

## ارایه و مقایسه‌ی نیاز آبی زعفران و مقدار آب آبیاری تكمیلی برای مناطق کاشمر و قاین

سیده زهرابوی<sup>۱</sup>، زهرا شهابی<sup>۲</sup>، عباس خاسعی سیوکی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی مهندسی آب دانشگاه بیرجند

۲- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بیرجند

### چکیده

در این پژوهش نیاز آبی زعفران و همچنین اثر بارندگی مؤثر در رفع این نیاز برای دو منطقه‌ی کاشمر و قاین بررسی شد و مقدار آب آبیاری تكمیلی محاسبه گردید. نیاز آبی به روش تجربی و از ضرب کردن ضریب گیاهی زعفران (KC) در تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ETO) بدست آمد. برای محاسبه‌ی تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ETO) از معادله‌ی پنمن مانیث به عنوان معتبرترین روشی که میتواند نیاز آبی گیاهان را به صورت دقیق تخمین بزند استفاده گردید. نتایج بدست آمده در این پژوهش نشان داد که نیاز آبی زعفران برای کاشمر برابر با 315.56 میلی متر در سال و برای قاین برابر با 347.82 میلی متر در سال میباشد. همچنین مقدار آب مورد نیاز آبیاری در هر سال برای کاشمر 21.103 متر مکعب در هکتار و برای قاین 25.692 متر مکعب در هکتار میباشد.

واژه‌های کلیدی: آب موردنیاز آبیاری، بارندگی مؤثر، پنمن مونتیث، تبخیر و تعرق مرجع، زعفران، قاین، کاشمر، نیاز آبی.

## Comparison of Water Demand of Saffron and the Amount of Supplemental Irrigation Water in Kashmar and Ghaen

Seyyede Zahra Nabavi<sup>1\*</sup>, Zahra Shahabi<sup>2</sup>, Abbas Khashei Suki<sup>3</sup>

1, 2- BS Student of Water Engineering, Birjand University

3- Assistant Professor of Department of Water Engineering, Birjand University

### Abstract

In this research the water demand of saffron and the effect of efficient rainfall is studied in Kashmar and Qaen and the amount of supplemental irrigation water was calculated. Water demand was obtained experimentally and by multiplying crop coefficient of saffron (KC) with evaporation and transpiration of the reference crop (ETO). To calculate evaporation and transpiration of the reference crop (ETO,) the Penman-Monteith equation was used as the most valid method for estimating water demand. The results show that water demand for saffron is 315.56 mm/year and 347.82mm/year for Kashmar and Qaen respectively. Moreover, the annual amount of water needed for irrigating is 21.103 and 25.962 Cubic meters in hectare in Kashmar and Ghaen respectively.

**Keywords:** Water needed irrigation, efficient rainfall, Penman-Monteith, reference evapotranspiration, saffron, Qaen, Kashmar, water demand.

\* Corresponding Author's E-mail (nabavi.minoo@gmail.com)

## الف- مقدمه

بخش کشاورزی عمده ترین مصرف کننده آب در جهان است . در ایران نیز از ۹۳ میلیارد متر مکعب کل آب مصرفی حدود ۸۳ دهیار متر مکعب مورد استفاده بخش کشاورزی قرار می گیرد.(حیدری و همکاران ،۱۳۸۵) شرایط خاص اقلیمی ایران که خشکی و پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارندگی واقعیت انکارناپذیر آن است، هرگونه تولید مواد غذایی و کشاورزی پایدار را منوط به استفاده صحیح و منطقی از منابع محدود آب کشور کرده است.(ابراهیمی پاک، ۱۳۸۱) آب یکی از نهادهای اصلی در نظام کشاورزی است که به سبب ارتباط زیاد بین فتوسنتر و تعرق در سطح برگ، تولید گیاهان زراعی و مرتعی همبستگی زیادی با میزان مصرف دارد(fisher & turner, 1978) اما از روزگاران گذشته کشاورزان هوشمند ایران زمین بویژه کشاورزان خطه‌ی خراسان به اصل مهم افزایش بهره وری آشنا بوده و به کشت و کار محصولات کم توقع نسبت به آب بویژه زعفران پرداخته اند. زعفران با نام علمی *L. sativus* از خانواده زنبق میباشد و در منطقه آب و هوایی مدیترانه و غرب آسیا از عرض جغرافیایی ۳۰ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۱۰ درجه غربی تا ۸۰ درجه شرقی، در مناطق بسیار کم باران ایران که دارای زمستان سرد و تابستان گرم هستند گسترش دارد . زعفران به عنوان گرانترین محصول کشاورزی و دارویی جهان جایگاه ویژه ای در بین محصولات صنعتی و صادراتی ایران دارد . در حال حاضر ایران بزرگ ترین تولید کننده و صادر کننده زعفران در جهان است و بیش از ۹۵ درصد تولید جهانی این محصول گرانبهای به ایران اختصاص دارد(مویدی شهرکی و همکاران، ۱۳۸۹). هرچند زعفران گیاهی است که باشروع بارندگی های پاییزه رشد میکند و با اتمام بارندگی های بهاره رشد آن خاتمه میابد و بارندگی های سالانه با فصل رویش و رشد این گیاه تطابق دارد و همچنین نیاز آبی آن نسبتاً پایین است ولی اعمال تنفس رطوبت مستقیماً بر عملکرد ماده خشک و در نتیجه بر عملکرد اقتصادی آن تأثیر منفی میگذارد .(سعیدی راد و مختاریان، ۱۳۹۲) هدف از انجام این مطالعه تعیین نیاز آبی زعفران و ارایه ای زمان مناسب آبیاری تکمیلی برای دوشهرستان قاین ، کاشمر است. هر چند تعیین میزان آب مورد نیاز گیاه به منظور تامین حداکثر رشد و تحصیل حد اکثر محصول و همچنین اطلاع از مقدار کل آب مصرفی و در نتیجه تعیین ظرفیت کانال ها و مخازن آب مهمترین مرحله مطالعاتی را در یک طرح آبیاری و زهکشی تشکیل می دهد، لیکن اکثرا مسئله تخمین نیاز آبی گیاهان که در طرح های آبیاری گنجانده میشود چندان جدی گرفته نمیشود. این امر باعث میشود که وقتی طرح به اجرا درآمد یا آب کافی برای آبیاری زمینهای زیر کشت وجود نداشته باشد، و یا آنکه مقدار آب بیش از نیاز زراعتهای موجود باشد. بنابراین تعیین دقیق نیاز آبی گیاهان ضروری می باشد.(برومند نسب و همکاران، ۱۳۸۵) در نقاط زعفران کاری خراسان بسته به وضعیت آب و هوایی منطقه آبیاری زعفران از

اواسط مهر ماه تا دهه‌ی اول آبان ماه شروع می‌شود اما اگر هوا گرم‌تر باشد زمان شروع آبیاری دیرتر و هرگاه سرما زودرس باشد

در اوایل مهرماه مزرعه‌ی زعفران آبیاری می‌شود. (بریشمی، ۱۳۷۲) باوجود این که زعفران گیاهی است که دوران رشد آن

منطبق با ماه‌های سرد سال بوده و در تابستان که معمولاً زارعین باکمود آب مواجه هستند این گیاه را آبیاری نمی‌کنند

اما عملکرد مناسب این گیاه بستگی به آبیاری مناسب و تأمین نیاز آبی در دوره‌ی رشد سبزینه‌ای آن دارد بنا براین قبل از آن

که در مورد نیاز آبیاری و تأثیر مقادیر مختلف آبیاری و رزیم‌های آبیاری بر عملکرد زعفران بحث شود لازم است نیاز آبی

زعفران مورد بررسی قرار گیرد. (کافی و همکاران، ۱۳۸۱) بدین سبب تبخیر و تعرق گیاه مرجع و همچنین ضریب گیاهی زعفران

محاسبه گردید. از بین روش‌های تجربی متعدد ارائه شده برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع، در سال ۱۹۹۰ از سوی

کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی (ICID) و سازمان خوار و بار جهانی (FAO) روش فائق پنمی - مانتیث به عنوان تنها

روش استاندارد برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع از روی داده‌های اقلیمی و هم چنین برای ارزیابی سایر روش‌ها

پیشنهاد شده است. (Hargreaves, 1994) براساس استاندارد فائق، تبخیر و تعرق گیاه مرجع عبارت است از میزان آبی که یک

مزرعه پوشیده از گیاه مرجع (نظیر چمن) در یک دوره زمانی مشخص مصرف نماید به طوری که گیاهان این مزرعه در طول

دوره رشد با کمیود آب مواجه نشوند. (شریفان و همکاران، ۱۳۸۴) مقدار ضریب گیاهی به عواملی مانند نوع گیاه، مرحله رشد و

شرایط آب و هوایی محل بستگی دارد و در طول دوره رشد گیاه تغییر می‌کند، بر اساس پیشنهاد فائق برای چهار دوره روشی

گیاه، مرحله ابتدایی رشد، مرحله‌ی رشد توسعه‌ی گیاه، مرحله‌ی میانی رشد و مرحله‌ی نهایی، منحنی تغییرات ضریب

گیاهی رسم می‌شود تا در هر مرحله از رشد ضریب متناسب با آن مرحله اعمال شود (Allen et al.,). برای محاسبه‌ی آب مورد

نیاز آبیاری به محاسبه بارندگی مؤثر است. بارندگی یک قسمت از کل بارندگی است که برای رشد گیاه مفید واقع می‌شود

(خسروشاهی، ۱۳۹۲). علیزاده و همکاران (۱۳۷۶) مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل را در استان خراسان به وسیله لایسیمتر

محاسبه کرده و با مشخص کردن ضریب گیاهی زعفران، نیاز آبی آن را در مناطق مختلف به دست آوردند. همین محققین در

سال ۱۳۸۰ دقت و عملکرد تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه شده به روش‌های هارگریوز- سامانی و تشک تبخیر را در ایستگاه

های سینوپتیک استان خراسان بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که روش تشک تبخیر علیرغم این که تابع داده‌های

متعدد هواشناسی است، در برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل، به نتایج قابل قبولی ختم نمی‌شود. همچنین در شرایط کمبود داده

ها، برای برآورد بهتر تبخیر و تعرق پتانسیل، یک ضریب واسنجی برای روش هارگریوز- سامانی ۴ ارائه دادند. (نصیری و

همکاران، ۱۳۸۴) براساس مطالعات انجام شده توسط مسافری (۱۳۸۰) نیاز آبی خالص زعفران برابر با حدود ۳۰۰ میلیمتر در

## سومین بیان‌گذاری سالانه‌ای سطوح آبگیری مداران 3rd International Conference on Rainwater Catchment Systems

۲۹ و ۳۰ بهمن ماه ۱۳۹۳ بیرجند، ایران

سال یا به عبارتی ۳۰۰۰ متر مکعب در هکتار گزارش شده است . براساس این مطالعه میزان تبخیر و تعرق گیاه مرجع و تبخیر و تعرق و ضریب گیاهی ماهانه زعفران به صورت جدول ۱ ارایه شده است(سعیدی رادوختاریان، ۱۳۹۲) هدف از این پژوهش برآورد نیاز آبی زعفران و این که چه مقدار از این نیاز توسط بارندگی مؤثر بر طرف میشود و اینکه تفاوت مقدار آب مورد نیاز آبیاری تکمیلی برای مناطق کاشمر و قاین چقدر می باشد.

### ب - مواد و روش ها

#### ۱- موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه

شهرستان کاشمر با طول و عرض جغرافیایی ۵۸.۲۸ درجه ی شرقی و ۳۵.۱۲ درجه ی شمالی و ۱۰۹.۷۶ متر ارتفاع از سطح دریا و همچنین قاین با طول و عرض جغرافیایی ۵۹.۱۰ درجه ی شرقی و ۳۳.۴۳ درجه ی شمالی و ۱۴۳۲ متر ارتفاع از سطح دریا است.

#### ۲- جمع آوری اطلاعات مورد نیازآمار هواشناسی

داده های خام مورد نیاز این پژوهش داده های ماهانه ی ثبت شده سایت هواشناسی چهار محال است داده های مورد استفاده در این مطالعه عبارت اند از:

میانگین حداکثر دمای روزانه ، میانگین حداقل دمای روزانه ، درصد رطوبت نسبی ، تعداد ساعت واقعی آفتاب ، سرعت باد. از آنجایی که درایستگاه های هواشناسی باد بر حسب نات و در ارتفاع ۱۰ متری ثبت میشود . ابتدا واحد داده های باد از نات به متر بر ثانیه تبدیل شد ، سپس با استفاده از رابطه زیر سرعت باد در ارتفاع دو متری محاسبه شده است.

$$U_2 = U_Z \frac{4.87}{\ln(67.8Z - 5.42)} \quad (1)$$

در این رابطه

$U_2$ = سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین ( $m s^{-1}$ )

$U_Z$ = سرعت باد در ارتفاع Z متری از سطح زمین ( $m s^{-1}$ )

Z=ارتفاعی که باد در آن اندازه گیری شده (m)

#### ۳- محاسبه ی تبخیر و تعرق گیاه مرجع

مدل استفاده برای تخمین تبخیر و تعرق گیاه مرجع مدل پنمن مونتیث است . این معادله به عنوان معتبرترین روشی که میتواند نیازآبی گیاهان را به صورت واقعی تر تخمین بزند توسط کارشناسان سازمان فایو مورد حک و اصلاح قرار گرفت و با

سومین بیانگری سالانه ملی سیستم جمع آبگیری  
3rd International Conference on Rainwater Catchment Systems

۲۹ و ۳۰ بهمن ماه ۱۳۹۳ سال در بیرجند

در نظر گرفتن یک گیاه فرضی به ارتفاع ۰.۱۲ متر و مقاومت روزنی ای ۷۰ ثانیه بر متر و ضریب بازتاب ۰.۲۳ با این فرض که شاخص سطح برگ آن ۲۴ برابر ارتفاع گیاه باشد معادله ای به نام فایو پنمن مونتیث ارایه گردید که در حال حاضر اساس محاسبات نیازآبی قرار میگیرد (علیزاده). معادله پنمن مونتیث به صورت زیر می باشد.

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(Rn - G) + \gamma[890/(T + 273)]U2(ea - ed)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U2)} \quad (2)$$

$ETO = \text{تبخیر تعرق گیاه مرجع (mm/day)}$

$Rn = \text{تابش خالص در سطح پوشش گیاهی (MJm}^{-2}\text{d}^{-1}\text{)}$

$T = \text{متوجه دمای هوادر ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (}^{\circ}\text{C)}$

$U2 = \text{سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (m s}^{-1}\text{)}$

$ea-ed = \text{كمبود فشار بخار در ارتفاع ۲ متری (KPa)}$

$\Delta = \text{شیب منحنی فشار بخار (KPa C}^{\circ}{}^{-1}\text{)}$

$\gamma = \text{ضریب رطوبتی (KPa C}^{\circ}{}^{-1}\text{)}$

$G = \text{شار گرمایی به داخل خاک (MJm}^{-2}\text{d}^{-1}\text{)}$

#### ۴- محاسبه ضریب گیاهی

علاوه بر داده های اقلیمی و فیزیوپردازی گیاهی، یک پارامتر اساسی دیگر برای محاسبه نیازآبی گیاهان، تعیین ضریب گیاهی طی مراحل مختلف رشد محصول است که معمولاً با استفاده از داده های لایسیمتری تعیین می شود. ضریب گیاهی برخلاف تبخیر و تعرق مرجع که بیشترین تأثیر را از اقلیم میگیرد، به طور عمده به ویژگیهای گیاه و به طور محدودتر، به اقلیم بستگی دارد (خسروشاهی، ۱۳۹۲). در این مقاله فرض شده است که ضریب گیاهی از ابتدای رشد گیاه تا مرحله ای برداشت آن متغیر است بنابراین اولین قدم این است که دوره ای رشد گیاه را به چهار بخش تقسیم کنیم ضریب گیاهی را برای مرحله ای ابتدایی رشد  $k_{Cini}$  و برای مرحله ای رشد و توسعه ای گیاه و مرحله ای میانی به طور یکسان  $K_{Cmid}$  و برای مرحله ای آخران نیز  $K_{Cend}$  را از جدول برآورده شده توسط علیزاده (۱۳۸۳) بدست آورده. در این جدول حداقل ارتفاع گیاه ( $h$ ) نیز ذکر شده است که با توجه به آن و سرعت باد در ارتفاع ۲ متری ( $U2$ ) و رطوبت نسبی حداقل ( $RH_{min}$ ) اعداد حاصله از جدول برای  $K_{Cend}$  و  $K_{Cmid}$  باید توسط فرمول های زیر اصلاح شود (علیزاده، ۱۳۸۳).

$$KCmid = KCmid-table + \{0.04(U2 - 2) - 0.004(RHmin - 45)\} \{h/3\}^{0.3} \quad (3)$$

$$KCend = KCend-table + \{0.04(U2 - 2) - 0.004(RHmin - 45)\} \{h/3\}^{0.3} \quad (4)$$

## ۵- محاسبه نیاز آبی زعفران بدون انتصاب بارندگی مؤثر

در محاسبه نیاز آبی ضریب گیاهی در تبخیر و تعرق گیاه مرجع ضرب میشود.

$$ETC = ETO * KC \quad (5)$$

ETC نیاز آبی (mm/day)، ETO تبخیر و تعرق پتانسیل (mm/day)، KC ضریب گیاهی

## ۶- محاسبه بارندگی مؤثر

در این پژوهش مقادیر بارندگی ماهانه را در فرمول زیر قرار داده و مقدار بارندگی مؤثر را بر حسب میلی متر بدست

آورده‌یم. (علیزاده، ۱۳۸۳)

$$0.25 * 10^{(0.000955 * ETO * KC)} - 2.93 * 10^{0.824} = \text{بارندگی مؤثر} \quad (6)$$

## ۷- محاسبه نیاز آبی زعفران با انتصاب بارندگی مؤثر

در این قسمت مقدار نیاز آبی از بارندگی مؤثر کم گردید.

## ج- نتایج و بحث

جدول (۱) نشان دهنده‌ی یافته‌های بدست آمده توسط مسافری (۱۳۸۰) میباشد با توجه به این یافته‌ها نیاز آبی زعفران ۳۵.۴ میلیمتر در سال است. جدول (۲) و (۳) به ترتیب نشان دهنده‌ی ضرایب گیاهی زعفران در طول دوره‌ی رشد قبل و بعد از تصحیح است که با توجه به مقادیر جداول ملاحظه می‌شود که تصحیح مقادیر باعث افزایش مقدار آنها گردیده است. جدول (۴) میزان متوسط بارندگی ماهانه بر حسب میلی متر میباشد که در مجموع میزان بارندگی در کاشمر با ۱۸۱.۵ میلیمتر نسبت به قاین با ۱۵۷.۸ میلیمتر بیشتر میباشد. جدول (۵) میزان متوسط بارندگی مؤثر ماهانه بر حسب میلیمتر را نشان میدهد با مقایسه‌ی این جدول و جدول شماره‌ی (۴) به این نتیجه میرسیم که تمام میزان بارندگی برای رشد گیاه مفید واقع نمیشود علاوه بر این میزان بارندگی مؤثر نیز مانند میزان بارندگی ماهانه برای کاشمر با ۱۳۶.۳ میلیمتر بیشتر است نسبت به قاین با ۹۲.۵۱ میلیمتر. جدول (۶) نیاز آبی زعفران در طول دوره‌ی رشد برای کاشمر ۳۱۵.۵۶ میلیمتر و قاین ۳۴۷.۸۲ میلیمتر میباشد. جدول (۷) میزان نیاز آبی زعفران با انتصاب بارندگی مؤثر را نشان میدهد که با توجه به آن زعفران قاین نسبت به کاشمر به آب بیشتری نیاز دارد. هدف از انجام این مطالعه برآورد نیاز آبی زعفران در طول رشد و این که چه مقدار از این نیاز توسط



بارندگی مؤثر تأمین می شود برای دو شهرستان قاین و کاشمر بود که با توجه به مقادیر بدست آمده به این نتیجه رسیدیم که نیاز آبی زعفران قاین نسبت به کاشمر با ۳۲.۳۳ میلی متر اختلاف بیشتر است همچنین زعفران قاین در هر سال ۴.۵۸۹ متر مکعب در هر هکتار آب بیشتری نسبت به زعفران کاشمر برای آبیاری می خواهد.

جدول ۱- تبخیر و تعرق گیاه مرجع و تبخیر و ضریب گیاهی ماهانه زعفران (مسافری، ۱۳۸۰)

ماه	(mm)ETO	تبخیر و تعرق گیاه مرجع	ضریب گیاهی
مهر	۶۲/۱	۲۵/۴	۰/۴۱
آبان	۲۶/۹	۱۰/۹	۰/۴۱
آذر	۴۱/۸	۲۸/۱	۰/۷۵
دی	۳۱/۲	۲۶/۷	۰/۸۸
بهمن	۲۸/۶	۲۷/۹	۰/۹۸
اسفند	۴۷/۰	۳۹/۹	۰/۹۶
فروردین	۸۳/۷	۷۲/۰	۰/۸۶
اردیبهشت	۱۲۵/۵	۷۴/۵	۰/۵۹

جدول ۲ - ضریب گیاهی مراحل مختلف رشد زعفران قبل از تصحیح و حداقل ارتفاع آن

نوع گیاه	KCini	KCmid	KCend	حداکثر ارتفاع گیاه (m)
زعفران	۰/۴۳	۰/۷۵	۰/۵۵	۰/۲۰

جدول ۳ - ضریب گیاهی مراحل مختلف رشد زعفران پس از تصحیح

نام منطقه	Jan(KCmid)	Feb(KCmid)	Mar(KCmid)	Apr(KCend)	Oct(KCini)	Nov(KCmid)	Dec(KCmid)
کاشمر	۰/۷۳	۰/۷۴	۰/۷۶	۰/۵۸	۰/۴۳	۰/۷۵	۰/۷۳
قاین	۰/۷۵	۰/۷۷	۰/۷۸	۰/۵۹	۰/۴۳	۰/۷۷	۰/۷۵

جدول ۴- میزان بارندگی ماهانه (میلیمتر)

نام منطقه	Jan	Feb	Mar	Apr	Oct	Nov	Dec
کاشمر	۳۱/۵	۳۶/۵	۴۴/۷	۲۶/۵	۳/۷	۹/۵	۲۹/۱
قاین	۲۸/۷	۳۲/۵	۴۱/۹	۲۲/۴	۲/۳	۸/۱	۲۱/۹

جدول ۵- محاسبه متوسط بارندگی مؤثر ماهانه (میلیمتر)

نام منطقه	Jan	Feb	Mar	Apr	Oct	Nov	Dec
کاشمر	۱۸/۶۲	۲۱/۶۲	۲۶/۶۳	۱۶/۴۱	۰/۷۵	۵/۱۰	۱۷/۲۰
قاین	۱۷/۰۶	۱۹/۴	۲۵/۰۴	۱۳/۸۶	۰	۴/۱۲	۱۳/۰۳



جدول ۶- نیازآبی زعفران بدون انتساب بارندگی مؤثر (میلیمتر)

Dec	Nov	Oct	Apr	Mar	Feb	Jan	نام منطقه
۲۴/۵۱	۳۸/۳۴	۴۰/۳	۸۰/۵۹	۷۰/۹۷	۳۶/۴۴	۲۴/۴۱	کاشمر
۳۰/۴	۴۶/۵۵	۴۴/۳۴	۸۰/۸	۷۵/۰۸	۴۲/۲۷	۲۸/۳۸	قاین

جدول ۷- نیازآبی زعفران با انتساب بارندگی مؤثر (میلیمتر)

Dec	Nov	Oct	Apr	Mar	Feb	Jan	نام منطقه
7.31	33.27	39.55	64.82	45.15	15.08	5.85	کاشمر
17.40	42.45	44.35	67.45	50.74	23.13	11.41	قاین

## ۵- فهرست منابع

حیدری، ن.، اسلامی، ا.، قدمی فیروز آبادی، ع. و کانونی، ا.، ۱۳۸۵. کارایی محصولات زراعی مناطق مختلف کشور. اولین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی.

ابراهیمی پاک، ن.، ۱۳۸۱. تأثیر میزان دور آبیاری بر مقدار روغن کلزا. چکیده ی مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج.

مویدی شهرکی، ع.، جامی الاحمدی، م. و بهدانی، م. ع.، ۱۳۸۹. بررسی کارآبی انرژی زراعت زعفران (*crocus sativus L*) در خراسان جنوبی، نشریه ی بوم شناسی کشاورزی ۲، شماره ۱.

سعیدی راد، م. ح. و مختاریان، ع.، ۱۳۹۲. اصول علمی کاربردی کاشت، داشت و برداشت زعفران. چاپ سوم، انتشارات سرو. تهران.

برومند نسب، س.، کشکولی، ح. و خالدیان، م.، ۱۳۸۵. تعیین نیازآبی و ضرایب گیاهی نیشکر در اراضی کشت و صنعت هفت تپه خوزستان. همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی، ۱۴-۱۲ اردیبهشت. دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

ابریشمی، م. م. ۱۳۷۲. شناخت زعفران، انتشارات طوسی.

کافی، م. و همکاران، ۱۳۸۱. زعفران (فناوری تولیدوفراوری). چاپ اول، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.

شیرفان، ح.، قهرمان، ب.، علیزاده، ا. و میرلطیفی، م.، ۱۳۸۴. ارزیابی روش های مختلف تشعشعی و رطوبتی جهت برآورد تبخیر - تعرق مرجع و اثرات خشکی هوا بر آن در استان گلستان. مجله علوم خاک و آب، ۱۹، شماره ۲، صفحه ۲۹۰-۲۸۰.

خسروشاهی، م.، ۱۳۹۲. محاسبه ی نیازآبی گونه سمر (POROSOPIS JULIFLORA) در چندناحیه ی رویشی خلیج عمانی ایران. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱، شماره ۲، صفحه ۳۱۵-۳۰۰.

نصیری، ش.، قمرنی، م. و مجرد، ف.، ۱۳۸۴. برآوردبارش مؤثر نیازآبی برای کشت برنج در جلگه ی مازندران. پژوهش های جغرافیایی، شماره ۵۴، ۵۶، صفحه ۷۶-۵۹.

علیزاده، ا.، مهدوی، م.، اینالو، م. و بازاری، م.، ۱۳۷۶. تبخیر و تعرق پتانسیل و ضریب گیاهی زعفران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۴۶، ۴۹-۲۹.

مسافری ضیاءالدینی، ح.، ۱۳۸۰. اثر رژیم های مختلف آبیاری بر عملکرد زعفران، پایان نامه ی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. دانشگاه فردوس.

علیزاده، ا.، طراحی سیستم های آبیاری. چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه امام رضا(ع).

Fisher, R.A. and turner, N.C., 1987. plant productivity in the arid and semi arid zones .annu .rev .plant physiol. 22:277\_317



Hargreaves, G.H., 1994. Defining and using reference evapotranspiration. J. of Irrig. and Drain. Eng., ASCE, 120(6): 1132-1139.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop Evapotranspiration Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, NO. 56, Rome, Italy