Journal of Saffron Research (semi-annual)

Vol.11, No.2, Fall & Winter, 2023-2024

p. 346–361

http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2024.6767.1223

University of Birjand

Original Article

The Effect of the Number of Vertical Corm Buds on Flowering and Some Quality Characteristics of Saffron Stigma in Two Systems of Soil Cultivation and Air Cultivation

Aminallah Bagheri Fard [1]*, Yousef Askari [2]

1- Ph.D. in Medicinal Plants, Kohgiluyeh and Boyerahmad Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Yasouj, Iran.

2- Assistant Professor, Research Division of Forest, Rangeland and Watershed, Kohgiluyeh and Boyerahmad Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Yasouj, Iran.

*Corresponding author: *aminbagherifard@yahoo.com*

Received 11 September 2023; Accepted 26 February 2024

Extended Abstract

Introduction: Saffron is a perennial plant with the scientific name *Crocus sativus* L. belonging to the Iridacea family and the Liliales order, which flowers are in autumn and dry season in spring and summer (Molina et al., 2004). Researchers by trial the color indicators of saffron stigma in two systems of hydroponic and field planting, they found that hydroponic cultivation showed more qualitative and quantitative performance of saffron stigma than in the field (Fallahi et al., 2023). Therefore, this experiment was conducted in order to investigate the effect of the culture medium and the removal of side buds on some morphological and biochemical traits of saffron plant.

Materials and Methods: This experiment was carried out in the research farm of the Cham Khani station, Yasoj Iran in the crop year of 2021-2022 as a factorial complete randomized block design in three replications and in each repetition were made 50 saffron corm. The experimental treatments included aeroponic and soil cultivation. The experiment has two factors: 1- Type of cultivation in two levels: soil cultivation (A), aeroponic cultivation (a) 2- Removal of lateral buds in two levels: removal of all lateral buds except for one apical bud. (B) and removal of lateral buds without removal of lateral buds (b). Statistical analysis was done with SPSS16 software and comparison of means was done using LSD test at 5% probability level.

Results and Discussion: The results indicated that the effect of planting bed and the removal and non-removal of side buds were significant (5%), except for the fresh weight of the style. The comparison of average data showed that the number of flowers in aeroponic cultivation is more than in field cultivation. According to the results of average comparison, the highest fresh weight of flowers was observed in field cultivation with the treatment of not removing buds. The highest stigma weight was observed in the treatment of aeroponic culture bed with no remove the bud (1.377 g). In

the field treatment, the stigma weight was higher in the corm for which no remove the bud compared to the tubers whose remove lateral buds, and among all the treatments, the corm that were planted in the field and the remove buds showed the lowest stigma fresh weight (0.451 g). Comparison of the average data showed that aeroponic cultivation has a greater effect on the dry weight of the stigma, so that a 70% difference in the dry weight of the stigma is observed in the treatment of the aeroponic culture bed compared to the field treatment. Comparison of the average data showed that the highest value of the dry weight of the style (0.051 g) was observed in the treatment of aeroponic culture and the removal of lateral buds, and the lowest value (0.021 g) this trait was observed in field treatment and removal of side buds. researchers In the study of soilless planting system and soil system, they showed that parameters such as average flower weight, flower yield, stigma weight, petal dry weight, pistil yield were higher in the soilless system compared to the soil planting system (Aghhavani-Shajar et al., 2021). This finding is similar to those reported previously by Hosayni et al., (2015), Molafilayi et al., (2013) and Fallahi et al., (2023).

The highest amount of crocin (2.66% per gram) was in the treatment of aeroponic culture with removal of lateral buds, which is a difference of 33% compared to the lowest amount of crocin (1.79% per gram) in the treatment of field culture bed without removal buds. According to the results of comparing the average data, the highest amount of safranal (37.26%) was obtained in the treatment of aeroponic culture medium with the removal of the lateral bud. Researchers by examining the color indicators of saffron stigma in both hydroponic and field planting systems, researchers found that hydroponic cultivation showed more qualitative and quantitative performance of saffron stigma than in the field (Fallahi et al., 2023).

Conclusion: The production of saffron as a valuable product has been welcomed by farmers in Kohgiluyeh and Boyer Ahmad provinces in the last few years. The results of this study showed that the saffron planted in the aeroponic cultivation bed is of high quality and quantity in comparison with the field cultivation, although this quality is somewhat different depending on the type of treatments. The best method of saffron cultivation in this aeroponic cultivation plan and not removing lateral buds was determined, which showed up to twice the yield compared to field cultivation in some traits.

Conflict of Interest: There are no conflicts of interest in this article.

Keywords: Aeroponics, Crocin, Greenhouse cultivation, Saffron.

نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد یازدهم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۲
شماره صفحه: ۳۶۱-۳۴۶
http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2024.6767.1223

مقاله پژوهشی

اثر تعداد جوانه رأسی بنه بر گلدهی و برخی خصوصیات کیفی کلاله زعفران در دو سیستم کشت خاکی و هواکشت

امین الله باقری فرد [۱*]، یوسف عسکری [۲]
۱- دکتری گیاهان دارویی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران.
۲-استادیار، بخش تحقیقات جنگلها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران.
*نویسنده مسئول: *Email: aminbagherifard@yahoo.com*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۰۷

چکیده

این تحقیق با هدف مقایسه محیط کشت (مزرعه و آیروپونیک) و حذف جوانه‌های جانبی (حذف کلیه جوانه‌ها به غیر از یک جوانه رأسی و حذف تمامی جوانه‌ها به غیر از چند جوانه راسی) گیاه زعفران بصورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در سال ۱۴۰۰ انجام گرفت. هر تکرار شامل ۵۰ بنه بود که در مزرعه، کاشت آن‌ها در بستر خاک و در محیط کنترل شده در سینی‌های چوبی صورت گرفت. صفات اندازه‌گیری شده شامل تعداد گل، وزن ترگل، وزن خشک کلاله و خامه، عملکرد خشک مادگی و نیز محتوای مواد موثره کروسین و سافرانال بودند. نتایج تجزیه واریانس بر تعداد گل، وزن تر گل، وزن خشک مادگی، وزن خشک کلاله، مقدار کروسین و سافرانال در سطح پنج درصد معنی دار بود. بستر کشت آیروپونیک از نظر صفات کمی و کیفی مزیت بیشتری نسبت به کشت خاکی نشان داد. بیشترین وزن خشک کلاله در تیمار بستر کشت آیروپونیک و حذف جوانه های جانبی به جز یک جوانه راسی (۱/۳۷۷ گرم در ۵۰ عدد بنه) مشاهده شد. از نظر عملکرد کلاله خشک یک اختلاف ۷۰ درصدی بین تیمارها مشاهده شد. مواد موثره کلاله (شامل کروسین و سافرانال) در کشت آیروپونیک مقادیر بالاتری نسبت به کشت مزرعه‌ای نشان داد. بیشترین میزان کروسین (۲۶/۶ درصد) در تیمار بستر کشت آیروپونیک با حذف جوانه های جانبی به جز یک جوانه راسی مشاهده شد. در مجموع می‌توان بیان کرد کشت آیروپونیک در سال اول کشت زعفران مزیت بالاتری از نظر کمی و کیفی نسبت به کشت خاکی دارد.

واژه‌های کلیدی: آیروپونیک، زعفران، کروسین، گلخانه.

مقدمه

زعفران از نظر گیاه‌شناسی گیاهی یکساله با نام علمی *Crocus sativus* L. و متعلق به خانواده زنبقیان (Iridacea) است که گلـدهی آن در پاییز رخ داده و در فصل خشک وارد مرحلهٔ رکود (خواب حقیقی و ظاهری) می شود (Molina et al., 2004، Behdani & Fallahi., 2015). بـرای افـزایش کمیت و کیفیت ایـن محصول باید روش‌های مدرن جایگزین روش‌های سنتی در مناطق مختلف تولید زعفران شود (Mollafilabi., 2012). از جمله روش‌های کشت‌های مدرن که بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد کشت هیدروپونیک و اخیرا کشت آیروپونیک (هوا کشت) می‌باشد. هواکشت، فرآیندی از رشد گیاه در محیط مه، بدون استفاده از خاک یا هر بستر دیگری می‌باشد و یک تکنولوژی جدید برای تولید بیشتر فرآورده‌های گیاهی و افزایش سرعت رشد گیاه می‌باشد. با این روش، گیاه بدون نیاز به خاک به رشد بیشتری دست پیدا می‌کند. این روش، ساده-ترین و مطمئن‌ترین راه برای افزایش بازدهی در تولید محصولات گیاهی است (Hayden et al., 2004).

براساس شواهد موجود، نرخ رشد اکثر گیاهان در این روش بیشتر از کشت خاکی است. سیستم هواکشت در گیاهان می‌تواند راه‌حلی برای افزایش تولید و بهبود کیفیت باشد. از سال ۲۰۰۰ به بعد، طرح استفاده از سیستم هواکشت جهت تولید گیاهان دارویی ریشه‌ای مطرح و ازآن جهت تولید گیاهان دارویی باباآدم (*Arctium lappa* L)، اکیناسه (*Echinacea purpurea*)، گزنه دوپایه (*Urtica dioica*)، زنجبیل (*Zingiber officinale*) و سنبل الطیب (*Valeriana officinalis* L. var. common) استفاده شده است (Pagilarulo et al., 2005 Tabatabaei, 2008;Hayden et al., 2004; Hayden, 2006; Dorais, 2001). همچنین طی آزمایش دیگری افزایش عملکرد گیاهان خیار (*Cucumis sativus*)، گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum*)، چغندر (*Beta vulgaris*)، کلم قرمز (*Brassica oleracea*;) و فلفل (*Capsicum annuum*) در سیستم هواکشت در مقایسه با تولید آن در خاک به اثبات رسیده است (Chandra et al., 2014). در تحقیقی با استفاده از کشت بدون خاک در گیاه داتوره در طی ۲۷ روز مقدار ۱۸۰ میلی گرم ترکیبات دارویی آلکالوئیدی به دست آمده است. علاوه بر این در کشت گیاه سرخدار با همین روش ماده دارویی پاکلیتاکسول[1] حاصل از ریشه حدود ۱۰ برابر افزایش پیدا کرد (Gontier et al., 2002).

سیستم‌های کنترل شده می‌توانند جایگزینی مناسبی برای کشت رایج زعفران در محیط خاک شوند. در تحقیقـی کـه در ترکیه انجام شد، اثر اندازه‌هـای مختلـف بنـه زعفـران تحـت شرایط کشت گلخانه ای بررسی و اعلام شد که تعداد گل و زمان گلدهی بـه انـدازه بنـه‌هـای مـادری وابـسته اسـت (Cavusoglu et al., 2008). همچنین در تحقیقی دیگر در فرانسه، پرورش زعفران تحت شرایط کشت هیدروپونیک بررسی گردید و مـشاهده شـد که رشد بنه‌ها در کشت آیروپونیک و هیدروپونیک نسبت به خاکی افزایش یافت (Sourel & Weathers, 2000). هلال بیگی و همکاران (Halalbaygi et al., 2009) در تحقیقـی دریافتند که بستر کوکوپیت و پرلیـت موجب افزایش وزن خشک بنه زعفران می‌گردد. نتایج تحقیق ملافیلابی و همکاران (Mollafilayi et al., 2013) که به بررسی مقایسه ای بین روش کشت خاکی و کشت هوایی زعفران پرداختند نشان داد که اثرات نوع بستر و تراکم و وزن بنه در تمامی صفات معنی‌دار بود و همچنین بنه‌های درشت ۳۳ درصد عملکرد بیشتری در واحد سطح داشتند. پژوهشگران در بررسی سیستم کاشت بدون خاک و سیستم خاکی نشان دادند که پارامترهایی همچون میانگین وزن گل، عملکرد گل، وزن کلاله، وزن خشک گلبرک، عملکرد تر مادگی در سیستم بدون خاک نسبت به سیستم کاشت خاکی بیشتر بود (Aghhavani-Shajari et al., 2021). محققین دیگری با بررسی شاخص‌های رنگ کلاله زعفران در دو سیستم کاشت هیدروپونیک و مزرعه ای دریافتند که کشت هیدروپونیک عملکرد کیفی و کمی کلاله زعفران را نسبت به مزرعه‌ای بهبود بخشید (Fallahi et al., 2023).

بنه‌های زعفران در طول دوره رشد جوانه‌های زیـادی دارد که بین این جوانه‌ها رقابت وجود دارد. تحقیقات نشان داده که در گیاهانی به غیر از خانواده زنبقیان، غالبیت انتهایی نقش محدودکننده‌ای در تعداد بنه های دختری ندارد. اما جوانه‌زنی جوانه های جانبی را محدود

[1] Paclitaxel

می‌کند (Doss,1979). در غده‌های سیب‌زمینی وجود رقابت میان جوانه‌ها به اثبات رسیده است. بدین ترتیب، هنگـامی که جوانه انتهایی برداشته شود، مقدار اکسین کاهش می‌یابد و جوانه‌های جانبی شروع به رشد می-کنند (Pessarakli & Dris, 2003). محققین با بررسی اثر حذف جوانه‌ها و اندازه بنه بر زعفران بیان کردند که حذف جوانه‌ها در بنه‌ها باعث افزایش وزن بنه‌های دختری و افزایش عملکرد در سال دوم می‌شود. همچنین آنها بیان کردند در صورتی که یک جوانه اصلی با سه جوانه جانبی روی بنه باقی بماند و نوع بنه درشت باشد بیشترین میزان عملکرد حاصل می‌شود (Tavakoli et al., 2013).

با کشت زعفران در گلخانه به صورت آیروپونیک و کنترل تنش‌های محیطی و تأمین شرایط مطلوب رشد برای گیاه ممکن است عملکرد زعفران بیشتر شود. بنابراین، این آزمایش به منظور بررسی تأثیر بستر کشت و حذف جوانه‌های جانبی بر صفات عملکردی و برخی شاخص‌های کیفی کلاله زعفران انجام شد.

مواد و روش‌ها

زمان و مکان آزمایش

این آزمایش به منظور مقایسه کشت آیروپونیک و خاکی و نیز بررسی اثر تعداد جوانهٔ رأسی بنه بر کمیت و کیفیت زعفران در ایستگاه تحقیقاتی چم خانی یکی از مزارع تحقیقاتی وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد در سال ۱۴۰۰ انجام گرفت. این منطقه در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۴۱ دقیقه شمالی واقع شده است. میانگین ارتفاع از سطح دریا ۱۸۰۰ متر و میانگین دمای سالانه ۵/۷ درجه سانتیگراد و اقلیم منطقه از نوع سردسیری می باشد

فاکتورهای آزمایش

آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی با سه تکرار صورت گرفت. در هر تکرار ۵۰ بنه زعفران وجود داشت که در مزرعه کاشت آن‌ها در درون خاک و در کشت ایروپونیک کشت آن‌ها در سینی‌های چوبی صورت گرفت. توضیحات مربوط به مدیریت این دو روش در ادامه ذکر شده است. بنه‌های مورد استفاده از شهرستان بیرجند تهیه شدند. فاکتورهای آزمایشی عبارت بودند از: الف- نوع بستر کشت در دو سطح: بستر کشت خاکی و بستر کشت آیروپونیک و ب- حذف جوانه‌های جانبی در دو سطح: حذف همه جوانه‌های جانبی به غیر از یک جوانه راسی و حذف جوانه‌های جانبی و باقی گذاشتن چند جوانه راسی. جهت کاشت از بنه‌های سالم با وزن ۱۲ تا ۱۸ گرم استفاده شد. بنه‌ها قبل از کاشت با قارچ کش کاربندازیم[1]به نسبت یک در هزار و کنه کش آبامکتین[2]به نسبت دو در هزار به مدت ۱۵ دقیقه ضدعفونی شدند. بنه ها در نهم مهرماه سال ۱۴۰۰ در سینی های چوبی (کشت ایروپونیک) و کرت-های آزمایشی (مزرعه) کشت شدند. اندازه سینی های چوبی ۹۰ در ۶۰ سانتی‌متر با لبه‌ی ۴تا ۵ سانتی‌متر بود. در هر سینی تعداد ۱۵۰ عدد بنه (سه گروه ۵۰ عددی با فواصل ۲۰ سانتی‌متر بین سه گروه به عنوان سه تکرار)، بصورت متراکم (عدم وجود فاصله بین بنه‌ها) کشت شد. در مزرعه کشت گیاه در درون خاک صورت گرفت. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه مورد استفاده در جدول ۱ ذکر شده است. در سیستم کشت ایروپونیک تیمار حذف جوانه های جانبی با قطع جوانه های جانبی که در طول دوره رشد ظاهر می شدند، اعمال شد، در حالی که در محیط مزرعه جهت قطع جوانه‌ها خاک از روی بنه‌ها به روشی که در ادامه توضیح داده شده است، برداشته می‌شد.

مدیریت کشت مزرعه‌ای

کشت مزرعه ای زعفران به روش ردیفی در کرت‌هایی با ابعاد ۲ در ۱ متر صورت گرفت. فاصله بین ردیف‌های کاشت ۲۰ سانتی متر، فاصله بنه‌ها در روی ردیف ۸ سانتی‌متر و عمق کاشت ۱۵ سانتی متر منظور شد. هر کرت شامل ۴ خط کاشت و تراکم کاشت ۶۲ بنه در مترمربع در نظر گرفته شد. هر کرت با کرتهای مجاور در داخل پلات اصلی با یک مرز با عرض ۳۰ سانتی متر فاصله داشت و فواصل بین بلوک ها نیز یک متر بود. اعمال حذف جوانه های جانبی یک‌مرتبه برای هر تیمار انجام میگرفت بدین صورت در دوره‌ای که جوانه ها رشد

[1] Carbendazim
[2] Abamectin

جدول۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از انجام آزمایش (برای تیمار کاشت در مزرعه).

Table 1. Soil physical and chemical characteristics before experiment.

شاخص واکنش PH	درصد اشباع Saturation Percentage(%)	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	کربن آلی O.C(%)	ازت کل Total N (%)	فسفر P(ppm)	پتاسیم K(ppm)	بافت Texture
۷/۶	۵۷/۲۲	۰/۶۳	۱/۲	۰/۱۲	۱۲/۲۵	۴۱۱/۷	لومی-رسی Lom-sand

داشتند جوانه‌های جانبی که بزرگ و نمایان می‌شدند حذف گردید. اعمال حذف جوانه های جانبی یک‌مرتبه برای هر تیمار انجام میگرفت بدین صورت در دوره‌ای که جوانه ها رشد داشتند جوانه های جانبی که بزرگ و نمایان می‌شدند حذف گردید. در گیاهانی که در مزرعه کشت شده بودند بدین صورت که خاک اطراف بنه‌ها کنار زده و جوانه‌هایی که رشد کرده بودند از روی بنه‌ی زعفران حذف و بعد دوباره خاک به محل اولیه آورده می‌شد. آبیاری اول پس از کاشت به روش غرقابی در تاریخ ۹مهرماه صورت گرفت.

مدیریت کشت ایروپونیک

دمای محیط سالن کشت توسط دماسنج دیجیتال بطور روزانه قرائت می گردید. از زمان خروج بنه‌ها از خاک مزرعه (تاریخ ۱۵ مرداد) بنه‌ها به مدت ۵۰ روز در انبار دارای تاریکی مطلق با دمای بین ۱۹-۲۳ درجه سانتیگراد و رطوبت ۷۰-۸۰ درصد نگهداری شدند. بنه-ها در تاریخ ۱۰ مهرماه از انبار به سالن کشت منتقل شدند. دمای سالن کشت در زمان انتقال بنه‌ها از انبار به سالن کشت، ۲۱ تا ۲۵ درجه سانتیگراد و رطوبت ۷۰ تا۹۰ درصد تنظیم شد (Fallahi et al., 2021). پس از اینکه جوانه‌های بنه‌ها در سالن کاشت بین ۲-۳ سانتی-متر رشد نمودند (مشخصه های رشد جوانه‌ها به صورت نوک تیز و سفید رنگ) در طول یک بازۀ زمانی یک هفته‌ای آرام آرام نور وارد سالن کاشت گردید و دما به ۱۰ تا ۱۳ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۸۰ درصدی تغییر یافت. رطوبت مورد نیاز فقط از طریق مه‌پاشی با دستگاه رطوبت ساز تأمین شد و تماس آب به صورت مستقیم با بنه زعفران صورت نمی‌گرفت. فراهمی نور با دو عدد لامپ ۳۰ وات LED سفید و زرد به صورت روزانه ۸ ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی بود. در طول اعمال تیمارها هیچ گونه مادۀ غذایی به بنه‌ها داده نشد.

صفات مورد مطالعه

شروع گلدهی در مزرعه در تاریخ ۱۱ آبان بود و به مدت۱۲ روز ادامه داشت. در محیط کنترل شده نیز گلدهی گیاه در بازه زمانی ۲۵ آبان تا ۵ آذر صورت گرفت. با شروع گلدهی هر روز گل‌های هر تیمار به طور جداگانه شمارش و سپس برداشت شد. برداشت گل در مزرعه قبل از طلوع آفتاب و در سالن کاشت در ساعت ۸ تا ۱۰ صبح صورت می گرفت. هر روز صفات تعداد گل، وزن ترگل، وزن تر مادگی (خامه + کلاله)، وزن تر کلاله و خامه برای هر کرت یا سینی کاشت تعیین شد. در پایان دوره گل دهی عملکرد خشک خامه و کلاله تعیین شد و از کلاله‌های حاصله برای تعیین کیفیت استفاده شد. مواد مؤثره اصلی کلاله زعفران شامل کروسین (عامل رنگ)، و سافرانال (عامل عطر) به روش اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری شدند. تجزیه شیمیایی براساس روش ایزو ۳۶۳۲ که استاندارد ملی ایران به شماره ۲- ۲۵۹ از آن اقتباس شده است، انجام گرفت. بر اساس 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 همزن مغناطیسی حل و میزان جذب در طیف های ۳۳۰ (سافرانال) و ۴۴۰ (کروسین) نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه گیری شد (ISO 3632, 2003) برای محاسبه از فرمول زیر استفاده شد:

$$X=A/M\times 100$$

X : میزان ترکیب کیفی مشخص بر حسب درصد، A : عدد قرائت شده توسط دستگاه و M: وزن خشک کلاله بر حسب میلی‌گرم.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر بستر کاشت و تعداد جوانه رأسی بنه بر خصوصیات گلدهی زعفران

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for the effect of planting substrate and the number of apical buds on the flowering characteristics of saffron

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد گل Number Of flower	وزن تر گل Fresh weight of flower	وزن خشک کلاله Dry weight of stigma	وزن خشک خامه Dry weight of style	وزن خشک مادگی Dry weight of pistil
تکرار Replication	2	1	0.164	8.86	4.4	0.0001
بستر Cultivation bed	1	972 **	12.31 **	0.106 **	0.002 **	0.137 **
حذف جوانه-های جانبی buds removing laterales.	1	147 **	28.44 **	0.001 *	0.0001 **	0.003**
بستر*حذف جوانه های جانبی Cultivation bed * buds removing laterales	1	96.33 **	13.03 **	0.002 **	5.39 *	0.003 **
خطا Error	6	0.111	0.329	0.0001	1.15	0.0001
ضریب تغییرات درصد (%)CV		0.017723	0.044357	0.069677	0.103852	0.06536

ns,** و * اثر معنی‌داری بترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد. ns اثر معنی‌داری ندارد.

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

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری با نرم افزار SPSS16 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

مطابق با نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثرات اصلی نوع بستر کاشت و تعداد جوانه رأسی بنه بر تمامی صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. همچنین اثرات متقابل نوع بستر و تعداد جوانه به جز وزن تر خامه بر سایر صفات در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۲).

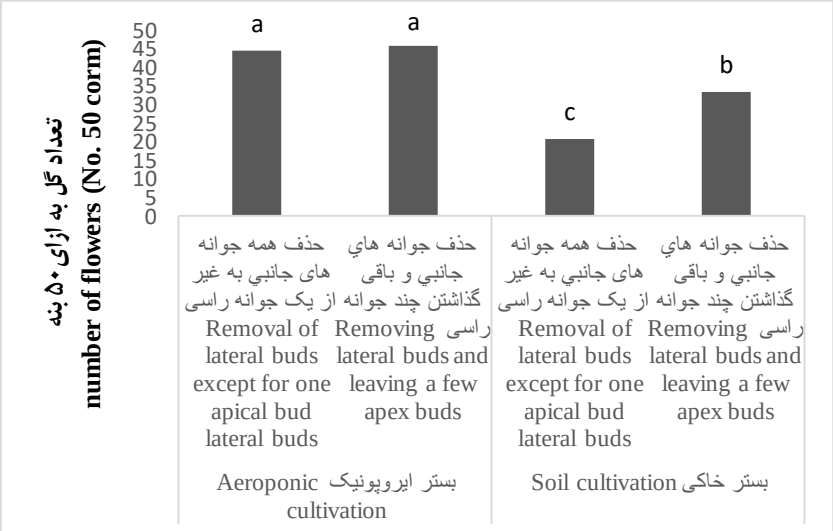
تعداد گل

این صفت در سطح احتمال ۵ درصد تحت تأثیر حذف جوانه جانبی (تعداد جوانه راسی) و بستر کشت و اثر متقابل بستر کشت و حذف جوانه راسی قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد تعداد گل در کشت آیروپونیک نسبت به کشت مزرعه‌ای ۴۰ درصد بیشتر می‌باشد. همچنین مشخص گردید که در بستر کشت آیرپونیک در تیمارهایی که جوانه‌های جانبی آنها حذف نشده بودند، تعداد گل نسبت به تیمار حذف همه جوانه‌های جانبی به جز یک جوانه راسی بیشتر بود. در کشت مزرعه‌ای تیمار بنه‌هایی که همه جوانه‌های جانبی آنها حذف شده به جز یک جوانه راسی نسبت به تیمار حذف جوانه های جانبی به جز چند جوانه راسی تعداد گل کمتری مشاهده شد (شکل ۱).

یکی از موارد تولید بیشتر گل در کشت آیروپونیک ایجاد جوانه‌های راسی بیشتر می‌باشد. یکی از دلایل احتمالی این موضوع می‌تواند تولید و یا انتقال کمتر اکسین از جوانه انتهایی در تاریکی مطلق بستر و در نتیجه افزایش تعداد گل باشد. نتایج این تحقیق با بررسی برخی پژوهشگران مطابقت دارد. پژوهشگران در بررسی سیستم کاشت بدون خاک و سیستم خاکی نشان دادند که تعداد گل در سیستم بدون خاک بیشتر بود به طوری که در سیستم خاکی ۶ درصد بنه های کاشته شده و در سیستم بدون خاک ۳۸ درصد بنه های تولید گل کردند (Aghhavani-Shajar et al.,2021). در هر بنه زعفران علاوه بر جوانه انتهایی تعدادی جوانه جانبی وجود دارد و معمولاً جوانه های جانبی رأسی منجر به تولید گل می شوند (Molina et al., 2004). در پژوهش حاضر در کشت خاکی عدم حذف جوانه جانبی نسبت به حذف جوانه جانبی گل بیشتری مشاهده شد که با پژوهش حسینی و همکاران (Hosayni et al., 2015) مطابقت دارد. آنها بیان کردند که در شرایط بستر کشت خاکی تیمارحذف جوانه‌های جانبی به جز چند جوانه راسی سبب رشد جوانه‌های بیشتر و تولید برگ بیشتر شد.

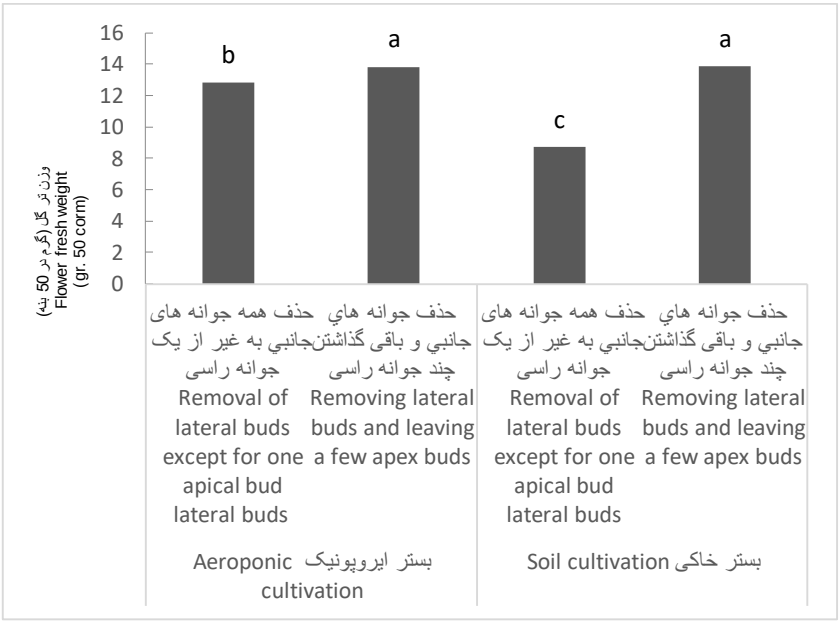
وزن ترگل

وزن تر گل (عملکرد گل تر) به طور معنی‌داری تحت تاثیر بستر کشت و حذف جوانه جانبی قرار گرفت (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین، بیشترین وزن تر گل در کشت مزرعه در تیمار حذف جوانه‌های جانبی به جز چند جوانه راسی مشاهده گردید. گرچه با تیمار حذف همه ی جوانه‌های جانبی به جز یک جوانه راسی در کشت آیروپونیک اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۲). شاید یکی از دلایلی که در تیمار مزرعه ای وزن تر گل بیشتر بوده به خاطر بارندگی و رطوبت زیاد در زمان برداشت گل‌ها باشد. محققین با مقایسه سه سیستم کشت (آیروپونیک، هیدروپونیک و خاکی) روی گیاه زعفران بیان کردند که زعفران کشت شده در سیستم آیروپونیک و هیدروپونیک نسبت به کشت خاکی عملکرد و کیفیت بنه بهتری داشت (Souret & Weathers, 2000). محققین با بررسی سیستم های کشت هیدروپونیک و خاکی بیان کردند در گل رز شاخه بریده، سیستم هیدروپونیک نسبت به سیستم کشت خاکی دارای برتری عملکرد کیفی و کمی بود. همچنین قطر جام گل در بستر کشت هیدروپونیک نسبت به خاکی بطور معنی داری افزایش یافت (Banijamali, 2009). پژوهشگران در بررسی سیستم کاشت بدون خاک و سیستم خاکی زعفران نشان دادند که پارامترهایی همچون میانگین وزن گل و عملکرد گل در سیستم بدون خاک نسبت به سیستم کاشت خاکی بیشتر بود (Aghhavani-Shajar et al., 2021).



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر نوع سیستم کشت و تعداد جوانه رأسی بر تعداد گل زعفران به ازای ۵۰ بنه.

Fig 1. Comparison of the average effects of treatments on the number of saffron flowers(50 corm).



شکل۲. مقایسه میانگین اثرات تیمارها بر وزن تر گل زعفران.

Fig 2. Comparison of the average effects of treatments on fresh weight of saffron flower.

وزن خشک کلاله

این صفت به طور معنی‌داری تحت تاثیر بستر کشت و حذف جوانه قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در بین بسترهای کشت، روش کشت آیروپونیک تأثیر بیشتری بر وزن خشک کلاله دارد به طوریکه در تیمار بستر کشت ایروپونیک نسبت به تیمار مزرعه یک اختلاف ۷۰ درصدی در وزن خشک کلاله مشاهده شد. بیشترین وزن خشک کلاله (۰/۳۱۳ گرم در ۵۰ بنه زعفران) در تیمار بستر کشت آیروپونیک و حذف همه جوانه‌های جانبی به جز یک جوانه راسی مشاهده شد گرچه با تیمار کشت آیروپونیک و حذف جوانه‌های جانبی به جز چند جوانه راسی اختلاف زیادی ندارد. کمترین وزن خشک کلاله (۰/۰۹۷ گرم در ۵۰ بنه زعفران) در تیمار مزرعه‌ای با حذف همه جوانه‌های جانبی به جز یک جوانه راسی مشاهده گردید (شکل ۳). این تحقیق با نتایج فلاحی و همکاران (Fallahi et al., 2023) مطابقت دارد. آنها بیان کردند که در سیستم کشت هیدروپونیک عملکرد کلاله زعفران حدود ۱۴ درصد بیشتر از مزرعه می‌باشد. در تحقیق دیگری با بررسی تاثیر بستر کشت و حذف جوانه‌های جانبی بر زعفران نشان داد که بستر کشت پرلیت نسبت به کشت خاکی عملکرد بیشتری دارد همچنین در بستر کشت خاکی بنه‌هایی که جوانه جانبی آنها حذف شده بودند نسبت به بنه‌های با عدم حذف جوانه‌های جانبی عملکرد کمتری داشتند (Hosayni et al., 2015).

عملکرد خشک خامه

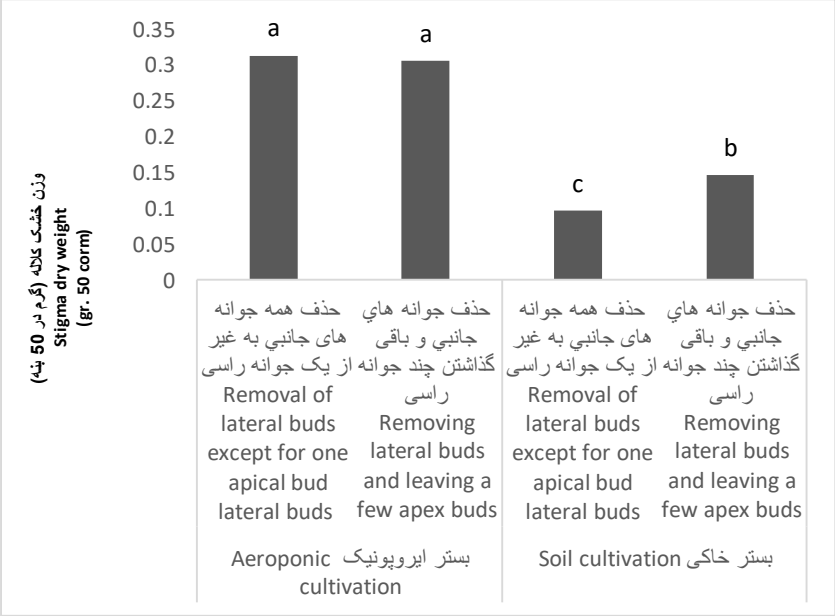
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد تیمار بستر کاشت و جوانه گیری بر وزن خشک خامه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در بین بسترهای کشت، بستر کشت آیروپونیک تأثیر بیشتری بر وزن خشک خامه دارد به طوریکه بیشترین مقدار وزن خشک خامه (۰/۰۵۱ گرم) در تیمار کشت آیروپونیک و حذف جوانه-های جانبی به جز چند جوانه راسی مشاهده و کمترین مقدار (۰/۰۲۱ گرم) این صفت در تیمار مزرعه و حذف جوانه‌های جانبی مشاهده گردید. همچنین طبق این نتایج، در کشت مزرعه‌ای وزن خشک کلاله عملکرد ضعیفی دارد به طوریکه در هر دو تیمار حذف همه‌ی جوانه جانبی به جز یک جوانه راسی و حذف جوانه‌های

جانبی بخ جز چند جوانه راسی کمترین مقدار مربوط به این صفت مشاهده شد (شکل ۴).

در آزمایشی تولید زعفران و ترکیب‌های آن در سه محیط کشت (هیدروپونیک، آیروپونیک و خاکی) مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج آزمایش آنها نشان داد که وزن خشک بنه‌ها در کشت هیدروپونیک و آیروپونیک در مقایسه با شرایط کشت در خاک بیشتر بود. تولید کلاله زعفران و غلظت اصلی ترکیب های موجود در کلاله زعفران در سه روش کاشت مشابه بود. در نتیجه آنها پیشنهاد کردند که از روشهای کشت هیدروپونیک و آیروپونیک برای استخراج ترکیب‌های دارویی از زعفران استفاده گردد (Souret & Weathers,2008). قابلیت تولید زعفران در کشت هیدروپونیک توسط مگیو و همکاران (Maggio et al., 2006) گزارش شده است.

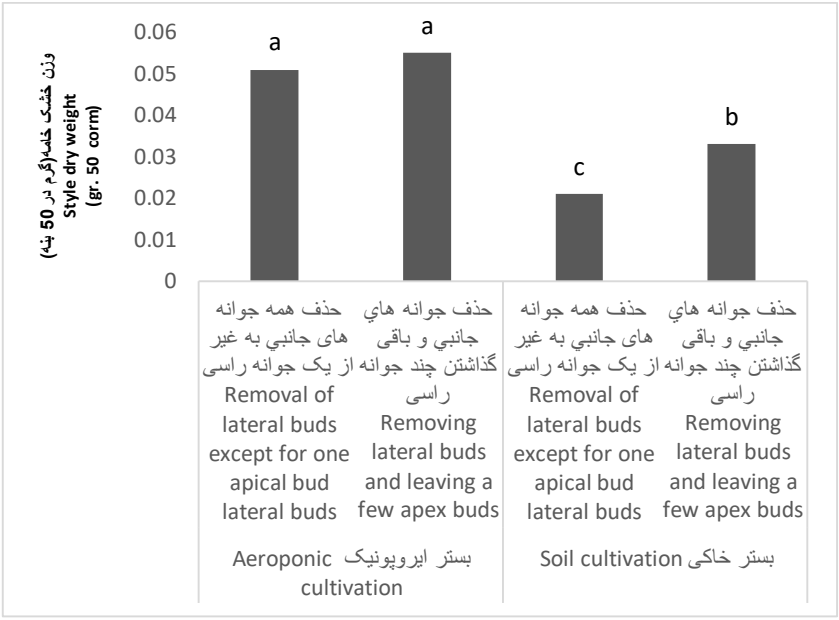
عملکرد خشک مادگی (کلاله و خامه)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد که در تیمار بستر کاشت و جوانه‌گیری بر وزن خشک کلاله و خامه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بستر کشت آیروپونیک تاثیر بیشتری بر وزن خشک کلاله و خامه نسبت به بستر مزرعه‌ای دارد به طوریکه بیشترین مقدار این صفت (۰/۳۶۴ گرم) در تیمار آیروپونیک و حذف همه جوانه‌های جانبی به جز یک جوانه راسی مشاهده شد گرچه با تیمار آیروپونیک و بدون حذف جوانه‌های جانبی اختلاف معنی‌داری نشان نداد و کمترین مقدار (۰/۱۱۸ گرم) در تیمار مزرعه و حذف همه جوانه‌های جانبی به جز یک جوانه راسی مشاهده گردید (شکل ۵). نتایج این تحقیق نشان داد که سیستم آیروپونیک سیستم مناسبی برای رشد گیاه دارویی زعفران می‌باشد، که با نتایج دورایس و همکاران (Dorais et al., 2001) و فلاحی (Fallahi, 2022) که بسیاری از گیاهان دارویی همچون زعفران را در سیستم‌های بدون خاک مطالعه کردند، مطابقت دارد. پاگیلارلو و همکاران (Pagilarulo et al., 2005) نشان دادند که کشت آئروپونیک اکیناسه و بیدمشک در مقایسه با تولید مزرعه دارای عملکرد برتر است. نتایج آزمایش‌های گیاه کاسنی، ویتانیا و اکیناسه نشان داد که سیستم آئروپونیک در مقایسه با تولید خاکی، توانایی عملکردی بالاتری را دارد (Movahedi & Rostami, 2020). براساس شواهد موجود، نرخ رشد اکثر گیاهان در این روش دو برابر بیشتر از کشت خاکی است. همچنین رشد اکثر گیاهان در سیستم هواکشت تا ۳ برابر سریعتر از سایر سیستمهای آبکشت است (Hayden, 2006).



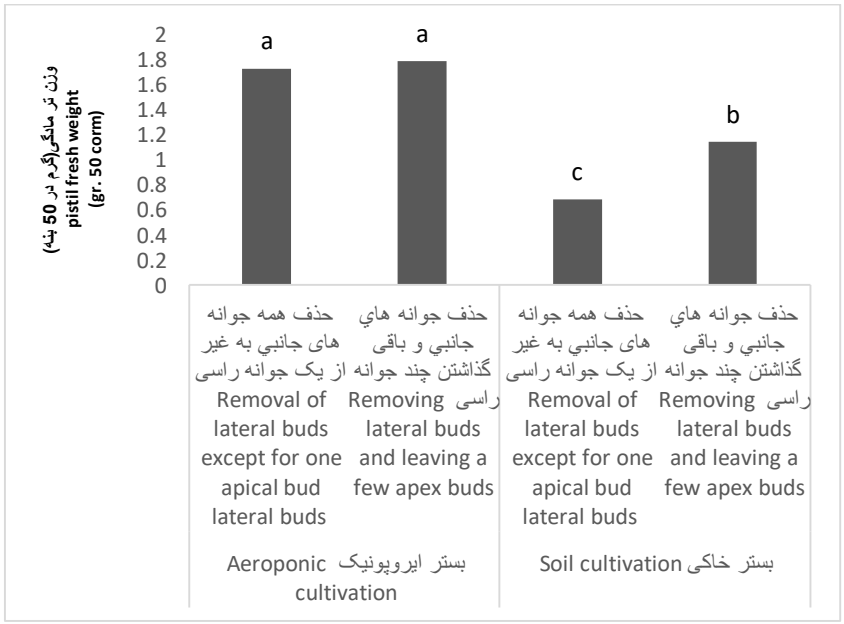
شکل۳. مقایسه میانگین اثرات تیمارها بر وزن خشک کلاله زعفران.

Fig 4. Comparison of the average effects of treatments on dry weight of saffron stigma.



شکل۴. مقایسه میانگین اثرات تیمارها بر وزن خشک خامه زعفران.

Fig 5. Comparison of the average effects of treatments on the dry weight of saffron style.



شکل۵. مقایسه میانگین اثرات تیمارها بر وزن خشک کلاله و خامه زعفران.

Fig 6. Comparison of the average effects of treatments on dry weight of saffron pistil .

سیستم هواکشت به طور معنی‌داری عملکرد کاسنی را در مقایسه با کشت خاکی افزایش داده است (Movahai and Moeini, 2018) که با نتایج این تحقیق مشابهت دارد. در تحقیقی روی گیاه گزنه، میزان رشد اندام هوایی ۷۲٪ و ریشه ۱۴۰ ٪در سیستم هواکشت در مقایسه با تولید آن در کشت خاکی افزایش یافت (Pagilarulo et al., 2005). در مطالعه‌ای که در گیاه سنبل الطیب انجام شده است، رشد این گیاه به‌طور معنی‌داری در سیستمهای بدون خاک در مقایسه با تولید آن در خاک بهتر بوده است (Tabatabaei, 2008). همچنین طی آزمایش دیگری افزایش عملکرد گیاهان خیار، گوجه‌فرنگی، اسفناج، کلم قرمز و فلفل در سیستم هواکشت در مقایسه با تولید آن در خاک به اثبات رسیده است (Chandra et al., 2014). یکی از

دلایل افزایش عملکرد در کشت آیروپرونیک این می-باشد که در کشت آیروپونیک اکسیژن ناحیه ریشه، بهره‌وری گیاه و هوادهی ناحیه ریشه با اجازه دادن به تنفس ریشه از بهره‌وری گیاه پشتیبانی می-کند (Armstrong, 1980; Soffer et al., 1991). کاهش اکسیژن ناحیه ریشه باعث کاهش عملکرد، سرعت رشد و جذب مواد معدنی و آب می‌شود (Rosen & Carlson, 1984, Soffer et al., 1991). در سیستم‌های رشد بسته، هوادهی همچنین از ترشح هورمون‌های گازی مانند اتیلن که می‌توانند رشد را مهار کنند، جلوگیری می‌کند (Weathers & Zobel, 1992؛ Raviv et al., 2008). آئروپونیک امکان افزایش مصنوعی O_2 ناحیه ریشه را برای افزایش عملکرد فراهم می کند. یک مطالعه در گوجه‌فرنگی و خیار یک رابطه خطی مثبت را بین غلظت O_2 ناحیه ریشه و سرعت رشد شناسایی کرد (Nichols et al., 2002).

بررسی کروسین (شاخص رنگ) و سافرانال (شاخص عطر) در زعفران

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد بستر کاشت زعفران بر شاخص کیفی کلاله زعفران شامل مولفه عطر (سافرانال) و رنگ (کروسین) در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد در هر دو تیمار (بستر کشت و حذف جوانه‌ها) میزان کروسین در کشت آیروپونیک نسبت به تیمار مزرعه بیشتر می‌باشد. بیشترین میزان کروسین (۲۶/۶ درصد در هر گرم) در تیمار بستر کشت آیروپونیک با حذف جوانه‌های جانبی بوده که اختلاف ۳۳ درصدی را نسبت به کمترین مقدار کروسین (۱۷/۹ درصد در هر گرم) در تیمار بستر کشت مزرعه و حذف جوانه‌های جانبی به جز چند جوانه راسی دارا می‌باشد (شکل ۶). طبق نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین مقدار سافرانال (۳۷/۲۶ درصد) در تیمار بستر کشت ایروپونیک با حذف همه جوانه‌های جانبی به جز یک جوانه راسی به دست آمده است (شکل ۷). همچنین نتایج آزمایش نشان داد کشت زعفران در بستر آیروپونیک، مقدار عطر کلاله که یک شاخص مهم در زعفران می باشد را می‌تواند افزایش دهد.

در مطالعه با بررسی میزان کروسین و سافرانال در کشت آیروپونیک و خاکی دریافتند که میزان کروسین وسافرانال تفاوت معنی داری با هم ندارند ولی میزان کروسین در کشت آیروپونیک بیشتر از خاکی بود (Ebrahimi et al., 2021). از جمله مواد متشکله مهم در زعفران کروسین و سافرانال است که کروسین موجب رنگ و سافرانال موجب عطر در زعفران می‌شود که این مواد موثره در زعفران از دو روش غیرموالونیک اسید (MEP) در پلاستیدها که مواد اولیه تشکیل کارتنوئیدها را به وجود می‌آورد و موالونیک اسید در سیتوپلاسم بیوسنتز می شود بر عهده دارند (Wang et al., 2009). روش ایروپونیک برداشت آسان و با نظافت بهتر انجام می گیرد و با کنترل عوامل محیطی امکان برداشت مکرر را فراهم می کند (Mehravaran, 2003). شاید یکی از دلایل مهم در اینکه کیفیت کلاله زعفران کشت شده در آیروپونیک نسبت به مزرعه بیشتر می‌باشد این است که در کشت آیروپونیک برداشت به صورت کنترل شده و بهداشتی و همچنین در زمان تاریکی و عدم نور مستقیم بر کلاله زعفران می‌باشد. نتایج به‌دست آمده در این پژوهش با تحقیقات انجام شده توسط دیگران مطابقت دارد. محققین با بررسی تاثیر شرایط محیط کشت و نگهداری زعفران بیان کردند که نگهداری کلاله در سایه و بدور از نور باعث افزایش کروسین می شود (Jaymand et al., 2007). در بررسی محقیق بر روی کشت آیروپونیک و خاکی دریافتند که میزان بازدهی مثبت در استخراج زعفران در کشت ایروپونیک ۵۵ درصد و در کشت خاکی ۳۵ درصد می باشد. همچنین دریافتند که در کشت بدون خاک، زعفران بدست آمده دارای مرغوبیت بهداشتی بالاتر، عطر، رنگ و طعم بیشتری نسبت به کشت خاکی دارد (Rohi & Salehinajafabadi, 2018). در تحقیقی بیان شد که از نظر خصوصیات ظاهری (شاخصهای رنگ هانتر)کلاله بدست آمده از محیط کنترل شده دارای میزان**a**و**b** بیشتری نسبت به مزرعه بود که بیانگر قرمزتر بودن کلاله حاصل از محیط هیدروپونیک می باشد (Fallahi et al., 2023). برخی محققین بر دیگر گیاهان نتایج مشابهی با این تحقیقت داشتند از جمله اینکه با بررسی گیاه باباآدم در شرایط کشت آیروپونیک دریافتند که مقدار کلروژنیک اسید گیاه باباآدم تولید شده در شرایط هواکشت در مدت ۶

ماه برابر مقدار کلروژنیک اسید گیاهان دوساله در شرایط نرمال بود (Hayden et al., 2004). ماده مؤثره گیاه دارویی شیرین بیان که در سیستم کشت جریان عمیق (Deep Flow Technique, DFT) و کشت گلدانی رشد کرده، در ۶ ماه اول رشد سنتز گردیده بودند. این در صورتی است که گیاه شیرین بیان در شرایط عادی از سالهای سوم و چهارم تولید ماده مؤثره را دارد (Afreen et al., 2005).

در تحقیقی با استفاده از کشت بدون خاک در گیاه داتوره در طی ۲۷ روز مقدار ۱۸۰ میلی گرم ترکیبات دارویی آلکالوئیدی بدست‌آمده است، علاوه بر این در کشت گیاه سرخدار با همین روش و از طریق افزودن ماده توئین ۲۰ به محلول غذایی به مدت ۲۴ ساعت ماده دارویی Paclitaxel حاصل از ریشه حدود ۱۰ برابر افزایش یافته است (Gontier et al., 2002).

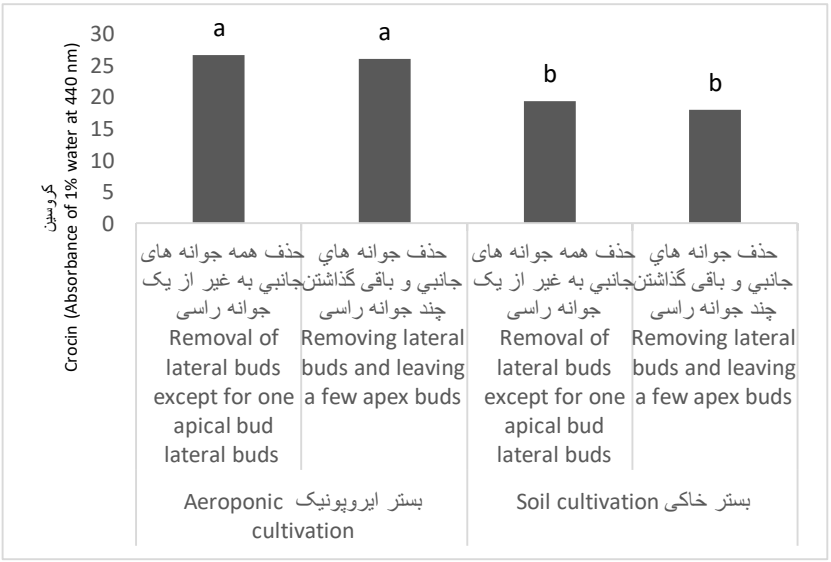
جدول ۳. تجزیه واریانس (مانگین مربعات) صفات کیفی زعفران تحت تاثیر بستر کشت و جوانه گیری.

Table 3. Variance analysis of quality traits of saffron under the influence of cultivation bed and remove buds.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	سافرانال Safranal	کروسین Crocin
تکرار Replication	2	1	0.164
بستر Cultivation bed	1	0.051 ns	12.31 **
حذف جوانه‌های جانبی Buds removing laterales	1	1.904**	332.38**
بستر*حذف جوانه های جانبی Cultivation bed * buds removing laterales	1	16.38**	44.14**
خطا Error	6	0.041	0.151
ضریب تغییرات CV	-	6.24	4.64

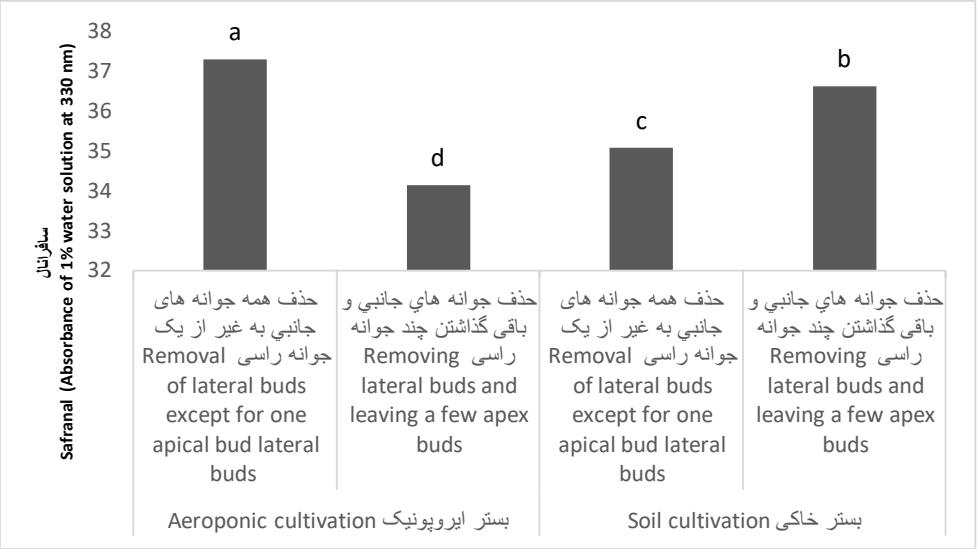
ns,** و * اثر معنی‌داری بترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد. ns اثر معنی‌داری ندارد.

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



شکل۶. مقایسه میانگین اثرات تیمارها بر میزان کروسین در زعفران.

Fig 7. Comparison of the average effects of treatments on percentage of crocin in saffron .



شکل۷. مقایسه میانگین اثرات تیمارها بر میزان سافرانال در زعفران.

Fig 8. Comparison of the average effects of treatments on safranal percentage in saffron.

نتیجه گیری

تولید زعفران به عنوان یک محصول با ارزش در چند سال اخیر در استان کهگیلویه و بویراحمد مورد استقبال کشاورزان این منطقه قرار گرفته است. مهمترین هدف از توسعه کشت زعفران تغییر الگوی کشت به‌دلیل محدود بودن نیاز آبی زعفران به خصوص در مناطق کم آب است. نتایج این مطالعه نشان داد که زعفران کاشته شده در بستر کشت آیروپونیک از کمیت و کیفیت بالایی در مقایسه با کشت مزرعه ای است که البته این کیفیت بسته به نوع تیمارها تا حدی متفاوت می‌باشد. نتایج نشان داد که به‌کارگیری روشهای جدید کشت از قبیل آیروپونیک در مقایسه با روش سنتی، تاثیر معنی-داری بر خصوصیات کمی و رنگ و عطر زعفران تولیدی دارد. بهترین روش کشت زعفران در این طرح کشت آیروپونیک و عدم حذف جوانه های جانبی مشخص گردید که در برخی صفات تا دوبرابر عملکرد نسبت به کشت مزرعه ای نشان داد. به هر ترتیب می‌توان چنین نتیجه گرفت که با توجه به ظرفیت بالای منطقه و از طرفی کمیت و کیفیت مطلوب زعفران کشت شده در روش آیروپونیک می‌توان با بهینه سازی و استفاده از روش کشت آیروپونیک، محصولی با کمیت و کیفیت بالا به بازار عرضه نمود.

منابع

Afreen, F., Zobayed, S.M.A., & Kozai, T. (2005). Spectral quality and UV-B stress stimulate glycyrrhizin concentration of *Glycyrrhiza uralensis* in hydroponic and pot system. *Plant Physiol. Biochem*. 43(12), 1074-1081.

Aghhavani-Shajari,M., Fallahi, H.R., Sahabi, H., Kaveh, H., & Branca, F. (2021). Production systems and methods affect the quality and the quantity of saffron (*Crocus sativus* L.). *Spanish Journal of Agricultural Research.* 19(1), 1-14.

Armstrong W. (1980). Aeration in higher plants. *Advances in Botanical Research* 7, 225– 331

Bani Jamali, S.M. (2009). Comparison of different soilless (hydroponic) and soil cultivation systems on the performance of cut rose in greenhouse conditions. First National Congress of Hydroponics and Greenhouse Productions. https://civilica.com/doc/97219/. [In Persian]

Behdani, M.A., & Falahi, H.R. (2014). Saffron: technical knowledge based on research approaches. Birjand University Press.412p. [In Persian]

Cavusoglu, A., Erkel, E.I., & Sulusogulu, M. (2008). Saffron (Crocus sativus L.) studies with two mother corm dimensions on yield and harvest period under greenhouse conditions. The1st international symposium on medicinal plants. 15-16 October, Jordan.

Çavusoglu, A., Iclal Erkel, E., & Suiusoglu, M. (2009). Saffron (Crocus sativus L.) Studies with Two Mother Corm Dimensions on Yield and Harvest Period Under Greenhouse Condition. American-Euras ian Journal of Sus tainable Agriculture, 3(2), 126-129.

Chandra, S., Khan, S., Avula, B., Lata, H., Yang, MH., Elsohl. MA., & Khan. IA. (2014). Assessment of total phenolic and flavonoid content, antioxidan.t properties, and yield of aeroponically and conventionally grown leafy vegetables and fruit crops: a comparative study. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine, 253-875.

Chang, DC., Park, CS., Kim, SY., Lee, YB. (2012). Growth and tuberization of hydroponically grown potatoes. *Potato Research*, 55, 69– 81.

Dorais, M., Papadopoulos, A. P., Leonhart, S., Gosselin, A., & Gaudrean, L. (2001). Greenhouse production of medicinal plant in northeastern Canada. *Acta Hort*, 554, 297-303.

Doss, R.P. (1979). Some aspects of daughter bulb growth and development and apical dominance in bulbous. *Plant and Cell Physiology*, 20(2), 387-394.

Ebrahimi, M., Pouyan,M., Hosseini, 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]

Fallahi, H.R., Aghhavan- Shajari, M., Sabahi-Bajestani, M., Meysamizadeh, M., Ziba, Narges., Abgarmi, M., & Moradi-Moghaddam, S. (2023). Comparison of Flowering and Color Parameters of Saffron Stigma Obtained from Hydroponic and Open-Field Production Systems. *Journal of Saffron Research*, 11(1), 94-107. [In Persian]

Fallahi, H.R (2022). Evaluation of Flowering Potential of Saffron Corms in Different Weight Groups under Hydroponic Conditions. *Journal of Saffron Research*. 10 (2), 331-344. [In Persian]

Fallahi, H.R., Abbasi Avval Bohlooli, S., Pahlavan, Z., Hosseini, S.M., Hosseini, S.A.H., & Ghohestani-Bojd, P. (2021). Saffron vegetative growth as affected by transplanting and direct corm planting under field conditions. *Journal of horticulture and postharvest research*. 4: 1-10.

Gontier, E., Cle´ment, A., Tran, T. L. M., Gravot, A., Lie`vre, K., Guckert, A., & Bourgaud., F. (2002). Grown leafy vegetables and fruit crops: A comparative study. Hindawi Publishing Corporation. Evid. Based Compl. Altern. Med, 1-9.

Gontier, E., Cle´ment, A., Tran, T. L. M., Gravot., A, Lie`vre., K. Guckert A. & Bourgaud, F. (2002). Hydroponic combined with natural or forced root permeabilization: a promising technique for plant secondary metabolite production. *Plant Science*, 163, 723-732.

Hayden, A. (2006). Aeroponic and hydroponic system for medicinal herb, rhizome and root crope. Hort science, 41 (3), 536-538.

Hayden, A.L., Giacomelli, G.A., Yokelson, T., & Hoffmann, J.J. (2004). Aeroponics: An alternative production system for high-value root crops. Acta Hort, 629, 207-213.

Hilal Beigi, Y., Khosh Govtar Menesh, A.H., Shamsi, F., & Zamani, N. (2009). The possibility of growing saffron corms in different cultivation substrates in a soilless system. Proceedings of the first hydroponic congress in greenhouse production. Isfahan University of Technology. [In Persian]

Hosseini, S.M., Soroushzadeh, A., & Modares sanavi, S.A.M. (2015). Investigating the effect of cultivation bed, removal of lateral buds and size of mother tuber on the production of daughter tuber and morphological traits of saffron (Crocus sativus L.). *Bimonthly scientific-research journal of medicinal and aromatic plants of Iran*, 31 (2), 194-203. [In Persian]

Jaimand, K., Rezaei, M.B., & Najafi Ashtiani, A. (2007). The effect of storage time of saffron stigma on the composition of Crocin. Scientific-Research Quarterly. *Journal of Iranian Medicinal and Aromatic Plants*, 23(2), 268-262. [In Persian]

Maggio, A., Raimondi, G., Martino, A. & De Pascale, S., (2006). Soilless cultivation of saffron in Mediterranean environment. *Acta Horticulturae*, 718, 515-522.

Malafilabi A., & Rizvani Moghadam, P. (2013). comparing and investigating the effect of corm density and weight on saffron yield and yield components in soil and hydroponic beds in plastic tunnel, *Saffron Agriculture and Technology Journal*, 1(2), 14-28. [In Persian]

Mehravaran, H. (2003). Technology and entrepreneurship in hydroponics. Urmia Academic Jahad Publications, 296 pages. [In Persian]

Mohadi, Z., & Moini, A. (2018). Comparing the production of chicory plant (Cichoirium intybus L.) under air and soil conditions and investigating the effect of NAA on its morphological characteristics in the air culture system. *Scientific-research journal of agriculture and plant breeding*, 14(1), 94-87. [In Persian]

Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Garcia-Luis, A., & Guardiola, J.L. (2004). Extending the harvest period of saffron. *Acta Horticulturae*, 650, 218-225.

Mollafilabi, A. (2012). Effect of extensive range of corm weights on yield components and flowering characters of saffron (*Crocus*

sativus L.) under greenhouse conditions. In 4th international safron symposium. October, Kashmir, India. 22-25.

Movahedi, Z., & Rostami, M. (2020). Production of Some Medicinal Plants in Aeroponic System. *Journal of Medicinal Plants and By-products*. 1, 91- 99. [In Persian]

Nichols, M.A., Woolley, D.J., & Christie, C.B. (2002). Effect of oxygen and carbon dioxide concentration in the root zone on the growth of vegetables. *Acta Horticulturae*. 578, 119– 122.

Pagilarulo, C. L., Hayden, A. L., & Giacomelli, G. A. (2005). Potential for greenhouse aeroponic cultivation of Urtica Dioica. *Acta Hort*, 659,61–69.

Pessarakli, M.M., & Dris, R. (2003). Effect on pruning and spacing on yield and quality of eggplant. Food, *Agriculture and Environment*, 1(2), 650-653. [In Persian]

Raviv, M., Lieth, J.H., Batal, A., & Siber, A. (2008). Growing plants in soilless culture: operational conclusions. In: M Raviv, JH Lieth, eds. *Soilless culture: theory and practice*. Amsterdam, the Netherlands: Elsevier, 545– 571.

Ritter, E., Angulo, B., Riga, P., Herrán, C., Relloso, J., & San Jose, M. (2001). Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato minitubers. *Potato Research*, 44, 127– 135.

Rohi, Z., & Salehi Najafabadi, Kh. (2018). Investigation and comparison of one-year yield of saffron cultivation by two methods of air cultivation (aeroponics) and soil cultivation (row cultivation) in Najaf Abad city, 6th international conference of applied researches in agricultural sciences, Tehran. https://civilica.com/doc/865640. [In Persian]

Rosen, C.J., & Carlson, R.M., (1984). Influence of root zone oxygen stress on potassium and ammonium absorption by Myrobalan plum rootstock. *Plant and Soil*, 80, 345– 353.

Soffer, H., Burger, D.W., & Lieth, H. (1991). Plant growth and development of *Crysanthemum* and *Ficus* in aero-hydroponics: response to low dissolved oxygen concentrations. *Scientia Horticulturae*, 45, 287– 294.

Sourel, F., & Weathers, P.J. (2000). The growth of saffron (*Crocus sativus* L.) in aeroponics and hydroponics. Journal of herbal, *spices and medicinal plants*, 7(3), 113- 127.

Souret, F.F., & Weathers, P.J. (2008). The growth of saffron (*Crocus sativus* L.) in aeroponics and hydroponics. Journal of Herbs, *Spices & Medicinal Plants*, 7(3), 25-35.

Tabatabaei, S. J. (2008). Effects of cultivation systems on the growth, and essential oil content and composition of valerian. Journal of Herbs, *Spices & Medicinal Plants*, 14(1-2), 54-67.

Tavakoli, A., Soroushzadeh, A., & Ghorbani Javid, M. (2013). Effect of bud removal and corm size on growth traits and yield of saffron (Crocus sativus L.). *Journal of Saffron Agriculture and Technology*, 1(2), 69-84. [In Persian]

Wang, M., Dong, C., & Gao, W. (2019). Evaluation of the growth, photosynthetic characteristics, antioxidant capacity, biomass yield and quality of tomato using aeroponics, hydroponics and porous tube-vermiculite systems in bio-regenerative life support systems. *Life Sciences in Space Research*, 22, 68– 75.

Wang, X., Wang, Z., Dong, J., Wang, M., & Gao, H. (2009). Cloning of a 9 -cis - epoxycarotenoid dioxygenase gene and the responses of Caragana korshinskii to a variety of abiotic stresses. *Genes and Genetic Systems*, 84,397 -405.

Weathers, P., & Zobel, R.W. (1992). Aeroponics for the culture of organisms, tissues and cells. *Biotechnology Advances*, 10, 93– 115.

COPYRIGHTS

© 2023-2024 by the authors. Published by University of Birjand – Saffron Research Group. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)