نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد دهم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۱
شماره صفحه: ۳۴۴-۳۳۱
http://dx.doi.org/ 10.22077/JSR.2022.5324.1187

مقاله پژوهشی:

ارزیابی توان گلدهی بنه‌های زعفران در گروه‌های وزنی مختلف در محیط آبکشت

حمیدرضا فلاحی[۱و۲*]
۱- عضو هیات علمی گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۲- مسئول گروه پژوهشی گیاه و تنش‌های محیطی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
[*] نویسنده مسئول: *Email: hamidreza.fallahi@birjand.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۰۵

چکیده

بخش زیادی از بنه‌های زعفران که هر ساله در مزارع کشت می‌شوند، فاقد وزن مطلوب بوده و توان بسیار کمی جهت گلدهی در شرایط مزرعه‌ای دارند. این فرضیه مطرح است که با توجه به حذف مقاومت فیزیکی خاک و نیز کنترل بهتر عوامل محیطی در سیستم آبکشت (هیدروپونیک)، امکان گل‌گیری از این قبیل بنه‌ها در محیط کنترل شده وجود داشته باشد. در همین راستا، در این تحقیق اثر وزن‌های مختلف بنهٔ مادری (۲ تا ۴، ۴ تا ۶ ، ۶ تا ۸ و ۸ تا ۱۰ گرم) بر خصوصیات گلدهی زعفران در محیط کنترل شده در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار در آزمایشگاه فیزیولوژی باغبانی دانشگاه بیرجند، مورد بررسی قرار گرفت. بنه‌ها، مرحله تولید آغازهٔ گل (گل‌انگیزی) را در خاک مزرعه سپری کردند و مرحله ظهور گل‌ها در شرایط تحت کنترل (دمای ۱±۱۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت‌نسبی ۷۵ درصد و تناوب نوری ۸ ساعت نور و ۱۶ ساعت تاریکی) و با تراکم کشت ۵۰۰ بنه در مترمربع صورت پذیرفت. صفات مورد مطالعه شامل تعداد گل، عملکرد گل، متوسط وزن گل، طول گل، طول کلاله و خامه و نیز وزن خشک کلاله، پرچم و گلبرگ بودند. نتایج نشان داد که تعداد گل در گروه‌های وزنی ۲ تا ۴، ۴ تا ۶، ۶ تا ۸ و ۸ تا ۱۰ گرم به‌ترتیب صفر، ۵۶/۲، ۱۹۳/۷ و ۴۲۵ عدد در مترمربع بود که بیانگر تولید حداقل یک گل در هر بنه به‌ترتیب در صفر، ۱۱/۲، ۳۸/۷ و ۸۵ درصد بنه‌ها در گروه‌های وزنی مذکور می‌باشد. مقدار عملکرد گل در تیمارهای آزمایشی به‌ترتیب صفر، ۲۴، ۹۶/۶ و ۱۹۸ گرم در مترمربع و میزان عملکرد خشک مادگی (خامه + کلاله) به‌ترتیب صفر، ۰/۲۵، ۰/۹۸ و ۲/۱۳ گرم در مترمربع بود. در مجموع، بنه-های با وزن کمتر از ۴ گرم فاقد توان گلدهی بودند، ولی بنظر می‌رسد بنه‌های با وزن ۴ تا ۸ گرم در شرایط کنترل شده بتوانند در مقایسه با محیط طبیعی عملکرد گل و کلالهٔ بیشتری تولید نمایند.

واژه‌های کلیدی: بنه، دما، کلاله، گل‌انگیزی، گلدهی، هیدروپونیک.

مقدمه

تأمین نیاز غذایی جمعیت رو به گسترش انسانی نیازمند تغییر در روش‌های سنتی تولید محصولات کشاورزی می‌باشد. یکی از این روش‌ها کشت هیدروپونیک (آبکشت) است که با افزایش کارایی استفاده از منابع، موجب افزایش بازدهی تولید می‌شود. این روش با وجود نیاز به تخصص کافی و سرمایه اولیه بیشتر در مقایسه با کشت خاکی، مزایای متعددی مانند عملکرد بالاتر، نیاز به نیروی کار کمتر، عدم نیاز به رعایت تناوب کشت، کنترل عوامل تنش‌زای زنده و غیرزنده، یکنواختی رشد گیاهان و حداقل اتلاف آب را دارد که نتیجه نهایی آن افزایش تولیدات غذایی است (Vahedi Torshizi et al., 2017).

زعفران (*Crocus sativus* L.) به عنوان یک گیاه دارویی و ادویه‌ای با بیش از ۴۰۰ تن عملکرد سالیانه در کشور ایران، به دلیل کارکردهای بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتماعیِ خاص خود، گیاهی راهبردی در بخش قابل توجهی از کشور به شمار می‌رود (Behdani & Fallahi, 2015; Fallahi et al., 2021). این گیاه به طور سنتی در محیط مزرعه تولید می‌شود. با این وجود، تولید آن در محیط‌های تحت کنترل نیز در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است که به‌خصوص از نظر کاهش اثرات منفی تغییر اقلیم بر گلدهی این گیاه ممکن است دارای سودمندی باشد (Fallahi et al., 2018; Askari-Khorasgani and Pessarakli, 2019). با تأمین نیازهای دمایی، نوری و رطوبتی، شرایط برای تولید زعفران در محیط‌های تحت کنترل فراهم می‌شود. با توجه به اینکه در این روش، محیط رشد و تغذیهٔ گیاه و عواملی مانند نور، دما، آبیاری و بسیاری از عوامل دیگر رشد و مدیریتِ تولید، به دقت کنترل می‌شود، کسب عملکرد بالاتر امکان‌پذیر خواهد بود (Maggio et al., 2006; Mollafilabi et al., 2014).

در سیستم کاشت هیدروپونیک زعفران، میزان مصرف آب تا حدود ده برابر در مقایسه با زراعت این گیاه در مزرعه کاهش پیدا می‌کند. این موضوع با توجه به کاهش منابع آب در کشور مهم تلقی می‌شود. افزون بر این، جمع‌آوری محصول در این روش سریع‌تر و ارزان‌تر بوده و مشکل قرارگیری زعفران در معرض عوامل محیطی مانند یخبندان، باد و باران و به‌تبعِ آن کاهش کیفیت محصول نیز رفع می‌گردد (Sadeghi, 2013; Aghhavani-Shajari et al., 2021). مهم‌ترین ابهامات در بحث تولید زعفران در محیط کنترل شده شامل خصوصیات کیفی محصول تولیدی، امکان بنه‌زایی گیاه پس از اتمام گلدهی و نیز آسیب احتمالی به جوامع محلی تولید کننده می‌باشد (Fallahi et al., 2021; Aghhavani-Shajari et al., 2021).

گلدهی زعفران شامل دو مرحلهٔ گل‌انگیزی و ظهور گل می‌باشد که به‌ترتیب در اواسط تابستان و پاییز رخ می‌دهند (Behdani & Fallahi, 2015). نیاز دمایی زعفران برای وقوع مناسب گل‌انگیزی یک دورهٔ گرمادهی (انکوباسیون) به مدت حداقل ۵۵ و حداکثر ۱۵۰ روز در دمای بین ۲۳ تا ۲۷ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵ درصد در شرایط تاریکی می‌باشد. پس از اتمام مرحلهٔ گل‌انگیزی، بنه‌ها به اتاقک گل‌گیری منتقل شده و در محیط جدید جهت وقوع گلدهی دما به حدود ۱۵ تا ۱۷ درجهٔ سانتی‌گراد با تناوب نوری ۸ ساعت روشنایی در شبانه‌روز رسانیده می‌شود (Molina et al., 2004 & 2005; Alonso et al., 2012; Mollafilabi, 2014).

نتایج پژوهش مولینا و همکاران (Molina et al., 2005) نشان داد که بیشترین تعداد گل در تیمار انکوباسیون بنه در طی مرحلهٔ گل‌انگیزی در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۹۰ تا ۱۵۰ روز، به دست آمد. در تحقیق دیگری در خصوص کشت هیدروپونیک زعفران، ملافیلابی (Mollafilabi, 2014) گزارش کرد که در شرایط کاشت بنه‌های با وزن بالاتر از ۱۰ گرم و خارج کردن بنه از خاک در نیمه دوم خردادماه، بیشترین تعداد گل (۶۷۴ گل در متر مربع) و عملکرد کلاله حاصل شد. پاگی و همکاران (Poggi et al., 2010) گزارش کردند که کمیت و کیفیت گلدهی زعفران در کشت هیدروپونیک بیشتر از کشت مزرعه‌ای بود. همچنین کشت بنه‌های با قطر ۳/۵ تا ۴/۴ سانتی‌متر در مقایسه با بنه‌های با قطر ۲/۵ تا ۳/۴ سانتی‌متر در محیط کنترل شده، عملکرد را تا سه برابر افزایش داد. افزایش عملکرد زعفران در محیط کنترل شده توسط آلونسو و همکاران (Alonso et al., 2012) نیز مورد تأیید قرار گرفته است.

صادقی (Sadeghi, 2013) در پژوهشی امکان تولید زعفران در شرایط کاشت هیدروپونیک را مورد بررسی قرار داد و بیان داشت بیشترین درصد گل‌آوری و وزن - گل در شرایطی به دست آمد که در اتاقک گل‌گیری از کوکوپیت به عنوان بستر کاشت استفاده شد. سورت و ویسرز (Souret & Weathers, 2000) در پژوهشی رشد گیاه زعفران را در سه نوع محیط کاشت شامل هواکشت (آیروپونیک)، آبکشت (هیدروپونیک) و خاک مورد بررسی و مقایسه قرار دادند. نتایج نشان داد که رشد بنه بر اساس وزن خشک در محیط آبکشت و هواکشت بیشتر از محیط خاک بود. طول ریشه در محیط آبکشت و هواکشت در مقایسه با محیط خاک کاهش یافت، ولی توسعهٔ اندام هوایی به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار نگرفت. ماگیو و همکاران (Maggio et al., 2006) نیز گزارش کردند که عملکرد گل و کلالهٔ زعفران در گلخانه و اتاقک رشد با محیط کنترل، تقریباً دو برابر مزرعه بود. با وجود امکان‌پذیر بودن تولید زعفران در محیط گلخانه، این روش تنها زمانی توجیه اقتصادی خواهد داشت که امکان تداوم رشد گیاه جهت تولید بنه‌های دختری نیز فراهم گردد. در این ارتباط نشاکاری زعفران پس از گل‌گیری در محیط کنترل شده پیشنهاد شده است (Molina et al., 2010; Fallahi et al., 2020). برای این منظور، پس از اتمام فرآیند گلدهی در محیط کنترل شده، بنه‌ها در اوایل آذرماه به محیط مزرعه منتقل شده و مراحل بنه‌زایی و رشد بنه-های دختری در مزرعه سپری می‌شود (Aghhavani-Shajari et al., 2021).

در اکثر پژوهش‌هایی که تاکنون در خصوص تولید زعفران در محیط کنترل شده صورت گرفته است، از بنه‌های مادری درشت با وزن بیش از ۸ گرم برای اجرای آزمایش استفاده شده است. در این ارتباط ملافیلابی و فیضی (Mollafilabi & Feizi, 2013) در آزمایشی گلخانه‌ای بیان داشتند که جهت حصول عملکرد مناسب، در سال اول کاشت از بنه‌های دارای وزن ۱۰ گرم به بالا استفاده شود. نقش اندازهٔ بنهٔ مادری در میزان گلدهی و عملکرد زعفران در آزمایشات پیشین به اثبات رسیده است (Fallahi et al., 2017; Koocheki et al., 2015 & 2019). کاشت بنه‌های ریز در مزارع زعفران باعث می‌شود که در سال‌های اول و دوم از سرمایه، وقت، آب و زمین تنها در جهت درشت شدن بنه‌های ریز استفاده شود تا اینکه در سال سوم گل‌آوری و عملکرد مناسبی به دست آید (Sadeghi et al., 2013).

کاشت بنه‌های مادری با وزن کمتر از ۸ گرم در محیط مزرعه خصوصاً در سال‌های ابتداییِ بهره‌برداری از زمین توجیه اقتصادی ندارد. با این وجود درصد بالایی از بنه-های موجود در بازار وزن کمتر از ۸ گرم دارند که از یک طرف کاشت آن‌ها در بستر خاک منجر به حصول عملکرد مطلوب نمی‌شود و از طرفی دور ریختن آن‌ها نیز موجب وقوع خسارت اقتصادی می‌شود. بنابراین، به نظر می‌رسد کاشت بنه‌های ریز زعفران در محیط کنترل شده بتواند سودمندی مناسبی را ایجاد نماید؛ زیرا در شرایط مزرعه‌ای و کاشت بنه در بستر خاک، بنه در عمق ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری قرار می‌گیرد و از این عمق، محدود گل‌های بنه‌های ریز با توجه به محدودیت ذخایر غذاییِ بنه قادر به خروج از خاک نخواهند بود (Behdani & Fallahi, 2015). این در حالی است که در شرایط کنترل شده مقاومت فیزیکی بستر کاشت حذف شده و با کنترل بهتر عوامل محیطی امکان افزایش گلدهی به‌خصوص در مورد بنه‌های ریز وجود دارد (Aghhavani-Shajari et al., 2021). بر این اساس، در پژوهش کنونی اثر وزن بنهٔ مادری بر میزان گلدهی زعفران در محیط کنترل شده مورد بررسی قرار گرفت. فرضیات این تحقیق عبارتند از : ۱- بنه‌های مادری ریز در محیط کنترل شده قادر به گلدهی هستند، ۲- با افزایش وزن بنه، میزان گلدهی زعفران در محیط کنترل شده بیشتر می‌شود و ۳- در مقایسه با آزمایشات پیشین که در محیط مزرعه صورت گرفته است، گلدهی زعفران در شرایط کنترل شده افزایش پیدا می‌کند.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش اثر وزن‌های مختلف بنهٔ مادری (۲ تا ۴، ۴ تا ۶، ۶ تا ۸ و ۸ تا ۱۰ گرم: در این تحقیق به‌ترتیب به‌عنوان بنه‌های بسیار ریز، ریز، متوسط و درشت) بر خصوصیات گلدهی زعفران در محیط کنترل شده در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش در تابستان و پاییز سال ۱۳۹۹ در آزمایشگاه فیزیولوژی باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند اجرا شد. هر تکرار شامل ۴۵ بنهٔ

زعفران بود که در سینی‌های کاشت با تراکم زیاد و بدون فاصله در کنار هم چیده شدند. در روش کاشت هیدروپونیک با توجه به اینکه بنه‌ها فقط حدود سه هفته در محیط کاشت قرار دارند و هیچ گونه رقابتی بین آنها وجود ندارد؛ جهت بهره‌گیری از منابع و فضا، از کاشت با تراکم بالا استفاده می‌شود.

برای حصول عملکرد مناسب در کشت هیدروپونیک زعفران توصیه می‌شود بنه‌ها در اواخر خرداد ماه از خاک خارج شده و هر دو مرحلهٔ گل‌انگیزی و ظهور گل در محیط کنترل شده سپری شود (Mollafilabi, 2014). در آزمایش پیش رو جهت تعیین میزان اهمیت مرحلهٔ دوم گلدهی، فرآیند گل‌انگیزی در محیط طبیعی و در درون خاک مزرعه سپری شد. ضمن اینکه بیشترین دسترسی به بنه‌های ریز که در آزمایش فعلی مورد مطالعه قرار گرفتند در اواخر شهریور یعنی همزمان با بیشترین فراوانی کاشت مزارع می‌باشد (هر چند که بهترین تاریخ کاشت زعفران در طی دوره خواب حقیقی بنه می‌باشد).

بنه‌های مورد استفاده در ۲۹ مهرماه سال ۱۳۹۹ از خاک مزرعه خارج شدند و پس از ضدعفونی با قارچ‌کش ریدومیل (۲ گرم به ازای ۱۰۰۰ گرم بنه)، به محیط آزمایشگاه منتقل شدند. کاشت بنه‌ها در سینی‌هایی با ابعاد ۳۰×۳۰×۱۵ سانتی‌متر با تراکم ۵۰۰ بنه در مترمربع صورت گرفت. جهت کمک به نگهداری رطوبت، در کف هر سینی یک لایه اسفنج (ابر) با ضخامت یک سانتی‌متر قرار داده شد و از هیچ نوع ماده‌ای برای پوشش بنه‌ها استفاده نشد. در تاریخ ۶ آبان‌ماه سینی‌ها به انکوباتور منتقل شد و شرایط نوری، دمایی و رطوبتی برای وقوع گلدهی (تکمیل رشد جوانه یا چمچه و خروج گل) فراهم شد. برای این منظور انکوباتور روی دمای ۱۵±۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت‌نسبی ۷۵ درصد تنظیم شد و فراهمی نور نیز به صورت ۸ ساعت نور و ۱۶ ساعت تاریکی بود. شدت نور حدود ۲۴ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه تنظیم شد که با استفاده از لامپ‌های فلورسنت تأمین گردید (Mollafilabi, 2014, Aghhavani-Shajari et al., 2021). دمای مناسب برای رشد جوانه و خروج گل می‌تواند متفاوت باشد که انجام تحقیقات بیشتری در این خصوص مورد نیاز است.

اولین آبیاری سینی‌های کاشت در تاریخ ۷ آبان‌ماه صورت گرفت و سپس به‌صورت دستی روزانه ۲۰۰ میلی‌لیتر در هر سینی آب شهری (آب شیر) مصرف شد (جدول ۱). بر خلاف کشت مزرعه‌ای که در طی گلدهی آبیاری انجام نمی‌شود، در محیط کنترل شده با توجه به عدم حضور بستر مناسب جهت نگهداری رطوبت، آبیاری مداوم بنه‌ها مورد نیاز است که البته می‌تواند بصورت مه‌پاشی نیز صورت گیرد. گلدهی زعفران متکی به ذخایر غذایی موجود در بنهٔ مادری است (Behdani & Fallahi, 2015)، با این وجود، در اواسط مرحلهٔ گلدهی (۲۹ آبان‌ماه) یک مرتبه کوددهی با استفاده از محلول غذایی یک درصد تهیه شده از کود سه‌بیست (حاوی ۲۰ درصد از هر یک از عناصر فسفر، پتاسیم و نیتروژن و مقادیر کمی منگنز، روی و آهن) صورت گرفت.

جدول ۱. برخی خصوصیات آب مورد استفاده جهت آبیاری بنه‌های زعفران در سیستم کاشت هیدروپونیک

Table 1. Some properties of used water in hydroponics production system of saffron

شاخص واکنش	هدایت الکتریکی	سدیم	کلسیم	منیزیوم	بی‌کربنات
pH	EC ($dS\ m^{-1}$)	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	HCO_3^-
		$meq\ l^{-1}$ - میلی‌اکی‌والان بر لیتر			
7.7	1.14	7.6	2.45	1.1	2.8

گلدهی زعفران از تاریخ ۲۱ آبان‌ماه شروع شد و تحت شرایط نوری، رطوبتی و دمایی که قبلاً ذکر گردید، به‌مدت ۲۰ روز تا ۹ آذرماه ادامه داشت. همزمان با آغاز گلدهی، برداشت گل‌ها به‌طور روزانه صورت گرفت و در ادامه صفاتی مانند تعداد گل، طول گل، طول کلاله، طول خامه و عملکرد گل تر (مجموع وزن گل‌ها در طی دورهٔ گلدهی) اندازه‌گیری شد. مساحت سینی‌های کاشت ۹۰۰ سانتی‌متر مربع بود، ولی اعداد مربوط به عملکرد گیاه با تعمیم داده‌ها بر اساس واحد استاندارد مترمربع گزارش گردید. طول گل، خامه و کلاله برای تمامی گل‌ها در تمامی تاریخ‌های برداشت اندازه‌گیری شد و میانگین اعداد حاصله در کل دورهٔ گلدهی به‌عنوان طول هر کدام از اندام‌های مذکور گزارش گردید. برای این منظور خامه و کلالهٔ گل‌ها جدا از یکدیگر

اندازه‌گیری شدند. از تقسیم عملکرد گل بر تعداد گل، متوسط وزن هر گل محاسبه شد.

پس از هر برداشت، اجزای گل (گلبرگ، مادگی و پرچم) تفکیک شد و هر کدام بطور جداگانه در سایه و دمای محیط (۲±۲۲ درجه سانتی‌گراد) خشک شدند. ذکر این نکته ضروری است که خشک کردن در دمای محیط باعث افزایش طول دورهٔ خشک شدن، افزایش آلودگی و کاهش کیفیت محصول می‌شود و بهتر است برای این منظور از خشک‌کن‌های الکتریکی استفاده شود (Behdani & Fallahi, 2015).

در پایان دورهٔ آزمایش، عملکرد خشک مادگی (خامه + کلاله)، گلبرگ و پرچم با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم وزن گردید. گلبرگ و پرچم از محصولات فرعی گل زعفران می‌باشند که در صنایع دارویی و غذایی می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. این دو بخش گل معمولاً دور ریخته می‌شوند، در حالی‌که به عنوان محصولات جنبی می‌توانند منبع درآمد دیگری برای کشاورز ایجاد نمایند (Behdani & Fallahi, 2015).

آنالیز آماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS ver. 9.2 صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز به کمک آزمون FLSD (LSD محافظت شده) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد و عملکرد گل

در سیستم کشت هیدروپونیک زعفران، اثر وزن بنه مادری بر صفت تعداد گل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بنه‌های ریز با وزن کمتر از ۴ گرم قادر به تولید گل نبودند، در حالی‌که برای گروه‌های وزنی ۴ تا ۶، ۶ تا ۸ و ۸ تا ۱۰ گرم به‌ترتیب ۱۱/۲، ۳۸/۷ و ۸۵/۰ درصد بنه‌ها بطور متوسط یک عدد گل تولید نمودند (شکل ۱). در پژوهشی مزرعه‌ای کاشت بنه‌های با وزن کمتر از ۴ گرم منجر به گلدهی نشد (Fallahi et al., 2018). نتایج تقریباً مشابهی توسط ابراهیمی و همکاران (Ebrahimi et al., 2022) گزارش شد، طوری‌که تعداد گل تولیدی در شرایط کاشت بنه‌های با وزن کمتر از ۴ گرم، فقط ۰/۱ گل در مترمربع بود. این موضوع احتمالاً می‌تواند بیانگر این موضوع باشد که صرف‌نظر از محیط کشت، بنه‌های ریز فاقد توان گلدهی هستند و یا گلدهی آن‌ها بسیار محدود است.

میزان گلدهی گیاه در شرایط استفاده از بنه‌های مادری درشت (۸ تا ۱۰ گرم) به‌ترتیب ۲/۱۹ و ۷/۵۵ برابر بیشتر از بنه‌های مادری متوسط (۶ تا ۸ گرم) و نسبتاً ریز (۴ تا ۶ گرم) بود (شکل ۱). در تحقیقات دیگری (Kaushal & Upadhyay, 2002; Koocheki et al., 2015; Alami, 2018) نیز نقش مثبت استفاده از بنه‌های درشت در بهبود عملکرد زعفران مورد تأیید قرار گرفته و دلیل آن به وجود تعداد جوانه بیشتر در این بنه‌ها و داشتن ذخیره غذایی بیشتر نسبت داده شده است.

نتایج پژوهشی مزرعه‌ای نشان داد که در شرایط کاشت بنه‌های با وزن ۶ تا ۸ و ۸ تا ۱۰ گرم به‌ترتیب ۱۵/۵ و ۲۲/۷ درصد بنه‌ها در سال اول گل تولید کردند (Alavi Siney et al., 2020)، در حالی‌که این مقادیر برای گروه‌های وزنی مذکور در شرایط کشت هیدروپونیک در آزمایش فعلی به‌ترتیب حدود ۳۹ و ۸۵ درصد بنه‌ها بود (شکل ۱). در آزمایش دیگری کاشت بنه‌های مادری در گروه‌های وزنی ۴ تا ۶، ۶ تا ۸ و ۸ تا ۱۰ گرم منجر به گلدهی به‌ترتیب ۷/۶، ۱۱/۶ و ۱۷/۷ درصد از بنه‌ها در سال اول شد (Razavian et al., 2019) که به‌ترتیب ۳/۶، ۲۷/۱ و ۶۷/۳ درصد کمتر از آزمایش کنونی در شرایط کاشت هیدروپونیک است. این موضوع نشان می‌دهد کاشت بنه‌ها در محیط هیدروپونیک درصد گلدهی بنه‌ها را به‌خصوص در بنه‌های درشت افزایش می‌دهد. به‌نظر می‌سد اگر مرحلهٔ گل‌انگیزی بنه‌ها نیز در شرایط کنترل شده سپری شود درصد گل‌آوری آن‌ها افزایش بیشتری پیدا کند. در همین ارتباط در پژوهشی سهم مرحلهٔ گل‌انگیزی (تولید آغازه‌های گل) در بهبود افزایش گلدهی زعفران بین ۷۰ تا ۹۰ درصد برآورد شد (Fallahi et al., 2021b). بر این اساس، درصورتی که بنه‌های مادری در طی دورهٔ خواب حقیقی (اواخر بهار) از خاک خارج شوند و پس از آن در طی هر دو مرحلهٔ گل‌انگیزی و ظهور گل تحت شرایط محیطی مناسبی قرار گیرند، می‌توان درصد گلدهی بالاتری را کسب کرد (Mollafilai, 2014; Aghhavani-Shajari et al., 2021).

در آزمایش کنونی در شرایط استفاده از بنه‌های مادری با وزن ۸ تا ۱۰ گرم به ازای هر بنه ۰/۸۵ گل تولید شد (شکل ۱).

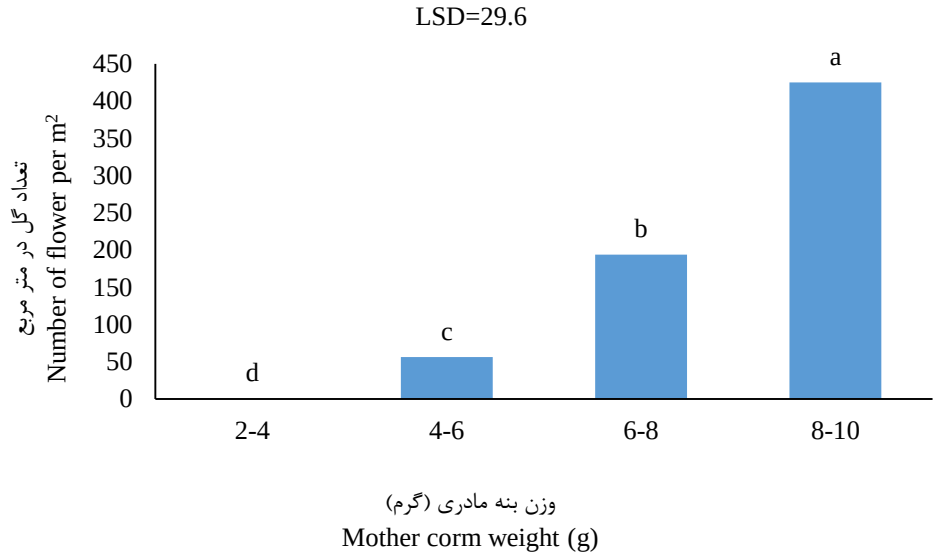
جدول ۲. میانگین مربعات مربوط به اثر وزن بنه بر شاخص‌های گلدهی زعفران در شرایط کشت هیدروپونیک

Table 2. Mean squares of the effect of corm weight on saffron flowering indices under hydroponic cultivation

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد گل Number of flowers	متوسط وزن گل Mean weight of flower	عملکرد گل Flower yield	طول گل Flower length	طول کلاله Stigma length	طول خامه Style length
تیمار Treatment	3	143229.1**	0.2154**	31647.8**	68.70**	9.82**	22.20**
خطا Error	12	369.7	0.0008	84.8	0.17	0.06	0.17
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	11.39	8.59	11.56	6.77	10.44	11.79

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

** Significant at 1% level of probability



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر وزن بنه مادری بر تعداد گل زعفران در شرایط کشت هیدروپونیک

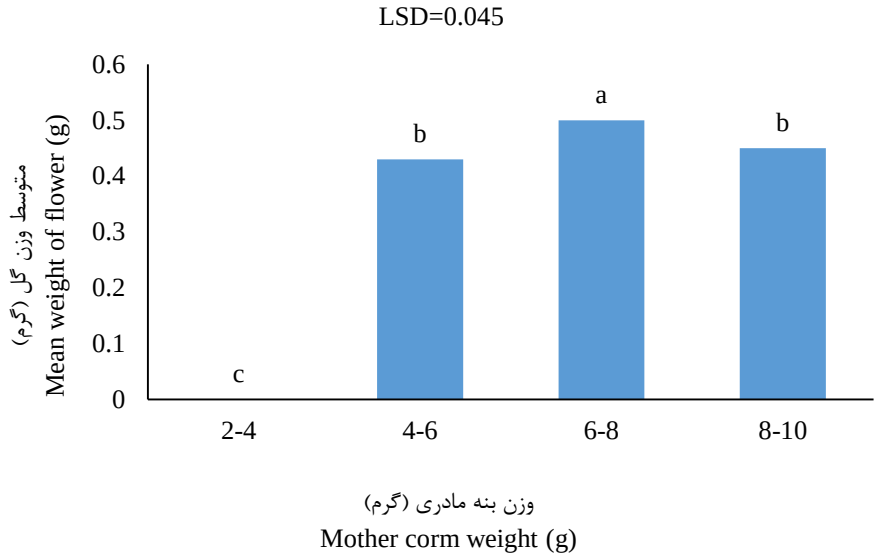
Fig 1. Mean comparisons for the effect of mother corm weight on the number of flower of saffron under hydroponic cultivation

در تحقیق مشابهی زمانی‌که بنه‌های زعفران تحت شرایط کنترل شده به مدت ۹۰ روز در طی دورهٔ گل-انگیزی نگهداری شدند و سپس به اتاق گل‌گیری در طی دوره ظهور گل‌ها منتقل شدند، به‌ازای هر بنه (با متوسط وزن ۱۵/۵ گرم) ۱/۳۸ عدد گل تولید شد. پاگی و همکارن (Poggi it al., 2010) بنه‌های زعفران را تحت شرایط کنترل شده نگهداری کردند و سپس به-ازای هر بنهٔ کشت شده با وزن ۱۰ و ۲۰ گرم به‌ترتیب ۱/۰۸ و ۳/۰۱ عدد گل برداشت کردند. در تحقیق دیگری در شرایط استفاده از بنه‌های با قطر ۳ سانتی-متر، تعداد گل به‌ازای هر بنه در محیط کشت گلخانه (دمای محیط، تاریکی مطلق و تحت مالچ سیاه[1] در دوره

[1] Under black mulching

انکوباسیون و نور طبیعی خورشید در دورهٔ گلدهی) و اتاقک رشد (دمای ۲۵ و ۱۷ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب در طی دوره گل‌انگیزی و ظهور گل‌ها و نور مصنوعی در طی دوره گلدهی) زمانی که پرلیت به عنوان بستر کشت استفاده شده بود، به ترتیب ۴/۵ و ۴/۷ عدد بود (Maggio et al., 2006). این نتایج نشان می‌دهد اگر بنه‌های زعفران هر دو مرحلهٔ گلدهی (گل‌انگیزی و ظهور گل) را تحت شرایط کنترل شده سپری کنند درصد گلدهی بنه و تعداد گل تولیدی به ازای هر بنه به‌طور قابل توجهی افزایش پیدا می‌کند (Aghhavani-Shajari et al., 2021).

اثر وزن بنهٔ مادری بر متوسط وزن گل در سیستم کاشت هیدروپونیک زعفران معنی‌دار بود (جدول ۲). متوسط وزن هر گل برای بنه‌های مادری درشت، متوسط، نسبتاً ریز و ریز به‌ترتیب ۰/۴۵، ۰/۵، ۰/۴۳ و صفر گرم بود (شکل ۲). در پژوهشی مزرعه‌ای متوسط وزن گل در بنه‌های با وزن ۴ تا ۸ و ۸ تا ۱۲ گرم به‌ترتیب ۰/۲۷ و ۰/۳۳ گرم بود (Fallahi et al., 2018b). در آزمایش دیگری متوسط وزن گل در شرایط کشت هیدروپونیک و کاشت در مزرعه به‌ترتیب ۰/۴۳ و ۰/۳۴ گرم گزارش شد (Aghhavani-Shajari et al., 2021). در مطالعهٔ ملافیلابی (Mollafilabi, 2014) میانگین وزن گل تر زعفران در محیط کنترل شده ۰/۵۳ گرم به ازای هر گل بود. این مقایسات نشان می‌دهد کشت زعفران در محیط هیدروپونیک منجر به تولید گل‌های درشت‌تری می‌شود که عمدتاً ناشی از طویل‌تر شدن گل‌ها در اثر حذف مقاومت فیزیکی بستر کاشت است (Fallahi et al., 2021b).



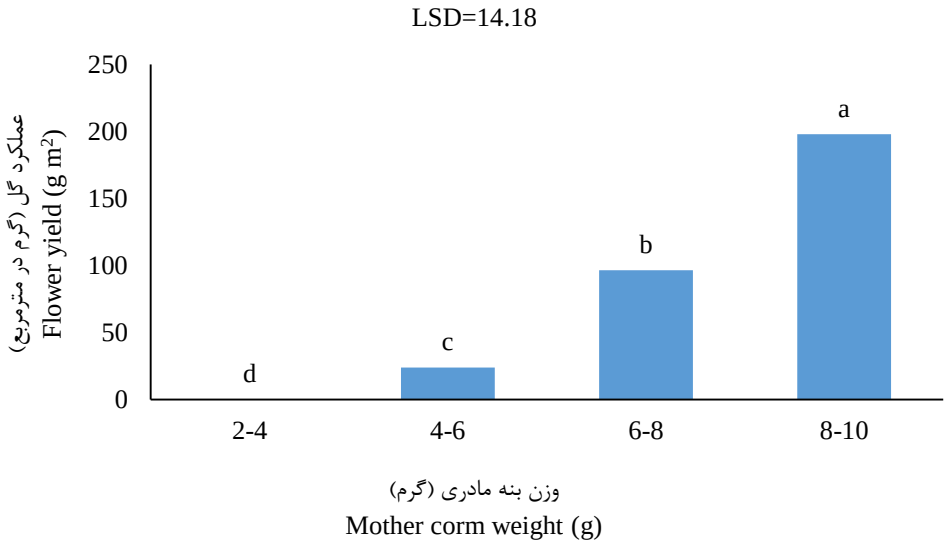
شکل ۲. مقایسه میانگین اثر وزن بنه مادری بر میانگین وزن گل زعفران در شرایط کشت هیدروپونیک

Fig 2. Mean comparisons for the effect of mother corm weight on mean flower weight of saffron under hydroponic cultivation

وزن بنهٔ مادری بر صفت عملکرد گل زعفران در سیستم کاشت هیدروپونیک معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش وزن بنه، عملکرد گل افزایش معنی‌داری یافت. میزان این شاخص در شرایط استفاده از بنه‌های مادری ریز در مقایسه با بنه‌های متوسط و درشت به‌ترتیب ۳۰۲/۵ و ۷۲۵ درصد کمتر بود. میزان عملکرد گل در شرایط استفاده از بنه‌های مادری بسیار ریز با وزن کمتر از ۴ گرم، صفر بود (شکل ۳). در آزمایش مشابهی بر روی زعفران در سیستم هیدروپونیک، از بنه‌های با وزن ۷ تا ۹ گرم و تراکم کاشت ۳۷۰ بنه در مترمربع استفاده شد و عملکرد گل در طی دو سال اجرای آزمایش به‌ترتیب ۶۲ و ۹۸ گرم در مترمربع اعلام شد (Fallahi et al., 2021b) که کمتر از نتایج آزمایش کنونی در شرایط استفاده از بنه‌های دارای وزن ۸ تا ۱۰ گرم است. این تفاوت ناشی از تراکم کشت بیشتر در آزمایش کنونی و نیز کنترل بهتر

عوامل محیطی به‌خصوص دما می‌باشد، زیرا در آزمایش مذکور کشت در محیط اتاق و در آزمایش فعلی در محیط انکوباتور صورت گرفت. با این وجود، نتایج ملافیلابی (Mollafilani, 2014) نشان می‌دهد که اگر هر دو مرحله گل‌انگیزی (تولید آغازه گل) و ظهور گل در محیط کنترل شده سپری شود، عملکرد قابل حصول در سیستم کشت هیدروپونیک به‌مراتب بیشتر از آزمایش کنونی می‌تواند باشد. در آزمایش حاضر مرحلهٔ گل‌انگیزی در محیط مزرعه سپری شد. با توجه به وقوع تنش گرمایی در مرحله گل‌انگیزی (اواسط تابستان) (Fallahi et al., 2108; Aghhavani-Shajari et al., 2021) که طی آن دمای محیط به مقادیری بیشتر از دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد (دمای مناسب برای گل‌انگیزی) (Molina et al., 2005; 2010) می‌رسد، زمانی مطلوب‌ترین نتیجه از کاشت زعفران در محیط کنترل شده به دست خواهد آمد (به ویژه در مناطقی که تابستان گرم دارند)، که هر دو مرحله گلدهی تحت شرایط کنترل شده سپری شود.

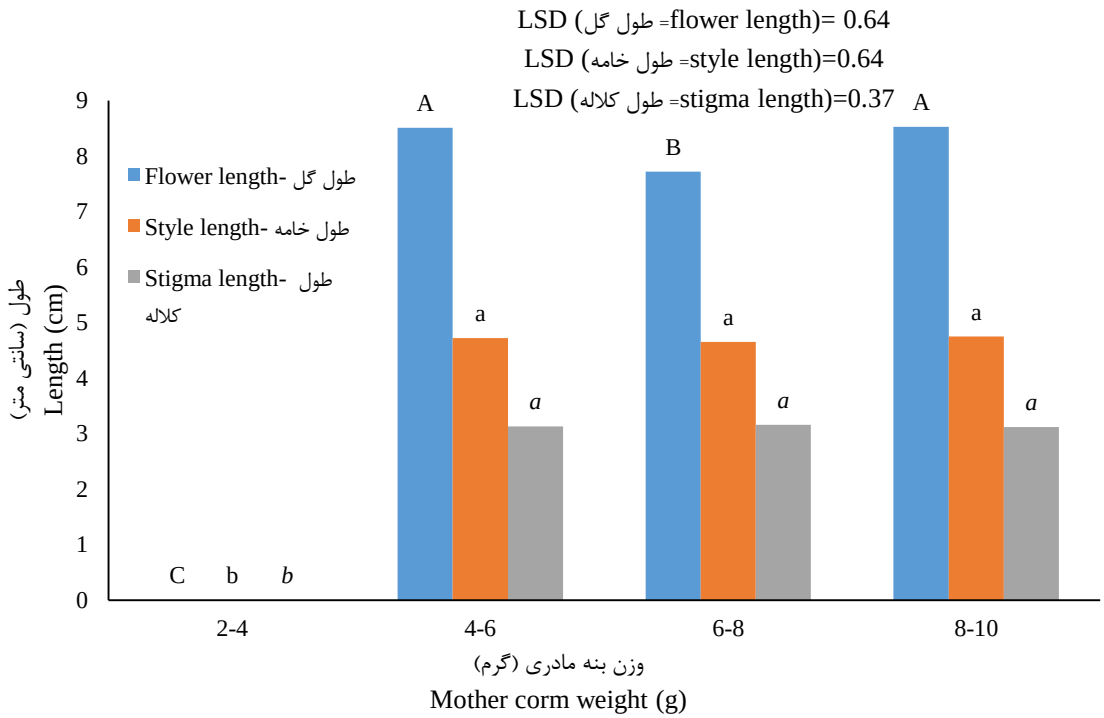
در آزمایشی مزرعه‌ای با تراکم کاشت ۳۳ بنه در مترمربع، عملکرد گل حاصل از بنه‌های با وزن ۴ تا ۶ و ۸ تا ۱۰ گرم به‌ترتیب حدود ۰/۲ و ۰/۵ گرم در مترمربع گزارش شد (Alipoor Miandehi et al., 2014) که با معادل‌سازی تراکم کشت با آزمایش کنونی حداکثر عملکرد قابل حصول در آن آزمایش به‌ترتیب حدود ۳ و ۷/۵ گرم در مترمربع خواهد بود. در حالی‌که در آزمایش کنونی عملکرد حاصل از بنه‌های ۴ تا ۶ و ۸ تا ۱۰ گرم در شرایط کاشت هیدروپونیک در شرایط تراکم معادل با آزمایش مذکور به‌ترتیب ۲۴ و ۱۹۸ گرم در مترمربع بود (شکل ۳). این موضوع نشان می‌دهد در محیط کاشت هیدروپونیک با حذف مقاومت فیزیکی خاک در مقابل خروج گل‌ها و کنترل مناسب عوامل محیطی، می‌توان عملکرد گل بیشتری از بنه‌ها به دست آورد. نتایج مشابهی در مقایسه اطلاعات آزمایش کنونی با آزمایش فلاحی و همکاران (Fallahi et al., 2018b) قابل حصول است. در آزمایش دیگری با تراکم کاشت ۱۰۰ بنه در مترمربع در شرایط مزرعه، عملکرد گل به‌ترتیب در شرایط کاشت بنه‌های با وزن ۴ تا ۶، ۶ تا ۸ و ۸ تا ۱۰ گرم به‌ترتیب ۲/۶۶، ۴/۱۹ و ۶/۴۷ گرم درمترمربع بود (Razavian et al., 2019) که با پنج برابر کردن این مقادیر (جهت رسیدن به تراکم کشت ۵۰۰ بنه در آزمایش کنونی) باز هم عملکرد گل در آزمایش کنونی در مقایسه با آزمایش مذکور در گروه‌های وزنی مورد اشاره به‌ترتیب حدود ۸۰، ۳۶۰ و ۵۱۳ درصد بیشتر خواهد بود.



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر وزن بنه مادری بر عملکرد گل زعفران در شرایط کشت هیدروپونیک

Fig 3. Means comparison for the effect of mother corm weight on flower yield of saffron under hydroponic cultivation

با وجود کاهش قابل توجه تعداد (شکل ۱) و عملکرد گل (شکل ۳) در شرایط کاهش وزن بنه‌های مادری در محیط کشت هیدروپونیک، ولی متوسط طول گل، کلاله و خامه بین گروه‌های وزنی مختلف وزن بنه تفاوت قابل توجهی را نشان نداد (شکل ۴). این موضوع نشان می‌دهد که طول این اجزاء به جای وزن بنه بیشتر تحت تأثیر وجود یا عدم وجود مقاومت فیزیکی بستر کاشت در برابر خروج گل می‌باشد. در پژوهشی گلخانه‌ای بر روی زعفران گزارش شد که حذف مقاومت فیزیکی در برابر خروج گل‌ها موجب افزایش طول کاتافیل و در نتیجه افزایش طول خامه و گل می‌شود (Fallahi et al., 2021b). در آزمایشی مزرعه‌ای افزایش وزن بنه منجر به افزایش طول خامهٔ گل زعفران شد (Razavian et al., 2019). در آزمایش مزرعه‌ای دیگری بین بنه‌های مادری ریز و درشت از نظر طول گل، کلاله و خامه تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (Ansaryan Mahabadi et al., 2019). از این‌رو، بنظر می‌رسد در شرایط هیدروپونیک با حذف مقاومت فیزیکی بستر کاشت با وجود کاهش وزن بنه‌های مادری گل‌ها از طول کافی برخوردار باشند، ولی در محیط مزرعه و در بستر کاشت خاک کاهش وزن بنه منجر به کاهش طول گل می‌شود.



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر وزن بنه مادری بر طول گل، خامه و کلاله زعفران در شرایط کشت هیدروپونیک

Fig 4. Means comparison for the effect of saffron mother corm weight on the length of flower, style and stigma under hydroponic cultivation

عملکرد گلبرگ و کلاله

اثر وزن بنهٔ مادری بر عملکرد گلبرگ، پرچم (میله + بساک) و مادگی (خامه + کلاله) در شرایط کشت هیدروپونیک زعفران در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). گلبرگ و پرچم از محصولات فرعی زعفران می‌باشند که به خصوص در صنایع غذایی کاربردهای فراوانی دارند (Behdani & Fallahi, 2015). عملکرد گلبرگ با افزایش وزن بنه افزایش یافت. مقدار این شاخص برای بنه‌های مادری بسیار ریز، ریز، متوسط و درشت به‌ترتیب صفر، ۲/۰۸، ۷/۹۲ و ۱۰/۴۳ گرم در هر مترمربع بود (شکل ۵). نتایج مشابهی در مورد عملکرد پرچم مشاهده گردید، بطوری‌که میزان این شاخص در تیمار استفاده از بنه‌های

مادری درشت در مقایسه با بنه‌های متوسط و ریز به‌ترتیب ۲/۰۲ و ۷/۱۲ برابر بود (شکل ۶).

در شرایط استفاده از بنه‌های مادری بسیار ریز میزان عملکرد مادگی (خامه + کلاله) صفر بود، ولی با افزایش وزن بنه مقدار این شاخص روندی افزایشی در پیش گرفت. میزان عملکرد مادگی در شرایط استفاده از بنه‌های مادری ریز، متوسط و درشت به‌ترتیب ۰/۴، ۱/۴۱ و ۲/۸۵ گرم در مترمربع بود. به عبارتی با کاشت بنه‌های مادری متوسط و درشت به‌ترتیب ۲۵۲/۵ و ۶۱۲/۵ درصد بر عملکرد کلاله در مقایسه با تیمار استفاده از بنه‌های ریز افزوده شد (شکل ۷). افزایش عملکرد زعفران در شرایط استفاده از بنه‌های مادری درشت، عمدتاً ناشی از ذخایر غذایی بیشتر این بنه‌ها می‌باشد (Ansaryan Mahabadi et al., 2019). این موضوع توسط خاوری و همکاران (Khavari et al., 2016) نیز مورد تأیید قرار گرفته است.

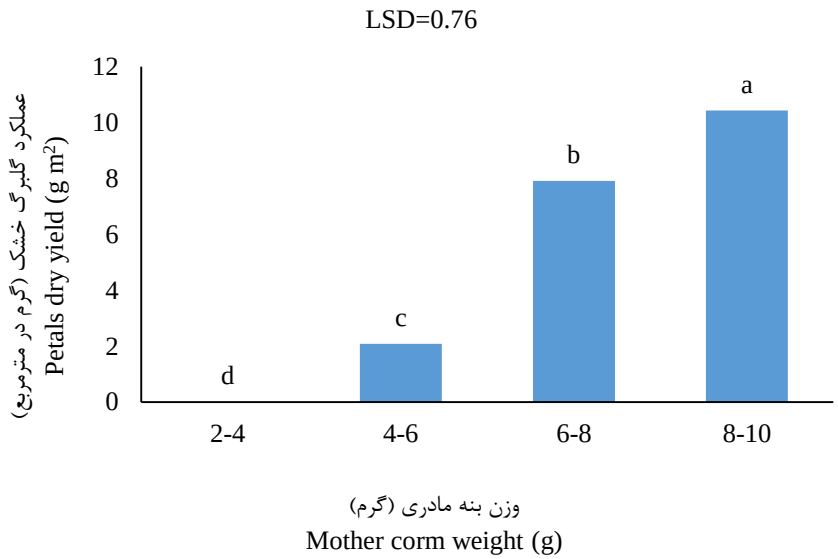
جدول ۳. میانگین مربعات مربوط به اثر وزن بنه مادری بر عملکرد گلبرگ و کلاله زعفران در شرایط کشت هیدروپونیک

Table 3. Mean squares for the effect of corm weight on saffron petal and stigma yields, under hydroponic cultivation

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد گلبرگ Petal yield	عملکرد پرچم Anther yield	عملکرد کلاله Stigma yield
تیمار Treatment	3	95.40**	6.466**	3.677**
خطا Error	12	0.24	0.008	0.008
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	9.75	7.93	10.77

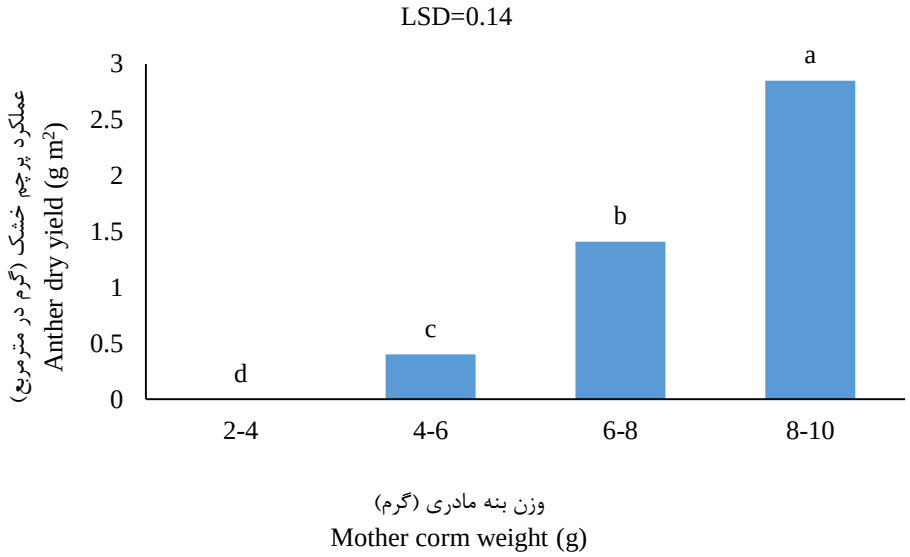
**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

** Significant at 1% level of probability



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر وزن بنه مادری بر عملکرد گلبرگ زعفران در شرایط کشت هیدروپونیک

Fig 5. Mean comparisons for the effect of mother corm weight on petal dry yield of saffron under hydroponic cultivation



شکل۶. مقایسه میانگین اثر وزن بنه مادری بر عملکرد پرچم زعفران در شرایط کشت هیدروپونیک

Fig 6. Means comparison for the effect of mother corm weight on anther dry yield of saffron under hydroponic cultivation

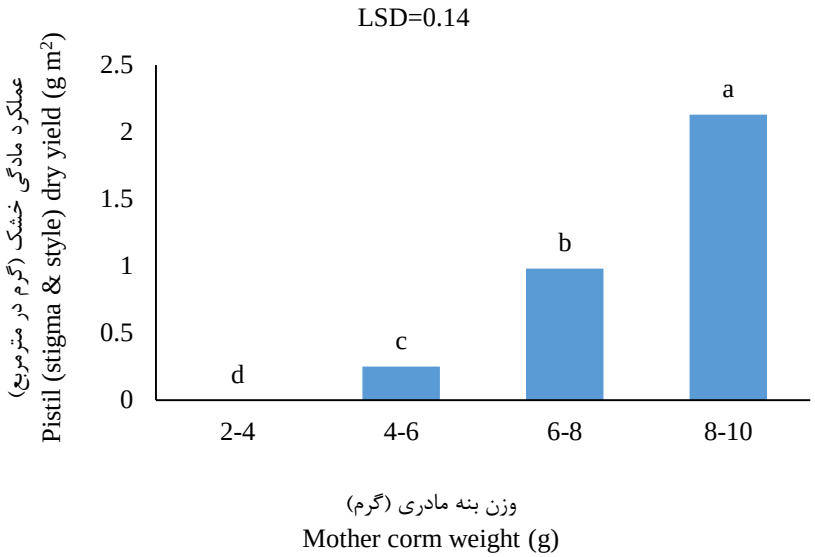
میزان عملکرد کلاله زعفران در محیط کنترل شده در آزمایش کنونی در تیمار استفاده از بنه‌های درشت ۲/۱۳ گرم در مترمربع معادل با حدود ۲۱/۳ کیلوگرم در هر هکتار بود (شکل ۷). مولینا و همکاران (Molina et al., 2010) بیان کردند که تحت شرایط گلخانه‌ای، زمانی که هر دو مرحلهٔ گلدهی (گل‌انگیزی و ظهور گل) تحت شرایط بهینه سپری شود، می‌توان در هر مرحلهٔ برداشت بطور متوسط حدود ۷۵ کیلوگرم در هکتار کلاله برداشت نمود. این تفاوت در مقادیر دو آزمایش ناشی از تفاوت در وزن بنه‌های مصرفی و نیز سپری شدن یک یا هر دو مرحلهٔ گلدهی در محیط کنترل شده می‌باشد.

در آزمایشی مزرعه‌ای بر روی زعفران عملکرد کلالهٔ حاصل از بنه‌های زعفران در گروه وزنی کمتر از ۴ گرم در سال اول پس از کاشت صفر بود (Fallahi et al., 2018b) که با نتایج آزمایش کنونی هماهنگی دارد. نتایج تحقیق دیگری نیز نشان داد که بنه‌های زعفران با وزن کمتر از حدود ۴ گرم قادر به تولید گل در اولین سال پس از کاشت در محیط مزرعه نبودند (Hassanzadeh Aval et al., 2013). این موضوع نشان می‌دهد که احتمالاً بنه‌های با وزن کمتر از ۴ گرم چه در شرایط مزرعه و چه در شرایط کنترل شده از نظر فیزیولوژیکی قادر به تولید گل نیستند.

در آزمایش فلاحی و همکاران (Fallahi et al., 2018b) در محیط مزرعه و در تراکم کاشت ۱۰۰ بنه در مترمربع عملکرد کلاله حاصل از بنه‌های با وزن ۴ تا ۸ گرم ۰/۵۵ کیلوگرم در هکتار بود. اگر تراکم کشت در آزمایش مذکور را با آزمایش کنونی که تراکم کشت ۵۰۰ بنه در مترمربع بود، معادل‌سازی کنیم عملکرد کلاله در آزمایش مورد نظر حداکثر ۲/۷۵ کیلوگرم در هکتار خواهد بود. در حالی که در آزمایش کنونی با میانگین‌گیری از عملکرد کلاله در بنه‌های گروه‌های وزنی ۴ تا ۶ و ۶ تا ۸ گرم عملکردی حدود ۶/۱۵ کیلوگرم در هکتار بدست می‌آید. مقایسه اعداد ۲/۷۵ با ۶/۱۵ کیلوگرم کلاله حاصل از کشت مزرعه‌ای و هیدروپونیک (در تراکم کشت معادل) نشان می‌دهد که کشت بنه‌های با وزن ۴ تا ۸ گرم در شرایط هیدروپونیک می‌تواند عملکرد کلاله را تا حدود ۱۲۰ درصد در مقایسه با کاشت در محیط مزرعه افزایش دهد. برای مقایسه دقیق عملکرد بنه‌های ریز و درشت در شرایط مزرعه‌ای و هیدروپونیک بهتر است در مطالعات آتی کاشت بنه‌های با وزن مختلف در دو محیط مزرعه و هیدروپونیک مورد توجه قرار گیرد.

در تحقیق دیگری و در تراکم کاشت ۱۰۰ بنه در مترمربع، عملکرد مادگی زعفران در شرایط استفاده از بنه‌های با وزن کمتر از ۲، ۲ تا ۴، ۴ تا ۶، ۶ تا ۸ و ۸ تا ۱۰ گرم در محیط مزرعه به‌ترتیب صفر، ۰/۰۰۴،

۰/۰۱۶، ۰/۰۳۲ و ۰/۰۳۶ گرم در مترمربع بود (Moein et al., 2020) که حتی با ۵ برابر کردن مقادیر عملکرد (جهت قیاس با تراکم آزمایش کنونی) باز هم برتری محسوس کشت هیدروپونیک قابل درک است. در همین راستا نتایج پژوهشی نشان داد کاشت زعفران در محیط هیدروپونیک در مقایسه با کشت مزرعه‌ای درصد گلدهی بنه‌ها، طول گل و وزن گل‌ها را افزایش داده و منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد کلاله و گلبرگ می‌شود (Aghhavani-Shajari et al., 2021). برتری عملکرد زعفران در محیط هیدروپونیک در مقایسه با کاشت مزرعه‌ای در مطالعات دیگری نیز مورد تأیید قرار گرفته است (Poggi et al., 2010; Alonso et al., 2012).



شکل ۷. مقایسه میانگین اثر وزن بنه مادری بر عملکرد مادگی (خامه + کلاله) زعفران در شرایط کشت هیدروپونیک

Fig 7. Means comparison for the effect of mother corm weight on pistil dry yield of saffron, under hydroponic cultivation

نتیجه‌گیری

در شرایط مزرعه‌ای و کاشت گیاه در بستر خاک در عمق حدود ۲۰ سانتی‌متر، معمولاً بنه‌های مادری دارای وزن ۴ تا ۶ گرم به ندرت توان گلدهی دارند. نتایج این آزمایش نشان داد که کاشت این بنه‌ها در محیط هیدروپونیک باعث می‌شود که حداقل ۱۱ درصد آن‌ها تولید گل نمایند. به نظر می‌رسد اگر هر دو مرحلهٔ گل‌دهی زعفران (گل‌انگیزی و ظهور گل) در محیط کنترل شده سپری شود، درصد بیشتری از بنه‌های ریز قادر به تولید گل در محیط کنترل شده باشند. ذکر این نکته ضروری است که ارزیابی اقتصادی کاشت این بنه‌ها در محیط کنترل شده نیز دارای اهمیت است. اگر تغییر عوامل مدیریتی مانند سپری شدن کل فرآیند گلدهی در محیط کنترل شده، منجر به افزایش درصد بنه‌های گل‌دهنده در شرایط استفاده از بنه‌های مادری ریز شود، توجیه‌پذیری اقتصادی کاشت این بنه‌ها می‌تواند افزایش یابد. نتایج این پژوهش در مقایسه با آزمایشات مزرعه‌ای که پیش از این بر روی زعفران صورت گرفته است، نشان داد که کشت زعفران در محیط کنترل شده می‌تواند منجر به گلدهی درصد بیشتری از بنه‌ها شود و این مزیت با افزایش وزن بنه‌ها افزایش قابل توجهی پیدا می‌کند.

قدردانی

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی به شماره ابلاغیه ۲۶۲۸/د/۱۳۹۹ مورخ ۱۳۹۹/۳/۷ و با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه بیرجند انجام شده است که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

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), 17100.

Alami, S. (2018). Effect of concentration and duration of corm dipping in salicylic acid and potassium nitrate on the growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) (Master's thesis). University of Birjand, Birjand, Iran. [in Persian].

Alavi Siney, S.M., Ahmadpour Jolgeh, A., Behroozeh, M., & Soltani, M. (2020). Evaluation of planting aate and corm weight effects on flower, stigma and daughter corms characters of saffron (*Crocus sativus* L.) under the South Kerman climatic conditions. *Saffron Agronomy & Technology*, 8(1), 59-73. [in Persian].

Alipoor Miandehi, Z., Mahmodi, S., Behdani, M.A., & Sayyari, M.H., (2014). Effect of manure, bio-and chemicalfertilizers and corm size on saffron (*Crocus sativus* L.) yield and yield components. *Journal of Saffron Research*, 1(2), 73-84. [in Persian].

Alonso, G.L., Zalacain, A., & Carmona, M. (2012). Saffron. In: Handbook of herbs and spices (Eds: Peter, K.V.). Woodhead Publishing.

Ansaryan Mahabadi, S., Alahdadi, I., Ghorbani Javid, M., & Soltani, E. (2019). Effect of corm priming with salicylic acid and mother corm weight on flowering and qualitative characteristics of saffron stigma. *Saffron Agronomy & Technology*, 7(1), 41-53. [in Persian with English Summary].

Askari-Khorasgani, O., & Pessarakli, M. (2019). Shifting saffron (*Crocus sativus* L.) culture from traditional farmland to controlled environment (greenhouse) condition to avoid the negative impact of climate changes and increase its productivity. *Journal of Plant Nutrition*, 42(19), 2642-2665.

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

Behdani, M.A., Fallahi, H.R., & Sardar, M. (2018). Technical Knowledge of Saffron Production. HafrRang Press. [In Persian].

Ebrahimi, E., Pouyan, M., Shahi, T., Fallahi, H.R., Hoseini, S., Ragh Ara , H., & Branca, F. (2022). Effects of organic fertilisers and mother corm weight on yield, apocarotenoid concentration and accumulation of metal contaminants in saffron (*Crocus sativus* L.). *Biological Agriculture & Horticulture*, 38(2), 73-93.

Fallahi, H.R., Aghhavani-Shajari, M., Feizi, H., & Sahabi, H. (2017). Mother corm weight and soil amendment improves the vegetative and reproductive growth of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Medicinal & Spice Plants (Zeitschrift für Arznei- & Gewürzpflanzen)*, 22(3), 110-114.

Fallahi, H.R., Aghhavani-Shajari, M., Sahabi, H., Abolhasani, S., Zareie, E., Hashemi, S.S., & Kadkhodaei Barkook, R. (2018). *Evaluation of saffron yield changes in response to temperature and rainfall variations in Birjand*. 5th National Conference on Saffron. 14-15 November, Torbat-Heydariyeh, Iran. pp 146-151.

Fallahi, H.R., Aghhavani-Shajari, M., Sahabi, H., & Feizi, H. (2018b). Posibility of increasing the weight of saffron corm through integrated and timed management of agricultural inputs. Final Report of Research Project, Saffron Inistitute, Iran. 92p. [in Persian].

Fallahi, H.R., Abbasi Aval Bohlooli, S., Noferesti, E., Hoseini, S.M., Seddigh Makoo, S., Moodi, M., & Khezri, M. (2020). Evaluation the possibility of saffron transplanting and corm production in soilless planting system. *Journal of Saffron Research*, 8(2), 269-284. [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*, 13, 1-10.

Fallahi, H.R., Aghhavani-Shajari, M., Sahabi, H., Kaveh, H., & Branca, F. (2021b). Quantitative and qualitative comparison of saffron produced under field or controlled environment and assessment of stigma quality in response to flower harvesting time. Final report of research project, Saffron Inistitute, Iran. 70p. [in Persian].

Hassanzadeh Aval, F., Rezvani Moghaddam, P., Bannayan Aval, M., & Khorasani, R. (2013). Effects of maternal corm weight and different levels of cow manure on corm and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy and Technology*, 1(1), 22-39. [in Persian].

Kaushal, S.K., & Upadhyay, R.G. (2002). Studies on variation in corm size and its effect on cormel production and flowering in *Crocus sativus* L. under mid-hill conditions of Himachal Pradesh. *Research On Crops*, 3, 126-128.

Khavari, A., Behdani, M.A., Zamani, G.R., & Mahmoodi, S. (2016). Effects of planting methods and corm weight on corm and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.) in Qaenat region. *Journal of Saffron Research*, 4(1), 120-133. [in Persian].

Koocheki, A., Fallahi, H.R., Amiri, M. B., & Ehyaei, H.R. (2015). Effects of humic acid application and mother corm weight on yield and growth of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Agroecology*, 7(4), 425-442. [in Persian].

Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Aghhavani Shajari, M., & Fallahi, H.R. (2019). Corm weight or number per unit of land: Which one is more effective when planting corm, based on the age of the field from which corms were selected?. *Industrial Crops and Products*, 131, 78-84.

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

Moein Rad, H., Mollafilabi, A., & Sayyadi, M. (2020). Effects of field age, mother corm weight and ecotype on flower corm yield and quality traits of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*, 8(1), 55-69. [in Persian with English Summary].

Molina, R.V., Valero, M. Navarro, Y., Garcia-Luis, A., & Guardiola, J.L. (2004). The effect of time of crom lifting and duration of in cubation at in ductive temperature on flowering in the saffron plant (*Crocus sativus L.*). *Scientia Horticulturae*, 103(1), 79-91.

Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J.L., & Garcia-Luice, A. (2005). Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulture*, 103, 361-379.

Molina, R.V., Renau-Morata, B., Nebauer, S.G., García-Luis, A., & Guardiola, J.L. (2010). Greenhouse saffron culture- Temperature effects on flower emergence and vegetative growth of the plants. *Acta Hortculturae*, 850, 91-94.

Mollafilabi, A., & Feizi, H. (2013). Investigation of the effect of wide range of saffron corm weight on flower yield components and some quality characteristics in greenhouse conditions. 2nd National Conference on the Newest Scientific and Research Findings on Saffron. 30 October, Torbat Heydariyeh, Iran. Pp 41. [in Persian].

Mollafilabi, A. 2014. Effect of new cropping technologies on growth characteristics, yield, yield components of flower and corm criteria of saffron (*Crocus sativus* L.) (Ph. D. Thesis). University of Mashhad, Mashhad, Iran. [in Persian].

Mollafilabi, A., Koocheki, A., Rezvani-Moghaddam, P., & Nassiri Mahallati, M. (2014). Effect of plant density and corm weight on yield and yield components of saffron (*Crocus sativus* L.) under soil, hydroponic and plastic tunnel cultivation. *Saffron Agronomy and Technology*, 1(2), 14-28. [in Persian].

Poggi, L.M., Portela, A.J., Pontin, M.A., & Molina, R.V. (2010). Corm size and incubation effects on time to flowering and threads yield and quality in saffron production in Argentina. *Acta Hortculturae*, 850, 193-198.

Razavian, M., Rezvani Moghaddam, P., & Asadi, G.A. (2019). Evaluation of saffron flower and corm yield affected by different maternal corm weight and sowing depth. *Saffron Agronomy & Technology*, 7(2), 155-170. [in Persian].

Sadeghi, B. 2013. Application of hydroponic method for flowering of saffron. Final report of research project. Iranian Scientific and Industrial Research Organization. Mashhad, Iran. [in Persian].

Sadeghi, B., Hosseini, M., Masroori, M., & Mollafilabi, A. (2013). Effect of belo corm-bed nutrition on the enlargement of saffron replacement corms. Final report of research Project, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran. 23p. [in Persian].

Souret, F., & J.Weathers, P. 2000. The growth of saffron (*Crocus sativus*) in aeroponics and hydroponics. *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants*, 7(3), 25-37.

Vahedi Torshizi, M., Fathi, M., Zamani, S., & Hosseini Mighani, A. 2017. Introduction of hydroponic culture as a new method in the development of agricultural entrepreneurship. *Journal of Entrepreneurship in Agriculture*, 4(2), 43-60. [in Persian].

COPYRIGHTS

© 2022-2023 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/)