



Assessment of the Flowering Capacity of Saffron (*Crocus sativus* L.) Corm under Field and Controlled Environmental Conditions in Sari Plain Region

Faezeh Zaefarian^{1*}, Abbas Jalali², Hamed Kaveh³ and Fatemh Delavarnia⁴

Article type:

Research Article

Article history:

Submitted: 27 June 2023

Revised: 27 August 2023

Accepted: 7 October 2023

Available Online: 17 October 2023

How to cite this article:

Zaefarian, F., Jalali, A., Kaveh, H., and Delavarnia, F. (2023). Assessment of the Flowering Capacity of Saffron (*Crocus sativus* L.) Corm under Field and Controlled Environmental Conditions in Sari Plain Region. *Saffron Agronomy & Technology*, 11(3), 227-241.

DOI: 10.22048/jsat.2023.405842.1494

Abstract

The present research was conducted in order to achieve the best method of planting and obtaining the maximum yield of flowers and stigmas of saffron (*Crocus sativus* L.) in two stages in Sari Plain. The first stage was carried out in the research farm of Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University during 2021-2022 as split plots on randomized complete blocks design with three replications, in which the experimental treatments included drainage depth (15, 30, and 45 cm) in the main plots and three drainage distances (50, 100 and 150 cm) in the subplots. In the second stage, the produced corms were stored for three months in the incubation environment, and then, the corms were transferred to two different environments of aeroponic and field to evaluate saffron's flower and stigma performance. The measured traits included the number of produced flowers, average flower weight, dry stigma weight in both field and aeroponic, and the amount of safranal, picrocrocin, and crocin and in aeroponic conditions. The evaluation of reproductive traits of saffron under aeroponic showed that with increasing the depth of the drain and decreasing the distance of the drain, traits such as the number of flowers, flower weight, and stigma dry weight increased; when the maximum value of these traits, equivalent to 4744 flowers.m⁻², 1423 g.m⁻², and 10.7 g.m⁻² were observed at 30 cm drainage depth and 100 cm drainage distance, which did not have a significant difference with 45 cm drainage depth treatment and 100 cm drainage distance. In addition, the results showed that the amount of picrocrocin decreased with increasing the depth of the drain and the distance of the drain. In addition, no significant difference was observed between different treatments for crocin content. Comparing the reproductive traits of plants under two cultivation conditions, namely air, and field, revealed a

1 - Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

2 - PhD of Crop Ecology, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

3 - Assist. Prof., Department of Plant Production and Researcher at Saffron Institute, University of Torbat Heydarieh, Torbat Heydarieh, Iran.

4 - MSc. Dept. of Agronomy, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran



Corresponding author: fa.zaefarian@sanru.ac.ir

reduction of 21%, 20%, and 12% in the number of flowers, fresh flower weight, and dry weight of stigma, respectively, within the field conditions. In summary, the findings suggest that, for optimal saffron production in coastal areas, the propagation of corms in the field at depths of 30 cm and 100 cm with proper drainage, followed by flowering of the propagated corms through aeroponic cultivation, could be a viable and economically sound approach for one-year saffron cultivation in the Sari plain region.

Keywords: Aeroponic, Drainage, Reproductive traits, Secondary metabolite.

مقاله پژوهشی

ارزیابی قابلیت گل آوری بنه‌های زعفران (*Crocus sativus* L.) تحت تأثیر عمق و فاصله زهکش و

نگهداری بنه‌ها در دو شرایط مزرعه و هواکشت در منطقه ساری

فائزه زعفریان^{۱*}، عباس جلالی^۲، حامد کاوه^۳ و فاطمه دلاورنیا^۴

تاریخ دریافت: ۱۶ تیر ۱۴۰۲

تاریخ بازنگری: ۵ شهریور ۱۴۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۵ مهر ۱۴۰۲

زهعفریان، ف.، جلالی، ع.، کاوه، ح.، و دلاورنیا، ف. (۱۴۰۲). ارزیابی قابلیت گل آوری بنه‌های زعفران (*Crocus sativus* L.) تحت تأثیر عمق و فاصله زهکش و نگهداری بنه‌ها در دو شرایط مزرعه و هواکشت در منطقه ساری. زراعت و فناوری زعفران، ۱۱(۳)، ۲۲۷-۲۴۱.

چکیده

پژوهش حاضر به منظور دستیابی به بهترین شیوه کاشت و حصول حداکثر عملکرد گل و کلاله زعفران (*Crocus sativus* L.) در دشت ساری طی دو مرحله انجام شد. مرحله اول در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۴۰۱ به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل عمق زهکش (جوی) ۱۵، ۳۰ و ۴۵ سانتی‌متر در کرت‌های اصلی و سه فاصله زهکش (عرض پشته) ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ سانتی‌متر در کرت‌های فرعی بود. در مرحله دوم نگهداری بنه‌های تولید شده به مدت ۳ ماه در محیط انکوباسیون و سپس انتقال بنه‌ها به دو محیط متفاوت هواکشت و مزرعه جهت ارزیابی عملکرد گل و کلاله زعفران صورت گرفت. صفات اندازه‌گیری شده شامل تعداد گل تولید شده، متوسط وزن گل و وزن کلاله خشک در شرایط مزرعه و هواکشت و همچنین میزان سافرانال، پیکروکروسین و کروسین در شرایط هواکشت بود. ارزیابی صفات زایشی زعفران در شرایط هواکشت نشان داد که با افزایش عمق زهکش و کاهش فاصله زهکش صفاتی مانند تعداد گل، وزن گل و وزن خشک کلاله افزایش یافت؛ به طوری که تیمار عمق زهکش ۳۰ سانتی‌متر با فاصله زهکش ۱۰۰ سانتی‌متر بالاترین مقادیر و افزایشی معادل ۴۱، ۴۰ و ۴۵ درصد نسبت به میانگین مقادیر در کمترین عمق زهکش را نشان داد. البته اختلاف معنی‌داری با تیمار عمق زهکش ۴۵ سانتی‌متر و فاصله زهکش ۱۰۰ سانتی‌متر وجود نداشت. علاوه بر این، نتایج نشان داد که با افزایش عمق زهکش و همچنین افزایش فاصله زهکش میزان پیکروکروسین کاهش یافت و همچنین اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف برای میزان کروسین مشاهده نشد. مقایسه صفات زایشی گیاه در دو شرایط هواکشت و مزرعه نشان داد که تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله در شرایط مزرعه نسبت به هواکشت به ترتیب معادل ۲۱، ۲۰ و ۱۲ درصد کاهش یافت. به طور کلی، نتایج حاکی از آن بود که جهت دستیابی به بالاترین تولید زعفران در اراضی ساحلی، تکثیر بنه در مزرعه و در بسترهایی با عمق و فاصله زهکش به ترتیب ۳۰ و ۱۰۰ سانتی‌متری و سپس گل‌گیری بنه‌های تولیدی در شرایط هواکشت می‌تواند شیوه اقتصادی مناسبی برای کشت یکساله زعفران در منطقه دشت ساری باشد.

کلمات کلیدی: زهکشی، صفات زایشی، متابولیت ثانویه، هواکشت.

۱- دانشیار، گروه زراعت، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- دانش آموخته دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳- استادیار گروه تولیدات گیاهی و پژوهشگر پژوهشکده زعفران، دانشگاه تربت حیدریه
۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*- نویسنده مسئول: fa.zaefarian@sanru.ac.ir)

مقدمه

زعفران یکی از اقتصادی‌ترین و ارزشمندترین محصولات کشاورزی در ایران و گران‌بهارترین ادویه جهان می‌باشد. به‌طور کلی فنولوژی زعفران براساس رشد اندام‌های زیرزمینی در سال اول دارای شش مرحله می‌باشد که به‌ترتیب شامل مرحله رکود (اواخر اردیبهشت تا اواخر مهر)، دوره گلدهی (اواخر مهر تا اواخر آبان)، تشکیل و آغاز رشد بنه‌های دختری (اواخر آبان تا اواخر آذر)، مرحله میانی رشد بنه‌های دختری (اواخر آذر تا اواخر دی)، مرحله نهایی رشد بنه‌های دختری (اواخر دی تا اواخر فروردین) و در پایان تحلیل رشد ریشه و آغاز دوره رکود (اواخر فروردین تا اواخر اردیبهشت) می‌باشد. در سال‌های بعد نیز مراحل فنولوژی رشد مشابه سال اول می‌باشد؛ با این وجود هر بنه دختری تشکیل شده در انتهای دوره رشد در سال اول، در سال دوم یک بنه مادری تلقی شده و به این ترتیب چرخه زندگی گیاه تا حدود ۱۰ سال ادامه می‌یابد (Koocheki & Seyyedi, 2020). نکته قابل توجه در چرخه زندگی زعفران این است که بیشتر فصل فعالیت و رشد زعفران در فصولی از سال اتفاق می‌افتد که بیشترین بارش را در طول سال دارا هستند. لذا، کشت این گیاه در مناطق پر بارش کشور مثل مناطق شمالی کشور نه تنها این گیاه را با مشکل تنش کمبود آب مواجه نخواهد کرد؛ بلکه احتمالاً تنش غرقابی و حتی زیادی بارش در ابتدای فصل پاییز یعنی زمان شروع گلدهی زعفران، می‌تواند مشکلاتی به‌خصوص در زمان برداشت برای گیاه به وجود آورد و عملکرد نهایی را به‌احاط کمی و کیفی کاهش دهد (Jalali et al., 2022b). تحقیقات نشان می‌دهد که تنش غرقابی در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و بیوشیمیایی از جمله ظرفیت فتوسنتز گیاه، میزان رشد ریشه و شاخساره، میزان تولید زیست توده گیاهی، روابط آب، متابولیسم کربوهیدرات، ساختار سلولی،

تغذیه، تعادل بین هورمون‌ها و بیان ژن تأثیر می‌گذارد (Rezvani Moghaddam et al., 2012).

یکی از نکات مدیریتی برای افزایش میزان گلدهی زعفران در مناطق زعفران‌خیز کشور مانند خراسان رضوی و جنوبی، مدیریت زمان اولین آبیاری (گل‌آب) برای افزایش عملکرد گل و القاء پدیده هیسترونسی (گلدهی پیش از رشد رویشی) در زعفران است. در این مناطق با توجه به اینکه معمولاً در ابتدای فصل پاییز بارندگی اتفاق نمی‌افتد، با شروع روند کاهش دما در پاییز، اولین آبیاری زعفران با توجه به شرایط دمایی مناسب برای گلدهی انجام می‌شود. آبیاری پیش از موقع بنه زعفران یعنی در زمانی که هنوز درجه حرارت محیط بالاست، موجب تحریک جوانه‌های رویشی و در نتیجه پیشی گرفتن رشد رویشی بر زایشی و کاهش نسبی عملکرد گل در آن فصل می‌گردد (Behdani & Fallahi, 2015). براساس تحقیقات بهترین بازه دمایی برای القاء گلدهی زعفران دمای ۱۵ تا ۱۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (Molina et al., 2005). حال آنکه در مناطق شمال کشور با توجه به بارش فراوان در ابتدای فصل پاییز و حتی گاهی مواقع در انتهای شهریور ماه، یعنی آبیاری زعفران در زمانی که هنوز دمای هوا جهت القاء گلدهی مناسب نیست، موجب تحریک رشد رویشی شده و کاهش عملکرد گل را به دنبال دارد. لذا، یکی از راهکارها جهت کنترل بارندگی می‌تواند انتقال بنه‌های زعفران تولیدی در شرایط فضای باز به شرایط کنترل شده هواکشت باشد تا بتوان حداکثر عملکرد کمی و کیفی را از طریق کنترل شرایط دمایی و رطوبت به‌دست آورد (Jalali et al., 2022b).

محققان دیگری بیان کردند که تولید و کشت زعفران تحت شرایط کنترل شده در تونل‌های پلاستیکی و در بسترهای هیدروپونیک می‌تواند به‌دلیل کنترل دقیق محیط رشد و تغذیه گیاهان موفقیت‌آمیز باشد، و رسیدن به عملکرد بالاتر و کیفیت بهتر محصول امکان‌پذیر خواهد بود. سیستم‌های کشت در

میزان گلدهی بنه‌های دختری تولیدی دشت ساری تحت شرایط کنترل شده هواکشت و مقایسه میزان عملکرد زعفران در دو شرایط هواکشت و مزرعه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در طول ماه‌های شهریور تا مهر ماه سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۰ به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی ساری انجام شد. شهر ساری در استان مازندران، در عرض جغرافیایی 36° و $37'$ و طول جغرافیایی 53° و $11'$ و ارتفاع $11/5$ متر از سطح دریای آزاد واقع شده است. میانگین رطوبت نسبی سالانه 75 درصد است. نوع اقلیم (روش زراعی) برای شهر ساری نیمه مرطوب با تابستان گرم و زمستان کمی سرد می‌باشد (سازمان هواشناسی استان مازندران) و متوسط بارش سال زراعی (مهر ۱۳۸۰ تا مهر ۱۴۰۰) 625 میلی‌متر محاسبه شده است. میانگین دمای سالانه $17/6$ درجه سانتی‌گراد، میانگین بیشینه دما $22/4$ درجه سانتی‌گراد و میانگین کمینه دما $9/12$ درجه سانتی‌گراد است (سازمان هواشناسی استان مازندران). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه پس از نمونه‌گیری از عمق 0 تا 30 سانتی‌متری خاک در جدول ۱ بیان شده است.

شرایط کنترل شده می‌توانند جایگزینی مناسب برای کشت زراعی رایج زعفران باشند. در شرایط کشت کنترل شده، بسیاری از عوامل رشد از جمله تغذیه گیاه، نور، دما، آبیاری و بسیاری از عوامل دیگر رشد و مدیریت تولید، قابل کنترل می‌باشند (Mollafilabi, 2014).

نتایج بررسی‌های محققین نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری بین میزان سافرانال، کروسین و پیکروکروسین در دو شرایط مزرعه و هواکشت وجود ندارد. میزان این متابولیت‌های ثانویه در یک مکان بیشتر تحت تأثیر تغذیه زعفران در طی فصل رشد رویشی قرار می‌گیرد (Ebrahimi et al., 2021).

جهت کاهش خسارت ناشی از بارش فراوان در ابتدای فصل پاییز و زمان شروع گلدهی زعفران و همچنین جهت افزایش کمی و کیفی کلاله گل زعفران برداشت شده و از طرفی کاهش مدت استقرار بنه زعفران در خاک به خصوص در فصول گرم بهار و تابستان که معمولاً بنه زعفران در این فصول در رکود قرار دارد، بهتر است تنها رشد رویشی گیاه و تولید بنه در فضای باز صورت گیرد و بنه‌های تولیدی در شرایط باز جهت گلدهی مطلوب و به دور از هر گونه تنش محیطی در شرایط کنترل شده هواکشت قرار گیرند. بنابراین با محدود کردن دوره رشد زعفران در خاک منحصراً به رشد رویشی و تنها افزایش وزن بنه در طی فصل پاییز و زمستان و سپس گذراندن دوره خواب و رکود در خارج خاک و در شرایط محیط کنترل شده با رطوبت و دمای مناسب به جای شرایط باز در بهار و تابستان گرم و مرطوب، می‌توان خطرات ناشی از هجوم آلودگی‌ها و کاهش عملکرد را به حداقل رساند (Rezvani Moghaddam et al., 2012).

بنابراین در درازمدت شیوه کشت معمول زعفران به صورت کرتی و چند ساله، بدون شک در این اراضی به دلیل ماندابی و رطوبت زیاد با مشکلات و خطرات زیادی از جمله آلودگی‌های قارچی و باکتریایی و پوسیدگی بنه مواجه خواهد بود. لذا، هدف از این تحقیق بررسی تأثیر عمق و فاصله زهکش و ارزیابی

جدول ۱- آنالیز خاک مزرعه تحت کشت در شهرستان ساری

Table 1- Soil analysis of cultivated farms in Sari

شاخص واکنش pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	ماده آلی O.M. %	کربن آلی O.C. %	نیترژن کل Total N %	فسفر P (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم K (mg.kg ⁻¹)	بافت خاک (Texture)		
							%Sand	%Silt	%Clay
7.5	0.8	2.58	1.5	0.15	12.7	170.33	لوم شنی Sandy loam		
							52	30	18



شکل ۱- ایجاد زهکش‌هایی با فواصل و عمق مختلف برای کشت زعفران در دشت ساری

Figure 1- Creating drains with different distances and depths for saffron cultivation in the Sari Plain.

شد و متوسط وزن بنه‌ها محاسبه (جدول ۲) و پس از ضدعفونی با قارچ‌کش بنومیل ۲ در هزار، در شرایط محیطی مناسب (شرایط محیط آنکوباسیون: دما ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۸۵ درصد) جهت سپری کردن دوره خواب ظاهری به مدت سه ماه نگهداری شد (Molina et al., 2005).

پس از اتمام مرحله آنکوباسیون، جهت القاء گلدهی و ارزیابی گلدهی، بنه‌ها به دو بخش تقسیم و در دو شرایط مزرعه و شرایط کنترل شده به صورت هواکشت با میانگین دمای ۱۴ تا ۱۷ درجه سانتی‌گراد و میانگین رطوبت ۷۰ درصد (Molina et al., 2005) بدون هیچ بستر و سیستم تغذیه‌ای ارزیابی شد. برای نشا از جعبه‌های پلاستیکی با ابعاد ۱۰×۲۵×۴۰ استفاده شد و بنه‌ها بطور متوسط با تراکم ۵۰ بنه در هر جعبه کشت گردید (شکل ۲).

تیمارهای آزمایش شامل عمق زهکش (جوی) ۱۵، ۳۰ و ۴۵ سانتی‌متر در کرت‌های اصلی و سه فاصله زهکش (عرض پشته) ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ سانتی‌متر در کرت‌های فرعی بود. عمق کاشت ۱۵ سانتی‌متر، فاصله بین ردیف کاشت بنه‌ها ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بین بنه‌ها در روی ردیف کاشت ۵ سانتی‌متر و طول هر ردیف ۳ متر بود. بنابراین در هر پشته ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ سانتی‌متری به ترتیب ۳، ۵ و ۷ ردیف کشت بنه زعفران با فواصل یک‌سان کشت شد. بنه‌های مورد نیاز با وزن یک‌سان و میانگین وزن ۱۰ گرم از منطقه تربت حیدریه واقع در استان خراسان رضوی تهیه شد و کشت در مزرعه در ۲۰ شهریور ماه انجام شد (شکل ۱). پس از اتمام مرحله رشد رویشی زعفران و در مرحله خواب واقعی در اواخر اردیبهشت ماه سال بعد، از هر تیمار و هر تکرار به مساحت یک متر مربع بنه‌ها از خاک خارج و جدا سازی

جدول ۲- اندازه‌گیری متوسط وزن بنه‌های تیمارهای مختلف زهکشی مورد استفاده برای کشت در شرایط کنترل شده
 Table 2- Measuring the average weight of corm of different drainage treatments used for cultivation under controlled conditions

عمق زهکشی Drainage depth (cm)	15			30			45		
فاصله زهکش Drainage distance (cm)	50	100	150	50	100	150	50	100	150
میانگین وزن بنه‌ها Average weight of corm (g)	9.9	8.8	12.2	9.1	16.9	15.5	10.8	12.2	12.10



شکل ۲- کشت بنه زعفران در شرایط هواکشت و مرحله القاء گل‌دهی

Figure 2- Cultivation of saffron corms in aeroponic culture conditions and flowering induction stage.

در هر دو بخش، صفاتی همچون تعداد گل تولید شده، متوسط وزن گل تازه و عملکرد کلاله خشک اندازه‌گیری شد. از طرفی با توجه به عملکرد پایین کلاله زعفران در شرایط مزرعه و مقدار کم نمونه جهت آنالیزهای کیفی، اندازه‌گیری و مقایسه این متابولیت‌ها برای تیمارهای مختلف، تنها در شرایط هواکشت صورت گرفت. برای اندازه‌گیری متابولیت‌های ثانویه از روش استاندارد ملی ایران ۲-۲۵۹ استفاده شد. براساس این روش، ۵۰۰ میلی‌گرم نمونه کلاله پودر شده با استفاده از آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شد. سپس این ترکیب به مدت ۲۰ دقیقه در تاریکی با کمک دور متوسط همزن مغناطیسی حل شد و میزان جذب در طیف‌های ۲۵۷ (بیکروکروسین)، ۳۳۰ (سافراناال) و ۴۴۰ (کروسین) نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر

UNICO USA-210 UV) قرائت شد. عدد بدست آمده در رابطه $(X=A/M \times 100)$ قرار گرفته و به ترتیب بیکروکروسین، سافراناال و کروسین محاسبه گردید. در این رابطه X: مقدار ترکیب کیفی مشخص با واحد درصد، A: میزان خوانده شده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج مربوطه و M: وزن خشک کلاله با واحد میلی‌گرم می‌باشد.

جهت اندازه‌گیری دقیق و مقایسه توان گل‌دهی بنه‌های تولیدی در دو شرایط مزرعه و هواکشت در آزمایشی مجزا بنه‌هایی با تعداد مشخص (برای هر تیمار ۵۰ عدد) و وزن و اندازه تا حد امکان یکسان (1.0 ± 0.2) انتخاب و سپس در دو شرایط هواکشت و مزرعه کشت شدند؛ تا صفات گل‌دهی و عملکرد گل بطور دقیق‌تری برای هر تیمار ارزیابی گردد. داده‌های آزمایشی

عمق زهکش و اثر متقابل بر صفات زایشی زعفران شامل تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله در سطح احتمال یک درصد معنی دار شدند. همچنین نتایج نشان داد که اثر ساده فاصله زهکش بر صفات تعداد گل و وزن تر گل در سطح احتمال یک درصد و بر صفت وزن خشک کلاله در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی داری داشت.

حاصل از اجرای آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS 9.2 تجزیه آماری شده و مقایسه میانگین‌ها نیز به کمک آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارزیابی برخی صفات زایشی بنه‌ها در شرایط هواکشت براساس نتایج تجزیه واریانس در جدول ۳، اثر ساده تیمار

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات زایشی زعفران در شرایط هواکشت

Table 3- ANOVA results (mean of squares) of the effect of experimental treatments on reproductive traits of saffron under aeroponic conditions

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد گل Number of flower	وزن تر گل Flowers fresh weight	وزن خشک کلاله Stigmas dry weight
تکرار Replicate	2	56764.2 ^{ns}	5127.25 ^{ns}	0.29 ^{ns}
عمق زهکش Drainage depth	2	1959292.1 ^{**}	176345.9 ^{**}	10.12 ^{**}
خطای فاکتور اصلی Main plot error	4	36535.9	3397.8	18
فاصله زهکش Drainage distance	2	3270290.0 ^{**}	294344.4 ^{**}	16.9 [*]
عمق زهکش×فاصله زهکش Drainage depth×Drainage distance	4	831044.4 ^{**}	74813.3 ^{**}	4.2 ^{**}
خطای فاکتور فرعی Subplot error	4	91234.7	8166.03	0.45
خطای آزمایش Error	26	127770.6	11473.8	0.63
ضریب تغییرات C.V. (%)		6.15	5.11	7.10

ns, *, **, †: به ترتیب معنی داری در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم معنی داری.

ns, *, **, †: represent non-significant and significant at 5% and 1% level, respectively.

سانتی متر دیده نشد. حال آنکه در تیمار کمترین عمق زهکش (۱۵ سانتی متر) و بیشترین فاصله زهکشی (۱۵۰ سانتی متر) مقادیر این صفات به میزان ۴۰ درصد نسبت به تیمار حداکثر کاهش نشان دادند (جدول ۴). در پژوهشی گزارش شد که توان تولید بنه‌های دختری (تعداد بنه در متوسط وزن هر بنه) با افزایش وزن بنه‌های مادری کشت شده در سیستم هواکشت افزایش یافت. همچنین مشاهده شد با افزایش وزن بنه مادری از بنه‌هایی با وزن ۴ گرم به ۱۲/۱ تا ۱۶ گرم، تعداد گل هر بنه

مقایسه میانگین داده‌های صفات زایشی زعفران در شرایط هواکشت (جدول ۴) نشان داد با افزایش عمق زهکش و کاهش فاصله زهکش صفاتی مانند تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله افزایش می‌یابد؛ به طوری که بیشترین مقدار این صفات به ترتیب معادل ۴۷۴۴/۶ بنه، ۱۴۲۳/۶ گرم در متر مربع و ۱۰/۷ گرم در متر مربع در عمق ۳۰ سانتی متر و فاصله زهکش ۱۰۰ سانتی متر مشاهده شد؛ البته از نظر آماری اختلاف معنی داری بین این تیمار و تیمار عمق ۴۵ سانتی متر با فاصله زهکش ۱۰۰

بیشتر رطوبت و از طرفی کاهش تراکم خاک در نتیجه عرض کم پشته باشد. تخلیه سریع‌تر رطوبت خاک، ضمن اینکه کاهش سریع رطوبت از محدوده ریشه و ایجاد تنش را می‌تواند به‌همراه داشته باشد، بر محتوای نسبی آب بنه و گیاه زعفران نیز تأثیرگذار است. ضمن اینکه وقوع تنش خشکی اثر منفی بر روند جذب مواد غذایی و به‌خصوص پتاسیم که میزان ذخیره آن در بنه، نقشی اساسی در گل‌آوری سال آتی بنه زعفران دارد، خواهد داشت (Behdani & Fallahi, 2015).

مقابلیت‌های ثانویه زعفران

مقابلیت‌های ثانویه اندازه‌گیری شده در این پژوهش شامل سافرانال، کروسین و پیکروکروسین می‌باشد. تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۵ نشان می‌دهد، اثرات ساده عمق و فاصله زهکش بر صفات سافرانال و پیکروکروسین تأثیر معنی‌داری داشتند. درحالی‌که اثر متقابل فقط در صفت سافرانال معنی‌دار شد. اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف برای میزان کروسین مشاهده نشد (جدول ۵).

زعفران از ۰/۰۲۶ به ۰/۵۵۵ گل در هر بنه افزایش یا فت. به‌علاوه مشخص شد که بنه‌های با وزن بیش از ۱۶ گرم نمی‌توانند منجر به افزایش بیشتر تعداد گل‌های زعفران در شرایط هواکشت شوند (Ebrahimi et al., 2021). لذا، با توجه به بالا بودن متوسط وزن بنه در تیمارهای مذکور نسبت به تیمارهای با عمق زهکش کمتر و فاصله زهکش بیشتر (جدول ۲)، افزایش عملکرد گل و کلاله زعفران در این تیمارها دور از انتظار نیست. پژوهش‌ها نشان می‌دهد القاء گلدهی زعفران در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۸۵ درصد به حداکثر خود می‌رسد (Mollafilabi, 2014; Molina et al., 2005). از سویی دیگر این امر نیز محتمل است که تیمارهای با عمق زهکشی ۳۰ و ۴۵ و فاصله زهکشی ۱۰۰ سانتی‌متری شرایط مناسب‌تری را به‌لحاظ میزان رطوبت و دما جهت القاء حداکثر گلدهی برای بنه زعفران فراهم نموده‌اند؛ درحالی‌که در تیمارهای با عمق زهکشی کمتر این اتفاق رخ نداده است. اما در تیمار عمق زهکشی ۴۵ و فاصله زهکش ۵۰ سانتی‌متری علی‌رغم بالا بودن عمق زهکشی می‌بایست روند مشابه تیمارهای با زهکشی عمیق را نشان می‌داد که این اتفاق صورت نگرفت. شاید علت این امر به‌دلیل تخلیه

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل عمق زهکش × فاصله زهکش بر صفات زایشی زعفران در شرایط هواکشت

Table 4- Means comparison of the interaction effect of drainage depth × drainage distance on reproductive traits of saffron under aeroponic conditions

عمق زهکش Drainage depth (cm)	فاصله زهکش Drainage distance (cm)	تعداد گل Number of flower (nu.m ⁻²)	وزن تر گل Flowers fresh weight (g.m ⁻²)	وزن خشک کلاله Stigmas dry weight (g.m ⁻²)
15	50	3950.3 ^c	1184.9 ^c	8.93 ^c
	100	3268.4 ^d	980.5 ^d	7.40 ^d
	150	2828.08 ^e	848.4 ^e	6.40 ^e
30	50	4114.3 ^{bc}	1234.1 ^{bc}	9.3b ^c
	100	4744.6 ^a	1423.6 ^a	10.7 ^a
	150	3857.4 ^c	1157.3 ^c	8.7 ^c
45	50	2425.8 ^e	727.7 ^e	5.5 ^e
	100	4420.3 ^{ab}	1325.9 ^{ab}	10.0 ^{ab}
	150	4119.1 ^{bc}	1235.6 ^{bc}	9.3 ^{bc}

میانگین‌های 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 the Duncan test.

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای آزمایشی در صفات کیفی زعفران در شرایط هواکشت

Table 5- ANOVA results (mean of squares) of the effect of experimental treatments on quality traits of saffron under aeroponic conditions

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	سافرانا Safranal	کروسین Crocin	پیکروکروسین Picrocrocin
تکرار Replicate	2	15.81 ^{ns}	6.91*	9.48 ^{ns}
عمق زهکش Drainage depth	2	511.81**	2.68 ^{ns}	64.95**
خطای فاکتور اصلی Main plot error	4	0.53	1.24	4.32
فاصله زهکش Drainage distance	2	283.81**	1.90 ^{ns}	30.15*
عمق زهکش×فاصله زهکش Drainage depth×Drainage distance	4	33.37**	0.81 ^{ns}	15.41 ^{ns}
خطای فاکتور فرعی Subplot error	4	3.82	0.5	0.89
خطای آزمایش Error	26	4.35	1.74	5.22
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	4.56	0.51	2.44

ns, *, ** و ***: به ترتیب معنی داری در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم معنی داری.

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

افزایش می دهند (Hosseini & Rahimi, 2018). لذا، افزایش میزان سافرانا در تیمارهای با عمق بالاتر و عرض زهکشی کمتر می تواند رابطه مستقیمی با میزان تخلیه رطوبت از ناحیه ریشه گیاه و افزایش تنش خشکی در بستر کاشت زعفران داشته باشد.

اثر ساده عمق زهکش بر صفت پیکروکروسین نشان داد که بیشترین مقدار پیکروکروسین (۹۶/۲ میلی گرم بر گرم) در عمق زهکش ۱۵ سانتی متر و کمترین مقدار پیکروکروسین (۹۰/۸۳ میلی گرم بر گرم) در عمق ۴۵ سانتی متری مشاهده شد (شکل ۳). در حالی که، بالاترین مقدار پیکروکروسین (۹۴/۷۲ میلی گرم بر گرم) در فاصله زهکش ۱۵۰ سانتی متر و پایین ترین مقدار پیکروکروسین (۹۱/۳۴ میلی گرم بر گرم) در فاصله زهکش ۵۰ سانتی متری به دست آمد (شکل ۳).

پیکروکروسین که در واقع عامل تلخی زعفران محسوب می گردد؛ مشابه با ترکیبات خانواده کروسین (عامل رنگ زعفران)

مطابق جدول ۶، بیشترین میزان سافرانا (۶۷/۶۶ میلی گرم بر گرم) مربوط به تیمار عمق زهکش ۳۰ سانتی متر بود که البته اختلاف معنی داری از نظر آماری بین این تیمار و تیمارهای عمق ۴۵ سانتی متر با فواصل زهکشی ۱۰۰ و ۵۰ سانتی متر مشاهده نشد. کمترین میزان سافرانا (۴۱/۳۳ میلی گرم بر گرم) در تیمار با عمق زهکش ۱۵ و فاصله زهکش ۱۵۰ سانتی متری مشاهده شد. این نتایج با یافته های سایر محققین مطابقت دارد (Kumar & Sharma, 2018). در مطالعه ای مشاهده شد که افزایش شدت تنش رطوبتی باعث افزایش مواد مؤثره زعفران (به ویژه سافرانا و کروسین) می شود. تیمارهای مختلف رژیم رطوبتی تأثیر معنی داری بر میزان سافرانا کلاله زعفران داشتند. به عبارت دیگر، افزایش شدت تنش رطوبتی باعث افزایش تجمع مواد مؤثره به ویژه سافرانا در کلاله های زعفران شد. محققین از این آزمایش دریافتند که گیاهان در شرایط شدت تنش رطوبتی یا همان مقابله با تنش های محیطی، مواد مؤثره را در خود

تعداد گل تولید شده کاهش می‌یابد؛ اما مقدار پیکروکروسین و کروسنتین استرها افزایش و در نتیجه کیفیت کلالة افزایش می‌یابد (Gresta et al., 2009).

از تجزیه آنزیمی زئاگزانتین تولید شده و به‌نوبه خود تغییر شکل پیکروکروسین منجر به تولید سافراناال فرار (عامل عطر زعفران) می‌شود (Moslemi et al., 2021). نتایج برخی از محققین نشان می‌دهد که برخلاف محیط‌های سرد، در محیط‌های گرمتر

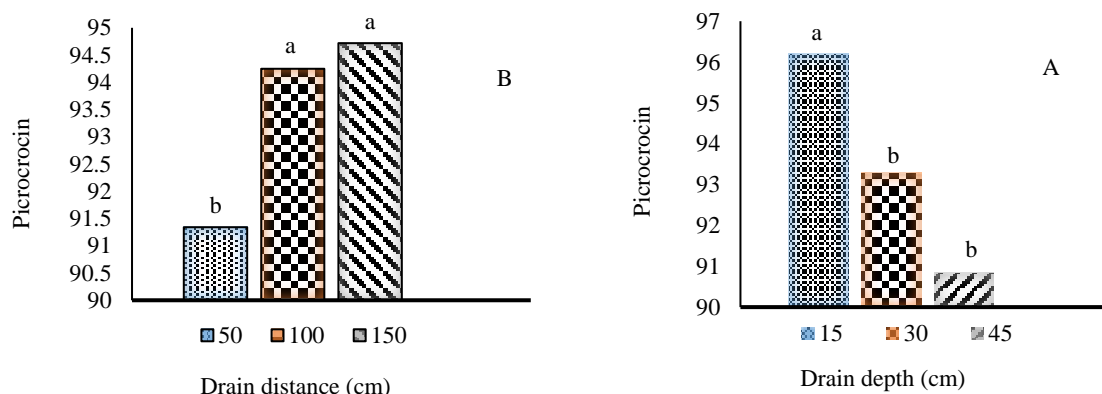
جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل عمق زهکش × فاصله زهکش بر میزان سافراناال در شرایط هواکشت

Table 6- Means comparison of the interaction effect of drainage depth × drainage distance on the amount of safranal under aeroponic conditions

عمق زهکش Drainage depth (cm)	فاصله زهکش Drainage distance (cm)	سافراناال Safranal (Absorbance of 1% water solution at 330 nm)
15	50	56.66 ^d
	100	51.66 ^e
	150	41.33 ^f
30	50	62.66 ^{bc}
	100	67.66 ^a
	150	54.33 ^{de}
45	50	65.33 ^{abc}
	100	66.33 ^{ab}
	150	60.33 ^c

میانگین‌های 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.



شکل ۳- اثر ساده عمق زهکش (الف) و فاصله زهکش (ب) بر پیکروکروسین

Figure 3- Simple effect of drain depth (A) and drain distance (B) on Picrocrocin (Absorbance of 1% water solution at 257 nm).

خشک کلالة برای بنه‌های انتخابی نشان می‌دهد، اثر ساده عمق زهکش در تمامی صفات ذکر شده در هر دو محیط کشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. این در حالی است که اثر ساده فاصله زهکش فقط در صفات مربوط به کشت در گلخانه

مقایسه توان گلدهی بنه‌های تولیدی در دو شرایط مزرعه و هواکشت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی در صفات مربوط به کشت در شرایط گلخانه و کشت در مزرعه پس از انکوباسیون (جدول ۷) شامل تعداد گل، وزن تر گل و وزن

معنی دار شد. علاوه بر این، اثر متقابل بر صفات ذکر شده در شرایط گلخانه و مزرعه به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی دار شد (جدول ۷).

جدول ۷- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای آزمایشی در صفات مربوط به هواکشت و کشت در مزرعه
Table 7- ANOVA results (mean of squares) of the effect of experimental treatments on the traits related to aeroponic cultivation and cultivation in the field

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	هواکشت Aeroponic			مزرعه Field		
		تعداد گل Number of flower	وزن تر گل Flowers fresh weight	وزن خشک کلاله Stigmas dry weight	تعداد گل Number of flower	وزن تر گل Flowers fresh weight	وزن خشک کلاله Stigmas dry weight
تکرار Replicate	2	886.92 ^{ns}	80.07 ^{ns}	0.004 ^{ns}	125.65 ^{ns}	11.38 ^{ns}	0.0007 ^{ns}
عمق زهکش Drainage depth	2	28901.61 ^{**}	2603.23 ^{**}	0.149 ^{**}	3214.63 ^{**}	289.36 ^{**}	0.0161 ^{**}
خطای فاکتور اصلی Main plot error	4	817.02	73.54	0.004	41.13	3.64	0.0002
فاصله زهکش Drainage distance	2	8612.89 ^{**}	777.27 ^{**}	0.044 ^{**}	66.87 ^{ns}	5.88 ^{ns}	0.0003 ^{ns}
عمق زهکش×فاصله زهکش Drainage depth×Drainage distance	4	34842.7 ^{**}	313.24 ^{**}	0.179 ^{**}	155.75 [*]	13.94 [*]	0.0008 [*]
خطای فاکتور فرعی Subplot error	4	385.4	35.1	0.002	48.94	4.48	0.0003
خطای آزمایش Error	26	1202.4	108.65	0.006	90.07	8.12	0.0004
ضریب تغییرات C.V. (%)		6.08	6.08	6.02	1.73	1.72	1.83

ns, *, **, * represent non-significant and significant at 5% and 1% level, respectively.

و ۴۵ سانتی متری) در فواصل مختلف از تعداد گل، وزن تر گل و وزن کلاله خشک بالاتری نسبت به عمق ۱۵ سانتی متر با تمامی فواصل زهکش برخوردار بودند. به طوری که با کاهش عمق زهکش میزان این صفات به طور میانگین حدود ۱۵ درصد پایین تر از عمق های زهکشی بالاتر به دست آمد. از طرفی دیگر، کمترین مقدار صفات مذکور در شرایط هواکشت مربوط به تیمارهای با عمق زهکش ۱۵ سانتی متر و فاصله زهکشی ۱۰۰ سانتی متری و همچنین تیمار عمق ۴۵ سانتی متر با فاصله زهکش ۵۰ سانتی متر می باشد. نتایج مقایسه تیمارها در شرایط

نتایج اثر متقابل تیمارها بر صفاتی شامل تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله در شرایط کنترل شده و در شرایط مزرعه پس از انکوباسیون روند مشابهی داشت (جدول ۸). به گونه ای که بالاترین میزان صفات ذکر شده معادل ۵۹۳/۸ گل در متر مربع، ۱۷۸ گرم در متر مربع و ۱/۳۴ گرم در متر مربع در شرایط گلخانه در عمق زهکش ۳۰ سانتی متر و فاصله زهکش ۱۰۰ سانتی متر مشاهده شد؛ که البته اختلاف معنی داری بین این تیمار با تیمار عمق ۴۵ سانتی متر و همین فاصله زهکش (۱۰۰ سانتی متر) مشاهده نشد. در شرایط مزرعه نیز تیمارهای با عمق بیشتر (۳۰

سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵ در صد به‌طور مطلوب در شرایط مزرعه برای بنه‌ها فراهم نشده باشد و از این طریق موجب کاهش میزان عملکرد شده باشد. حال آنکه در شرایط هواکشت دما و رطوبت استاندارد برای القاء و شروع گلدهی بنه زعفران به صورت کنترل شده فراهم می‌باشد (Behdani & Fallahi, 2015). از سویی دیگر، برخلاف مناطق خشک و نیمه‌خشک، امکان تنظیم زمان آبیاری و یا به‌عبارتی دسترسی گیاه به رطوبت در زمان مناسب دمایی در مناطق پر بارش امکان‌پذیر نیست و لذا مدیریت زمان القاء گلدهی در شرایط باز را در این مناطق تا حدی با مشکل می‌سازد. در صورتی که در شرایط هواکشت، این امکان در هر اقلیمی فراهم می‌باشد و از طریق القاء گلدهی به‌موقع بنه‌ها می‌توان پدیده گلدهی پیش از رشد رویشی را تقویت و تا حد زیادی عملکرد زعفران را بهبود بخشید (Mollafilabi, 2014; Behdani & Fallahi, 2015).

مزرعه نیز مشابه شرایط هواکشت بود. نکته قابل توجه در مقایسه صفات زایشی گیاه در دو شرایط هواکشت و مزرعه، کاهش قابل توجه میانگین تعداد گل و وزن تر گل و کلاله خشک برای همه تیمارها در شرایط مزرعه نسبت به هواکشت می‌باشد. به‌طوری که تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله در شرایط مزرعه نسبت به هواکشت به‌ترتیب معادل ۲۱، ۲۰ و ۱۲ درصد کاهش داشت. عوامل مختلفی شامل عوامل اقلیمی و خاکی بر میزان عملکرد گل و گل‌انگیزی بنه‌ها در شرایط مزرعه تأثیر گذارند. اما در مقایسه با شرایط هواکشت شاید یکی از مهم‌ترین عوامل مقاومت فیزیکی خاک در مزرعه بر سر راه خروج جوانه از خاک باشد. به‌طوری که این مقاومت موجب صرف هزینه بالایی از ذخیره بنه برای خروج از خاک می‌گردد و درنهایت می‌تواند بر میزان گلدهی بنه تأثیر منفی داشته باشد (Molina et al., 2005). همچنین این احتمال وجود دارد که عوامل مؤثر بر گل‌انگیزی شامل دمای ۱۵ درجه

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل عمق زهکش × فاصله زهکش بر صفات مربوط به کشت در شرایط هواکشت و کشت در مزرعه پس از انکوباسیون
Table 8- Means comparison of the interaction effect of drainage depth × drainage distance on the traits related to aeroponic cultivation and cultivation in the field after incubation

عمق زهکش Drainage depth (cm)	فاصله زهکش Drainage distance (cm)	هواکشت Aeroponic			مزرعه Field		
		تعداد گل Number of flower (nu.m ⁻²)	وزن تر گل Flowers fresh weight (g.m ⁻²)	وزن خشک کلاله Stigmas dry weight (g.m ⁻²)	تعداد گل Number of flower (nu.m ⁻²)	وزن تر گل Flowers fresh weight (g.m ⁻²)	وزن خشک کلاله Stigmas dry weight (g.m ⁻²)
15	50	495.26 ^c	148.55 ^c	1.12 ^c	358.17 ^b	107.43 ^b	0.81 ^b
	100	354.98 ^e	106.50 ^e	0.80 ^e	346.83 ^{bc}	104.03 ^{bc}	0.78 ^{bc}
	150	409.29 ^d	122.78 ^d	0.92 ^d	338.83 ^c	101.67 ^c	0.76 ^c
30	50	515.76 ^{bc}	154.70 ^{bc}	1.17 ^{bc}	381.43 ^a	114.43 ^a	0.86 ^a
	100	593.82 ^a	178.17 ^a	1.34 ^a	381.03 ^a	114.30 ^a	0.86 ^a
	150	484.38 ^c	145.32 ^c	1.09 ^c	376.87 ^a	113.07 ^a	0.85 ^a
45	50	304.71 ^e	91.40 ^e	0.68 ^e	375.70 ^a	112.70 ^a	0.84 ^a
	100	552.54 ^{ab}	165.74 ^{ab}	1.25 ^{ab}	384.36 ^a	115.37 ^a	0.87 ^a
	150	516.36 ^{bc}	154.90 ^{bc}	1.17 ^{bc}	384.23 ^a	115.27 ^a	0.87 ^a

میانگین‌های 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 the Duncan test.

نتیجه گیری

ارزیابی صفات زایشی زعفران در شرایط هواکشت نشان داد که با افزایش عمق زهکش و کاهش فاصله زهکش صفاتی مانند تعداد گل، وزن گل تازه و وزن خشک کلاله افزایش یافت؛ به طوری که بیشینه مقدار این صفات در عمق زهکش ۳۰ سانتی متر و فاصله زهکش ۱۰۰ سانتی متر معادل ۴۷۴۴ عدد، ۱۴۲۳ و ۱۰/۷ گرم در متر مربع به دست آمد؛ که البته از نظر آماری اختلاف معنی داری بین این تیمار و تیمار عمق زهکش ۴۵ سانتی متر با فاصله زهکش ۱۰۰ سانتی متر نیز مشاهده نشد. ارزیابی متابولیت‌های ثانویه در شرایط هواکشت نیز نشان داد که بیشترین میزان سافرانال (۶۷/۶۶ میلی گرم بر گرم) و کمترین میزان آن (۴۱/۳۳ میلی گرم بر گرم) به ترتیب در عمق زهکش ۳۰ و فاصله زهکش ۱۰۰ و عمق زهکش ۱۵ و فاصله زهکش ۱۵۰ سانتی متری مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش عمق زهکش و همچنین افزایش فاصله زهکش میزان پیکروکروسین کاهش یافت.

نتایج رفتار گلدهی بنه‌ها در دو محیط کنترل شده و مزرعه نشان داد صفاتی چون تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله در شرایط گلخانه و در شرایط کشت مزرعه پس از انکوباسیون از روند مشابه‌ای برخوردار بودند. به گونه‌ای که بالاترین میزان صفات ذکر شده در شرایط گلخانه در تیمار عمق زهکش ۳۰ سانتی متر و فاصله زهکش ۱۰۰ سانتی متر و در محیط کشت مزرعه در عمق زهکش ۳۰ و ۴۵ سانتی متر با فاصله زهکش ۱۰۰ سانتی متر مشاهده شد. مقایسه صفات زایشی

گیاه در دو شرایط هواکشت و مزرعه نشان داد که تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله در شرایط مزرعه نسبت به هواکشت به ترتیب معادل ۲۱، ۲۰ و ۱۲ درصد کاهش نشان داد.

به طور کلی، نتایج نشان داد که زهکشی با عمق بیش از ۳۰ سانتی متر، افزایش کمیت و کیفیت صفات زایشی در شرایط مزرعه و هواکشت را به همراه دارد. با توجه به اینکه با افزایش عمق جوی زهکشی، عرض آن نیز ناگزیر افزایش می‌یابد، بنابراین ایجاد زهکش عمیق تر سطح مفید بیشتری را از مزرعه می‌گیرد. لذا، با در نظر گرفتن بهترین بازدهی مزرعه به منظور پرورش بنه مناسب به صورت یکساله در دشت ساری با بالاترین قابلیت گل‌آوری، عمق زهکش ۳۰ سانتی متر و فاصله زهکش ۱۰۰ سانتی متر پیشنهاد می‌گردد. همچنین مقایسه کشت بنه در شرایط هواکشت نیز نشان داد که با ایجاد شرایط کنترل شده برای بنه تولیدی امکان برداشت اقتصادی گل با کمیت و کیفیت بالا وجود دارد. ضمن اینکه این بنه‌های تولیدی، قابلیت کاشت و گل‌دهی مطلوب در مزرعه به خصوص در مناطق بیلاقی و زعفران خیز استان مازندران را نیز خواهند داشت.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از نتایج طرح تحقیقاتی اجرا شده به شماره قرارداد ۱۳۳۳۱۲ از محل اعتبارات پژوهش‌کننده زعفران دانشگاه تربیت حیدریه می‌باشد. لذا نویسندگان این مقاله از حمایت مادی و معنوی پژوهش‌کننده زعفران کمال تشکر و قدردانی را دارند.

منابع

Behdani, M.A., & Fallahi, H.R. (2015). Saffron (*Crocus sativus* L.): Technical Knowledge Based on Research Approaches. University of

Birjand Press. pp. 412. [In Persian].
Ebrahimi, M., Pouyan, M., Hoseini, S., Shahi, T., & Ragh Ara, H. (2021). Effect of mother-corm

- weight on the yield, reproductive growth, apocarotenoid content and production of daughter corms in saffron aeroponic cultivation. *Journal of Saffron Research*, 9(2), 335-351. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22077/jsr.2021.4025.1151>.
- Gresta, F., Lombardo, G., Siracusa, L., & Ruberto, G. (2009). Effect of mother corm dimension and sowing time on stigma yield, daughter corms and qualitative aspects of saffron (*Crocus sativus* L.) in a Mediterranean environment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(7), 1144-1150. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3177>.
- Hosseini, M., & Rahimi, H. (2018). Effect of irrigation regimes on yield and qualitative criteria of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*, 5(2), 247- 255. (In Persian with English Summary).
- Jalali, A., Zaefarian, F., Torabi, B., & Abbasi, R. (2022a). Changes of some growth indices and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) in different altitudes. *Saffron Agronomy and Technology*, 10(3), 195-213. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22048/jsat.2022.340439.1460>.
- Jalali, A., Zaefarian, F., Torabi, B., & Abbasi, R. (2022b). The effect of maternal corm weight and planting depth on flower yield and daughter corm of saffron (*Crocus sativus* L.) in Sari Plain. *Journal of Saffron Research*, 10(2), 231-244. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22077/jsr.2022.5568.1194>.
- Koocheki, A., & Seyyedi, S.M. (2020). Nutrition management and farm's age affect saffron daughter corms behavior, nutrients uptake and economic water and fertilizer use efficiency: A large-scale on-farm experiment in Torbat Heydarieh, Iran. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(9), 1161-1183.
- Kumar, R., & Sharma, O.C. (2018). Enhancing saffron (*Crocus sativus*) productivity by land configuration and corm intensity manipulation under Kashmir condition. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 88(5), 798-804. <https://doi.org/10.56093/ijas.v88i5.80098>.
- Kumar, R. (2009). Calibration and validation of regression model for non-destructive leaf area estimation of saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae*, 122, 142-145.
- Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J.L., & Garcia-Luis, A. (2005). Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae*, 103, 361-379. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2004.06.005>.
- Mollafilabi, A. (2014). The effect of new agricultural technologies on the characteristics of growth, yield, yield components of saffron flower and corm. Ph.D. Dissertation. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. [In Persian].
- Rezvani, N., Sorooshzadeh, A., & Farhadi, N. (2012). Effect of nano-silver on growth of saffron in flooding stress. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 6, 519-524.
- Rezvani Moghaddam, P., Khorramdel, S., Aminghafori, A., Shabahang, J., & Asadi, G.A. (2012). The effects of mushroom compost rate and corm density on corm yield and stigma yield of saffron (*Crocus sativus* L.). 4th International Saffron Symposium. October 22-25. Kashmir, India.
- Sadat-Moslemi, F., Vaziri, A., Sharifi, G., & Gharechahi, J. (2021). The effect of salt stress on some secondary metabolites of saffron. *Journal of Plant Research*, 34(1), 263-274. [In Persian].