Saffron Agronomy & Technology
Homepage: http://saffron.torbath.ac.ir
Vol. 12, No. 1, Spring 2024, p. 1-26

Investigating the Effect of Different Methods and Levels of Irrigation Water on Some Vegetative Characteristics and Yield of Saffron Flower (*Crocus sativus* L.)

Hamid Reza Sharifi[1*], Zohreh Nabipour[2] and Mohammad Joleini[3]

Article type:
Research Article
Article history:
Submitted: 26 August 2023
Revised: 15 December 2023
Accepted: 13 April 2024
Available Online: 16 April 2024

How to cite this article:
Sharifi, H.R., Nabipour, Z., and Joleini, M. (2024). Investigating the Effect of Different Methods and Levels of Irrigation Water on Some Vegetative Characteristics and Yield of Saffron Flower (*Crocus.sativus* L.). Saffron Agronomy & Technology, 12(1), 1-26.
DOI: 10.22048/JSAT.2024.413372.1505

Abstract

In order to investigate the effect of different methods and levels of irrigation water on some vegetative and reproductive characteristics of saffron, this research was carried out as a split-plot experiment based on a randomized complete block design with three replications at the Razavi Khorasan Agricultural Research, Education and Extension Organization Center (Gonabad Research Station) in the crop years of 2019-2021. In this research, irrigation method treatments (including basin, drip (tape), and sprinkler (P-flex) methods) were in the main plot, and different levels of irrigation water (including supply of 100, 75 and 50% of water requirement) were in the secondary plot. The traits studied in this experiment include the number of plants, the number of leaves in a plant, the average length of a leaf, total leaf length per plant, total leaf length in m^2, total dry weight of leaves per plant, total dry weight of leaves in m^2, flower number, stigma dry weight and water efficiency. The results of the means comparison showed that in both years of the experiment, changing the irrigation method from basin to drip (tape) and sprinkler (P-flex) increased the number of plants in m^2, total leaf length in m^2, number of flowers in m^2, stigma dry weight and water efficiency. Based on this, changing the irrigation method from basin to sprinkler (P-flex) in the first and second year caused a 61 and 38% increase in the number of plants, 28 and 30% increase in the total length of leaves in m^2, and 45 and 32% increase in the flower number, 51 and 39% increase in stigma dry weight, 55 and 47% increase in water efficiency. Based on this, the highest values of the measured traits were obtained by providing 100% of the water requirement and reducing the water requirement of saffron from 100 to 50% in the first and second year, respectively, causing a 38 and 46% decrease in the number of plants, 79 and 67% decrease in the total length of leaves in m^2, 27 and

1 - Agronomical and Horticultural Science Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi, AREEO. Mashhad. Iran
2 - Ph.D of Agriculture, Gonabad Agricultural and Natural Resource and Education station, Agricultural and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi, AREEO. Gonabad. Iran.
3 - Technical and engineering research department, Agricultural and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi, AREEO. Mashhad. Iran

Corresponding author: n_khaledi@areeo.ac.ir

© 2022, University of Torbat Heydarieh. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial License (CC BY NC 4.0)
(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0).

22% decrease in the flower number, 33 and 30% reduction in stigma dry weight and water efficiency increased by 32% and 37% in the first and second year, respectively. The interaction effects table showed that the effect of increasing the amount of irrigation water is different in each system. Based on this, although the positive effect and relative advantage of modern irrigation systems decreased with the increase in the age of the farm, it seems that it is possible to use sprinkler irrigation (P-flex) while saving water consumption (up to 335 and 407 m^3 in the first and second year, respectively), increased water efficiency by two times. The results of this study also showed that although achieving high yield requires 100% supply of water needs, facing the lack of water availability and using modern irrigation systems, part of the water shortage can be covered. During the years investigated in this study, the average actual evaporation and transpiration, effective rainfall, and net irrigation water requirement of saffron were 2386, 734, and 3120 m^3/ha, respectively.

Keywords: Number of Leaves, Number of Flowers, Irrigation Method, Dry Weight of Stigma, Water Requirement

نشریه زراعت و فناوری زعفران
جلد۱۲، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳ ص. ۲۶-۱
Homepage: http://saffron.torbath.ac.ir

مقاله پژوهشی

بررسی اثر روش‌ها و سطوح مختلف آب آبیاری بر برخی خصوصیات رویشی و عملکرد گل زعفران (*Crocus sativus* L.)

حمید رضا شریفی[1*]، زهره نبی پور[2] و محمد جلینی[3]

تاریخ دریافت: ۴ شهریور ۱۴۰۲
تاریخ بازنگری: ۲۴ آذر ۱۴۰۲
تاریخ پذیرش: ۲۵ فروردین ۱۴۰۳

شریفی، ح. ر.، نبی پور، ز.، و جلینی، م. ۱۴۰۳. بررسی اثر روش‌ها و سطوح مختلف آب آبیاری بر برخی خصوصیات رویشی و عملکرد گل زعفران (*Crocus sativus* L.). زراعت و فناوری زعفران، ۱۲(۱)، ۲۶-۱.

چکیده

به منظور بررسی اثر روش‌ها و سطوح مختلف آب آبیاری بر برخی خصوصیات رویشی و زایشی زعفران، این پژوهش به صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی (ایستگاه تحقیقات گناباد) در سال‌های زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۸ انجام شد. در این تحقیق تیمار روش آبیاری (شامل روش‌های کرتی، قطره‌ای (نوار تیپ) و بارانی (پی‌فلکس) در کرت اصلی و سطوح مختلف آب آبیاری (شامل تأمین ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی) در کرت فرعی قرار داشتند. صفات مورد مطالعه در این آزمایش شامل تعداد بوته سبز شده، تعداد برگ در بوته، میانگین طول تک برگ، مجموع طول برگ در بوته، مجموع طول برگ در متر مربع، وزن خشک کل برگ در بوته، وزن خشک کل برگ در متر مربع، تعداد گل، وزن خشک کلاله و بهره‌وری آب بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در هر دو سال آزمایش، تغییر روش آبیاری از کرتی به قطره‌ای (نوار تیپ) و بارانی (پی‌فلکس) سبب افزایش تعداد بوته در متر مربع، مجموع طول برگ در متر مربع، تعداد گل در متر مربع، عملکرد کلاله و بهره‌وری آب آبیاری گردید. بر این اساس تغییر روش آبیاری از کرتی به بارانی (پی‌فلکس) در سال اول و دوم به ترتیب سبب ۶۱ و ۳۸ درصد افزایش در تعداد بوته، ۲۸ و ۳۰ درصد افزایش در مجموع طول برگ در متر مربع، ۴۵ و ۳۲ درصد در تعداد گل، ۵۱ و ۳۹ درصد افزایش در عملکرد کلاله، ۵۵ و ۴۷ درصد افزایش در بهره‌وری آب گردید. بر این اساس بالاترین مقادیر صفات اندازگیری شده با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی به دست آمده و کاهش تأمین نیاز آبی زعفران از ۱۰۰ به ۵۰ درصد در سال اول و دوم به ترتیب موجب ۳۸ و ۴۶ درصد کاهش در تعداد بوته، ۷۹ و ۶۷ درصد کاهش در مجموع طول برگ در متر مربع، ۲۷ و ۲۲ درصد کاهش در تعداد گل، ۳۳ و ۳۰ درصد کاهش در عملکرد کلاله شده و بهره وری مصرف آب در سال اول و دوم به ترتیب به میزان ۳۲ و ۳۷ درصد افزایش یافت. جدول اثرات متقابل نشان داد اثر افزایش میزان آب آبیاری در سیستم‌های مختلف متفاوت است. بر این اساس هرچند با افزایش سن مزرعه، اثر مثبت و مزیت نسبی سیستم‌های آبیاری نوین کمرنگ شد، ولیکن چنین به نظر می‌رسد که می‌توان با کاربرد آبیاری بارانی (پی‌فلکس) ضمن صرفه جویی در میزان مصرف آب (به میزان ۳۳۵ و ۴۰۷ متر مکعب به ترتیب در سال اول و دوم)، بهره وری آب را تا دو برابر افزایش داد. نتایج حاصل از این مطالعه همچنین نشان داد که اگرچه دستیابی به عملکرد بالا مستلزم تأمین ۱۰۰ درصدی نیاز آبی است، ولیکن در مواجه با کمبود فراهمی آب و با استفاده از سیستم‌های نوین آبیاری می‌توان بخشی از کمبود آب را پوشش داد. در طول سال‌های مورد بررسی در این مطالعه میانگین تبخیر و تعرق واقعی، بارندگی مؤثر و نیاز خالص آب آبیاری زعفران به ترتیب ۲۳۸۶، ۷۳۴ و ۳۱۲۰ مترمکعب در هکتار بدست آمد.

کلمات کلیدی: تعداد برگ، تعداد گل، روش آبیاری، وزن خشک کلاله، نیاز آبی

۱- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی ، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد ، ایران
۲- دکتری تخصصی زراعت، ایستگاه تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گناباد، مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی ، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، گناباد، ایران
۳- بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی ، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد ، ایران
(*-نویسنده مسئول: hrsharifi1349@yahoo.com)

DOI: 10.22048/JSAT.2024.413372.1505

مقدمه

رشد و تولید گیاهان در بسیاری از مناطق دنیا به خاطر کمبود آب دچار محدودیت شده و بخصوص در دهه‌های اخیر کشاورزی جهان را دستخوش تنش‌های فزاینده‌ای نموده است. این موضوع باعث شده تا مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی بیش از گذشته مورد توجه قرار گیرد (Ahmadee et al., 2017). توسعه سامانه‌های نوین آبیاری از جمله سیاست‌هایی است که می‌تواند تأثیر مستقیمی بر مدیریت مصرف آب و افزایش بهره‌وری آن داشته باشد ولیکن صرفنظر از هزینه بالا، هر یک از این سامانه‌ها دارای ویژگی‌های خاصی بوده که باید متناسب با شرایط اقلیم هر منطقه، بافت و ساختمان خاک، نوع محصول و اقتصاد کشاورز طراحی و مورد بهره‌برداری قرار گیرد. این موارد می‌تواند ضرر و زیان کشاورز را به همراه داشته باشد (Keykhamoghadam et al., 2013).

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. به دلیل درامد زایی بالا و سازگاری با مناطق خشک جایگاه ویژه‌ای در الگوی کشت استان‌های خراسان رضوی و جنوبی دارد و لذا سطح زیر کشت آن همواره در حال توسعه بوده است. در حال حاضر سطح زیر کشت زعفران کشور به ۱۲۱ هزار هکتار می‌رسد که از این مقدار ۹۰ هزار هکتار در استان خراسان رضوی قرار دارد (IMA, 2022). این در حالی است که علی رغم سابقه طولانی کشت و پرورش این گیاه در استان خراسان رضوی، توجیه اقتصادی این محصول در منطقه و نیز قدرت ارز آوری بسیار بالای آن، تولید آن همچنان متکی بر دانش بومی بوده و سهم کوچکی از فناوری‌های جدید در فرایندهای کاشت، داشت و برداشت آن مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ramezani, 2021). زعفران گیاهی است که به دلیل همزمانی رشد آن با فصل وقوع بارندگی و سرد سال، سطح محدود برگ و نیز قرار گرفتن روزنه ها در شیار بین سطح بالایی و پایینی برگ که مانع از اتلاف بیش از حد آب می شود، نیاز آبی بسیار کمتر از سایر گیاهان زراعی و باغی داشته و بنابراین زعفران گیاهی مناسب برای قرار گرفتن در الگوی کاشت مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد (Khozeymehnezhad et al., 2016). اگرچه نیاز آبی زعفران نسبتاً پایین است ولی اعمال تنش رطوبتی مستقیماً بر عملکرد ماده خشک و خصوصاً عملکرد اقتصادی آن اثر منفی می‌گذارد (Safari et al., 2018). بنابراین محدودیت آب در مناطق خشک و نیمه خشک ضمن محدود نمودن سطح زیر کشت می-تواند باعث بروز تنش خشکی در گیاه شود. لذا اتخاذ راهکارهایی که بتواند اثرات تنش خشکی را تعدیل نماید، می‌تواند بر وزن بنه و عملکرد کلاله گیاه در سال بعد تأثیر مثبت داشته باشد (Noori et al., 2022). در آزمایشی اثر دو عامل آبیاری و کود حیوانی بر عملکرد زعفران مورد بررسی قرار گرفت؛ نتایج نشان داد که افزایش میزان آبیاری سبب بهبود عملکرد می‌شود (Rezvani-Moghaddam et al., 2022). بر اساس نتایج تحقیق گلیاریس (Goliaris, 1999) اگرچه زعفران گیاهی مقاوم به خشکی می‌باشد ولی در بعضی از مراحل رشد نباید تحت کمبود آب قرار گیرد. این مراحل در آن منطقه از یونان ماه‌های مارس و آوریل (مصادف با اسفند و فروردین که بنه در حال رشد می‌باشد) و ماه سپتامبر (مصادف با شهریور و مهر برای بهبود کیفی و کمی گیاه) عنوان شده است که در آن‌ها گیاه نباید تحت تنش کمبود آب قرار گیرد. در مطالعه‌ای دیگر به بررسی اثر روش‌ها (کرتی و جویچه‌ای) و مقدار آب آبیاری (بدون آبیاری، آبیاری با ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد تبخیر – تعرق بالقوه زعفران به ترتیب با مقادیر آب آبیاری ۳۹۵/۱، ۳۳۵/۵ و ۲۵۷/۸ میلی‌متر) بر عملکرد زعفران در منطقه شیراز پرداخته شد که نتایج نشان داد کاهش ۲۵ و ۵۰ درصدی نیاز آبی گیاه باعث کاهش بهره‌وری آب شد و بیشترین آب در تأمین کامل نیاز آبی

گیاه حاصل شد (Shirmohammadi, 2002). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014) نیز نشان دادند که تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی در تحریک فرایندهای پیش از گلدهی گیاه کافی بوده است؛ ولی از سوی دیگر در سال دوم، کاهش آبیاری تا سطح ۵۰ درصد در مقایسه با شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی) منجر به کاهش معنی‌دار تعداد گل، عملکرد گل تر و عملکرد کلاله خشک شد. نتایج یک مطالعه نشان داد که آبیاری قطره‌ای با دور ۲۴ روز علاوه بر صرفه‌جویی در میزان آب مصرفی نسبت به روش‌های سنتی (کرتی)، به دلیل تولید بنه‌های درشت‌تر، بیشترین میزان گل را در زعفران تولید نمود (Abbasian, 2012). در تحقیق دیگری با بررسی اثر روش و دور آبیاری بر تولید بنه و گلدهی، مشاهده شد که آبیاری کرتی با دور ۲۴ روز به خاطر مصرف آب کمتر و تولید بنه های درشت‌تر که در گلدهی مؤثرتر هستند، نسبت به روش جویچه‌ای ارجحیت داشت. بنابراین آبیاری کرتی به سبب نقش مؤثر در تولید گل و بنه‌های درشت‌تر، روش آبیاری توصیه شده برای زعفران در تحقیق مذکور بود (Azizi-Zohan et al., 2006). ملافیلابی و همکاران (Mollafilabi et al., 2021) با بررسی روش‌های مختلف آبیاری (بارانی، قطره‌ای، جوی و پشته و کرتی) بر عملکرد زعفران در شهرستان قاین گزارش کردند که روش‌های مختلف آبیاری در سال اول تأثیری بر رشد بنه و عملکرد گل و کلاله خشک نداشت، ولی در سال دوم بیشترین تعداد گل و عملکرد کلاله خشک در تیمار آبیاری قطره‌ای به دست آمد. در سال سوم نیز آبیاری قطره‌ای نسبت به سایر روش‌ها برتری داشت. با وجود این بیشترین عملکرد بنه و برگ خشک در این سال مربوط به آبیاری کرتی و حداقل آن مربوط به آبیاری بارانی بوده است. نوری و همکاران (Noori et al., 2022) نیز با بررسی سه روش آبیاری شامل کرتی، قطره‌ای و زیرسطحی و سه سطح آبیاری ۱۰۰، ۷۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی به این نتیجه رسیدند که آبیاری قطره‌ای نسبت به دو روش دیگر موجب افزایش معنی‌دار در خصوصیات گل گردید؛ از طرف دیگر کاهش مقدار آب آبیاری از ۱۰۰ به ۷۰ و ۴۰ درصد به علت ایجاد تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار در خصوصیات گل و بنه زعفران شد. با توجه به خصوصیات اقلیمی، کمبود آب و کشت عمده زعفران در شهرستان گناباد از یک طرف و استفاده از نظام‌های سنتی آبیاری و کشاورزی در این منطقه (که سبب هدر رفتن منابع آبی می‌گردد) از طرف دیگر، اطلاع از مقدار آب و روش آبیاری در تأمین نیاز آبی زعفران از اهمیت زیادی برخوردار است. بر این اساس این پژوهش با هدف مطالعه اثر سطوح مختلف آب تحت روش‌های متفاوت آبیاری بر خصوصیات رویشی و زایشی، رفتار گلدهی و عملکرد زعفران انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال های زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۸ به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی (ایستگاه تحقیقات گناباد) انجام شد. شهرستان گناباد در عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی قرار گرفته است و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۱۰۵ متر می‌باشد. این شهرستان از لحاظ اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک با تابستان‌های گرم و میانگین بلند مدت بارندگی ۱۵۱ میلی‌متر می‌باشد که بیشتر بارندگی‌ها در زمستان رخ می‌دهد؛ همچنین حداقل و حداکثر دمای مطلق سالیانه به ترتیب ۴۴/۲ و ۱۴/۲- درجه سانتی‌گراد، متوسط حداکثر دما ۲۳/۷، متوسط حداقل دما ۱۰/۵ و متوسط دمای سالانه ۱۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (Tavakkoli-Kakhki et al., 2020). پارامترهای هواشناسی ماهانه شهرستان گناباد در دو سال مورد بررسی در جدول ۱ آمده است که بر اساس آن میزان بارندگی مؤثر در سال های ۹۹-۹۸ و ۴۰۰-۹۹ به ترتیب ۹۸/۸ و ۱۱۰/۵میلی‌متر بوده که نشان از یکنواختی نسبی بارش در این دو سال دارد. میزان بارندگی مؤثر

در این آزمایش به روش Scs براورد شد (Scs, 1972).

جدول ۱ - مشخصات پارامترهای هواشناسی ماهانه در شهرستان گناباد

Table 1 - Specifications of monthly meteorological parameters in Gonabad city

ماه Month		میانگین حداقل دما Average min. tempreture (° C)		میانگین حداکثر دما Average max. tempreture (° C)		میانگین بارندگی Average rainfall (mm)	
سال انجام ازمایش Years of experiment		2019-2020	2020-2021	2019-2020	2020-2021	2019-2020	2020-2021
مهر	23 Sep-22 Oct	13.85	13.90	26.4	29.2	0.1	0
آبان	23 Oct-21 Nov	4.2	5.7	17.5	18.3	21.2	17.7
آذر	22 Nov-21 Dec	1.9	2.6	14.4	12.9	7.5	2
دی	22 Dec-20 Jan	-0.1	-1.2	11.3	9	32.7	53.9
بهمن	21 Jan-19 Feb	-0.1	0.3	13	12	48.9	23.3
اسفند	20 Feb-19 Mar	0.7	5.8	19.3	18	40.6	13.9
فروردین	20 Mar-20 Apr	11.3	8.4	22.5	17.9	58.3	96.7
اردیبهشت	21 April-21 May	15	15.8	28.2	29.2	0.2	6.8
خرداد	22 May-21 Jun	19.9	21.8	33.2	36.4	5.3	0
تیر	22 Jun-22 Jul	24.1	22.8	38.9	36.5	0	0
مرداد	23 Jul-22 Aug	22.2	23.4	37.2	37.3	0	0
شهریور	23 Aug-22 Sep	18.3	16.9	33.6	31.8	0	1.9

قبل از شروع آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه برداری (مرکب) برداشت شد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش تعیین گردید که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. خاک محل آزمایش دارای بافت شنی لومی با اسیدیته ۷/۹ و بدون محدودیت شوری و سدیمی بود.

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (ایستگاه گناباد)

Table 2- Physical and chemical characteristics of soil in experimental site (Gonabad station)

رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	نیتروژن کل Total N (%)	پتاسیم قابل جذب Available K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل جذب Available P ($mg.kg^{-1}$)	کربن آلی Organic C (%)	ماده آلی Organic matter (%)	اسیدیته pH
16	22	62	1.9	0.028	121	7.49	0.27	0.46	7.9

در این تحقیق تیمار روش آبیاری در سه سطح شامل کرتی، قطره‌ای (نوار تیپ) و بارانی (پی‌فلکس) در کرت اصلی و سطوح آبیاری بر اساس نیاز آبی در سه سطح تأمین ۱۰۰ درصد، ۷۵ درصد و ۵۰ درصد نیاز آبی در کرت فرعی قرار گرفت. نیاز آبی گیاه مرجع (ET_0) به روش فائو پنمن–مانتیث (Raes, 2012) در هر سال و در هر بار آبیاری با دریافت داده‌های هواشناسی روزانه از ایستگاه هواشناسی گناباد برآورد گردید. از حاصلضرب نیاز آبی گیاه مرجع در ضریب گیاهی زعفران (Ahmadi et al., 2017) تبخیر و تعرق واقعی یا به‌عبارتی نیاز آبی خالص گیاه زعفران (ET_c) بدست آمد (Allen et al., 1998). با در نظر گرفتن ران دمای آبیاری برای هر روش آبیاری، نیاز ناخالص محاسبه شد و سپس با ضرب این مقدار (۱۰۰ درصد نیاز آب آبیاری) در ضرایب ۱، ۰/۷۵ و ۰/۵۰ اعمال سطوح آبیاری انجام شد. ابعاد کرت فرعی ۴ × ۲/۵، ابعاد کرت اصلی ۸/۷ × ۴، فاصله بین کرت‌های فرعی ۰/۶ متر، فاصله بین کرت‌های اصلی یک متر و فاصله بین تکرارها ۲/۵ متر منظور شد (فقط در روش آبیاری

کرتی برای جلوگیری از اختلاط مقدار آب مورد استفاده در هر کرت فرعی و نیز کرت‌های اصلی جداسازی از طریق ایجاد پشته صورت گرفت). بر این اساس مساحت زمین آزمایش ۳۵۷/۲ متر مربع بود. همچنین فاصله بین ردیف‌های کاشت ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و هر کرت فرعی شامل ۱۰ خط کاشت بود که برای نمونه‌برداری دو خط از طرفین هر کرت بعنوان حاشیه منظور شد و اندازه‌گیری صفات مورد نظر از ۶ خط میانی انجام شد.

زمین آزمایش در تابستان سال ۱۳۹۷ با یک شخم عمیق و اضافه کردن ۳۰ تن در هکتار کود پوسیده گاوی (Esmaeilian & Amiri, 2019) برای کاشت آماده شد. عملیات کاشت در تاریخ ۱۳۹۷/۷/۱۱ به روش نیمه مکانیزه و با استفاده از بنه‌های سورت شده با متوسط وزن تک بنه ۷/۷ گرم (که سه روز قبل از مزرعه ای با فاصله ۱۰۰ کیلومتر از ایستگاه تحقیقات گناباد کنده شده بودند)، تحت تراکم ۹۰ بنه در متر مربع و عمق کاشت ۱۷ سانتی‌متر انجام شد. در سال اول بنه‌ها قبل از کاشت با مخلوط قارچ‌کش رورال تی اس ۳ در هزار، کنه کش ارتوس ۲ در هزار و باکتری کش نوردوکس ۲ در هزار به روش اسپری پاشی ضد-عفونی شدند. فاصله بین ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر تنظیم شد. بلافاصله بعد از کاشت عملیات تسطیح مجدد و آماده‌سازی کرت‌های آزمایش انجام و به روش بارانی (رولاین) آبیاری شد. عملیات سله شکنی پس از آبیاری و همزمان با گاورو شدن زمین با هدف تسهیل در خروج گل‌ها به صورت دستی انجام شد. حجم آب آبیاری در هر کرت آزمایشی از حاصلضرب مساحت هر کرت (۱۰ مترمربع) در عمق نیاز ناخالص آب آبیاری محاسبه و اعمال گردید. با توجه به این که انتقال آب در این پروژه با لوله انجام گردید، لذا عملاً راندمان انتقال آب آبیاری ۱۰۰ درصد بوده و فقط یکنواختی توزیع آب در روش‌های آبیاری متفاوت است که با توجه به نظر کارشناسان و شیوهٔ آبیاری در مزارع مورد مطالعه، پتانسیل راندمان آبیاری برای روش قطره‌ای ۹۰ درصد، روش بارانی ۸۵ درصد و برای روش آبیاری سطحی (کرتی) در این تحقیق ۸۰ درصد در نظر گرفته شد (Abbasi et al., 2016). همچنین حجم آب آبیاری با توجه به عمق ناخالص آبیاری و مساحت هر کرت آزمایشی برای هر روش آبیاری در تیمار تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی (شاهد) محاسبه گردید و با توجه به ضرایب تنش ۰/۷۵ و ۰/۵۰ حجم آب آبیاری برای این دو سطح تنش محاسبه و اعمال شد. لازم به ذکر است که اعمال سطوح مختلف آب آبیاری بصورت زمانی انجام گردید. در روش‌های قطره‌ای (نوار تیپ) و بارانی (پی‌فلکس) بر اساس شدت پخش آب (در روش قطره‌ای (نوار تیپ) دبی در واحد طول برابر با ۵/۵ لیتر در ساعت و در روش بارانی (پی‌فلکس) ۰/۱ لیتر در ثانیه در واحد طول و یا بعبارتی ۳۶۰ لیتر در ساعت در واحد طول) بود. در روش آبیاری کرتی نیز حجم آب آبیاری، از حاصلضرب عمق آب آبیاری در مساحت هر کرت بدست آمد و در هر سطح آبیاری توسط کنتور حجمی بر حسب لیتر کنترل و اعمال گردید. بر این اساس میزان کل آب آبیاری مورد استفاده در هر کدام از تیمارهای روش آبیاری و سطح آبیاری در جدول ۳ گزارش شده است.

جدول ۳- میزان کل آب آبیاری در هر یک از تیمارهای آبیاری

Table 3 - The total amount of irrigation water in each of the irrigation treatments ($m^3.ha^{-1}$)

روش آبیاری Irrigation methods	۵۰ درصد نیاز آبی 50% of water requirement		۷۵ درصد نیاز آبی 75% of water requirement		۱۰۰ درصد نیاز آبی 100% of water requirement	
سال انجام ازمایش Years of experiment	2019-2020	2020-2021	2019-2020	2020-2021	2019-2020	2020-2021
کرتی Basin	1423	1731	2135	2597	2846	3462
قطره‌ای (نوار تیپ) Drip (Tape)	1186	1443	1779	2164	2372	2885
بارانی (پی‌فلکس) Sprinkler (P-flex)	1256	1528	1883	2291	2511	3055

برای انجام آبیاری به روش بارانی (پی‌فلکس)، لوله‌های پی فلکس درز دار (تولید شرکت نوین پلیمر) مورد استفاده قرار گرفت که آب تحت فشار از سوراخ‌ها با زوایای مختلف خارج و در سطح مزرعه پخش می‌گردید. در این روش با تنظیم فشار ورودی آب، عرض پاشش قابل کنترل و اندازه‌گیری آن ساده می‌باشد. شعاع پاشش ۳ الی ۴ متر با فشار کارکرد ۱/۵ الی ۲ اتمسفر بود.

در روش آبیاری قطره‌ای، از لوله های تیپ (تولید شرکت نشت آب توس) با فاصله جانبی ۵۰ سانتی‌متری (بین هر دو ردیف زعفران یک لوله تیپ) استفاده شد. در این روش از نوارهای آبیاری تیپ با آبدهی ۵/۵ لیتر در ساعت در متر طول با فشار کارکرد حدود ۰/۶ بار، فاصله روزنه ۲۰ سانتیمتر و ضخامت ۲۰۰ میکرون استفاده شد. در هر کرت آزمایشی طول نوارهای تیپ ۴ متر و تعداد ردیف‌های تیپ با توجه به عرض هر کرت آزمایشی ۵ ردیف بود.

در روش آبیاری کرتی پس از مرزبندی کرت‌ها. حجم آب مورد نیاز توسط تانکر به هر کرت داده شد. برای این کار به خروجی تانکر یک شلنگ وصل و به انتهای آن یک شیرفلکه و یک کنتور حجمی متصل گردید تا حجم آب ورودی به هر کرت کنترل گردد. بعد از اتمام آبیاری، شیرفلکه قبل از کنتور بسته شد. به جهت آن که فشار کارکرد سامانه آبیاری قطره‌ای (نوار تیپ) و روش آبیاری بارانی (پی‌فلکس) متفاوت بود، آبیاری این دو روش بصورت جداگانه انجام گردید. آبیاری روش کرتی هم با تانکر و جداگانه انجام شد.

در سال اول، آبیاری اول بلافاصله بعد از کشت و آبیاری دوم یک هفته بعد به منظور تسهیل در خروج جوانه‌های گل و برگ از خاک انجام شد. اولین آبیاری در سال دوم و سوم در اوایل آبان‌ماه و متناسب با شرایط دمایی و میزان بارندگی مؤثر صورت گرفت. آبیاری در کرت‌های آزمایشی در هر سال پنج نوبت (۱۶ آبان، ۲۷ آذر، ۳۰ دی، ۳۰ بهمن، ۱۰ فرودین) متناسب با عرف منطقه انجام شد. سایر مراقبت‌های زراعی مانند وجین علف‌های هرز و سله‌شکنی در طول دوره رشد گیاه در همه سال‌های آزمایش انجام شد. اولین گل‌ها در سال اول تقریباً یک ماه بعد از تاریخ کاشت و در سال دوم و سوم حدوداً اواخر آبان ماه ظاهر شدند. نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری خصوصیات گل شامل تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله از کرت‌های آزمایشی در هر دو سال آزمایش همزمان با شروع گلدهی آغاز شد و گل‌های ظاهر شده هر روز صبح بصورت غنچه جمع‌آوری و شمارش گردید و سپس جهت تعیین وزن تر گل، انجام عملیات جداسازی کلاله‌ها به آزمایشگاه منتقل شد. کلاله‌های جدا شده به تفکیک به مدت سه روز در دمای اتاق و در سایه روی پارچه سفید خشک و سپس توزین شدند.

به منظور اندازه‌گیری تعداد بوته، تعداد و طول برگ در هر بوته، در پایان دوره رشد رویشی (چهارم و پنجم اسفند در هر سال) در هر کدام از کرت‌های فرعی کوادرات‌های ثابتی به مساحت ۰/۲۵ مترمربع به طور تصادفی نصب و تعداد بوته سبز شده شمارش شد. لازم به ذکر است ابعاد کرت‌های فرعی۴×۳ در نظر گرفته شد (Koocheki et al., 2020; Khorramdel et al., 2021; Asghari et al., 2019; Moallem Benhangi et al., 2019). در مزارع کشاورزان نیز معمولاً اندازه کرت‌ها کوچک می‌باشد. در هر کوادرات سه بوته به تصادف انتخاب و تعداد برگ در هر بوته به صورت جداگانه شمارش و میانگین آن‌ها به‌عنوان تعداد برگ در بوته گزارش گردید. میانگین طول تک برگ از تقسیم مجموع طول برگ‌ها در یک بوته بر تعداد برگ و مجموع طول برگ در متر مربع از حاصلضرب تعداد بوته در متر مربع در مجموع طول برگ در بوته محاسبه شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک برگ در واحد سطح ابتدا برگ‌های هر گیاه بصورت مجزا جمع‌آوری شد؛ سپس برای

مدت ۴۸ ساعت به دستگاه آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد منتقل و بعد از آن با ترازوی ۰/۰۰۱ گرم توزین انجام شد. بهره‌وری آب نیز از تقسیم وزن خشک کلاله بر مقدار آب مصرفی بدست آمد.

نتایج با نرم‌افزارهای SAS Var. 9.4 و Excel 2010 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. جهت مقایسات میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج و یک درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد بوته در متر مربع

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی روش‌ها و سطوح مختلف آب آبیاری بر تعداد بوته در متر مربع در هر دو سال مورد بررسی در سطح یک درصد معنی‌دار بود؛ در حالیکه اثر متقابل فقط در سال دوم در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین‌های اثر اصلی نشان داد در هر دو سال مورد بررسی بیشترین تعداد بوته در روش آبیاری پی‌فلکس (به ترتیب ۶۶ و ۱۳۸ بوته در متر مربع در سال اول و دوم) و کمترین آن در روش آبیاری کرتی (به ترتیب ۲۶ و ۸۵ بوته در متر مربع در سال اول و دوم) حاصل شده آبیاری قطره‌ای (نوار تیپ) حدواسط این دو بود که البته در سال دوم اختلاف معنی‌داری بین آبیاری بارانی (پی‌فلکس) و قطره‌ای مشاهده نشد (جدول ۵). بر این اساس اثر تغییر روش آبیاری از کرتی به پی‌فلکس بر تعداد بوته در سال دوم کمتر از سال اول بود (به ترتیب ۱۵۴ و ۶۲ درصد در سال اول و دوم) (جدول ۵). چنین بنظر می‌رسد که آبیاری بارانی (پی‌فلکس) از طریق توزیع یکنواخت و نرم آب در سرتاسر زمین (Fallahi & Salarian, 2023; Koocheki et al., 2020; Behdani & Fallahi, 2015) موجب کاهش مقاومت خاک و استقرار بهتر بوته (به ویژه در سال اول) شده است (جدول ۵). مقایسه میانگین‌های سطوح مختلف آب آبیاری نیز نشان داد با کاهش مقدار آب آبیاری تعداد بوته در متر مربع نیز کاهش یافت و در هر دو سال بیشترین تعداد بوته در متر مربع تحت تیمار شاهد (تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی) حاصل شده و با کاهش میزان آب آبیاری تعداد بوته سبز شده کاهش یافت که شدت این کاهش در سال دوم و با کاهش مقدار آب آبیاری از ۱۰۰ به ۷۵ درصد بیشتر از سال اول بود (۴۶ درصد در سال دوم در مقابل ۳۸ درصد در سال اول)، (جدول ۵) که این امر احتمالاً به واسطه اثر تنظیمی و شدیدتر تنش آبی بر بنه‌زایی بنه‌های مادری در سال اول جهت ایجاد بنه‌های دختری در سال دوم می باشد. جدول اثرات متقابل نشان داد که در سال دوم مزیت نسبی استفاده از آبیاری پی‌فلکس (نسبت به روش کرتی و قطره‌ای (نوار تیپ) در افزایش تعداد بوته در واحد سطح با افزایش میزان آب آبیاری بیشتر می شود (جدول ۵). به بیان بهتر تنش رطوبتی باعث کاهش تفاوت روش‌های مختلف آبیاری و مزیت نسبی روش بارانی (پی‌فلکس) می‌گردد (جدول ۶). بر اساس نتایج حاصل از سال دوم این مطالعه چنین به نظر می‌رسد که تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی مرز مزیت نسبی روش آبیاری است که در بالاتر از آن روش آبیاری بارانی (پی‌فلکس) و در کمتر از آن روش آبیاری قطره‌ای (نوار تیپ) دارای مزیت (از منظر ایجاد تعداد بوته بالاتر) می‌باشد. چنین به نظر می‌رسد که این پدیده عمدتاً ناشی از الگوی توزیع رطوبت سراسری در آبیاری‌های پی‌فلکس و کرتی و موضعی در روش آبیاری قطره‌ای (نوار تیپ) باشد.

تعداد برگ و میانگین طول تک برگ در بوته

بررسی نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمارهای مختلف روش و سطوح آبیاری در هر دو سال مورد بررسی بر تعداد و میانگین طول تک برگ در بوته در سال اول در سطح یک درصد و در سال دوم بر تعداد برگ در بوته در سطح یک درصد و بر میانگین طول تک برگ در سطح پنج درصد معنی‌دار شد، بر این اساس اثر متقابل روش و سطوح آبیاری فقط بر تعداد

برگ در بوته در سال اول و در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین تعداد برگ در بوته (به ترتیب ۴/۶۳ و ۹/۶۱ در سال اول و دوم) در آبیاری کرتی به دست آمد که البته با تیمار آبیاری قطره‌ای در گروه آماری مشترکی قرار گرفت؛ و حال آن که بیشترین میانگین طول تک برگ در آبیاری بارانی (پی‌فلکس) حاصل شده و تفاوت معنی‌دار آماری بین روش قطره‌ای (نوار تیپ) و کرتی مشاهده نشد (جدول ۵).

جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر روش‌ها و سطوح مختلف آبیاری بر برخی خصوصیات رویشی و زایشی زعفران

Table 4- Analysis of variance (mean square) for the effect of irrigation method and different water levels on some of vegetative and reproductive criteria of saffron

منابع تغییر V.O.S	درجه آزادی df	تعداد بوته سبز شده Number of plants		تعداد برگ در بوته Leaf number per plant		میانگین طول تک برگ Average length of a leaf		مجموع طول برگ در بوته Total leaf length per plant	
سال انجام آزمایش Years of experiment		2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
بلوک Block	2	35.14 n.s	14.37 n.s	0.43 n.s	0.86 n.s	44.07 n.s	42.2 n.s	1474.70 n.s	2113.66 n.s
روش آبیاری Irrigation method (a)	2	3948.48 **	6509.59 **	15.88 **	14.56 **	133.52 **	97.57 *	12070.64 **	8788.37 n.s
خطای الف Error a (Ea)	4	32.48	238.25	2.31	2.06	16.40	12.22	2795.57	3929.39
سطوح آبیاری Irrigation amount (b)	2	1225.14 **	11612.92 **	13.15 **	14.21 **	161.95 **	119.73 *	31528.48 **	53708.59 **
روش آبیاری× سطوح آبیاری (a×b)	4	25.81 n.s	1204.64 *	2.56 *	0.11 n.s	28.96 n.s	24.91 n.s	3035.23 n.s	1673.48 n.s
خطای کل Total error	12	61.87	318.07	0.78	0.92	14.74	17.91	1016.28	2639.81

*، ** و n.s به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * and **: representnon-significant and significant at 5% and 1% level, respectively.

جدول ٤ (ادامه) – تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر روش‌ها و سطوح مختلف آبیاری بر برخی خصوصیات رویشی و زایشی زعفران

Table 4 (Continued) - Analysis of variance (mean square) for the effect of irrigation method and different water levels on some of vegetative and reproductive criteria of saffron

منابع تغییر V.O.S	درجه آزادی df	مجموع طول برگ در متر مربع Total leaf length in m^2		وزن خشک کل برگ در بوته Total dry weight of leaves per plant		وزن خشک کل برگ در متر مربع Total dry weight of leaves in m^2	
سال انجام آزمایش Years of experiment		2019	2020	2019	2020	2019	2020
بلوک Block	2	5549371 n.s	39020220 n.s	0.03 n.s	0.03 n.s	831 n.s	1107 n.s
روش آبیاری Irrigation method (a)	2	35926524 **	436430104 *	0.27 **	0.40 **	14612**	24258 **
خطای الف Error a (Ea)	34	3939535	94245041	0.04	0.03	1261	1457
سطوح آبیاری Irrigation amount (b)	2	197197442 **	3838049695 **	0.58 **	0.59 **	33602 **	45799 **
روش آبیاری×سطوح آبیاری (a×b)	4	22311040 **	229312567 n.s	0.05 **	0.05 *	1502 n.s	2257 n.s
خطای کل Total error	12	39044626	79927533	0.00	0.01	672	863

*، ** و n.s به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * and **: representnon-significant and significant at 5% and 1% level, respectively.

جدول ٤ (ادامه). تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر روش‌ها و سطوح مختلف آبیاری بر برخی خصوصیات رویشی و زایشی زعفران

Table 4 (Continued). Analysis of variance (mean square) for the effect of irrigation method and different water levels on some of vegetative and reproductive criteria of saffron

منابع تغییر V.O.S	درجه آزادی df	تعداد گل Flower number		وزن خشک کلاله Stigma dry weight		بهره وری آب Water efficiency	
سال انجام آزمایش Years of experiment		2019	2020	2019	2020	2019	2020
بلوک Block	2	781.46 $^{n.s}$	3776.77 **	0.02 *	$^{n.s}$ 0.11	0.7 *	1.40 **
روش آبیاری Irrigation method (a)	2	20974.91 **	26161.01 **	0.64 **	**1.12	22.06 **	36.66 **
خطای الف Error a (Ea)	4	93.42	22.77	0.00	0.01	0.20	0.33
سطوح آبیاری Irrigation amount (b)	2	5715.71 **	10716.33 **	0.22 **	**0.57	3.00 **	9.50 **
روش آبیاری× سطوح آبیاری (a×b)	4	759.01 *	368 $^{n.s}$	0.04 **	* 0.04	0.60 *	1.24 **
خطای کل Total error	12	246.76	308.44	0.00	0.01	0.16	0.20

*، ** و n.s به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * and **: representnon-significant and significant at 5% and 1% level, respectively.

جدول ۵ - مقایسه میانگین اثر روش‌ها و سطوح مختلف آبیاری بر برخی خصوصیات رویشی و زایشی زعفران

Table 5 - Means comparison of irrigation method and different water levels on some of vegetative and reproductive criteria of saffron

	تعداد بوته Number of plants (Plant.m^{-2})		تعداد برگ در بوته Leaf number per plant		میانگین طول تک برگ Average length of a leaf (cm)		مجموع طول برگ در بوته Total leaf length per plant (cm)		مجموع طول برگ در مترمربع Total leaf length in m^2 (cm)	
سال انجام آزمایش Years of experiment	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
روش آبیاری Irrigation method										
کرتی Basin	26 ^{c}	85 ^{b}	4.63 ^{a}	9.61 ^{a}	34.8 ^{b}	35.5 ^{b}	165 ^{a}	345 ^{a}	4534 ^{b}	31537 ^{b}
قطره‌ای (نوار تیپ) Drip (Tape)	56 ^{b}	120 ^{a}	3.82 ^{ab}	7.92 ^{ab}	35.1 ^{b}	35.9 ^{b}	138 ^{ab}	285 ^{a}	8523 ^{a}	34841 ^{ab}
بارانی (پی‌فلکس) Sprinkler (P-Flex)	66 ^{a}	138 ^{a}	2.04 ^{b}	7.12 ^{b}	41.6 ^{a}	41.7 ^{a}	92 ^{b}	300 ^{a}	6331 ^{ab}	44906 ^{a}
سطوح آبیاری بر اساس نیاز آبی Irrigation level based on water requirement (٪)										
50	38 ^{c}	83 ^{c}	2.37 ^{c}	6.94 ^{c}	34 ^{b}	34.8 ^{b}	81 ^{c}	239 ^{c}	2479 ^{c}	19851 ^{c}
75	49 ^{b}	106 ^{b}	3.34 ^{b}	8.24 ^{b}	35.6 ^{b}	36.4 ^{b}	117 ^{b}	298 ^{b}	5291 ^{b}	31453 ^{b}
100	61 ^{a}	153 ^{a}	4.78 ^{a}	9.46 ^{a}	42 ^{a}	41.7 ^{a}	197 ^{a}	393 ^{a}	11618 ^{a}	59980 ^{a}

میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Mean followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% level, according to Duncan test.

جدول ۵ (ادامه) - مقایسه میانگین اثر روش‌ها و سطوح مختلف آبیاری بر برخی خصوصیات رویشی و زایشی زعفران

Table 5 (Continued) - Means comparison of irrigation method and different water levels on some of vegetative and reproductive criteria of saffron

	وزن خشک کل برگ در بوته Total dry weight of leaves per plant (g)		وزن خشک کل برگ در متر مربع Total dry weight of leaves in m^2 (g)		تعداد گل Flower number ($No.m^{-2}$)		وزن خشک کلاله Stigma dry weight ($g.m^{-2}$)		بهره وری آب Water efficiency ($g.m^{-3}$)	
سال انجام آزمایش Years of experiment	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
روش آبیاری Irrigation method										
کرتی Basin	0.59 b	0.81 b	54.5 b	73.1 b	119 c	221 c	0.51 c	1.07 c	2.53 c	4.35 c
قطره‌ای (نوار تیپ) Drip (Tape)	0.90 a	1.16 a	114 a	145 a	158 b	290 b	0.75 b	1.56 b	4.43 b	7.39 b
بارانی (پی‌فلکس) Sprinkler (P-Flex)	0.89 a	1.19 a	131 a	173 a	215 a	327 a	1.04 a	1.76 a	5.63 a	8.17 a
سطوح آبیاری بر اساس نیاز آبی Irrigation level based on water requirement (٪)										
50	0.56 c	0.83 c	48.4 c	70.3 c	138 c	245 c	0.60 c	1.21 c	4.78 a	7.64 a
75	0.74 b	1 b	84.1 b	112 b	167 b	279 b	0.79 b	1.46 b	4.18 b	6.67 b
100	1.07 a	1.33 a	167 a	209 a	188 a	314 a	0.91 a	1.72 a	3.63 c	5.59 c

میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Mean followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% level, according to Duncan test.

جدول ٦- اثر متقابل اثر روش‌ها و سطوح مختلف آبیاری بر برخی خصوصیات رویشی و زایشی زعفران

Table 6. Means comparison of interaction effect of irrigation method and different water levels on some of vegetative and reproductive criteria of saffron

روش آبیاری Irrigation method	سطوح آبیاری بر اساس نیاز آبی Irrigation water based on water requirement (%)	تعداد بوته سبز شده Number of plants ($Plant.m^{-2}$)	تعداد برگ در بوته Leaf number per plant	مجموع طول برگ در مترمربع Total leaf length in m^2 (cm)	وزن خشک کل برگ در بوته Total dry weight of leaves per plant (g)	
سال انجام آزمایش Years of experiment		2020	2019	2019	2019	2020
کرتی Basin	50	61 e	4.23 bc	2256 e	0.42 f	0.67 e
	75	64.3 e	4.45 bc	4070 cde	0.60 def	0.81 de
	100	130 bc	5.23 ab	7276 bc	0.75 cde	0.96 bcd
قطره‌ای (نوار تیپ) Drip (Tape)	50	104 cd	2.12 de	3019 de	0.58 ef	0.84 cde
	75	112 bcd	3.11 cd	5423 cde	0.77 cd	1.03 bc
	100	142 b	6.23 a	17127 a	1.34 a	1.60 a
بارانی (پی‌فلکس) Sprinkler	50	83.6 de	1.78 e	2162 e	0.69 cde	0.98 bcd
	75	142 b	2.45 d	6378 cd	0.87 c	1.16 b
	100	188 a	2.88 cd	10452 b	1.11 b	1.44 a

میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Mean followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% level, according to Duncan test.

جدول ٦ (ادامه) - اثر متقابل اثر روش‌ها و سطوح مختلف آبیاری بر برخی خصوصیات رویشی و زایشی زعفران

Table 6 (Continued). Means comparison of interaction effect of irrigation method and different water levels on some of vegetative and reproductive criteria of saffron

روش آبیاری Irrigation method	سطوح آبیاری بر اساس نیاز آبی Irrigation water based on water requirement (%)	تعداد گل Flower number ($No.m^2$)	وزن تر گل Flower fresh weight ($g.m^{-2}$)		وزن خشک کلاله Stigma dry weight ($g.m^{-2}$)		بهره وری آب Water efficiency ($g.m^{-3}$)	
سال انجام آزمایش Years of experiment		2019	2019	2020	2019	2020	2019	2020
کرتی Basin	50	109 ^{d}	28.1 ^{e}	50.1 ^{f}	0.45 ^{f}	0.95 ^{e}	1.24 ^{e}	2.15 ^{c}
	75	115 ^{d}	33.2 ^{de}	66.5 ^{e}	0.48 ^{ef}	1.03 ^{e}	0.96 ^{e}	1.74 ^{c}
	100	133 ^{cd}	42.3 ^{cd}	109 ^{c}	0.59 ^{de}	1.23 ^{d}	1.11 ^{e}	1.89 ^{c}
قطره‌ای (نوار تیپ) Drip (Tape)	50	135 ^{cd}	45.6 ^{c}	89.6 ^{d}	0.64 ^{cd}	1.30 ^{d}	3.05 ^{cd}	5.03 ^{ab}
	75	159 ^{bc}	56.8 ^{b}	136.2 ^{b}	0.73 ^{c}	1.51 ^{c}	2.58 ^{d}	4.29 ^{b}
	100	179 ^{b}	61.9 ^{b}	161 ^{a}	0.88 ^{b}	1.86 ^{b}	2.56 ^{d}	4.45 ^{b}
بارانی (پی‌فلکس) Sprinkler	50	169 ^{b}	59.1 ^{b}	120 ^{c}	0.72 ^{cd}	1.38 ^{cd}	3.50 ^{bc}	4.59 ^{b}
	75	227 ^{a}	84.1 ^{a}	138 ^{b}	1.15 ^{a}	1.84 ^{b}	4.62 ^{a}	5.52 ^{a}
	100	250 ^{a}	92.8 ^{a}	165 ^{a}	1.26 ^{a}	2.06 ^{a}	3.94 ^{ab}	4.84 ^{ab}

میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Mean followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% level, according to Duncan test

چنین به نظر می‌رسد که کاهش تعداد برگ در روش آبیاری بارانی (پی فلکس) عمدتاً ناشی از تعداد بوته بیشتر و به دنبال آن تشدید رقابت بین بوته‌ای باشد. بر این اساس افزایش میانگین طول برگ در روش آبیاری پی‌فلکس را نیز می‌توان به رقابت درون بوته‌ای و اثر جبرانی بین تعداد و طول برگ مرتبط دانست. بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش اثر روش آبیاری و سن مزرعه بر تعداد برگ در بوته بیشتر از میانگین طول برگ می باشد (جدول ۵)، که مورد اخیر نیز در ارتباط با افزایش بنه های دختری و تعداد بوته در واحد سطح قابل توجیه است.

مقایسه میانگین اثر اصلی نشان داد کاهش سطوح آب آبیاری از تأمین ۱۰۰ به ۵۰ درصد نیاز آبی باعث کاهش تعداد برگ و میانگین طول تک برگ گردید (جدول ۵). بر این اساس اثر تنش رطوبت و کاهش تأمین نیاز آبی بر کاهش تعداد برگ بیشتر از میانگین طول برگ می‌باشد، چنانکه کاهش تأمین نیاز آبی از ۱۰۰ به ۵۰ درصد به ترتیب سبب کاهش ۵۰ و ۲۷ درصدی تعداد برگ در بوته و کاهش ۱۹ و ۱۷ درصدی میانگین طول تک برگ در سال اول و دوم شد (جدول ۵). بر این اساس میانگین طول تک برگ در تیمار تأمین ۷۵ و ۵۰ درصد تفاوتی با یکدیگر نداشت؛ هر چند که با کاهش مقدار آب آبیاری روند کاهشی در میانگین طول تک برگ قابل مشاهده بود (جدول ۵). برگ‌ها منبع مواد فتوسنتزی مورد نیاز بنه‌های زعفران بوده و کاهش میزان برگ‌ها موجب کاهش فتوسنتز، تولید و انتقال مواد غذایی به بنه‌ها شده و در نهایت عملکرد کلاله زعفران کاهش می‌یابد (Khazaei et al., 2013). این نتایج نشان می‌دهد اگر چه نیاز آبی زعفران پایین است ولی اعمال تنش رطوبتی اثر زیادی بر تعداد و رشد برگ‌ها دارد. بر این اساس اگرچه زعفران بعنوان گیاهی متحمل به خشکی شناخته شده (Dourandish et al., 2020)، ولیکن نباید در معرض تنش خشکی قرار گیرد. سایر محققین نیز گزارش نمودند که کمبود رطوبت خاک بشدت بر رشد اجزاء گیاه اثر گذاشته و از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد زعفران می‌باشد (Ramezani et al., 2019).

بررسی اثر متقابل روش و سطوح آبیاری بر تعداد برگ در بوته در سال اول نشان داد واکنش تعداد برگ زعفران به افزایش تأمین نیاز آبی در روش آبیاری قطره‌ای بیشتر از سایر روش‌های آبیاری بود، هرچند که این تفاوت عمدتاً از اختلاف بین تیمار ۷۵ و ۱۰۰ درصد ناشی شده است (جدول ۶). کریمی و همکاران

(Karimi et al., 2018) نیز گزارش کردند که بیشترین تعداد برگ با وزن بالا و طول بیشتر در روش آبیاری قطره‌ای و ۱۰۰ درصد نیاز آبی زعفران تولید شد.

مجموع طول برگ در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر روش‌های مختلف آبیاری فقط در سال اول و اثر سطوح مختلف آب آبیاری در هر دو سال بر مجموع طول برگ در بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بوده و اثر متقابل در هر دوسال معنی‌دار نشد (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان‌داد که بیشترین مجموع طول برگ در بوته تحت آبیاری کرتی و کمترین آن در سال اول در آبیاری بارانی (پی‌فلکس) و در سال دوم در آبیاری قطره‌ای مشاهده شد، هرچند که در سال دوم اثر روش‌های مختلف آبیاری بر مجموع طول برگ در بوته اساساً معنی‌دار نبود (جدول ۵). مجموع طول برگ در بوته تابعی از برایند اثر تعداد برگ و میانگین طول تک برگ در بوته است. محاسبه مجموع طول برگ در بوته در پایان فصل رشد برگ‌ها در سال اول نشان داد با تغییر روش آبیاری از کرتی به قطره‌ای و بارانی (پی‌فلکس)، مجموع طول برگ در بوته به ترتیب ۱۶ و ۴۴ درصد در سال اول و ۱۷ و ۱۳ درصد درسال دوم کاهش یافت که البته در سال دوم بین هر سه روش آبیاری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵). چنین به نظر می‌رسد که برتری روش آبیاری کرتی (نسبت به روش های قطره‌ای (نوار تیپ) و بارانی (پی‌فلکس) از حیث مجموع طول برگ در بوته ناشی از تعداد برگ بالاتر زعفران و در واقع متاثر از تعداد بوته کمتر (جدول ۵) در روش آبیاری کرتی می باشد).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها همچنین نشان داد که با کاهش فراهمی آب، مجموع طول برگ در بوته کاهش یافت (جدول ۵). بر این اساس کاهش تأمین نیاز آبی گیاه از ۱۰۰ به ۷۵ و ۵۰ درصد موجب کاهش ۴۱ و ۵۹ درصدی در سال اول و ۲۴ و ۳۹ درصدی مجموع طول برگ در بوته در سال دوم گردید، که این کاهش عمدتاً ناشی از کاهش تعداد برگ در بوته بود (جدول ۵).

مجموع طول برگ در متر مربع

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر روش‌های مختلف آبیاری در سال اول در سطح یک درصد و در سال دوم در سطح پنج درصد و اثر سطوح مختلف آب آبیاری در هر دو سال مورد بررسی در سطح یک درصد بر مجموع طول برگ در متر مربع معنی‌دار بود، بر این اساس اثر متقابل فقط در سال اول در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد در هر دو سال مورد بررسی اختلاف معنی‌داری در مجموع طول برگ در متر مربع بین روش ابیاری بارانی (پی‌فلکس) و قطره‌ای (نوار تیپ) وجود نداشت و در سال اول روش آبیاری قطره‌ای (نوار تیپ) مجموع طول برگ در متر مربع بیشتری داشت (۸۵۲۳ سانتی‌متر)؛ در حالیکه در سال دوم بیشترین مقدار عددی تحت آبیاری بارانی حاصل شد (۴۴۹۰۶ سانتی‌متر)؛ در هر دو سال آزمایش کمترین مجموع طول برگ در متر مربع تحت آبیاری کرتی تولید شد (جدول ۵). مجموع طول برگ در متر مربع برایند اثر مجموع طول برگ در بوته و تعداد بوته در واحد سطح است (Sharifi et al., 2021). مجموع طول برگ در بوته در روش آبیاری بارانی (پی فلکس) تا حدی کمتر از سایر روش های آبیاری بوده ولیکن برتری فاحش تعداد بوته در آبیاری پی‌فلکس (نسبت به روش قطره‌ای (نوار تیپ) و کرتی) سبب برتری محسوس مجموع طول برگ تولیدی در متر مربع در روش آبیاری بارانی (پی‌فلکس) شده است (جدول ۵). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها همچنین نشان داد که با کاهش فراهمی آب، مجموع طول برگ در متر مربع کاهش یافت (جدول ۵). بر این اساس کاهش تأمین نیاز آبی گیاه از ۱۰۰ به ۷۵ و ۵۰ درصد موجب کاهش ۵۴ و ۷۹ درصدی در سال اول و ۴۸ و ۶۷ درصدی مجموع طول برگ در بوته در سال

دوم گردید، که این کاهش عمدتاً ناشی از کاهش تعداد بوته بود (جدول ۵). بررسی جدول اثرات متقابل در سال اول نشان داد در سطوح آب آبیاری ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی، آبیاری به روش بارانی (پی‌فلکس) دارای بیشترین مجموع طول برگ در متر مربع بود و در تیمار آبیاری با ۵۰ درصد نیاز آبی اختلاف معنی‌داری بین روش‌های مختلف آبیاری مشاهده نشد (جدول ۶)، که این یافته نیز موید مزیت نسبی بیشتر روش آبیاری بارانی (پی فلکس) در شرایط فراهمی رطوبت بوده و با تشدید تنش خشکی اختلافات معنی‌دار بین روش‌های آبیاری کمتر شد (جدول ۶).

وزن خشک کل برگ در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر روش‌ها و سطوح مختلف آب آبیاری در هر دو سال آزمایش بر وزن خشک کل برگ در سطح یک درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح یک درصد و در سال دوم در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بررسی نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی نشان داد که وزن خشک کل برگ در بوته با تغییر روش ابیاری از بارانی (پی‌فلکس) به کرتی به ترتیب در سال اول و دوم ۳۴ و ۳۲ درصد و با تغییر از بارانی (پی‌فلکس) به قطره‌ای (نوار تیپ) در سال اول یک درصد افزایش و در سال دوم دو درصد کاهش داشت (جدول ۵). در هر دو سال مورد بررسی با کاربرد آبیاری بارانی (پی‌فلکس) و قطره‌ای (نوار تیپ) تفاوت معنی‌داری در وزن خشک برگ در بوته مشاهده نشد (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌ها همچنین نشان داد با کاهش سطح آبیاری از ۱۰۰ به ۵۰ درصد نیاز آبی وزن خشک برگ در بوته در سال اول و دوم به ترتیب ۴۷ و ۳۷ درصد کاهش یافت (جدول ۵). در آزمایش جلیلی و همکاران (Jalili et al., 2019) نیز خصوصیات برگی در روش آبیاری قطره‌ای (نوار تیپ) نسبت به سایر تیمارهای آبیاری برتری داشته و به دنبال آن بیشترین مقدار وزن خشک کلاله نیز تحت همین تیمار حاصل شد. غلامی و همکاران (Gholami et al., 2019) نیز گزارش کردند کاهش آبیاری از ۷۵ به ۵۰ درصد نیاز آبی موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک برگ و سایر خصوصیات عملکردی شد. رسولی و همکاران (Arsalani et al., 2015) نشان دادند با افزایش شدت تنش رطوبتی ویژگی‌های کمی زعفران کاهش و شاخص‌های کیفی آن افزایش یافت. بررسی نتایج اثر متقابل روش‌ها و سطوح مختلف آبیاری نشان داد که در سطوح ۵۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی و در سال اول آزمایش، بیشترین وزن خشک کل برگ در بوته در آبیاری بارانی (پی‌فلکس) مشاهده شد، و حال آن که در تیمار آبیاری با ۱۰۰ درصد نیاز آبی، آبیاری قطره‌ای (نوار تیپ) دارای بیشترین وزن خشک برگ در بوته بود (جدول ۶). بر این اساس با کاهش مقدار رطوبت از ۱۰۰ به ۷۵ درصد نیاز آبی، روند کاهش وزن خشک برگ در بوته و در آبیاری قطره‌ای (نوار تیپ) بیشتر از روش‌های دیگر بود (جدول ۶). در سال دوم در سطوح تأمین ۵۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی، آبیاری بارانی (پی‌فلکس) بیشترین وزن خشک برگ در بوته را داشته و تحت تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی، آبیاری بارانی (پی‌فلکس) و قطره‌ای (نوار تیپ) فاقد اختلاف معنی‌داری آماری (با اندکی برتری به نفع آبیاری قطره‌ای (نوار تیپ)) بودند (جدول ۶).

وزن خشک کل برگ در متر مربع

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر روش‌ها و سطوح مختلف آب آبیاری بر وزن خشک کل برگ در متر مربع در در هر دو سال در سطح یک درصد معنی‌دار بود؛ در حالیکه اثر متقابل آن معنی‌دار نبود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در هر دو سال بیشترین وزن خشک کل برگ در متر مربع در آبیاری بارانی (پی‌فلکس) حاصل شد، هرچند که اختلاف آن با آبیاری قطره‌ای (نوار تیپ) علیرغم برتری محسوس معنی‌دار نبود (جدول ۵). بر این اساس وزن خشک برگ در واحد سطح در

آبیاری بارانی (پی‌فلکس) به ترتیب ۱۳و ۵۸ درصد در سال اول و ۱۶ و ۵۷ درصد در سال دوم بیشتر از آبیاری قطره‌ای (نوار تیپ) و کرتی بود (جدول ۵). وزن خشک برگ در متر مربع برایند اثر وزن خشک برگ در بوته و تعداد بوته در واحد سطح است. چنین به نظر می رسد که برتری وزن خشک کل برگ در واحد سطح در روش آبیاری پی‌فلکس عمدتاً ناشی از تعداد بوته بالاتر در این روش باشد (جدول ۵). با افزایش سن مزرعه درصد تغییرات وزن خشک برگ در متر مربع در تیمار آبیاری بارانی (پی‌فلکس) بیشتر از قطره‌ای (نوار تیپ) بود که این امر در ارتباط با اثر بهتر این روش آبیاری بر بنه‌زایی و به تبع آن تعداد بوته بیشتر قابل توجیه است. بر همین اساس برتری روش‌های آبیاری بارانی (پی‌فلکس) و قطره‌ای بر آبیاری کرتی در سال دوم بیشتر مشهود بود (جدول ۵). بررسی تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری بر وزن خشک کل برگ در مترمربع نشان داد بیشترین مقدار این صفت تحت تیمار کاربرد ۱۰۰ درصد نیاز آبی حاصل شده و با کاهش تأمین رطوبت، وزن خشک برگ در متر مربع کاهش یافت (جدول ۵).

تعداد گل در مترمربع

نتایج تجزیه واریانس نشان داد در هر دو سال مورد بررسی اثر اصلی روش‌های آبیاری و سطوح مختلف آب آبیاری بر تعداد گل در متر مربع در سطح یک درصد و اثر متقابل آن فقط در سال اول در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در هر دو سال کمترین (به ترتیب ۱۱۹ و ۲۲۱ گل در متر مربع در سال اول و دوم) و بیشترین (به ترتیب ۲۱۵ و ۳۲۷ گل در متر مربع در سال اول و دوم) تعداد گل در متر مربع به ترتیب در روش های آبیاری کرتی و بارانی (پی‌فلکس) به دست آمده و آبیاری قطره‌ای (تیپ) حدواسط (به ترتیب ۱۵۸ و ۲۹۰ گل در متر مربع در سال اول و دوم) بود (جدول ۵). بر اساس این نتایج تغییر روش آبیاری از کرتی به بارانی (پی‌فلکس) در سال اول ۸۰ درصد و در سال دوم ۴۸ درصد افزایش تعداد گل در متر مربع را سبب شد، همچنین تغییر روش آبیاری از قطره‌ای به بارانی (پی‌فلکس) نیز در سال اول ۳۶ درصد و در سال دوم ۱۳ درصد افزایش تعداد گل در متر مربع را موجب شد (جدول ۵). نظر به آن که اثر تغییر روش آبیاری بر درصد تغییر تعداد گل کمتر از تعداد بوته است، چنین به نظر می‌رسد مزیت نسبی آبیاری بارانی (پی فلکس) عمدتا از طریق استقرار بهتر بنه های مادری در سال اول و به تبع آن افزایش تعداد گل محقق شده است چنین استنباط می‌گردد که آبیاری بارانی (پی فلکس) از طریق توزیع یکنواخت و نرم آب در سرتاسر زمین (Fallahi & Salarian, 2023; Koocheki et al., 2020; Behdani & Fallahi, 2015) موجب کاهش مقاومت خاک در برابر خروج گل و افزایش تعداد گل (به ویژه در سال اول) شده است (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین ها همچنین نشان داد که مطابق انتظار و در هر دو سال کمترین (به ترتیب ۱۳۸ و ۲۴۵ گل در متر مربع در سال اول و دوم) و بیشترین (به ترتیب ۱۸۸ و ۳۱۴ گل در متر مربع در سال اول و دوم) تعداد گل به ترتیب با تأمین ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی به دست آمده و تعداد گل در تیمار تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی حدواسط (به ترتیب ۱۶۷ و ۲۷۹ گل در متر مربع در سال اول و دوم) این دو بود (جدول ۵). بر اساس این نتایج کاهش مقدار آب آبیاری از ۱۰۰ به ۵۰ درصد نیاز آبی باعث کاهش تعداد گل در متر مربع به میزان ۲۶ درصد در سال اول و ۲۲ درصد در سال دوم شد (جدول ۵)، کاهش مقدار آب آبیاری از ۱۰۰ به ۷۵ درصد نیز سبب کاهش ۱۱ درصدی تعداد گل در متر مربع در هر دو سال مورد مطالعه شد (جدول ۵). به بیان بهتر کاهش اولیه رطوبت اثر بیشتری بر تعداد گل در واحد سطح دارد. چنین به نظر می رسد که زعفران با وجود سازگاری به اقلیم خشک و نیمه خشک (Sepaskhah & Kamgar-Haghigih, 2009)، واکنش خوبی به تأمین رطوبت داشته و تنش‌های شدید (۵۰

درصد نیاز آبی) به دلیل اثرات منفی بر رشد و عملکرد بنه‌ها باعث کاهش عملکرد گل می‌شود (Koocheki et al., 2014). نکته در خور توجه در این خصوص آن است که بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه استفاده از روش آبیاری نامناسب (کرتی) اثری بیشتر از کاهش میزان آب و تنش رطوبت بر تعداد گل در متر مربع (به ویژه در سال اول) داشت که این امر مبین اهمیت روش آبیاری در تعیین تعداد گل و به تبع آن عملکرد زعفران می‌باشد. بررسی نتایج حاصل از اثرات متقابل در سال اول نشان داد که بهبود فراهمی رطوبت منجر به تشدید مزیت نسبی آبیاری پی فلکس نسبت به قطره‌ای (نوار تیپ) و کرتی (به ویژه در سال اول) از منظر تأثیر برتعداد گل در متر مربع شد (جدول ۶)، به گونه ای که برتری روش پی فلکس نسبت به روش آبیاری کرتی (از حیث تعداد گل) با افزایش تأمین رطوبت از ۵۰ به ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی به ترتیب به میزان ۱۹، ۲۵ و ۳۳ درصد در سال اول تغییر نمود. به بیان بهتر چنین به نظر می رسد که در سال اول فراهمی رطوبت موجب بهبود عملکرد زعفران در روش آبیاری بارانی (پی‌فلکس) شده و تنش رطوبت موجب کاهش تفاوت روش

های مختلف آبیاری و مزیت نسبی اثر روش آبیاری بارانی (پی‌فلکس) نسبت به سایر روش های آبیاری بر تعداد گل زعفران گردید.

وزن خشک کلاله

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی روش و سطوح مختلف آب آبیاری بر وزن خشک کلاله در هر دو سال آزمایش در سطح یک درصد و اثر متقابل آن‌ها در سال اول در سطح پنج درصد و در سال دوم در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بررسی نتایج مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی نشان داد که بیشترین (به میزان ۱/۰۴ گرم بر متر مربع در سال اول و ۱/۷۶ گرم بر متر مربع در سال دوم) تحت تیمار آبیاری بارانی (پی‌فلکس) و کمترین (به میزان ۰/۵۱در سال اول و ۱/۰۷ در سال دوم) وزن خشک کلاله در روش آبیاری کرتی بدست آمد (جدول ۵) که البته درصد افزایش عملکرد کلاله خشک با تغییر از آبیاری قطره‌ای (نوار تیپ) به بارانی (پی‌فلکس) در سال دوم نسبت به سال اول کمتر بود (۴۱ درصد در مقابل ۵۲ درصد)، به عبارت بهتر مزیت نسبی آبیاری بارانی (پی‌فلکس) نسبت به سایر روش های آبیاری در سال اول (سال استقرار بوته) بوده و این مزیت در سال دوم کاهش می‌یابد (جدول ۵). بر اساس جدول مقایسه میانگین های اثرات اصلی در تیمارهای سطوح آب آبیاری، بیشترین مقدار وزن خشک کلاله در هر دو سال در تیمار تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کمترین آن در تیمار ۵۰ درصد مشاهده شد (جدول ۵). صفری و همکاران (Safari et al., 2018) نیز در بررسی تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری بر عملکرد کلاله به این نتیجه رسیدند که همزمان با کاهش مقدار آب آبیاری تعداد گل، وزن‌تر گل و به دنبال آن وزن خشک کلاله نیز کاهش می یابد. بر اساس نتایج این محققین تعداد گل بیش از هر صفتی می‌تواند بر عملکرد کلاله تأثیرگذار باشد و هر عاملی که بتواند تعداد گل را افزایش دهد، می‌تواند موجب افزایش عملکرد شود. نکته مهم در این خصوص آن است که بنظر می رسد اثر تغییر روش آبیاری از کرتی به بارانی (پی‌فلکس) بیشتر از بهبود تأمین نیاز آبی گیاه از ۵۰ به ۱۰۰ بر افزایش عملکرد کلاله زعفران مؤثر بوده (۱۰۳ درصد در برابر ۵۱ درصد در سال اول و ۶۴ درصد در برابر ۴۲ درصد در سال دوم) و این امر نشان از اهمیت نحوه و الگوی توزیع رطوبت (ناشی از تغییر روش آبیاری) بر تعیین عملکرد کلاله زعفران دارد.

نتایج اثر متقابل روش و مقدار آب آبیاری در جدول ۶ نشان داده شده است. همانطور که در این جدول مشاهده می شود افزایش فراهمی رطوبت از ۵۰ به ۱۰۰ درصد نیاز آبی سبب شد تا وزن خشک کلاله در روش آبیاری کرتی، قطره‌ای (نوار تیپ)

و بارانی (پی‌فلکس) به ترتیب ۳۱، ۳۷ و ۷۵ درصد در سال اول و ۲۹، ۴۳ و ۴۹ درصد در سال دوم بوده است. بر این اساس چنین بنظر می رسد که روش های نوین آبیاری (قطره‌ای (نوار تیپ) و بارانی (پی‌فلکس) در شرایط فراهمی رطوبت اثربخش تر بوده و این مزیت در خصوص استفاده از آبیاری بارانی (پی‌فلکس) و در سال اول (سال استقرار بوته) کاملاً محسوس است (جدول ۶).

بهره‌وری آب

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر روش و سطوح مختلف آب آبیاری در هر دو سال آزمایش در سطح یک درصد و اثر متقابل آن ها بر بهره‌وری آب آبیاری در سال اول در سطح پنج درصد و در سال دوم در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بررسی نتایج مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی نشان داد که بیشترین بهره‌وری آب آبیاری تحت تیمار آبیاری بارانی (پی‌فلکس) (به ترتیب ۵/۶۳ و ۸/۱۷ گرم بر متر مکعب در سال اول و دوم) و کمترین آن در روش آبیاری کرتی (به ترتیب ۲/۵۳ و ۴/۳۵ گرم بر متر مکعب در سال اول و دوم) بدست آمد (جدول ۵). نکته قابل ذکر آن که اثر تغییر سیستم آبیاری از سنتی (کرتی) به نوین (قطره‌ای (نوار تیپ) و بارانی (پی‌فلکس)) در سال دوم کمتر از سال اول بود؛ چنین بنظر می‌رسد که این امر ناشی از اثر سیستم‌های نوین آبیاری بر استقرار بهتر بنه‌های مادری زعفران در سال‌های آزمایش باشد. ولی در سال اول اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۵). بررسی نتایج مقایسه میانگین های اثر اصلی نشان داد که در هر دو سال و مطابق انتظار، با افزایش مصرف میزان بهره وری آب کاهش یافت، به گونه‌ای که بیشترین بهره‌وری آب در تیمار تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی و کمترین آن با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی حاصل آمد (جدول ۵). به بیان بهتر اثر نقصان فراهمی رطوبت بر افت عملکرد کلاله کمتر از کاهش میزان مصرف آب بوده و لذا بهره‌وری آب آبیاری افزایش یافته است که این امر تأییدی بر سازگاری به کمبود آب زعفران می‌باشد. بررسی جدول اثرات متقابل مبین آن است که در هر دو سال مورد مطالعه تحت روش‌های آبیاری کرتی و قطره‌ای (نوار تیپ)، افزایش میزان آب آبیاری موجب کاهش مصرف آب گردیده و تفاوت معنی‌داری بین بهره‌وری آب در تیمارهای تأمین ۵۰ و ۷۵ درصد آب آبیاری در روش های کرتی و قطره‌ای (نوار تیپ) مشاهده نشد؛ این در حالی است که در روش آبیاری بارانی (پی‌فلکس) بیشترین بهره‌وری آب با تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی به دست آمده و پس از آن میزان بهره‌وری آب به نحو معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۶). چنین بنظر می‌رسد که تفاوت رفتار سیستم‌های مختلف آبیاری در مقادیر متفاوت رطوبت در ارتباط با الگوی توزیع آب قابل توجیه باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که در هر دو سال آزمایش و سطوح فراهمی رطوبت، میزان آب مصرفی در روش آبیاری قطره‌ای (نوار تیپ) کمترین و در روش آبیاری کرتی بیشترین مقدار بود (جدول ۲) که این امر در ارتباط با الگوی توزیع رطوبت در این روش‌های آبیاری قابل توجیه است. روش آبیاری اثر انکار ناپذیری بر خصوصیات رویشی (شامل تعداد بوته سبز شده، مجموع طول برگ در متر مربع، وزن خشک کل برگ)، تعداد گل، عملکرد کلاله و بهره‌وری آب زعفران نیز داشته و روش آبیاری بارانی (پی‌فلکس) بهترین روش برای حصول حداکثر عملکرد کلاله (۱/۰۴ و ۱/۷۶ گرم در متر مربع به ترتیب در سال اول و دوم) تعیین گردید. نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که مطابق انتظار بیشترین میزان بهره‌وری آب متعلق به روش آبیاری بارانی (پی‌فلکس) (۵/۶۳ و ۸/۷۱۷ گرم در متر مکعب به ترتیب در سال اول و دوم) و کمترین آن در روش آبیاری کرتی (۲/۵۳ و ۴/۳۵ گرم در متر مکعب به ترتیب در سال اول و دوم) بود. بررسی نتایج مبین آن است که برتری عملکرد کلاله در روش بارانی (پی‌فلکس) سهم بیشتری (نسبت به کاهش مصرف

آب) در افزایش بهره‌وری آب داشته است. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه چنین بنظر می‌رسد که بخش زیادی از افزایش عملکرد کلاله در روش آبیاری بارانی (پی‌فلکس) مربوط به استقرار بهتر بنه‌های مادری زعفران و افزایش تعداد بوته در این روش آبیاری باشد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که تعداد بوته در واحد سطح در روش آبیاری بارانی (پی‌فلکس) برتری محسوسی نسبت به روش آبیاری کرتی (۶۶ عدد در آبیاری بارانی (پی‌فلکس) در قیاس با ۲۶ عدد در آبیاری کرتی و ۱۳۸ عدد در آبیاری بارانی (پی‌فلکس) در قیاس با ۸۵ عدد در آبیاری کرتی به ترتیب در سال اول و دوم) داشت که پیامد این استقرار مطلوب و افزایش تعداد بوته به شکل افزایش تعداد گل (۲۱۵ عدد در آبیاری بارانی (پی‌فلکس) در قیاس با ۱۱۹ عدد در آبیاری کرتی و ۳۲۷ عدد در آبیاری بارانی (پی‌فلکس) در قیاس با ۲۲۱ عدد در آبیاری کرتی به ترتیب در سال اول و دوم) و برتری مجموع طول برگ در متر مربع (۶۳۳۱ سانتی‌متر در آبیاری بارانی (پی‌فلکس) در قیاس با ۴۵۳۴ سانتی‌متر در آبیاری کرتی و ۴۴۹۰۶ سانتی‌متر در آبیاری بارانی (پی‌فلکس) در قیاس با ۳۱۵۳۷ گرم در آبیاری کرتی به ترتیب در سال اول و دوم) نمود یافته و برتری این روش آبیاری در سال دوم را نیز تداوم بخشید.

بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه کاهش میزان فراهمی آب نیز مطابق انتظار موجب کاهش خصوصیات رویشی زعفران شامل تعداد بوته سبز شده (۶۱، ۴۹ و ۳۸ عدد در سال اول و ۱۵۳، ۱۰۶ و ۸۳ عدد در سال دوم به ترتیب در تأمین ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی) ، مجموع طول برگ در متر مربع (۱۱۶۱۸، ۵۲۹۱ و ۲۴۷۹ سانتی‌متر در سال اول و ۵۹۹۸۰، ۳۱۴۵۳ و ۱۹۸۵۱ سانتی‌متر در سال دوم به ترتیب در تأمین ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی)، وزن خشک کل برگ در متر مربع (۱۶۷، ۸۴/۱ و ۴۸/۴ گرم در سال اول و ۲۰۹، ۱۱۲ و ۷۰/۳ گرم در سال دوم به ترتیب در تأمین ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی) و همچنین عملکرد کلاله در متر مربع (۰/۹۱، ۰/۷۹ و ۰/۶ گرم در سال اول و ۱/۷۲، ۱/۴۶ و ۱/۲۱ در سال دوم به ترتیب در تأمین ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی) زعفران شد. این در حالی است که کاهش فراهمی آب سبب افزایش بهره وری آب گردید (۳/۶۳، ۴/۱۸ و ۴/۷۸ گرم در متر مکعب در سال اول و ۵/۵۹، ۶/۶۷ و ۷/۶۴ گرم در متر مکعب در سال دوم به ترتیب در تأمین ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی) که این امر بیانگر سازگاری بسیار خوب زعفران با تنش فراهمی رطوبت است، به گونه‌ای که کاهش فراهمی ۵۰ درصدی نیاز آبی نیز در محدوده سازگاری زعفران قرار داشته و در این تنش شدید نیز میزان افت عملکرد کلاله کمتر از کاهش میزان آب آبیاری بوده و بهره‌وری آب افزایش یافت. نکته مهم در این خصوص آن است که بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، استفاده از روش آبیاری بهینه از اهمیت بسیار زیادی در حصول حداکثر عملکرد کلاله برخوردار بوده، به گونه‌ای که تغییر روش آبیاری از کرتی به بارانی (پی‌فلکس) موجب افزایش عملکرد کلاله به ترتیب به میزان ۱۰۳ و ۶۵ درصد در سال اول و دوم شد. این در حالی است که افزایش تأمین نیاز آبی از ۵۰ به ۱۰۰ درصد سبب افزایش عملکرد کلاله زعفران به میزان ۵۱ و ۴۲ درصد به ترتیب در سال اول و دوم گردید. به بیان بهتر ۵۰ درصد کاهش مصرف آب را می‌توان با استفاده از روش آبیاری نوین (پی‌فلکس) جبران و در عین حال به عملکرد بالاتری نیز دست یافت. افزون بر این مزایای روش‌های نوین آبیاری در اصلاح شیوه کود دهی و کود آبیاری را نیز باید به آن افزود که این خود موجب افزایش بیشتر عملکرد و بهره‌وری آب می‌شود. نظر به آن که افزایش عملکرد کلاله زعفران در روش آبیاری پی‌فلکس عمدتاً ناشی از افزایش تعداد بوته و استقرار بهتر بنه‌های مادری زعفران است، لذا به منظور بهره‌مندی حداکثری از مزایای آبیاری‌های نوین، توصیه بر این است که استفاده از شیوه‌های نوین آبیاری از همان سال کاشت و استقرار بوته در دستور کار قرار گیرد. نظر به معنی‌دار شدن اثر متقابل روش آبیاری و مقدار آب آبیاری، چنین بنظر

می‌رسد که در شرایط محدودیت آب آبیاری و وجود تنش رطوبتی، استقرار بوته در روش آبیاری قطره‌ای (نوار تیپ) بهتر صورت گرفته ولیکن این مزیت منتهی به برتری عملکر کلاله و یا بهره‌وری آب بیشتر نگردید. به بیان بهتر چنین استنباط می‌شود که مزیت شیوه آبیاری بارانی (پی‌فلکس) در زعفران تنها به استقرار مطلوب‌تر بنه مادری (نسبت به سایر روش‌های آبیاری) خلاصه نشده و اثرات مثبت دیگری نیز بر رشد و عملکرد کلاله زعفران داشته و در مجموع روش قابل توصیه برای آبیاری زعفران می‌باشد، شیوه‌ای که می تواند جایگزین بسیار خوبی برای کاهش فراهمی آب در جنوب استان و تداوم حضور زعفران در این منطقه باشد.

منابع

Abbasi, F., Sohrab, F., & Abbasi, N. (2016). Evaluation of irrigation efficiencies in Iran. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering Research*, 17 (67), pp. 113-128. (In Persian with English Abstract).

Abbasian, J. (2012). A study on optimum agroecological, physiological conditions to obtain maximum yield and flowering duration of saffron (*Crocus sativus* L.). National Conference on the Newest Scientific and Research Findings on Saffron. Torbat-e-Heydarieh, Iran, 30 October 2013, pp. 36-49. (In Persian with English Abstract).

Ahmadee, M., Khashei-Siuki, A., & Sayyari, M. H. (2017). Comparison of efficiency of different equations to estimate the water requirement in Saffron (*Crocus sativus* L.) (Case study: Birjand Plain, Iran). *Journal of Agroecology*, 8 (4), 505-520. (In Persian with English Abstract). http://doi.org/ 10.22067/JAG.V8I4.40517.

Arsalani, F., Rasouli, J., & Asgharzadeh, A. 2015. The effects of meteorological factors (rainfall, temperature, relative humidity, freezing days and sunny hours) on yield of Saffron (*Crocus sativus* L.) in Kashmar and Ghaenat Towns. *Saffron Agronomy & Technology*, 3 (1), 66-75.

Asghari, R., Dadashi, M., Razavi, A., Feizi, H., & Bakhtiari, S. (2019). Effect of cow manure on yield and morphological and physiological characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) under salinity stress. *Saffron Agronomy & Technology*, 7 (2), 171-184. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22048/jsat.2018.98710.1257.

Allen, R. G, Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirement. FAO Irrigation Drainage Paper No. 56. FAO, Rome, Italy, 300 pp.

Azizi-Zohan, A. A., Kamgar-Haghighi, A. A., & Sepaskhah, A. R. (2006). Effect of irrigation method and frequency on corm and saffron production (*Crocus sativus* L.). *Journal of Science & Technology of Agriculture and Natural Resources*, 10 (1), 45-54. (In Persian with English Abstract). http://dorl.net/dor/20.1001.1.24763594.1385.10 .1.4.9.

Behdani, M. A., & Fallahi, H. R. (2015). Saffron: Technical Knowledge based on Research Approaches. University of Birjand Press, Birjand, Iran. (In Persian).

Dourandish, A., Ramezani, M., & Aminizadeh, M. (2020). Study of farmers' attitude towards sustainable agriculture and its impact on the total factor productivity (Case study: saffron farms in Gonabad county). *Saffron Agronomy & Technology*, 8 (1), 99-177. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22048/jsat.2019.169646.1335 .

Esmaeilian, Y., & Amiri, M. B. (2019). Investigation the effect of manure and planting pattern on some flower and corm quantitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.) in Gonabad climatic conditions. *Saffron Agronomy & Technology*, 6 (4), 429-444. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22048/jsat.2018.101708.1265 .

Fallahi, H. R., & Salariyan, A. (2023). Evaluation of saffron irrigation and nutritional management among different farmers groups compared to experts recommendations. *Saffron Agronomy & Technology*, 10 (4), 371- 390. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22048/jsat.2018.101708.1265 .

Gholami, M., Kafi, M., Khazaei, H. R., & Abarghouei, H. (2019). Study the effects of some fertilizer and irrigation managements in adaptation and development of saffron cultivation in arid regions. *Saffron Agronomy & Technology*, 7 (2), 207-225. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22048/jsat.2018.106340.1272 .

Goliaris, A. H. 1999. Saffron Cultivation in Greece. In M. Negbi (eds). Saffron. Harwood Academic Publications, Netherland. p. 73-83.IMA (Iran Ministry of Agriculture). (2022). Agricultural statistics: Horticultural and greenhouse products in 2021. 323p. (In Persian).

Jalili, E. O., Gangabadi, F., Habibi, D., & Eivazi, A. (2019). The Study of the interaction of nitroxin biological fertilizer and irrigation management on quantitative and qualitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy & Techno*logy, 7 (3), 319-330. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22048/jsat.2018.130432.1298 .

Karimi, M., Khazaei, H. R., Kafi, M., & Nezami, A. (2018). Comparison of the effect of irrigation levels and methods on leaf area and replacement corm production of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy & Technology*, 6 (3), 279-290. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22048/jsat.2018.46986.1137.

Keykhamoghadam, P., Kamgar Haghighi, A. A., Sepaskhah, A. R., & Zand Parsa, S. (2013). Determination of single and dual crop coefficients and potential evapotranspiration of developed Saffron. *Journal of Agricultural Meteorology*, 1 (1), 1-13. (In Persian with English Abstract).

Khazaei, M., Monfared, M., Kamgar Haghighi, A. A., & Sepaskhah, A. R. (2013). The trend of change for weight and number of saffron corms as affected by irrigation frequency and method in different years. *Journal of Saffron Research*, 1 (1), 48-56. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22077/jsr.2013.433.

Khorramdel, S., Moallem Banhangi, F., & Shabahang, J. (2021). Optimization of spraying cow manure and leaf with Dalfard rates on flower and corm yield of saffron (*Crocus sativus* L.) using a central composite design. *Saffron Agronomy & Technology*, 9 (1), 3-27. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22048/jsat.2020.223741.1385 .

Khozeymehnezhad, H., Farhangfar, H., Behdani, M. A., & Hassanpour, M. (2016). Assessment of saffron farmers knowledge on the issues associated with irrigation (Case Study: Southern Khorasan). *Saffron Agronomy & Technology*, 4 (1), 41-50. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22048/jsat.2020.223741.1385 .

Koocheki, A., Seyyedi, S. M., & Jamshid-Eyni, M. (2014). Effect of irrigation levels and high corm density on growth and phosphorus uptake of daughter corms of saffron (*Crocus sativus* L.).

Iranian Journal of Crop Sciences, 16 (3), 222-235. (In Persian). http://dorl.net/dor/20.1001.1.15625540.1393.16.3.5.4.

Koocheki, A., Fallahi, H. R., & Jami-Al-Ahmadi, M. (2020). Saffron water requirements. In A. Koocheki and M. Khajeh-Hoseini (eds). Saffron: Science, Technology, and Health. Woodhead Publishing. Saxstone. pp. 67-92.

Moallem Banhangi, F., Rezvani-Moghaddam, P., Asadi, G. H., & Khorramdel, S. (2019). Effects of different amounts of corms and planting depths of corms on flower and corm yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy & Technology*, 7 (1), 55-67. (In Persian with English Abstract). http://dx.doi.org/10.22048/jsat.2017.85800.1232.

Mollafilabi, A., Davari, K., & Dehghani, M. (2021). Saffron yield and quality as influenced by different irrigation methods. *Scientia Agricola*, 78 (1), 1-7. https://doi.org/10.1590/1678-992X-2019-0084.

Noori, A. M., BaneJad, H., & Karimiferezgh. H. (2022). The effect of irrigation different methods under the deficit-irrigation conditions on characteristics of replacement corm and photosynthesis level of saffron (*Crocus sativus* L.). *Water Management in Agriculture*, 8 (2), 15-26. (In Persian with English Abstract). https://dorl.net/dor/20.1001.1.24764531.1400.8.2.2.8.

Ramezani, M. R. (2021). Analysis of the role of socio-economic factors in the ecological sustainability of saffron cultivation; a case study of Gonabad county. *Journal of Saffron Research*, 8 (2), 317-332. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22077/jsr.2020.3315.1131.

Ramezani, M., Saleh, I., & Rostamzadeh, Z. (2019). Introduction of the sustainable and unsustainable management practices in saffron cultivation (Case study: Gonabad township). *Saffron Research*, 7 (1), 99-108. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22077/jsr.2019.2154.1085.

Raes, D. (2012). Reference Manual-ETO Calculator, version 3.2. Food and Agriculture Organization of the United Nations Land and Water Division. Rome, Italy.

Rezvani-Moghaddam, P., Khorramdel, S., & Moallem-Benhangi, F. (2022). Optimization of manure and irrigation levels on flower and corm yields of saffron by using a central composite design. *Journal of Saffron Research*, 10 (1), 45-63. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22077/jsr.2021.4086.1152.

Safari, M., Khajoui, G. R., Maghsoudi Moud, A. A., & Mohammadi nejhad, G. (2018). Effect of different rates and application methods of super-absorbent polymer in saffron cultivation under different irrigation levels. *Journal of Saffron Research*, 5 (2), 231-246. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22077/jsr.2017.799.1031.

Sepaskhah, A. R., & Kamgar-Haghighi, A. A. (2009). Saffron irrigation regime. *International Journal of Plant Production*, 3 (1), 1-16. (In Persian with English Abstract).

Sharifi, H., Nabipour, Z., & Tavakkoli-Kakhki, H. R. (2021). Evaluation the effect of compensatory behavior of planting density, mother corm weight and planting depth on vegetative characteristics and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy & Technology*, 9 (3), 227-248. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22048/jsat.2021.272865.1420.

SCS, 1972. U.S. Soil Conservation Service, National Engineering Handbook, Hydrology Section.

Shirmohammadi, Z. (2002). Investigating the effects of irrigation method and water deficit on leaf area index, canopy temperature and yield of

saffron. M.Sc Thesis, Faculty of Agriculture, University of Shiraz, Iran. (In Persian with English Abstract).

Tavakkoli-Kakhki, H. R., Sharifi, H. R., & Nabipour, Z. (2020). Assessment of the effects of plant density, vegetation covering, and shading on regulation of soil temperature and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy & Technology*, 8 (4), 527-542. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22048/jsat.2020.232941.1397.