جایگاه خاصی برخوردار است. هدف از این پژوهش مقایسه بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی آن در سیستم‌های آبیاری بارانی و سطحی است. در این راستا از اطلاعات و داده‌های تفصیلی سیستم‌های آبیاری و عملکرد محصولات تحت کشت این سیستم‌ها در سال ۱۳۹۰ در دشت قزوین استفاده شده است. اطلاعات مورد نیاز در این مطالعه از طریق مراجعه حضوری به مزارع و تکمیل پرسشنامه، دفترچه‌های طراحی سیستم‌های آبیاری تحت بهره‌برداری در مزارع مورد مطالعه و سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین جمع‌آوری گردید. براساس نتایج حاصل از مطالعه، بهره‌وری آب آبیاری در سیستم‌های آبیاری بارانی برای جو ۰/۷۵ تا ۲/۵، یونجه ۰/۲ تا ۱/۷۶، ذرت ۰/۳ تا ۲/۷۸ و گندم ۰/۶۱ تا ۲/۲ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. میزان بهره‌وری آب آبیاری در آبیاری سطحی برای جو ۰/۴۳ تا ۱/۴۲، یونجه ۰/۱۲ تا ۱/۶۴، ذرت ۰/۲۲ تا ۱/۵۸ و گندم ۰/۴۳ تا ۱/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد. حداقل و حداکثر بهره‌وری اقتصادی مصرف آب در آبیاری سطحی بر حسب ریال بر مترمکعب به ترتیب برابر ۱۳۸۷ و ۴۶۱۷ برای جو، ۳۸۲ و ۵۰۵۰ برای یونجه، ۹۰۵ و ۶۴۷۴ برای ذرت دانه‌ای، ۱۴۴۷ و ۴۱۵۹ برای گندم برآورد شد. حداقل و حداکثر بهره‌وری اقتصادی مصرف آب در آبیاری بارانی بر حسب ریال بر مترمکعب به ترتیب برابر ۲۴۴۲ و ۸۱۲۶ برای جو، ۶۷۳ و ۵۴۲۰ برای یونجه، ۱۲۸۳ و ۱۱۳۹۵ برای ذرت دانه‌ای، ۲۰۱۶ و ۷۳۱۹ برای گندم به دست آمد.

کلید واژه‌ها: بهره‌وری اقتصادی، ذرت، گندم، جو، یونجه.

Investigation of Irrigation Water Productivity in Sprinkler and Surface Irrigation Systems (Case study: Qazvin Plain)

Z. Gholami¹, H. Ebrahimian^{2*} and H. Noory³

- 1- Graduate Student, Department. of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran.
- 2* - Assistant Professor, Department. of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran.
- 3- Assistant Professor, Department. of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran.

Received: 5 May 2015

Accepted: 19 October 2015

Abstract

Due to the quantity and quality limitations of available water resources, the measurement and analysis of water and economic productivity indices in various irrigation systems (including surface

and pressurized systems) has a great importance. The objective of this study was to compare water and economic productivity of pressurized and surface irrigation systems. For this purpose, the data of irrigation systems as well as crop yield in Qazvin Plain in 2011 were used. The required data were collected using the survey in the studied fields, questionnaires, the design report of irrigation systems and Qazvin Agriculture Organization. The results showed that the irrigation water productivity for barley, alfalfa, maize and wheat was 0.75 to 2.5, 0.2 to 1.76, 0.3 to 2.78 and 0.61 to 2.2 kg/m³, respectively, in sprinkler irrigation systems. In surface irrigation system, the water productivity for barley, alfalfa, maize and wheat was 0.43 to 1.42, 0.12 to 1.64, 0.22 to 1.58 and 0.43 to 1.25 kg/m³, respectively. The minimum and maximum amounts of economic productivity of surface irrigation systems in Rials/m³ were 1387 and 4617 for barely, 382 and 5050 for alfalfa, 905 and 6474 for maize and 1447 and 4159 for wheat. The minimum and maximum values of economic productivity of sprinkler irrigation systems in Rial/m³ were 2442 and 8126 for barley, 673 and 5420 for alfalfa, 1283 and 11395 for maize and 2016 and 7319 for wheat.

Keywords: Economic productivity, Maize, Wheat, Barley, Alfalfa.

مقدمه

کمبود آب یکی از عوامل مهم بازدارنده اقتصادی و اجتماعی در اکثر کشورهای در حال توسعه به خصوص کشورهای واقع شده در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است (انگوس و همکاران^۱، ۱۹۹۱؛ اسکلر و همکاران^۲، ۱۹۹۹). بخش وسیعی از ایران در شرایط آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک واقع شده است و به همین دلیل کشاورزی ایران به شدت به آب و آبیاری وابسته است. به طوری که آب به عنوان مهمترین و محدود کننده‌ترین نهاده تولید کشاورزی در ایران به شمار می‌رود (زیبایی، ۱۳۸۶). یکی از راهکارهای توصیه شده از سوی اقتصاددانان و سیاست‌گذاران در رابطه با حل معضل جهانی آب، پیاده‌سازی نظام بهره‌وری آب کشاورزی در ساختار مدیریت آب کشاورزی است (احسانی و خالدی، ۱۳۸۱). بر اساس این راهکار، با توجه به محدودیت منابع آب کشور، تخصیص آب بایستی به محصولاتی صورت گیرد که دارای سود اقتصادی بیشتری به ازای یک متر مکعب آب باشند. البته این مسئله به معنی چشم‌پوشی از سایر اهداف اساسی و بلندمدتی همچون تأمین امنیت غذایی و اشتغال نیست. ارتقای بهره‌وری آب در تولید مواد غذایی از مسایل اساسی در کشورهای مختلف جهان و به خصوص کشورهای کم آب نظیر ایران است. اندازه‌گیری و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در روش‌های مختلف آبیاری (سطحی و تحت فشار) به علت محدودیت کمی و کیفی این نهاده ارزشمند از جایگاه خاصی برخوردار است.

سپهوند (۱۳۸۸) به بررسی بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی در گندم در غرب کشور پرداخت. نتایج این تحقیق نشان داد میانگین بهره‌وری آب در گندم ۱/۶۴ کیلوگرم بر مترمکعب و بهره‌وری

اقتصادی مصرف آب ۲۱۲۸ ریال بر مترمکعب بود. خرمیان و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی تاثیر آبیاری بارانی قرقه‌های بر عملکرد علوفه و بهره‌وری مصرف آب یونجه در استان خوزستان پرداختند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بیشترین و کمترین عملکرد و بهره‌وری مصرفی آب به ترتیب برای دوچین برداشتی ۱۶/۲۷ و ۱۱/۵ تن در هکتار و ۲/۱۱ و ۰/۴۹ کیلوگرم در هکتار علوفه خشک به ازای هر مترمکعب آب به ترتیب مربوط به آبیاری با دور آبیاری کم (آبیاری بارانی قرقه‌های) و آبیاری سنگین با فواصل آبیاری زیاد (آبیاری سطحی) بود. اکبری (۱۳۷۷) تاثیر روش‌های آبیاری جویچه‌ای و بارانی را روی محصول سیب‌زمینی در منطقه فریدون شهر اصفهان بررسی کرد. نتایج این پژوهش نشان داد که روش بارانی در مقایسه با روش جویچه‌ای عملکرد بالاتری به دست می‌دهد و موجب ۳۵ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب شد. کیانی (۱۳۷۹) دو روش آبیاری بارانی و نشتی را بر روی محصول پنبه مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت که میزان آب مصرفی در روش بارانی و نشتی به ترتیب برابر ۳۱۰۰ و ۵۶۶۵ مترمکعب آب در هکتار بود. کاویانی و همکاران (۱۳۹۰) متوسط بهره‌وری آب را بدون توجه به نوع گیاه در بازه ۰/۱۲ تا ۱/۳ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آوردند. همچنین میزان بهره‌وری آب برای گندم را در دشت قزوین با استفاده از تصاویر مودیس^۳ به طور متوسط ۰/۷۶ کیلوگرم بر مترمکعب و از داده‌های لایسیمتر^۴ ۰/۹ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آوردند. سینگ و همکاران^۴ (۲۰۰۶) بهره‌وری آب را برای محصولات گندم در کشور هند محاسبه کردند. نتایج این تحقیق حاکی از آنست که بهره‌وری آب برای گندم، ۱/۰۴ کیلوگرم بر

3- MODIS

4- Singh *et al.*

1- Angus *et al.*

2- Seckler *et al.*

هدف از این مطالعه مقایسه شاخص‌های بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی در سیستم‌های آبیاری سطحی و بارانی برای محصولات عمده زراعی در دشت قزوین است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در دشت قزوین که یکی از قطب‌های مهم کشاورزی در ایران است انجام شد. استان قزوین در منطقه نیمه کوهستانی و در حد فاصل دو ناحیه مختلف اقلیمی قرار گرفته که از شمال به سلسله جبال البرز و ارتفاعات طالقان و از جنوب به دشت قزوین محدود می‌گردد، بنابراین تغییرات آب و هوایی در منطقه وجود دارد، به طوری که در ارتفاعات شمالی میزان نزولات جوی بیش از ۶۰۰ میلی‌متر در شهر قزوین که در دامنه ارتفاعات قرار گرفته حدود ۳۲۰ میلی‌متر و با نزدیک شدن به حاشیه دشتهای جنوبی منطقه میزان ریزشهای جوی تا ۲۵۰ میلی‌متر تنزل پیدا می‌کند.

در برخی از مناطق این دشت از آب زیرزمینی به عنوان تنها منبع آب آبیاری استفاده می‌شود. بخش دیگری از این دشت تحت پوشش شبکه آبیاری است. همچنین در برخی نقاط از دشت قزوین با استفاده تلفیقی از آب کانال و چاه، آبیاری اراضی کشاورزی را انجام می‌دهند. کشت عمده محصولات زراعی این منطقه شامل گندم، جو، ذرت و یونجه است. اطلاعات مورد نیاز در این مطالعه از طریق مراجعه حضوری به مزارع و تکمیل پرسشنامه، دفترچه‌های طراحی سیستم‌های آبیاری تحت بهره‌برداری در مزارع مورد مطالعه و سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین جمع‌آوری گردید. با توجه به اطلاعات جهاد کشاورزی در خصوص محصولات کشاورزی، استان قزوین به پنج شهرستان قزوین، تاکستان، آبیک، بوئین‌زهرا و البرز تقسیم می‌شود (شکل ۱). بر این اساس تعداد ۲۳ مزرعه از پنج شهرستان انتخاب گردید (جدول ۱). بر اساس اطلاعات استخراج شده از تحقیق میدانی و پرسشنامه‌ای و مستندات موجود در دفترچه‌های طراحی و سازمان جهاد کشاورزی، بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم بر متر مکعب) و بهره‌وری اقتصادی در هر یک از مزارع انتخابی محاسبه گردید و تأثیر نوع سیستم آبیاری و محصول زراعی بر آنها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

مترمکعب است. لیو و همکاران^۱ (۲۰۰۸) بهره‌وری آب در محصول ذرت را در ۱۲۴ کشور مختلف محاسبه و گزارش کردند. طبق نتایج این تحقیق، کشورهای آمریکا و چین با بیش از ۱/۵ کیلوگرم بر مترمکعب و کشورهای آفریقایی با کمتر از ۱ کیلوگرم بر مترمکعب به ترتیب بیشترین و کمترین بهره‌وری آب را داشتند. فان و همکاران^۲ (۲۰۱۴) به مقایسه بهره‌وری آب در محصولات زراعی در شمال غرب چین پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد بهره‌وری آب در گندم و ذرت به ترتیب برابر ۰/۵۷-۱/۶۸ و ۰/۵۴-۲/۱ کیلوگرم بر مترمکعب بود. همچنین بهره‌وری اقتصادی برای گندم و ذرت به ترتیب برابر ۰/۱۹ و ۰/۲۳ دلار بر مترمکعب به دست آمد. لی و همکاران^۳ (۲۰۰۵) حداکثر میزان عملکرد و بهره‌وری آب را برای گندم ۷۴۲۳ کیلوگرم بر هکتار و ۱/۶۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آوردند. زوارت و باستیانسن^۴ (۲۰۰۴) به نقد و بررسی بهره‌وری آب برای سه محصول ذرت، گندم و پنبه پرداختند. اساس کار آن‌ها گزارش ارائه شده توسط فانو که براساس ۸۴ منابع علمی که میزان بهره‌وری آب را اندازه‌گیری کردند، بود. میزان بهره‌وری آب گزارش شده توسط فانو برای محصولات ذرت و گندم به ترتیب برابر ۲/۷-۱/۱ و ۰/۶-۱/۷ کیلوگرم بر مترمکعب بود. نارو و همکاران^۵ (۲۰۱۴) مقادیر بهره‌وری اقتصادی برای گندم، جو، ذرت و یونجه را به ترتیب ۰/۶۶، ۰/۶۸، ۰/۴۹ و ۰/۵۲ یورو بر مترمکعب گزارش نمودند. زمانی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی بهره‌وری اقتصادی آب در محصولات مختلف زراعی در دشت بهار پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد میانگین بهره‌وری اقتصادی برای جو، یونجه، ذرت و گندم به ترتیب ۴۸۵/۴۷، ۴۸۸/۱۸، ۵۸۴/۵۸ و ۴۴۳/۶۳ ریال بر مترمکعب بود.

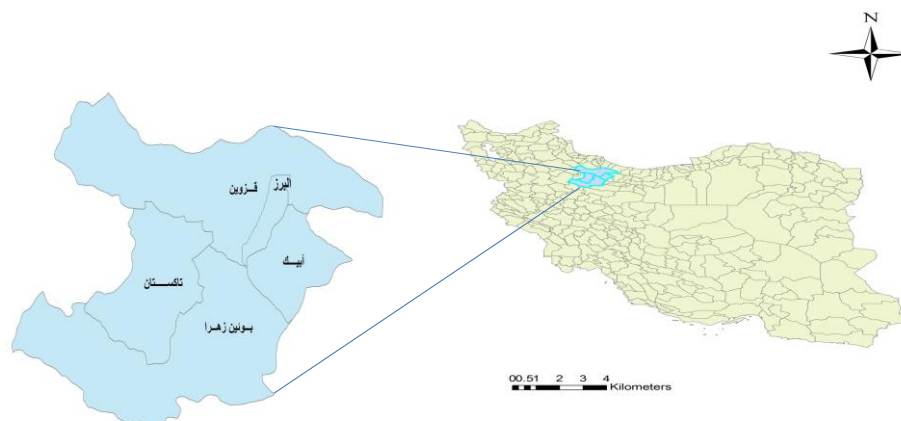
بررسی‌ها و تحقیقات متعدد در جهان نشان می‌دهد که استفاده صحیح از سیستم‌های آبیاری تحت فشار، علاوه بر کاهش مصرف آب، افزایش قابل توجه تولید محصول به همراه خواهد داشت. لامادلانا و ساگاردوی^۶ (۲۰۰۰) اندازه‌گیری و یا برآورد بهره‌وری مصرف آب در دشتهای کشاورزی کشور می‌تواند وضعیت موجود استفاده از منابع آب کشاورزی را نشان دهد. در ایران مطالعات زیادی در زمینه محاسبه انواع شاخص‌های بهره‌وری آب در بخش کشاورزی صورت گرفته است لیکن در مطالعات محدودی، نوع روش‌های آبیاری در محصولات مختلف و تأثیر آنها بر بهره‌وری آب مورد توجه قرار گرفته است. در این تحقیق سیستم‌های آبیاری بارانی و سطحی مورد استفاده در مزارع مختلف دشت قزوین از نظر بهره‌وری مصرف آب و بهره‌وری اقتصادی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند. بنابراین،

- 1- Liu *et al.*
- 2- Fan *et al.*
- 3- Li *et al.*
- 4- Zwart and Bastiaansen
- 5- Naroua *et al.*
- 6- Lamaddalena and Sagardoy

غلامی و همکاران: بررسی بهره‌وری آب آبیاری در سیستم‌های آبیاری بارانی و...

جدول ۱- مشخصات مزارع مورد مطالعه در دشت قزوین

کد مزرعه	نام کشاورز/ شرکت	نام روستا	نوع خاک	مساحت (هکتار)			مساحت کل
				جو	گندم	یونجه	
A1	عارف رحمانیان	روستای ماجین بخش بشاریات	لوم رسی	۳	۳	-	۱۲
A2	کشت و صنعت شریف آباد	خاک علی	لوم رسی	-	-	۷۰	۱۴۵
A3	کشت و صنعت شریف آباد	خاک علی	لوم رسی	-	-	۳۰	۶۰
A4	کشت و صنعت شریف آباد	خاک علی	لوم رسی	-	-	۱۵۰	۶۵۰
A5	کشت و صنعت هزار جلفا	خاک علی	لوم رسی	-	-	۵۷	۵۷
A6	کشت و صنعت هزار جلفا	خاک علی	لوم رسی	-	۲۲	-	۴۴
A7	کشت و صنعت هزار جلفا	خاک علی	لوم رسی	-	۲۲	۲۲	۴۴
AL1	حسین طاهر خانی	کلج	رسی لومی	۱	۱	۱	۴
AL2	محسن جلیوند	بیدستان	لومی	-	۱۳	-	۲۷
B1	فرزانه الهام اقدس رحیمی	نجف آباد	سیلتی لومی	۷/۶	۷/۶	۷/۵	۳۰/۲
B2	رضای اینانلو مرانلو	روستای خادیک	رسی	۱۲	۱۲	-	۴۸
B3	موسی احمدی	حسن آباد	رسی	۵/۵	۵/۵	۵/۳	۲۱/۸
B4	حبیب خدابنده	قمیک	رسی لومی	۱/۵	۱/۵	-	۳
G1	علی فلاح شیروانی	مهدی آباد	رسی	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۲
G2	تقی فلاح جعفری	جهان آباد	رسی لومی	۰/۸	۰/۸	-	۲/۴
G3	علی ملا زینعلی	میانچال	لوم سیلتی شنی	-	-	۱	۱
G4	محمد مراد جنتی	جنت آباد اقبال	رسی	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۵	۵
G5	یوسف شعبانی	اقبالیه	لومی	۳/۵	۳/۵	۲	۱۱
T1	قربان فرجی	اسفروین	رسی	۱	۱	۰/۵	۳
T2	فضل علی حاجی زاده	طرویزک	رسی	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۲
T3	نوراله محمدی	اسفراین	رسی لومی	۱	۱	۰/۵	۳
T4	سید عادل رضوی	قمیک	لوم رسی	۲	۱/۵	۱/۵	۶/۵



شکل ۱- موقعیت استان قزوین در ایران و شهرستان‌های استان قزوین

آبیاری انجام دادند، میزان حجم آب آبیاری در آبیاری سطحی به دست آمد. در مطالعه گسترده سهرابی و پوربروجنی (۱۳۸۴) در دشت قزوین، متوسط راندمان کاربرد آبیاری در روش‌های آبیاری سطحی و بارانی ۳۹/۳ و ۶۹/۲ درصد گزارش شد. بنابراین با توجه به رابطه راندمان کاربرد آبیاری (نسبت تبخیر-تعرق به حجم کل آب آبیاری)، در این مطالعه حجم آب آبیاری در سیستم‌های آبیاری سطحی ۱/۷۶ برابر بیشتر از سیستم‌های آبیاری بارانی در نظر گرفته شد. بر اساس اطلاعات جمع آوری شده، محاسبات مربوط به بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی در سیستم‌های آبیاری بارانی و سطحی انجام شد.

نتایج و بحث

سیستم‌های آبیاری بارانی

مشخصات سیستم‌های آبیاری بارانی در مزارع انتخاب شده مورد مطالعه مانند نوع سیستم، نوع منبع آب، دبی و فشار سیستم در جدول (۲) آمده است. در این تحقیق ۲۳ مزرعه مجهز به سیستم آبیاری بارانی انتخاب شد. سیستم‌های آبیاری بارانی در دشت قزوین بیشتر از نوع کلاسیک ثابت هستند. منبع تأمین آب آبیاری در همه مزارع به غیر از دو مزرعه G1 و G2 چاه است. براساس اطلاعات دفترچه‌های طراحی سیستم‌های آبیاری در مزارع مختلف، کیفیت آب برای آبیاری در همه مزارع مورد مطالعه مناسب بود. در بین ساعات کارکرد سیستم‌های آبیاری، یونجه و ذرت دانه‌ای دارای ساعات کارکرد بیشتری نسبت به گندم و جو هستند که به فصل رشد و نیاز آبی گیاهان مربوط می‌شود، فصل رشد ذرت و یونجه دانه‌ای بهاره می‌باشد و نیاز به آبیاری بیشتری نسبت به گندم و جو که در فصل پاییز کشت می‌شوند دارند. میزان دبی سیستم‌های آبیاری در مزارع مختلف بین ۰/۰۴۵ تا ۰/۰۲۹ مترمکعب بر ثانیه متغیر بود.

بهره‌وری اقتصادی با توجه به درآمد حاصل از فروش محصول و حجم آب آبیاری طبق رابطه (۱) محاسبه گردید:

$$EP = \frac{P}{V} \quad (1)$$

که در این رابطه، EP بهره‌وری اقتصادی (ریال بر مترمکعب) P : فروش محصول کشاورزی درآمد ناخالص (ریال) و V : حجم آب آبیاری (مترمکعب) است. قیمت محصولات از آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۰ به دست آمد (بی‌نام، ۱۳۹۰).

بهره‌وری آب آبیاری با توجه به حجم آب آبیاری و عملکرد محصول طبق رابطه (۲) محاسبه شد:

$$WP = \frac{y}{V} \quad (2)$$

که در این رابطه، WP : بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم بر مترمکعب)، y : عملکرد محصول بر حسب وزن خشک (کیلوگرم) و V : حجم آب آبیاری (مترمکعب) است. حجم آب آبیاری از حاصلضرب میزان دبی و ساعات آبیاری به دست آمد. بهره‌وری آب آبیاری برای چهار محصول عمده زراعی و در دو روش آبیاری بارانی و سطحی در دشت قزوین محاسبه شد.

در این مطالعه حجم آب آبیاری بارانی از حاصلضرب میزان دبی در ساعت آبیاری در تمامی نوبت‌های آبیاری به دست آمد. اطلاعات دقیقی از حجم آب آبیاری در سیستم‌های آبیاری سطحی توسط کشاورزان قابل حصول نبود. به همین دلیل بر اساس مطالعه‌ای که سهرابی و پوربروجنی (۱۳۸۴) در دشت قزوین روی راندمان کاربرد

غلامی و همکاران: بررسی بهره‌وری آب آبیاری در سیستم‌های آبیاری بارانی و ...

جدول ۲- مشخصات سیستم‌های آبیاری بارانی مورد استفاده در مزارع مورد مطالعه

کد مزرعه	سیستم آبیاری	منبع آب	دبی سیستم (مترمکعب برثانیه)	فشار سیستم (متر)	ساعات کارکرد در طول فصل رشد			ذرت
					جو	گندم	یونجه	
A1	کلاسیک ثابت	چاه	۰/۰۲۹	۵۱/۹	۱۹	۲۳	-	۴۱
A2	لینیر	۶۰ درصد کانال و ۴۰ درصد چاه	۰/۰۲۷	۲۵	-	-	۱۰۳	۷۲
A3	سنتریوت	۶۰ درصد کانال و ۴۰ درصد چاه	۰/۰۵۵	۲۰	-	-	۵۱	۳۵
A4	کلاسیک ثابت	۶۰ درصد کانال و ۴۰ درصد چاه	۰/۰۵۵	۵۰	-	-	۵۱	۳۹
A5	سنتریوت	۶۵ درصد کانال و ۳۵ درصد چاه	۰/۰۵۵	۲۵	-	-	۴۳	-
A6	سنتریوت	۶۵ درصد کانال و ۳۵ درصد چاه	۰/۰۴۶	۲۵	-	۵۹	-	۵۹
A7	سنتریوت	۶۵ درصد کانال و ۳۵ درصد چاه	۰/۰۴۳	۲۵	-	-	۱۱۱	۵۹
AL1	کلاسیک ثابت	چاه	۰/۰۱	۵۲/۹	۴۸	۶۰	۲۹۰	۲۳۱
AL2	کلاسیک ثابت	چاه	۰/۰۵	۴۵/۳	-	۱۵	-	۲۷
B1	کلاسیک ثابت	چاه	۰/۰۸۳	۵۹/۲۹	۷	۹	۴۰	۳۳
B2	لینیر	چاه	۰/۰۲۶	۴۲/۵۳	۳۴	۳۲	-	۹۰
B3	کلاسیک ثابت	چاه	۰/۰۶	۵۱/۹۲	۱۱	۱۳	۶۱	۴۷
B4	کلاسیک ثابت	چاه	۰/۰۱۳	۵۴/۹	۸۰	۷۱	-	-
G1	کلاسیک ثابت	کانال	۰/۰۰۵	۵۳/۲	۱۸۸	۱۶۰	۵۸۷	۴۷۶
G2	کلاسیک نیمه متحرک	کانال	۰/۰۰۹	۴۷/۷۲	۱۴۲	۱۵۹	-	۳۱۱
G3	کلاسیک ثابت	چاه	۰/۰۰۹	۲۰	-	-	۲۹۴	-
G4	کلاسیک ثابت	چاه	۰/۰۱۳	۵۳/۹	۴۲	۵۳	۲۳۵	۱۹۴
G5	کلاسیک ثابت	چاه	۰/۰۲۱	۵۸/۷۷	۶۰	۵۴	۱۵۷	۱۳۴
T1	کلاسیک ثابت	چاه	۰/۰۰۵	۵۶/۷۶	۲۰۹	۱۹۰	۹۵۰	۴۷۲
T2	کلاسیک ثابت	چاه	۰/۰۰۴۵	۴۸/۹۶	۲۳۷	۲۰۳	۷۹۵	۵۹۵
T3	کلاسیک ثابت	چاه	۰/۰۰۵۳	۵۲/۹۷	۱۵۱	۲۱۰	۱۰۳۸	۵۳۳
T4	کلاسیک ثابت	چاه	۰/۰۲	۵۸/۴۵	۴۷	۵۴	۲۰۰	۱۵۹

و یونجه به حجم آبیاری کمتری نیاز دارد. در بین مزارع مورد مطالعه مزرعه A₁ دارای بالاترین میزان عملکرد محصولات می باشد. میزان متوسط عملکرد برای گیاهان مختلف گندم، جو، ذرت و یونجه به ترتیب معادل ۵۳۱۴، ۴۸۷۱/۹، ۱۱۷۵۵/۷ و ۱۵۸۶۲/۷ کیلوگرم در هکتار به دست آمد.

در جدول (۳)، حجم آب آبیاری در طول فصل رشد و مقدار عملکرد وزن خشک محصولات مختلف در مزارع انتخابی مجهز به سیستم آبیاری بارانی نشان داده شده است. به دلیل کشت پاییزه بودن محصولات گندم و جو، بخشی از آب مصرفی آنها از طریق باران تأمین می شود. با توجه به دفترچه های طراحی میزان بارندگی موثر برابر ۱۵۴ میلی متر به دست آمد. همان طور که در جدول (۳) مشخص می باشد به دلیل فصل کشت، گندم و جو در مقایسه با ذرت

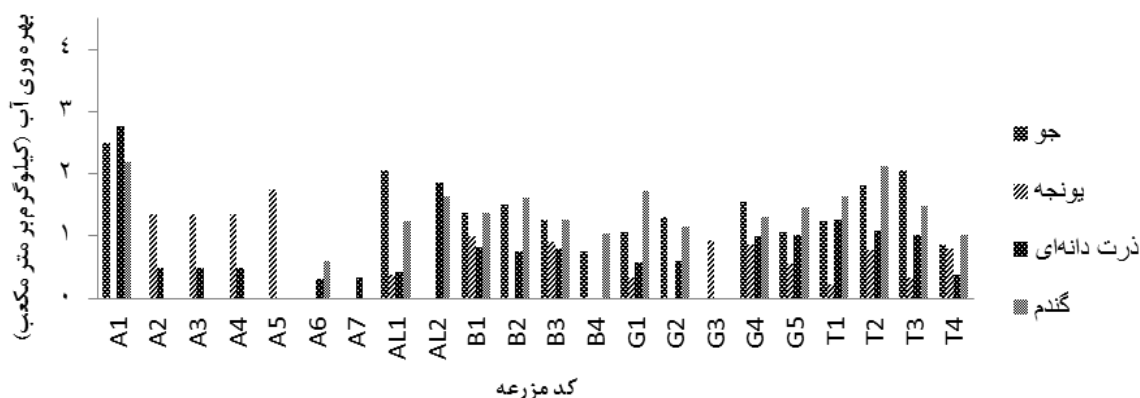
جدول ۳- عملکرد محصول و حجم آب مصرفی در مزارع انتخابی مجهز به سیستم آبیاری بارانی

کد مزرعه	حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)				عملکرد (تن بر هکتار)			
	جو	گندم	یونجه	ذرت دانه ای	جو	گندم	یونجه	ذرت دانه ای
A1	۱۹۴۵	۲۴۱۷	-	۴۲۲۹	۴/۸	۵/۳	۱۵/۹	۱۱/۸
A2	-	-	۱۰۰۰۰	۷۰۰۰	-	-	۱۳/۵	۳/۵
A3	-	-	۱۰۰۰۰	۷۰۰۰	-	-	۱۳/۵	۳/۵
A4	-	-	۱۰۰۰۰	۷۰۰۰	-	-	۱۳/۵	۳/۵
A5	-	-	۸۵۰۳۴	-	-	-	۱۵	-
A6	-	۹۹۰۴	-	۹۹۰۴	-	۶	-	۳/۱
A7	-	-	۱۷۲۲۵	۹۹۰۴	-	-	۱۵	۳/۱
AL1	۱۹۴۴	۲۴۱۰	۱۱۷۴۵	۹۳۳۵	۴	۳	۴/۵	۴
AL2	-	۲۷۶۲	-	۴۹۳۳	۳/۸	۴/۵	۱۲	۹/۲
B1	۲۱۳۳	۲۶۴۵	۱۲۰۰۷	۱۰۰۰۹	۲/۹	۳/۶	۱۲	۸/۲
B2	۳۲۹۶	۳۰۷۱	-	۸۶۳۸	۵	۵	۵	۶/۵
B3	۲۳۱۲	۲۸۶۸	۱۳۳۳۶	۱۰۲۲۵	۲/۹	۳/۶	۱۲	۸/۲
B4	۳۹۱۰	۳۴۴۸	-	-	۲/۹	۳/۶	۱۲	۸/۲
G1	۳۷۲۱	۳۱۶۳	۱۱۶۲۷	۹۴۲۷	۴	۵/۵	۴	۵/۵
G2	۴۵۸۶	۵۱۵۸	-	۱۰۰۷۴	۶	۶	۴	۶
G3	-	-	۱۰۵۵۲	-	۳/۲	۳/۳	۹/۹	۹/۳
G4	۲۰۵۷	۲۵۵۲	۱۱۴۱۹	۹۴۴۷	۳/۱	۳/۳	۹/۹	۹/۳
G5	۴۷۰۶	۴۱۰۴	۱۷۵۱۴	۹۷۰۷	۵	۶	۱۰	۱۰
T1	۴۰۲۶	۳۶۵۹	۱۸۲۵۴	۹۰۷۹	۵	۶	۴	۱۱/۵
T2	۲۸۴۱	۳۲۸۳	۱۲۸۷۵	۹۶۴۵	۷	۷	۱۰	۱۰/۵
T3	۲۸۹۳	۴۰۳۴	۱۹۹۶۰	۱۰۲۲۳	۶	۶	۷۰	۱۰/۵
T4	۳۴۵۷	۳۹۳۹	۱۴۵۴۹	۱۱۵۷۵	۳	۴	۱/۱	۴/۵

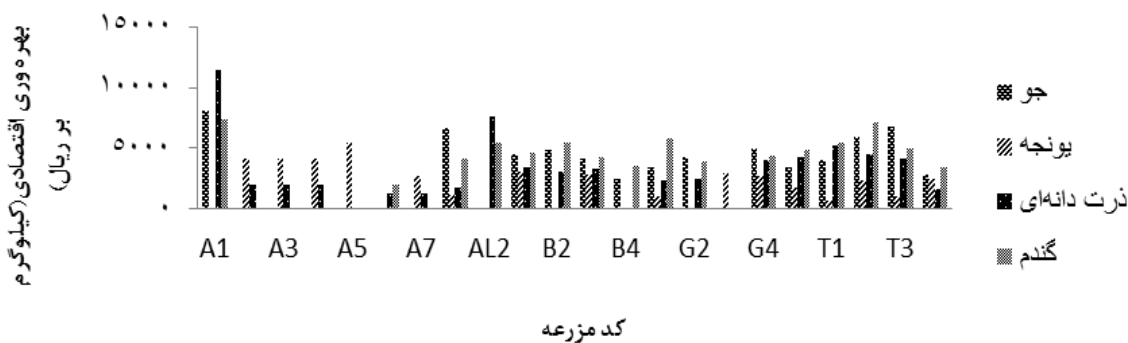
غلامی و همکاران: بررسی بهره‌وری آب آبیاری در سیستم‌های آبیاری بارانی و...

نتیجه بهره‌وری آب آبیاری در آن‌ها بیشتر از یونجه و ذرت به دست آمد. به تفکیک فصل رشد در کشت پاییزه، محصول جو و در کشت بهاره، محصول ذرت دارای بهره‌وری آب بالاتری است. مقادیر محاسبه شده بهره‌وری اقتصادی مصرف آب برای محصولات مختلف در شکل (۳) آمده است. حداقل و حداکثر بهره‌وری بهره‌وری اقتصادی آب بر حسب ریال بر مترمکعب به ترتیب برابر ۲۴۴۲ و ۸۱۲۶ برای جو، ۶۷۳ و ۵۴۱۹/۸ برای یونجه، ۱۲۸۳ و ۱۱۳۹۵ برای ذرت دانه‌ای، ۲۰۱۶ و ۷۳۱۹ برای گندم به دست آمد. بهره‌وری اقتصادی مصرف آب ذرت و گندم بیشتر از یونجه و جو به دست آمد.

مقادیر محاسبه شده بهره‌وری آب آبیاری در شکل ۲ ارائه شده است. حداکثر و حداقل بهره‌وری آب آبیاری بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب به ترتیب برابر با ۰/۷۵ و ۲/۵ برای جو، ۰/۲ و ۱/۷۶ برای یونجه، ۰/۳۱ و ۲/۷۸ برای ذرت دانه‌ای و ۰/۶۱ و ۲/۲ برای گندم به دست آمد. با مقایسه نتایج به دست آمده، بهره‌وری آب آبیاری گندم و جو نسبت به یونجه و ذرت دانه‌ای بیشتر بود که دلیل آن را می‌توان به فصل رشد گیاه و فصل آبیاری گیاه مربوط دانست. فصل کشت گندم و جو پاییز است و در خرداد ماه برداشت می‌شود و به همین علت نیاز آبیاری آن‌ها نسبت به یونجه و ذرت که در فصل بهار کشت و در اواخر تابستان برداشت می‌شوند، کمتر است. در



شکل ۲- بهره‌وری آب آبیاری در مزارع انتخابی مجهز به سیستم آبیاری بارانی برای محصولات مختلف



شکل ۳- بهره‌وری اقتصادی در مزارع انتخابی مجهز به سیستم آبیاری بارانی برای محصولات کشاورزی



شکل ۴- بهره‌وری آب آبیاری در آبیاری سطحی برای محصولات مختلف کشاورزی

آبیاری سطحی

همان‌طور که اشاره شد حجم آب مصرفی در روش آبیاری سطحی بیشتر از آبیاری بارانی است. در آبیاری سطحی نیز بهره‌وری آب در گندم و جو نسبت به یونجه و ذرت بیشتر به دست آمد. ولی به تفکیک فصل رشد در کشت پاییزه، جو و در کشت بهاره، ذرت دارای بهره‌وری آب بالاتری است. حداکثر و حداقل بهره‌وری بهره‌وری آب آبیاری بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب به ترتیب برابر با ۰/۴۳ و ۱/۴۲ برای جو، ۰/۱۲ و ۱/۴۶ برای یونجه، ۰/۲ و ۱/۵۸ برای ذرت دانه‌ای و ۰/۴۳ و ۱/۲۵ برای گندم به دست آمد (شکل ۴). بهره‌وری آب آبیاری در سیستم‌های آبیاری بارانی نسبت به آبیاری سطحی بیشتر به دست آمد. در آبیاری سطحی همانند آبیاری بارانی بهره‌وری مصرف آب در گندم نسبت به سه محصول دیگر بیشتر است.

سالوادور^۱ و همکاران (۲۰۱۱) بهره‌وری آب آبیاری را برای یونجه، ذرت، جو و گندم به ترتیب ۱/۸۲، ۱/۶، ۲/۵ و ۱/۶ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نمودند. حیدری (۱۳۹۰) بهره‌وری آب آبیاری محصولات زراعی مختلف در روش‌های آبیاری سطحی با مدیریت زارعین در مناطق کرمان، همدان، مغان، گلستان و خوزستان و برای محصولات گندم، یونجه و جو به ترتیب ۰/۷۳، ۱/۴۶ و ۰/۵۶ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش نمودند.

مقادیر محاسبه شده بهره‌وری اقتصادی آب برای محصولات مختلف در شکل (۵) آمده است. حداقل و حداکثر بهره‌وری بر حسب ریال بر مترمکعب به ترتیب برابر ۱۳۸۷ و ۴۶۱۷ برای جو، ۳۸۲ و ۵۰۵۰ برای یونجه، ۹۰۵ و ۶۴۷۴ برای ذرت دانه‌ای، ۱۴۴۷ و ۴۱۵۹ برای گندم به دست آمد. بهره‌وری اقتصادی آب برای ذرت و گندم نسبت به یونجه و جو بیشتر به دست آمد. در آبیاری سطحی نیز مانند آبیاری بارانی، بهره‌وری اقتصادی آب در گندم و ذرت نسبت به یونجه و جو بیشتر است. زمانی و همکاران (۱۳۹۳) بهره‌وری اقتصادی را برای گندم، ذرت، جو و یونجه به ترتیب ۳۶۰۸، ۳۹۶۱،

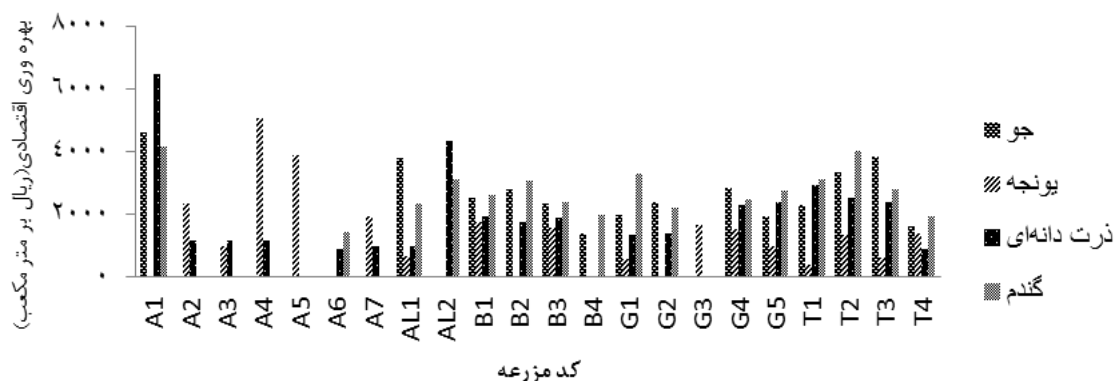
۳۴۹۲ و ۲۸۷۵ ریال بر مترمکعب برآورد کردند. در این پژوهش بالاترین بهره‌وری اقتصادی مربوط به گندم بود. در این پژوهش، کشت گندم پاییزه بود و حجم آب مصرفی در برابر حجم آب مصرفی در مطالعه زمانی و همکاران که کشت گندم بهاره است کمتر است به همین دلیل بهره‌وری اقتصادی آن بالاتر به دست آمد. در مقابل یونجه که برای هر دو مطالعه به صورت کشت بهاره بود دارای کمترین میزان بهره‌وری اقتصادی است.

خالون^۲ و همکاران (۲۰۰۷) متوسط بهره‌وری مصرف آب گندم و برنج در روش بارانی به ترتیب ۳/۹۵ و ۰/۵۵ و در روش کرتی به ترتیب ۱/۳۴ و ۰/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب آب در کشور پاکستان برآورد کردند. حیدری (۱۳۹۰) بهره‌وری مصرف آب برای سیب‌زمینی در سیستم‌های چرخدار (ویلموو) و دوار مرکزی (سنتریپوت) به ترتیب ۴/۱۱-۱/۴۷ و ۵/۷-۱/۰۲ کیلوگرم بر متر مکعب و در سیستم‌های سطحی با دامنه بهره‌وری مصرف آب ۲/۰۳-۱ کیلوگرم بر متر مکعب در مناطق کرمان، همدان، مغان، گلستان و خوزستان به دست آورد. همچنین فیروزآبادی^۳ (۲۰۱۲) و کتین و بیلگل^۴ (۲۰۰۲) به مقایسه میزان بهره‌وری آب در آبیاری سطحی و بارانی پرداختند که نتایج آنان نشان داد میزان بهره‌وری آب در آبیاری بارانی نسبت به سطحی بیشتر است. این پژوهش نیز با مقایسه بهره‌وری آب آبیاری برای چهار کشت غالب در استان قزوین در دو سیستم آبیاری سطحی و بارانی، میزان بهره‌وری آب آبیاری در چهار محصول در آبیاری بارانی بیشتر از سطحی به دست آمد. همچنین میزان بهره‌وری اقتصادی در آبیاری بارانی بیشتر از آبیاری سطحی به دست آمد. نتایج نشان می‌دهد از لحاظ بهره‌وری آب آبیاری، آبیاری بارانی بر آبیاری سطحی ارجحیت دارد.

2- Kahlown
3- Firouzabadi
4- Cetin and Bilgel

1- Salvador

غلامی و همکاران: بررسی بهره‌وری آب آبیاری در سیستم‌های آبیاری بارانی و...



شکل ۵- بهره‌وری اقتصادی در آبیاری سطحی برای محصولات مختلف کشاورزی

اقتصادی مصرف آب در آبیاری بارانی بر حسب ریال بر مترمکعب به ترتیب برابر ۲۴۴۲ و ۸۱۲۶ برای جو، ۶۷۳ و ۵۴۱۹/۸ برای یونجه، ۱۲۸۳ و ۱۱۳۹۵ برای ذرت دانه‌ای، ۲۰۱۶ و ۷۳۱۹ برای گندم به دست آمد. بهره‌وری اقتصادی آب برای ذرت و گندم نسبت به یونجه و جو بیشتر بود. همچنین در هر دو سیستم‌های آبیاری سطحی و بارانی میزان بهره‌وری آب گندم و جو به دلیل کشت پاییزه آنها نسبت به ذرت و یونجه بیشتر به دست آمد. گندم هم از لحاظ بهره‌وری آب آبیاری و هم از لحاظ بهره‌وری اقتصادی آب نسبت به سه محصول دیگر در اولویت بالاتری بود.

سپاسگزاری

از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور که از این طرح پژوهشی به شماره ۹۲۰۱۴۱۳۶ حمایت مالی کرده‌اند سپاس‌گزاری می‌شود.

نتیجه‌گیری

این مطالعه به مقایسه بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری در سیستم‌های آبیاری سطحی و بارانی بر روی چهار کشت غالب منطقه قزوین پرداخت. نتایج حاصل از مطالعه نشان داد که بهره‌وری آب آبیاری در سیستم آبیاری بارانی بیشتر از آبیاری سطحی است. میزان بهره‌وری آب در سیستم‌های آبیاری بارانی برای جو ۰/۷۵ تا ۰/۲۵، یونجه ۰/۲۲ تا ۰/۱۷۶، ذرت ۰/۳ تا ۰/۲۷۸ و گندم ۰/۶۱ تا ۰/۲۲ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. میزان بهره‌وری آب در آبیاری سطحی برای جو ۰/۴۳ تا ۰/۴۲، یونجه ۰/۱۲ تا ۰/۱۶۴، ذرت ۰/۲۲ تا ۰/۵۸ و گندم ۰/۴۳ تا ۰/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد. حداقل و حداکثر بهره‌وری اقتصادی مصرف آب در آبیاری سطحی بر حسب ریال بر مترمکعب به ترتیب برابر ۱۳۸۷ و ۴۶۱۷ برای جو، ۳۸۲ و ۵۰۵۰ برای یونجه، ۹۰۵ و ۶۴۷۴ برای ذرت دانه‌ای، ۱۴۴۷ و ۴۱۵۹ برای گندم تعیین شد. حداقل و حداکثر بهره‌وری

منابع

- ۱- احسانی م. و ه. خالدی. ۱۳۸۱. شناخت و ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی به منظور تأمین امنیت آبی و غذایی کشور، انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی، صفحات ۶۷۴-۶۵۶.
- ۲- اکبری، م. ۱۳۷۷. مقایسه روش‌های آبیاری بارانی و سطحی (شیاری) روی عوامل کمی و کیفی سبب‌زمینی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، نشریه شماره ۱۲۱، کرج.
- ۳- بی‌نام. ۱۳۹۰. قیمت فروش محصولات و هزینه خدمات کشاورزی در مناطق روستایی کشور. مرکز آمار ایران.
- ۴- حیدری، ن. ۱۳۹۰. تعیین و ارزیابی شاخص کارایی مصرف آب محصولات زراعی تحت مدیریت کشاورزان در کشور. مجله مدیریت آب و آبیاری، (۲): ۵۷-۴۳.
- ۵- خرمیان م، دزفولی ا. و ع. عصاره. ۱۳۹۱. بررسی تاثیر آبیاری بارانی قرقره‌ای بر عملکرد علوفه و کارایی مصرف آب یونجه در خوزستان. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۴(۱۵): ۹۷-۸۷.

- ۶- زمانی ا، مرتضوی ا، و ح. بلالی. ۱۳۹۳. بررسی بهره‌وری اقتصادی آب در محصولات مختلف زراعی در دشت بهار. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۲۸(۱): ۶۱-۵۱.
- ۷- زیبایی، م. ۱۳۸۶. عوامل موثر بر عدم تداوم استفاده از سیستم‌های بارانی در استان فارس: مقایسه تحلیل لاجیت و تحلیل ممیزی. مجله اقتصاد کشاورزی، ۱: ۱۹۴-۱۸۳.
- ۸- سپهوند، م. ۱۳۸۸. مقایسه نیاز آبی، بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی آن در گندم و کلزا در غرب کشور در سال‌های پرباران. مجله پژوهش آب ایران، ۳(۴): ۶۸-۶۳.
- ۹- سهرابی ت، و ا. جواد پور بروجنی. ۱۳۸۴. بررسی وارزیابی راندمانهای انتقال و توزیع در شبکه آبیاری قزوین. مجله پژوهش کشاورزی آب، خاک و گیاه در کشاورزی، ۵(۳): ۶۸-۷۹.
- ۱۰- کاویانی ع، سهرابی ت، و پ. آراسته. ۱۳۹۰. کاربرد الگوریتم SEBAL در تخمین تبخیر و تعرق واقعی آب کشاورزی در دشت قزوین و مقایسه نتایج آن با داده‌های لایسیتتر. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۵(۲): ۱۷۵-۱۶۵.
- ۱۱- کیانی، ع. ۱۳۷۹. بررسی و مقایسه فنی و اقتصادی روش‌های آبیاری بارانی و نشتی برخواص کمی و کیفی پنبه. مجله تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ۵(۹): ۶۷-۵۹.
- 12-Angus, J. F., Herwaarden, A., Howe, G. N., and H. A. Van. 1991. Productivity and break crop effects of winter-growing oilseeds. *Animal Production Science*, 31(5): 669-677.
- 13-Cetin, O., and L. Bilgel. 2002. Effects of different irrigation methods on shedding and yield of cotton. *Agricultural Water Management*, 54(1): 1-15.
- 14-Fan, Y., Wang, C., and Z. Nan. 2014. Comparative evaluation of crop water use efficiency, economic analysis and net household profit simulation in arid Northwest China. *Agricultural Water Management*, 146: 335-345.
- 15-Firouzabadi, A. G. 2012. Technical evaluation of low pressure irrigation pipe (hydroflume) and comparison with traditional and sprinkler irrigation systems. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. *International Journal of Agricultural Crop Science*, 4 (3): 108-113.
- 16-Kahlowan, M., Raoof, A., Zubair, M. and W. Doral Kemper W. 2007. Water use efficiency and economic feasibility of growing rice and wheat with sprinkler irrigation in the Indus Basin of Pakistan. *Agricultural Water Management*, 87(3): 292-298.
- 17-Lamaddalena, N., and J. Sagardoy. 2000. Performance analysis of on-demand pressurized irrigation systems. *Proceeding, FAO Irrigation and Drainage, Rome*, 132 pp.
- 18-Li, J., Inanaga, S., Li, Z., and A. E. Eneji. 2005. Optimizing irrigation scheduling for winter wheat in the North China Plain. *Agricultural Water Management*, 76(1): 8-23.
- 19-Liu, J., Zehnder, A. J. B. and H. Yang. 2008. Drops for crops: modelling crop water productivity on a global scale. *Global NEST Journal*, 10(3): 295-300.
- 20-Naroua, I., Rodríguez, L., and R. S. Calvo. 2014. Water use efficiency and water productivity in the Spanish irrigation district "Río Adaja". *Journal Issues*, 2(12): 484-491.
- 21-Salvador, R., Martinez-Cob, A., Cavero, J. and E. Playán. 2011. Seasonal on-farm irrigation performance in the Ebro Basin (Spain): Crops and irrigation systems. *Agricultural Water Management*, 98(4): 577-587.

- 22-Seckler, D., Baker, R. and U. A. Amarasinghe. 1999. Water scarcity in the twenty-first century. *International Journal of Water Resources Development*, 15(1-2): 29-42.
- 23-Singh, R., van Dam, J. C. and R. A. Feddes. 2006. Water productivity analysis of irrigated crops in Sirsa District, India. *Agricultural Water Management*, 82: 253-278.
- 24- Zwart, S. J. and W. G. M. Bastiaansen. 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agricultural Water Management*, 69(2): 115-133.