نشریه ترویجی زعفران و گیاهان داروئی
دوره۶- شماره ۲- پیاپند۹-پائیز و زمستان ۱۴۰۵

ارزیابی بهره‌وری آب در کشت زعفران خراسان رضوی با استفاده از سامانه نیاز آب

Assessment of Water Use Efficiency in Saffron Cultivation in Khorasan Razavi provinceUsing the NIAZAB system

لیلی قربانی مینائی[۱]

۱. کارشناس مهندسی زراعی، واحد آب و خاک و امور فنی و مهندسی، سازمان جهاد کشاورزی و خراسان رضوی. ، (نگارنده مسئول)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۸/۲۷ -

چکیده

قربانی مینایی، ل.، ارزیابی بهره‌وری آب در کشت زعفران خراسان رضوی با استفاده از سامانه نیاز آب
نشریه ترویجی زعفران و گیاهان داروئی، دوره ۶ - شماره ۲- پیاپند ۹- پائیز و زمستان ۱۴۰۵ صفحه: ۵۳-۴۳

زعفران (*Crocus sativus* L.) به‌دلیل جایگاه اقتصادی و اجتماعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران نقش حیاتی در معیشت کشاورزان و توسعه صادرات غیرنفتی ایفا می‌کند.با این‌حال، محدودیت منابع آب و گسترش سطح زیرکشت، چالش‌های جدی برای تولید این محصول ایجادکرده است. در این مطالعه پنج شهرستان پرتولید شامل زاوه، تایباد، تربت‌حیدریه، رشتخوار و تربت‌جام در دوره آماری ده ساله (۱۴۰۱–۱۳۹۲) با هدف تحلیل کارایی مصرف آب و بهره‌وری آب آبیاری در استان خراسان رضوی، مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد نیاز آبی منطقه بین ۲۹۴/۵۴ میلی‌متر (تربت‌حیدریه) تا ۳۷۵/۹۱ میلی‌متر (تایباد) متغیر است، در حالی‌که میزان باران مؤثر در این دوره از ۵۳/۸۶ میلی‌متر (تایباد) تا ۹۰/۳۰ میلی‌متر (زاوه) نوسان داشت. از نظر عملکرد، شهرستان زاوهبا میانگین ۳۸۶۸ گرم در هکتاربیشترین میزان ورشتخوار با ۲۸۳۴ گرم در هکتارکمترین میزان را ثبت کرد. همچنین کارایی مصرف آب و بهره‌وری آب آبیاری در شهرستان زاوه به‌ترتیب با میانگین‌های ۱/۳۲ گرم بر مترمکعب و ۲/۶۱ گرم بر مترمکعب، بیشترین مقادیر و در مقابل رشتخوار کمترین مقادیر (به ترتیب ۰/۸۴ و ۱/۴۶ گرم بر مترمکعب) را نشان داد. براساس یافته‌ها، مناطق مورد مطالعه به دو گروه متمایز شامل مناطق دارای پایداری نسبی در مصرف آب (مانند زاوه و تربت‌حیدریه) و مناطق تحت تنش (مانند رشتخوار، تایباد و تربت‌جام) تقسیم شدند.توصیه می‌گردد برای بهبود عملکرد در مناطق تحت تنش، بکارگیری سامانه‌های نوین آبیاری (مانند آبیاری قطره‌ای زیرسطحی)، مدیریت دقیق دوره‌های آبیاری و ارتقاء استراتژی‌های تغذیه خاک مدنظر قرار گیرد.

واژه های کلیدی: اقلیم خشک، سامانه نیازآب، عملکرد گیاه، مدیریت آبیاری، نیاز آبی

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: Leyli.ghorbani.minaei@gmail.com

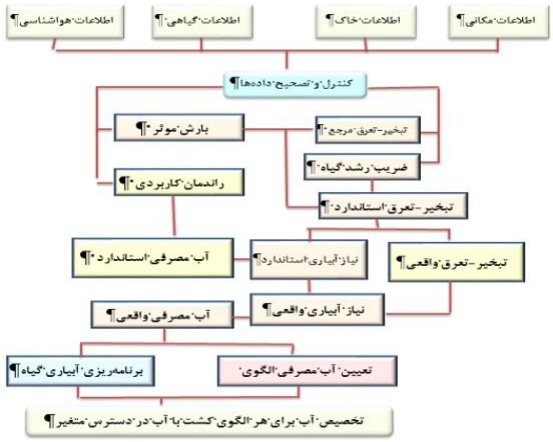
بیان مسئله

کشت زعفران (*Crocus sativus* L.) در ایران بخصوص در شرق و شمال‌شرق ایران سابقه بسیار طولانی دارد، بنابراین اشتغال و امرار معاش بسیاری از خانوارها به این محصول ارزشمند وابسته است. اگرچه ایران از نظر سطح زیر کشت و تولید سالانه در بین کشورهای تولیدکننده زعفران رتبه اول را دارد اما میانگین عملکرد آن در مقایسه با میانگین جهانی عملکرد این محصول پایین است. تغییرات اقلیمی و گرمایش زمین و از همه مهم‌تر خشکسالی‌های مکرر و کمبود منابع آب شیرین، دلایل اصلی این کاهش عملکرد هستند (کافی و همکاران، ۱۳۸۶). خصوصیات ویژه زعفران باعث شده است که شیوه کشت آن، که در نوع خود از پیچیدگی بسیاری برخوردار است، بین کشاورزان نسل به نسل منتقل شود. زعفران به‌عنوان گران‌بهاترین گیاه زراعی موجود روی کره زمین محسوب می‌شود و تنها گیاهی است که واحد خرید و فروش آن به جای تن و کیلوگرم، مثقال است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۵). زعفران در اکثر مناطق به روش‌های سنتی کشت می‌شود و اراضی زیر کشت زعفران معمولاً در مزارع خرده مالکی اداره می‌شوند. یکی از عملیات رایج در کشت زعفران در ایران روش آبیاری است که عمدتاً به‌صورت آبیاری شیاری انجام می‌شود. همچنین منبع آب بیشتر مزارع زعفران، قنات است. به همین دلیل یکی از چالش‌های اصلی کشت زعفران در این مناطق تأمین و مدیریت آب آبیاری است. بنابراین با توجه به محدودیت دسترسی به آب در ایران باید از استراتژی‌های نوآورانه برای سازگاری با شرایط اقلیمی و به حداکثر رساندن بهره‌وری مصرف آب در شرایط کم‌آبی استفاده شود. برخی از ضروری‌ترین استراتژی‌ها شامل انتخاب گونه‌های گیاهی مقاوم به خشکی، نوع سیستم کشت و مدیریت شیوه‌های آبیاری است. در نهایت می‌توان گفت مدیریت آبیاری و افزایش راندمان مصرف آب در کشت زعفران باید از اولویت‌های اصلی پژوهشگران، برنامه‌ریزان، کشاورزان و سیاست‌گذاران بخش کشاورزی ایران باشد (عظیمی گندمانی، ۱۴۰۴).زعفران، گیاهی است که نیاز آبی کمی داشته و با توجه به اینکه پیاز زعفران در عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک کاشته می‌شود باید آنقدر آب داده شود که حداکثر رطوبت آن تا عمق ۴۰ سانتی‌متری در زمین نفوذ نماید، زیرا آبی که در عمق بیشتر نفوذ کند برای ریشه زعفران قابل جذب نبوده و هدر می‌رود ومی‌توان به جای آب زیاد، تعداد دفعات آبیاری را افزایش داد که بازده بهتری خواهد داشت (مسافری، ۱۳۸۰). کشاورزان در استان خراسان رضوی بر اساس تجارب خود و دانش بومی منطقه و همچنین با توجه به وضعیت منابع آبی در دسترس، مزارع زعفران را حداقل چهار و حداکثر تا هشت نوبت آبیاری می‌کنند. چهار مرحله مهم آبیاری زعفران عبارتند از: آبیاری اول یا بسارآب، آبیاری دوم یا زائیج‌آب، آبیاری سوم یا کولش‌آب و آبیاری آخر یا زردآب (افشار و همکاران، ۱۴۰۳).

افشار و همکاران (۱۴۰۳) پژوهشی با هدف تعیین بهره‌وری آب زعفران در قطب‌های تولید این محصول (دو استان خراسان رضوی

و جنوبی) در طول دو سال زراعی انجام دادند. میانگین وزنی حجم آب آبیاری، نیاز آبی، میانگین عملکرد، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کاربردی زعفران (آبیاری + بارش مؤثر) در دو استان منتخب به‌ترتیببرابر ۴۶۰۳ مترمکعب بر هکتار، ۲۶۰ میلی‌متر،۸/۳ کیلوگرم بر هکتار، ۱/۹ و ۱/۳۷ گرم بر مترمکعب گزارش شد که دامنه تغییرات در مزارع منتخب کشور برای حجم آب آبیاری، نیاز آبی، عملکرد، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کاربردی زعفران به‌ترتیب بین ۱۵۴۳ تا ۸۹۱۴ مترمکعب بر هکتار، بین ۱۵۹ تا ۳۹۴ میلی‌متر، بین ۱/۵ تا ۲۱/۵ کیلوگرم بر هکتار، بین ۰/۳۴ تا ۵ گرم بر مترمکعب، بین ۰/۲۶ تا ۳/۸۳ گرم بر مترمکعب به‌دست آمد. ذوالفقاری (۱۴۰۱) به پژوهشی با هدف تعیین آب کاربردی وبهره‌وری مصرف آب در مزارع زعفران استان خراسان رضوی پرداخت. نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های میدانی در شهرستان‌های عمده تولیدکننده زعفران استان خراسان رضوی (تربت‌حیدریه، زاوه و گناباد) نشان داد که بیشترین حجم آب آبیاری زعفران متعلق به آبیاری سطحی به میزان ۴۶۹۱ مترمکعب در هکتار و کمترین آن مربوط به آبیاری با لوله‌های پیفلکس به میزان ۳۷۱۳ مترمکعب در هکتار و آبیاری با رول لاین با حجم آب آبیاری ۳۹۰۰ متر مکعب در هکتار می‌باشد. حجم آب آبیاری زعفران در شهرستان‌های تربت‌حیدریه، زاوه و گناباد به ترتیب به میزان ۴۹۷۴، ۴۸۱۶ و ۴۵۱۷ مترمکعب در هکتار بود. متوسط عملکرد زعفران در شهرستان‌های زاوه و تربت‌حیدریه به میزان ۷/۳ کیلوگرم در هکتار و در شهرستان گناباد به میزان ۵ کیلوگرم بر هکتار بود. بیشترین بهره‌وری مصرف آب در شهرستان زاوه به میزان ۰/۰۰۱۶۶۹ کیلوگرم بر مترمکعب و کمترین آن مربوط به شهرستان گناباد به میزان ۰/۰۰۱۰۷۶ کیلوگرم بر متر مکعب به‌دست آمد.

با توجه به محدودیت منابع آب و اهمیت ارتقاء بهره‌وری آن در بخش کشاورزی، بررسی تغییرات کارایی مصرف آبدر کشت زعفران استان خراسان رضوی به‌عنوان استان برتر تولیدکننده ضرورت دارد. ارتقاء بهره‌وری با هدف تولید بیشتر به‌ازاء مصرف آب کمتر، به‌عنوان یکی از گزینه‌های راهبردی مؤثر در مدیریت آبیاری تحت شرایط کم‌آبی قلمداد می‌گردد (موسوی و همکاران، ۱۳۹۴).در این راستا شهرستان‌های زاوه، تایباد، تربت‌حیدریه، رشتخوار و تربت‌جام به‌عنوان مناطق اصلی تولیدکننده زعفران انتخاب شده‌اند تا تحلیل دقیق‌تری از وضعیت این مناطق ارائه گردد. با توجه به وقت‌گیر و پر هزینه بودن اندازه‌گیری آب و تبخیر-تعرق گیاه در سطح مزرعه، از سامانه نیازآب کشور (www.niwr.ir) برای محاسبه و برآورد مقادیر نیاز آبی گیاه، بارش مؤثر و نیاز آبیاری استفاده شد. مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور به‌عنوان مرجع تعیین نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی با مطالعات و تحقیقات گسترده در سطح کشور نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی کشور را به هنگام نموده است. سامانه نیاز آبیاری گیاهان زراعی و باغی کشور دارای بانک‌های اطلاعاتی منحصربه‌فرد در مقیاس ملی است. این سامانه توانایی دارد بر اساس جدیدترین روش‌های علمی، مقدار نیاز آبی و



شکل ۱- فلوچارت مدل سامانه نیاز آب برای تعیین نیاز آبی گیاهان (ابراهیمی پاک و همکاران، ۱۴۰۱)

مقدار آب آبیاری گیاهان را در سطوح مختلف کشت تخمین زده و اطلاعات را در اختیار بهره‌برداران و کاربران قرار دهد (شکل ۱). سامانه برآورد نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی به اختصار سامانه نیازآب نامیده می‌شود. سامانه نیاز آب، تحت وب، منحصر به‌فرد و در مقایسه با نمونه‌های خارجی از دقت مناسبی برخوردار است (جعفری و همکاران، ۱۴۰۱).

در این سامانه، نیاز آبی گیاه در شرایط استاندارد (ETc) براساس روش دو مرحله‌ای فائو از حاصلضرب تبخیر-تعرق مرجع (ETo) در ضریب گیاهی (Kc) و تبخیر-تعرق مرجع با استفاده از روش فائوپنمن-مانتیث به‌دست می‌آید. با کم کردن بارش مؤثر (Pe) از مقدار نیاز آبی، نیاز آبیاری (IR) محاسبه می‌گردد. با توجه به اطلاعات منطقه‌ای وبر اساس میانگین بلندمدت عرف زراعی منطقه،اول آبان ماه به عنوان تاریخ کشت زعفران برای شهرستان‌های استان خراسان رضوی در نظر گرفته شد. اطلاعات سطح زیرکشت و میزان تولید زعفران از گزارشات سامانه وزارت جهاد کشاورزی (www.maj.ir) تهیه گردید. شاخص کارایی مصرف آب (گرمبر مترمکعب) از نسبت دو مقدار عملکرد (گرم بر هکتار) به نیاز آبی (مترمکعب بر هکتار) و بهره‌وری آب آبیاری (گرم بر مترمکعب) از نسبت عملکرد (گرم بر هکتار) به نیاز آبیاری (مترمکعب بر هکتار) حاصل می‌شود. لازم به ذکر است هر یک میلی‌متر نیاز آبی و نیاز آبیاری روی یک هکتار زمین، معادل ۱۰ مترمکعب آب است بنابراین برای تبدیل میلی‌متر به مترمکعب بر هکتار کافی است مقدار میلی‌متر در ۱۰ ضرب شود. نتایج این بررسی می‌تواند مبنای سیاست‌گذاری‌های کارآمد برای مدیریت منابع آب و پایداری تولید زعفران در سطح ملی و منطقه‌ای قرار گیرد.

ابراهیمی پاک و همکاران (۱۴۰۱) به ارزیابی نتایج اندازه‌گیری میدانی و مزرعه‌ای مقدار آب آبیاری و عملکرد گندم تحت شرایط مدیریت کشاورزان در سطح ۳۷ شهرستان در سال زراعی (۱۳۹۶-۱۳۹۵) و مقایسه آن با برآورد مقدار آب آبیاری سامانه نیاز آب و تعیین بهره‌وری آب آبیاری گندم پرداختند. ضریب کارایی سامانه نیاز آب نشان داد که سامانه نتایج قابل قبولی در تعیین مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب گندم

در سطح مزارع کشور برآورد می‌کند. ازاینرو، می‌توان از سامانه نیاز آب در برآورد حجم آب مورد نیاز برای آبیاری گندم در سطح کشور و در مدیریت آب در مزرعه بهره برد.

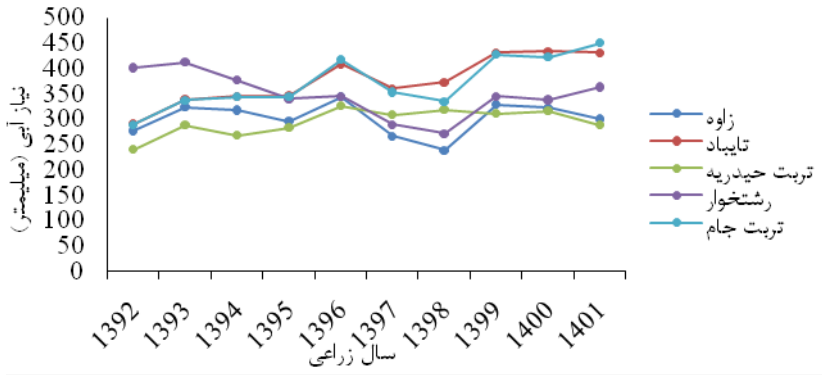
جعفری و همکاران (۱۴۰۱) به بررسی تعیین نیاز آبی و آب کاربردی فلفل دلمه‌ای در گلخانه و مقایسه آن با نتایج سامانه نیازآب در شهرستان چهارباغ استان البرز پرداختند. مقایسه مقادیر نیاز آبیاری شبیه‌سازی شده توسط سامانه نیاز آبیاری گیاهان زراعی و باغی کشور با مقادیر اندازه‌گیری شده نشان داد سامانه نیازآب برآورد خوبی از نیاز آبی فلفل گلخانه‌ای ارائه کرد و تطابق بسیار خوبی بین مقادیر شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده آب آبیاری بود.

عبدزاد گوهری و همکاران (۱۴۰۲) پژوهشی به منظور استفاده از سامانه نیازآب در تعیین مقدار آب مصرفی واقعی گیاه سویا بر اساس حل معکوس تابع عملکرد در شهرستان حاجی‌آباد استان هرمزگان پرداختند. به‌طور کلی و با توجه به نتایج آماری، سامانه نیازآب مقدار آب آبیاری و میزان تبخیر و تعرق نسبت به داده‌های مزرعه‌ای را با تقریب مناسبی برآورد نمود. لذا می‌توان از سامانه نیازآب به‌عنوان یک ابزار مناسب در تخمین آب مصرفی و تصمیم‌گیری در سطوح منطقه‌ای و استانی استفاده نمود.

عبدزاد گوهری و همکاران (۱۴۰۴) به بررسی برآورد آب مصرفی، بهره‌وری آب و کارایی مصرف آب گیاه عدس در شرایط مزرعه‌ای و مقایسه آن با سامانه نیازآب براساس حل معکوس تابع تولید پرداختند. باتوجه به نتایج آماری و برآورد مناسب بین داده‌های مزرعه‌ای و سامانه نیازآب در تعیین مقدار واقعی آب آبیاری گیاه عدس، می‌توان از سامانه نیازآب در تخمین آب مصرفی گیاه استفاده نمود.

معرفی دستاورد

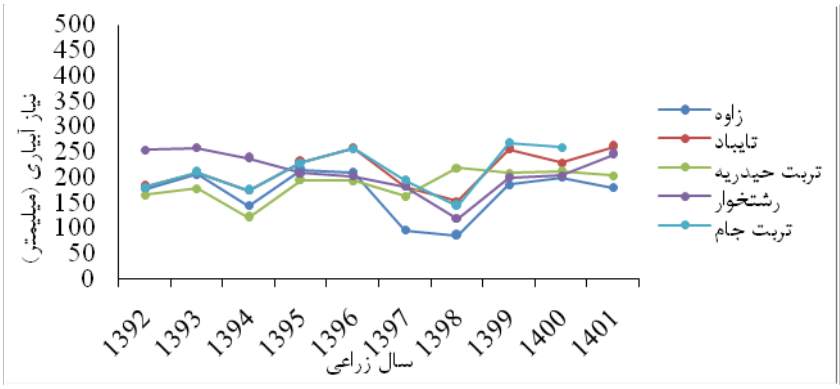
بر اساس نتایج به دست آمده در این پژوهش در طی سال‌های زراعی ۱۴۰۱-۱۳۹۲، کمترین نیاز آبی زعفران در شهرستان‌های تایباد، تربت‌حیدریه و تربت‌جام به‌ترتیب به مقدار ۲۹۰/۶۶، ۲۴۰/۲۲ و ۲۸۹/۳۲ میلی‌متر در سال زراعی ۱۳۹۲ و برای شهرستان‌های زاوه و رشتخوار به‌ترتیب ۲۳۸/۰۳ و ۲۷۱/۷۶ میلی‌متر در سال ۱۳۹۸ رخ داده است. بیشترین نیاز آبی در شهرستان‌های زاوه و تربت‌حیدریه به مقدار ۳۴۳/۳۵ و ۳۲۵/۸۲ میلی‌متر در سال ۱۳۹۶، شهرستان تایباد به مقدار ۴۳۳/۷۸ میلی‌متر در سال ۱۴۰۰، شهرستان رشتخوار به مقدار ۴۱۲/۴۸ میلی‌متر در سال ۱۳۹۳ و شهرستان تربت‌جام به مقدار ۴۴۹/۵ میلی‌متر در سال ۱۴۰۱ نشان داده شده است (شکل ۲). میانگین نیاز آبی زعفران در طی دوره آماری ده ساله برای شهرستان‌های زاوه، تایباد، تربت‌حیدریه، رشتخوار و تربت‌جام به‌ترتیب ۳۰۰/۸۷، ۳۷۵/۹۱، ۲۹۴/۵۴، ۳۴۸/۵۹ و ۳۷۱/۶۰ میلی‌متر است. بیشترین نیاز آبی متعلق به شهرستان تایباد و تربت‌جام است که فشار زیادی بر منابع آبی وارد می‌کنند. شهرستان زاوه و تربت حیدریه کمترین نیاز آبی را دارند و از نظر مصرف آب بهینه‌تر هستند. شهرستان رشتخوار در سطح متوسط اما با نوسان شدید قرار دارد.



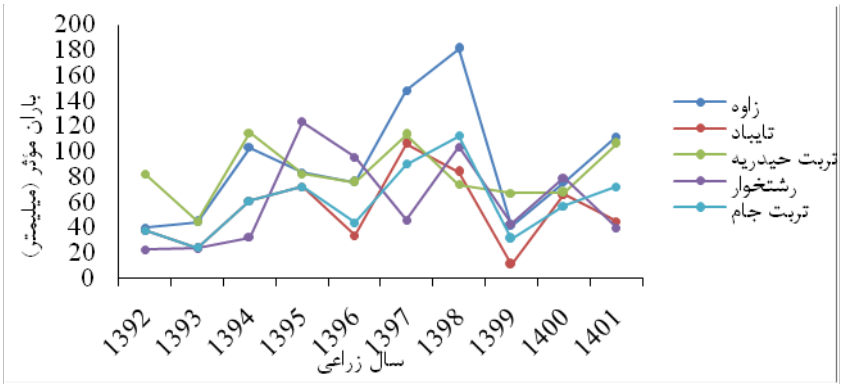
شکل۲- روند تغییرات نیاز آبی زعفران در طی سال های ۱۴۰۱-۱۳۹۲

در طی سال‌های زراعی ۱۴۰۱-۱۳۹۲، کمترین نیاز آبیاری در شهرستان‌های زاوه، تایباد، رشتخوار و تربت‌جام به‌ترتیب به مقدار ۸۴/۹۶، ۱۵۱/۹۲، ۱۱۸/۴۴ و ۱۴۳/۰۸ میلی‌متر در سال ۱۳۹۸ و در شهرستان تربت‌حیدریه به مقدار ۱۲۰/۱۶ میلی‌متر در سال ۱۳۹۴ نمایش داده شده است. بیشترین نیاز آبیاری در شهرستان‌های تایباد و تربت‌جام به‌ترتیب به مقدار ۲۵۹/۴۲ و ۲۷۵/۷۷ میلی‌متر در سال ۱۴۰۱، شهرستان زاوه به مقدار ۲۱۴/۱۴ میلی‌متر در سال ۱۳۹۵، تربت‌حیدریه به مقدار ۲۱۷/۹۷ میلی‌متر در سال ۱۳۹۸رخ داده است (شکل۳).میانگین نیاز آبیاری در طی دوره آماری ده ساله برای شهرستان‌های زاوه، تایباد، تربت‌حیدریه، رشتخوار و تربت‌جام به ترتیب ۱۶۹/۲۲، ۲۱۲/۸۵، ۱۸۵/۴۲، ۲۱۰/۴۸ و ۲۱۸/۸۷ میلی‌متر است. شهرستان زاوه کمترین نیاز آبیاری و بهترین وضعیت را داراست. شهرستان تربت‌حیدریه در سطح متوسط و قابل مدیریت است. شهرستان تربت‌جام بیشترین مقدار نیاز آبیاری را در پایان دوره ثبت کرده است. شهرستان‌های تایباد، رشتخوار و تربت‌جام بیشترین فشار را بر منابع آب وارد می‌کنند و نیازمند اصلاح فوری هستند.

در طی سال‌های زراعی ۱۴۰۱-۱۳۹۲، کمترین باران مؤثر شهرستان‌های زاوه، تایباد، تربت‌حیدریه، رشتخوار و تربت‌جام به‌ترتیب به مقدار ۳۹/۸۴، ۱۰/۷۰، ۴۴/۶۲، ۲۲/۲۳ و ۲۴/۱۰ میلی‌متر در سال‌های ۱۳۹۲، ۱۳۹۹، ۱۳۹۳، ۱۳۹۲



شکل۳- روند تغییرات نیاز آبیاری زعفران در طی سال های ۱۴۰۱-۱۳۹۲

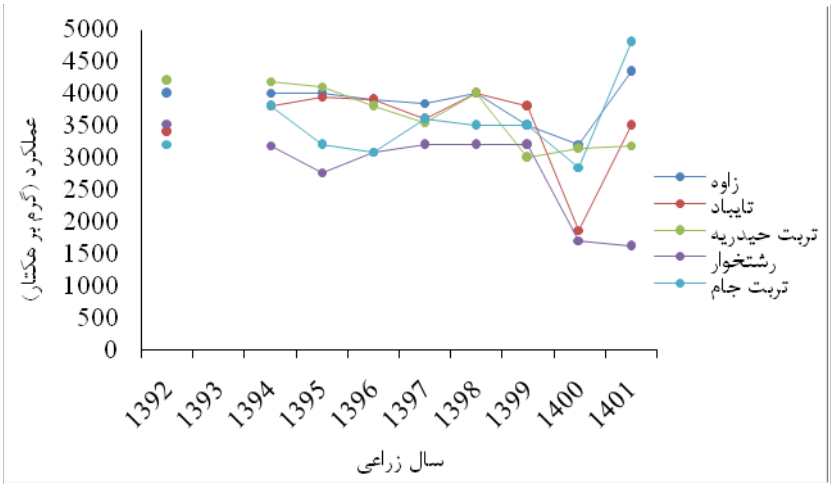


شکل۴- روند تغییرات بارون موثر در طی سال های ۱۴۰۱-۱۳۹۲

و ۱۳۹۳ و بیشترین باران مؤثر به‌ترتیب به مقدار ۱۸۰/۸۶، ۱۰۵/۷۷، ۱۱۴/۳۸، ۱۲۳/۳۸ و ۱۱۲/۱۶ در سال‌های زراعی ۱۳۹۸، ۱۳۹۷، ۱۳۹۴، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۸ نشان داده شده است (شکل۴). میانگین باران مؤثر در طی دوره آماری ده ساله برای شهرستان‌های زاوه، تایباد، تربت‌حیدریه، رشتخوار و تربت‌جام به ترتیب ۹۰/۳۰، ۵۳/۸۶، ۸۲/۶۰، ۶۰/۶۶ و ۵۹/۹۶ میلی‌متر است. شهرستان‌های زاوه و تربت حیدریه بهترین وضعیت باران مؤثر را دارند و می‌توانند از این مزیت برای کاهش نیاز آبیاری استفاده کنند. شهرستان‌های رشتخوار و تربت‌جام در سطح متوسط اما با نوسان زیاد هستند. شهرستان تایباد ضعیف‌ترین شرایط باران مؤثر را دارد و بیشترین وابستگی به آبیاری را نشان می‌دهد.

مقادیر عملکرد زعفران در سال زراعی ۱۳۹۳ استان خراسان رضوی در گزارشات وزارت جهاد کشاورزی ثبت نشده است. کمترین عملکرد زعفران در شهرستان‌های زاوه، تایباد و تربت‌جام به‌ترتیب به مقدار ۱۸۶۰،۳۲۱۲ و ۲۸۵۳ گرمبر هکتار در سال زراعی ۱۴۰۰، شهرستان تربت‌حیدریه به مقدار ۳۰۰۰گرمبر هکتار در سال ۱۳۹۹ و شهرستان رشتخواربه مقدار ۱۶۱۷گرمبر هکتار در سال ۱۴۰۱ و بیشترین عملکرد در شهرستان‌های تربت‌حیدریه و رشتخوار به‌ترتیب به مقدار۴۲۰۰ و ۳۵۳۰گرمبر هکتار در سال ۱۳۹۲ و در شهرستان‌های زاوه و تربت‌جام به‌ترتیب به مقدار ۴۳۴۲ و۴۸۰۱ گرمبر هکتار در سال ۱۴۰۱ و شهرستان تایباد به مقدار ۴۰۰۰ گرمبر هکتار در سال ۱۳۹۸ نشان داده شده است (شکل ۵).میانگین عملکرد زعفران در طی دوره آماری ده ساله برای شهرستان‌های زاوه، تایباد، تربت‌حیدریه، رشتخوار و تربت‌جام به ترتیب ۳۸۶۸،۳۵۳۴،۳۶۸۵،۲۸۳۴ و ۳۵۰۵ گرماست.بر این اساس شهرستان زاوه بهترین و پایدارترین عملکرد و شهرستان تربت‌جام با جهش چشم‌گیر در پایان دوره بهترین عملکرد را نشان می‌دهد. شهرستان تربت‌حیدریه در ابتدای دوره دارای عملکرد بالا بوده اما در ادامه افت داشته و نیازمند تثبیت عملکرد است. شهرستان تایباد نیز نوسان شدید دارد و در سال ۱۴۰۰ افت بحرانی داشته است. شهرستان رشتخوار ضعیف‌ترین عملکرد و روند نزولی پایدار را نشان می‌دهد.

براساس نتایج به دست آمده در این پژوهش در جدول ۱، کمترین کارایی مصرف آب



شکل۵- روند تغییرات عملکرد زعفران در طی سال های ۱۴۰۱-۱۳۹۲

شهرستان‌های زاوه و تایباد به‌ترتیب به مقدار ۱ و۰/۴۳گرمبر مترمکعب در سال ۱۴۰۰، شهرستان تربت‌حیدریه به مقدار۰/۹۶ گرمبر مترمکعب در سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰، شهرستان رشتخوار به مقدار ۰/۴۴ گرمبر مترمکعب در سال ۱۴۰۱ و شهرستان تربت‌جام به مقدار ۰/۶۸ گرمبر مترمکعب در سال ۱۴۰۰ و بیشترین کارایی مصرف آب در شهرستان زاوه به مقدار ۱/۶۸ گرمبر مترمکعب در سال ۱۳۹۸، شهرستان‌های تایباد و تربت‌حیدریه به‌ترتیب به مقدار ۱/۱۷و ۱/۷۵گرمبر مترمکعب در سال ۱۳۹۲، شهرستان رشتخوار به مقدار۱/۱۸ گرم بر مترمکعب در سال ۱۳۹۸ و شهرستان تربت‌جام به مقدار ۱/۱۱ گرمبر مترمکعب در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۴ نشان داده شده است. میانگین کارایی مصرف آب در طی دوره آماری ده ساله برای شهرستان‌های زاوه، تایباد، تربت‌حیدریه، رشتخوار و تربت‌جام به‌ترتیب ۱/۳۲، ۰/۹۵،۰/۲۷/۰/۸۴،۰/۱ و ۰/۹۵ گرم بر مترمکعب است. بهترین کارایی مصرف آب متعلق به شهرستان‌های زاوه و تربت‌حیدریه می‌باشد. گرچه افت‌هایی داشته‌اند ولی در پایان دوره همچنان در سطح بالاتری نسبت به سایر شهرستان‌ها قرار دارند. شهرستان رشتخوارکاهش مداوم و شهرستان تایباد با افت شدید در سال ۱۴۰۰، ضعیف‌ترین روند را نشان می‌دهند.شهرستان تربت‌جام نیز روندی نوسانی دارد اما توانسته در پایان دوره به نقطه شروع باز گردد. میانگین کلی نشان می‌دهدکه کارایی مصرف آب در اکثر شهرستان‌ها طی ده سال کاهش یافته و تنها شهرستان زاوه توانسته ثبات نسبی داشته باشد.

کمترین بهره‌وری آب آبیاری در شهرستان‌های زاوه، تایباد و تربت‌جام به‌ترتیب به مقدار ۰/۱،۸۱/۶۱ و ۱/۱۰ گرمبر مترمکعب در سال ۱۴۰۰ و شهرستان‌های تربت‌حیدریه و رشتخوار به‌ترتیب به مقدار ۱/۴۴ و۰/۶۶ گرم بر مترمکعب در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۱ و بیشترین بهره‌وری آب آبیاری در شهرستان‌های زاوه، تایباد، رشتخوار و تربت‌جام به‌ترتیب به مقدار ۲/۲،۷۰/۴،۶۳/۷۱ و۲/۴۵ گرم بر مترمکعب در سال ۱۳۹۸ و شهرستان تربت‌حیدریه به مقدار ۳/۴۸ گرمبر مترمکعب در سال ۱۳۹۴ نشان داده شده

جدول۱- روند تغییرات کارایی مصرف آب و بهره وری آب آبیاری زعفران در طی سال های ۱۴۰۱-۱۳۹۲.

سال زراعی	کارایی مصرف آب (g/m^3)					بهره وری آب آبیاری (g/m^3)				
	زاوه	تایباد	تربت حیدریه	رشتخوار	تربت‌جام	زاوه	تایباد	تربت حیدریه	رشتخوار	تربت‌جام
۱۳۹۲	۱/۴۴	۱/۱۷	۱/۷۵	۰/۸۸	۱/۱۱	۲/۲۷	۱/۸۸	۲/۵۵	۱/۳۹	۱/۷۷
۱۳۹۳	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
۱۳۹۴	۱/۲۶	۱/۱۰	۱/۵۶	۰/۸۴	۱/۱۱	۲/۷۹	۲/۱۸	۳/۴۸	۱/۳۵	۲/۱۹
۱۳۹۵	۱/۳۶	۱/۱۴	۱/۴۵	۰/۸۲	۰/۹۳	۱/۸۷	۱/۷۲	۲/۱۱	۱/۳۳	۱/۴۰
۱۳۹۶	۱/۱۴	۰/۹۵	۱/۱۷	۰/۹۰	۰/۷۴	۱/۸۶	۱/۵۱	۱/۹۸	۱/۵۳	۱/۲۰
۱۳۹۷	۱/۴۵	۱/۰۰	۱/۱۵	۱/۱۰	۱/۰۲	۴/۰۳	۱/۹۸	۲/۱۸	۱/۷۷	۱/۸۵
۱۳۹۸	۱/۶۸	۱/۰۷	۱/۲۶	۱/۱۸	۱/۰۵	۴/۷۱	۲/۶۳	۱/۸۴	۲/۷۰	۲/۴۵
۱۳۹۹	۱/۰۶	۰/۸۸	۰/۹۶	۰/۹۳	۰/۸۲	۱/۸۹	۱/۴۹	۱/۴۴	۱/۶۰	۱/۳۱
۱۴۰۰	۱/۰۰	۰/۴۳	۰/۹۹	۰/۵۰	۰/۶۸	۱/۶۱	۰/۸۱	۱/۴۸	۰/۸۴	۱/۱۰
۱۴۰۱	۱/۴۵	۰/۸۱	۱/۱۰	۰/۴۴	۱/۰۷	۲/۴۳	۱/۳۵	۱/۵۷	۰/۶۶	۱/۷۴

است (جدول ۱). میانگین بهره‌وری آب آبیاری در طی دوره آماری ده ساله برای شهرستان‌های زاوه، تایباد، تربت‌حیدریه، رشتخوار و تربت‌جام به ترتیب ۱/۲،۴۶/۱،۰۷/۲،۷۳/۶۱ و۱/۶۷ گرم بر مترمکعب است. بهترین و پایدارترین بهره‌وری آب آبیاری متعلق به شهرستان زاوه است. شهرستان‌های رشتخوار و تایباد ضعیف‌ترین روندها را نشان می دهند و نیازمند اصلاح فوری هستند. شهرستان تربت‌جام نیز روندی نوسانی دارد اما توانسته در پایان دوره به سطح نسبتاً مطلوب برسد.

مقادیر بهره‌وری آب آبیاری به‌دلیل در نظر گرفتن نیاز آبیاریبه عنوان مخرج کسر، در مقایسه با کارایی مصرف آب که مبتنی بر تبخیر و تعرق کل است، مقادیر بالاتری را نشان می‌دهند. این اختلاف، نشان‌دهنده سهم بارندگی و ذخایر رطوبتی خاک در تأمین نیاز آبی زراعت زعفران در مناطق مورد مطالعه است.

توصیه ترویجی

براساس نتایج برآورد نیازهای آبی و آبیاری، عملکرد، شاخص‌های بهره‌وری آب آبیاری و کارایی مصرف آب در زراعت زعفران استان خراسان رضوی طی دوره آماری مورد بررسی (۱۳۹۲ تا ۱۴۰۱)، شهرستان‌های مورد مطالعه از نظر پتانسیل تولید و بهره‌وری به دو گروه متمایز دسته‌بندی شدند:

الف) گروه مناطق با بهره‌وریزیاد و پایداری عملکرد مطلوب (زاوه و تربت‌حیدریه)

این مناطق به دلیل شرایط اقلیمی مناسب‌تر، بارندگی مؤثر نسبتاً بیشتر و نیاز آبی کمتر، دارای کمترین میانگین نیاز آبیاری (بین ۱۶۹ تا ۱۸۵ میلی‌متر)،بیشترین میانگین کارایی مصرف آب (به‌ترتیب با میانگین ۱/۳۲ و ۱/۲۷ گرم بر مترمکعب) و بهره‌وری آب آبیاری (به‌ترتیب با میانگین ۲/۶۱ و ۲/۰۷ گرم بر مترمکعب) و پایداری عملکرد بهتر (به ترتیب ۳۸۶۸ و ۳۶۸۵ گرم بر هکتار)، بیشترین انطباق را با اقلیم مناسب کشت زعفران نشان دادند.

توصیه‌های ترویجی برای این گروه

حفظ الگوی کشت کنونی، تمرکز بر مدیریت تغذیه گیاهی جهت تثبیت حداکثری عملکرد و جلوگیری از آبیاری‌های مازاد که موجب افت کارایی مصرف آب می‌شود.

ب) گروه مناطق با محدودیت بهره‌وری،نیاز آبیاریزیاد و نیازمند بازنگری مدیریتی (تایباد، تربت‌جام و رشتخوار)

این مناطق به دلیل نیاز آبی بیشتر (میانگین بین ۳۴۸ تا ۳۷۵ میلی‌متر) و بارندگی مؤثر کمتر، بیشترین میانگین نیاز آبیاری (بین ۲۱۰ تا ۲۱۸ میلی‌متر)،کمترین میانگین کارایی مصرف آب (بین ۰/۸۴ و ۰/۹۵ گرم بر مترمکعب)، بهره‌وری آب آبیاری کمتر نسبت به گروه اول،نوسانات شدی د ومیانگین عملکرد (به‌ویژه رشتخوار با میانگین ۲۸۳۴ گرم بر هکتار و افت شدید تا ۱۶۱۷ گرم در سال ۱۴۰۱) کمتر از میانگین استانی را به خود اختصاص داده‌اند که نشان‌دهنده آسیب‌پذیری بیشتر در برابر تنش‌های محیطی است. در این مناطق، حجم آب بیشتری به مزرعه داده می‌شود، اما به دلیل کارایی کمتر و شرایط اقلیمی نامناسب‌تر، تبدیل آب به محصول اقتصادی (زعفران) با بازدهی کمتری انجام می‌شود.

توصیه‌های ترویجی برای این گروه

با توجه به محدودیت منابع آب در این مناطق، توسعه سامانه‌های نوین آبیاری (مانند آبیاری زیرسطحی)، مدیریت دقیق دوره‌های بحرانی آبیاری زعفران (به‌ویژه در زمان زایش بنه در بهار و آبیاری اول در پاییز) و استفاده از پوشش‌های حفاظتی (مالچ) جهت کاهش تبخیر از سطح خاک توصیه می‌شود.

در مجموع، نتایج این پژوهش نشان داد که زراعت زعفران در استان خراسان رضوی تحت تأثیر شرایط متنوع اقلیمی قرار دارد. بنابراین برنامه‌ریزی مدیریت منابع آب در زراعت زعفران نباید به صورت یکسان برای کل استان انجام شود، بلکه رویکرد منطقه‌بندی بر اساس نیازهای آبیاری محاسبه‌شده توسط سامانه‌های مرجع (نیازآب)، راهکار اصلی برای افزایش بهره‌وری آب در استان خراسان رضوی خواهد بود. همچنین بررسی هم‌زمان کارایی مصرف آب و بهره‌وری آب آبیاری مشخص کرد که صرفِ بالا بودن نیاز آبی یک منطقه (مانند تایباد یا تربت‌جام) لزوماً به معنای عملکرد بالا نیست، بلکه مدیریت صحیح توزیع آب و بهره‌گیری از بارندگی مؤثر (مانند زاوه و تربت‌حیدریه) عامل اصلی موفقیت است.

منابع

۱-ابراهیمی‌پاک، ن.ع.، تافته، آ.، عباسی، ف.، و باغانی، ج. ۱۴۰۱. برآورد مقدار آب آبیاری گندم با استفاده از سامانه نیازآب و مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری مزرعه‌ای. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۳(۹): ۲۰۹۲-۲۰۷۵.

۲-احمدی، م.، خاشعی سیوکی، ع.، و سیاری، م.ح. ۱۳۹۵. بررسی مدل مناسب تعیین نیازآبی زعفران (Crocus sativus L.) و تعیین میزان تنش‌های آبی وارده. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۸ (۴): ۵۲۰-۵۰۵.

۳-افشار.، ه. نخجوانی‌مقدم.، م. م. سپهری صادقیان.، س. ذوالفقاری.، ا. ۱۴۰۳. تعیین بهره‌وری آب زعفران در قطب‌های تولید این محصول در ایران. نشریه آبیاری و زهکشی، ۲ (۱۸): ۲۴۶-۲۳۷.

۴-جعفری، م.س.، تافته، آ. ابراهیمی‌پاک، ن.ع. ۱۴۰۱. تعیین نیاز آبی و آب کاربردی فلفل دلمه‌ای در گلخانه و مقایسه آن با نتایج سامانه نیازآب. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۳ (۸): ۱۸۴۸-۱۸۳۱.

۵-ذوالفقاری.، ا. ۱۴۰۱. تعیین آب کاربردی و بهره‌وری مصرف آب در مزارع زعفران استان خراسان رضوی. فناوری‌های پیشرفته در بهره‌وری آب، ۲ (۱): ۵۱-۳۸.

۶-عبدزادگوهری، ع.، صادقی، س.م.، ابراهیمی‌پاک، ن.ع. و تافته، آ. ۱۴۰۴. ارزیابی آب مصرفی، تبخیر-تعرق و بهره‌وری آب گیاه عدس با استفاده از سامانه نیازآب در شرایط تنش کمبود آب و مصرف کود آهن. نشریه دانش خاک و گیاه، ۳۵(۲): ۷۳-۹۱.

۷-عبدزادگوهری، ع.، نیک اختر، م.، ابراهیمی‌پاک، ن.ع.، و تافته، آ. ۱۴۰۲. استفاده از سامانه نیازآب در تعیین مقدار آب مصرفی سویا بر اساس حل معکوس توابع عملکرد در شرایط مختلف آبیاری. نشریه پژوهش آب درکشاورزی، ۳۷ (۲): ۱۶۹-۱۵۹.

۸-عظیمی گندمانی.، م. ۱۴۰۴. تأثیر بسپار سوپر جاذب بر بهره‌وری آب و خصوصیات کمی و کیفی زعفران در شرایط کم‌آبیاری. زراعت و فناوری زعفران.، ۱۳ (۱): ۲۰-۱.

۹-کافی، م.، کوچکی، ع.، راشد محصل، م. ح.، و نصیری محلاتی، م. ۱۳۸۶. زعفران: تولید و فرآوری. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۱۰-مسافری ضیاءالدینی، حسن. ۱۳۸۰. اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد زعفران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. دانشگاه فردوسی مشهد.

۱۱-موسوی، س.، خالدیان، م.، اشرف‌زاده، ا. و شاهین‌رخسار، پ. ۱۳۹۴. تأثیر آبیاری محدود در مراحل حساس رشد بر افزایش عملکرد و بهره‌وری آب سه ژنوتیپ سویا در منطقه رشت. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۲۹ (۴): ۴۳۳-۴۴۶.