



Growth Response of Saffron Replacement Corms to Storage Conditions of Mother Corms during Summer Dormancy

Sajjad Moradi-Moghaddam¹, Hamid-Reza Fallahi^{2&3*}, Mohammad-Ali Behdani⁴ and Sohrab Mahmoodi⁵

Article type:

Research Article

Article history:

Submitted: 16 July 2023

Revised: 14 November 2023

Accepted: 1 December 2023

Available Online: 2 December 2023

How to cite this article:

Moradi-Moghaddam, S., Fallahi, H.R., Behdani, M .A., Mahmoodi, S. (2024). Growth Response of Saffron Replacement Corms to Storage Conditions of Mother Corms during Summer Dormancy. Saffron Agronomy & Technology, 11(4), 345-370.

DOI: 10.22048/JSAT.2023.406637.1495

Abstract

The storage conditions of saffron mother corms during the summer dormancy period, including natural and pseudo-dormancy stages, can probably affect the vegetative growth and the production of replacement corms (RC), which has not received enough attention in previous scientific studies. This experiment was carried out as a complete randomized block design with seven treatments and three replicates during the 2019 growing season in Qaen, Iran. Experimental treatments were three types of corm storage inside the soil [corm planting on 5th June (A) with natural soil temperature as control, A + summer irrigation on 5th August, and A + mulch application obtained from wheat residues at the rate of 8 ton.ha⁻¹)] and four types of corm storage outside the soil [corm storage at room (ambient temperature) for three months started from 5th June + corm planting on 5th September (B), corm storage in constant temperature (25 °C and relative humidity of ~40 %) in incubator for three months + B, three months corm storage at variable temperature in incubator (one month in 20, 25 and 20 °C) + B and corm storage in room temperature (up to 5th August) and incubator (up to 5th September) + B. The studied traits were the length, number, and weight of leaves, the number and weight of the total RC, the weight of the main RC, the average weight of RCs, and the number and yield of RCs in different weight groups. The results showed that mulch application caused the highest length and number of leaves (35 cm and 9 No per plant, respectively). Incubation of corms at variable temperatures led to a significant increase in the total weight of RC. In contrast, incubation at constant temperature had most significant effect on the number of RC (2022 corms per m²). The highest and the lowest mean weights of RC were obtained in the mulch application (7.23 g) and incubation at constant temperature (2.22 g), respectively. Plant residue treatment (mulch) decreased the number of small RC (less than 6 g) and increased the number of RC in the weight groups of 9-12 and 12-15 g. Incubation

1 - Educated Student in the Agroecology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand; and an Expert in Land Affairs Management of Zirkoh Agricultural Jihad, South Khorasan Province Agricultural Jihad Organization, Iran

2 - Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

3 - Plant and Environmental Stresses Research Group, University of Birjand, Birjand, Iran.

4 - Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Birjand

5 - Associate Professor, Department Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Birjand

Corresponding author: Hamidreza.fallahi@birjand.ac.ir



of mother corms at variable temperatures led to an increase in the number and yield of RC weighing more than 15 g. Overall, the treatments of plant residue consumption and storage of mother corms at incubator with variable temperatures, in which 66% and 61% of the RC yield was in groups weighing more than 9 g, respectively, were the best experimental treatments in terms of improving the growth of RC.

Keywords: Corm, Incubation, Organic mulch, Planting date, Summer irrigation.

مقاله پژوهشی

پاسخ رشدی بنه‌های دختری زعفران به شرایط نگهداری بنه مادری طی رکود تابستانه

سجاد مرادی مقدم^۱، حمیدرضا فلاحي^{۳،*}، محمدعلی بهدانی^۴ و سهراب محمودی^۵

تاریخ دریافت: ۲۵ تیر ۱۴۰۲

تاریخ بازنگری: ۲۳ آبان ۱۴۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۰ آذر ۱۴۰۲

مرادی مقدم، س.، فلاحي، ح. ر.، بهدانی، م. ع.، محمودی، س. ۱۴۰۲. پاسخ رشدی بنه‌های دختری زعفران به شرایط نگهداری بنه مادری طی رکود تابستانه. زراعت و فناوری زعفران، ۱۱(۴)، ۳۴۵-۳۷۰.

چکیده

شرایط نگهداری بنه مادری زعفران در طی دوره رکود تابستانه، شامل مراحل خواب حقیقی و خواب ظاهری، رشد رویشی و فرایند تولید بنه‌های دختری را تحت تأثیر قرار می‌دهد و از این رو انجام مطالعات علمی در این زمینه ضروری است. در این راستا، آزمایشی مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۸-۹۹ در شهرستان قاینات اجرا شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: ۱- کشت بنه‌ها در ۱۵ خردادماه و استقرار در دمای محیط، ۲- کشت بنه‌ها در ۱۵ خردادماه + مصرف بقایای گیاهی، ۳- کشت بنه‌ها در ۱۵ خردادماه + انجام آبیاری تابستانه، ۴- نگهداری بنه‌ها در محیط آزاد (سایه و دمای ۳۰ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد) به مدت سه ماه و کشت آن‌ها در ۱۵ شهریور، ۵- نگهداری بنه‌ها در انکوباتور (دمای ثابت ۲۵ درجه سانتی‌گراد و محیط تاریک) به مدت سه ماه و کشت آن‌ها در ۱۵ شهریورماه، ۶- نگهداری بنه‌ها در انکوباتور (با دمای متغیر ۲۰ تا ۲۵ و مجدد ۲۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت یک ماه در هر دما) و کشت آن‌ها در ۱۵ شهریورماه و ۷- نگهداری تلفیقی بنه‌ها در محیط آزاد (دو ماه از ۱۵ خرداد تا ۱۵ مرداد) و انکوباتور (یک ماه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد از ۱۵ مرداد تا ۱۵ شهریور) و کشت آن‌ها در ۱۵ شهریورماه. صفات مورد مطالعه شامل طول، تعداد و وزن برگ، تعداد و وزن کل بنه‌های دختری، وزن بنه دختری اصلی، متوسط وزن بنه و نیز تعداد و عملکرد بنه‌های دختری در گروه‌های وزنی مختلف بودند. نتایج نشان داد که تیمار کشت گیاه در ۱۵ خرداد همراه با مصرف بقایای گیاهی بیشترین مقادیر طول و تعداد برگ (به ترتیب ۳۵ سانتی‌متر و ۹ عدد در بنه) را سبب گردید. انکوباسیون بنه‌ها در دمای متغیر و سپس کشت آن‌ها در شهریور منجر به افزایش معنی‌دار وزن کل بنه‌های دختری شد، در حالی که انکوباسیون در دمای ثابت و کشت در شهریورماه بیشترین اثر را بر تعداد بنه در واحد سطح داشت (۲۰۲۲ عدد در متر مربع). بیشترین و کمترین مقدار متوسط وزن هر بنه دختری به ترتیب در تیمارهای کشت در خرداد + مصرف بقایای گیاهی (۷/۲۳ گرم) و انکوباسیون در دمای ثابت (۲/۲۲ گرم) + کشت در شهریور حاصل شد؛ که در مقایسه با متوسط وزن بنه‌های مادری کشت شده (۱۵ گرم) کاهش یافت. تیمار کاشت در خرداد + مصرف بقایای گیاهی باعث کاهش تعداد بنه‌های ریز با وزن کمتر از ۶ گرم و افزایش تعداد بنه‌های دختری در گروه‌های وزنی ۹ تا ۱۲ و ۱۲ تا ۱۵ گرم شد. نگهداری بنه‌های مادری در دمای متغیر انکوباتور + کشت در شهریور منجر به افزایش تعداد و عملکرد بنه‌های دختری با وزن بیش از ۱۵ گرم شد. در مجموع، تیمارهای کاشت بنه در خرداد همراه با مصرف بقایای گیاهی و نگهداری بنه‌های مادری در دمای متغیر انکوباتور و سپس کاشت آن‌ها در شهریور که به ترتیب ۶۶ و ۶۱ درصد از عملکرد بنه‌های دختری تولید شده در آن‌ها در گروه‌های وزنی بیش از ۹ گرم قرار گرفتند، به عنوان تیمارهای برتر از نظر بهبود رشد بنه‌های دختری زعفران شناسایی و معرفی شدند.

کلمات کلیدی: آبیاری تابستانه، انکوباسیون، بنه، تاریخ کاشت، مالچ.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اگر واکولوژی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند و کارشناس امور اراضی مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان زیرکوه، سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان جنوبی

۲- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۳- گروه پژوهشی گیاه و تنش‌های محیطی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۴- استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۵- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

(*)- نویسنده مسئول: Hamidreza.fallahi@birjand.ac.ir

مقدمه

در بسیاری از نقاط جهان از جمله ایران، پدیده تغییر اقلیم در دو دهه اخیر در قالب افزایش دما و کاهش بارندگی بروز کرده است. این تغییرات اقلیمی در حوزه جغرافیایی گسترش زعفران نیز رخ داده و کاهش عملکرد این گیاه را سبب گردیده است (Hosseini et al., 2008; Behdani & Fallahi, 2015). افزایش دمای محیط باعث شده است که درجه حرارت از حد مطلوب برای گل‌انگیزی (تابستان) و ظهور گل (پاییز) بالاتر رود. بهترین دما برای وقوع مناسب مرحله گل‌انگیزی در زعفران حدود ۲۳ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد به مدت حداقل ۵۵ تا حداکثر ۱۵۰ روز (بهترین مدت، ۹۰ تا ۱۲۰ روز) و برای ظهور گل‌ها حدود ۱۵ تا ۱۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (Koocheki et al., 2014; Mollafilabi, 2014). در تحقیقی با افزایش درجه حرارت در دوره گل‌انگیزی به ۳۰ درجه سانتی‌گراد، بدون توجه به طول دوره گرما، گلدهی زعفران رخ نداد (Koocheki et al., 2010). در همین ارتباط مولینا و همکاران (Molina et al., 2005; 2004) بیان داشتند وجود درجه حرارت‌های بالا در تابستان باعث اختلال در گل‌انگیزی و در نتیجه کاهش عملکرد زعفران می‌شود. نتایج پژوهش دیگری نشان داد در صورت افزایش میانگین دمای تابستان و پاییز به میزان ۲ درجه سانتی‌گراد، گلدهی زعفران به تأخیر افتاد (Koocheki et al., 2010). بر این اساس لازم است راهکارهایی جهت تخفیف اثرات تغییر اقلیم به خصوص افزایش دمای تابستان بر رشد و گلدهی زعفران اندیشیده شود و در این خصوص مواردی مانند آبیاری تابستانه، مصرف مالچ بقایای گیاهی و نگهداری بنه در انبار دارای دمای مناسب و کاشت آن در پایان دوره گرما پیشنهاد شده است (Moradi Moghaddam et al., 2024).

در آزمایشی در شرایط اقلیمی قاین بیان شد که انجام آبیاری تابستانه یک راه‌حل احتمالی برای کاهش دمای خاک در مرحله

گل‌انگیزی بنه، می‌باشد (Moradi Moghaddam et al., 2024). نتایج پژوهشی نشان داد که به‌ترتیب ۲۳/۸، ۲۵/۰ و ۴۴/۴ درصد از کشاورزان معمولی، ماهر و پیشروی شهرستان تربت‌حیدریه اقدام به آبیاری مزارع زعفران در فصل تابستان می‌نمایند که با نظر ۶۲/۵ درصد از کارشناسان انطباق داشت (Fallahi & Salariyan, 2023b). کریمی سه‌قلعه و همکاران (Karimi Se-Qala et al., 2015) انجام آبیاری تابستانه در اواخر مردادماه را بر بهبود گلدهی زعفران مؤثر دانستند. با این وجود، از انجام آبیاری تابستانه در مزارع آلوده به عوامل قارچی و نیز کنه بایستی اجتناب شود (Koocheki et al., 2020). میزان سودمندی آبیاری تابستانه احتمالاً بسته به شرایط اقلیمی به-خصوص دمای محیط و زمان انجام آبیاری متغیر می‌باشد. بنظر می‌رسد انجام آبیاری تابستانه در مرحله تمایز اندام‌های رویشی مضر و در مرحله تمایز اندام‌های زایشی مفید است. انجام آبیاری تابستانه در هوای گرم می‌تواند گسترش کنه و عوامل بیماری-زای بنه را در پی داشته باشد و از این‌رو احتمالاً در مناطق گرم بهتر است آبیاری تابستانه به تأخیر بیفتد (Koocheki et al., 2020; Fallahi & Salariyan, 2023a). در آزمایشی در شرایط اقلیمی مشهد، استفاده از کود دامی به همراه آبیاری تابستانه رشد بنه و گلدهی زعفران را بهبود بخشید (Asadi et al., 2019). طبق تحقیقات فیضی و همکاران (Feizi et al., 2015) در شهرستان زاوه، آبیاری تابستانه در تیر + مردادماه اثر معنی‌داری بر گلدهی زعفران داشت. در تحقیق دیگری نیز اثر آبیاری تابستانه بر گلدهی زعفران در شهرستان زاوه مفید ارزیابی شد (Poorreza & Amirshakari, 2020).

از آنجا که تکوین و تمایز اندام‌های گل در مریستم جوانه بنه زعفران از حدود اواسط مردادماه شروع می‌شود (بسته به منطقه مقداری متفاوت می‌باشد)، از این‌رو تنظیم محتوای رطوبت خاک از طریق آبیاری تابستانه می‌تواند در انجام بهتر این فرآیندها مؤثر

فاصله زمانی بین خروج بنه‌های زعفران از خاک تا کاشت مجدد کوتاه‌تر باشد، بهتر است. با این وجود، در صورت وجود شرایط دمایی و رطوبتی مناسب می‌توان بنه‌ها را برای مدت کوتاهی در انبار نگهداری کرد. در صورتی که شرایط دمایی در طی دوره ذخیره‌سازی برای بنه‌ها مطلوب نباشد، ممکن است تولید گل زعفران به‌خصوص در سال اول کاهش یابد (Behdani et al., 2018). مرحله گل‌انگیزی در زعفران که در اواسط تابستان رخ می‌دهد، به دما حساس است (Molina et al., 2005) و بر این اساس به‌نظر می‌رسد دمای انبار باید در حدود ۲۵ درجه سانتی-گراد که برای این مرحله مناسب است، تنظیم شود. مولینا و همکاران (Molina et al., 2004) ذخیره‌سازی تابستانه بنه در دماهای بیش از ۳۰ درجه و کمتر از ۹ درجه سانتی‌گراد را بر گلدهی زعفران منفی ارزیابی کردند. ملافیلابی (Mollafilabi, 2014) ذخیره‌سازی بنه‌های زعفران در دمای ۲۵ درجه سانتی-گراد به مدت ۸۵ تا ۹۰ روز را بر گلدهی این گیاه مفید دانست. در برخی منابع ذخیره‌سازی کوتاه‌مدت بنه در محیطی خشک و سرد با دمای ۳ تا ۵ درجه سانتی‌گراد و در شرایط مناسب تهویه-ای برای تنها چند روز در حفاصل خروج بنه از خاک تا کشت مجدد توصیه شد (Behdani et al., 2018). با این وجود، در تحقیقی ذخیره‌سازی طولانی‌مدت در این دما (از تیرماه تا اوایل مهر) منجر به کاهش بسیار شدید توان گلدهی گیاه شد (Nassiri Mahallati et al., 2007). در آزمایش دیگری دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد (در مقایسه با دماهای ۱ و ۱۰ درجه) و مدت زمان ۳۰ روز (در مقایسه با ۶۰ و ۹۰ روز) و استفاده از کارتن و گونی (در مقایسه با نایلون و توری) برای ذخیره‌سازی بنه‌های زعفران توصیه شد (Saeidirad & Zarifneshat, 2019). در تحقیقی گزارش شد از نظر شرایط ذخیره‌سازی بنه از حیث نور، دما و رطوبت تنوع بسیار زیادی در بین نظرات کارشناسان زراعت زعفران وجود دارد که نشان می‌دهد در این مورد اتفاق نظر وجود ندارد و بایستی تحقیقات بیشتری در این خصوص

باشد (Sadeghi et al., 1997; Rezvani Moghaddam et al., 2013; Fallahi et al., 2021). با این وجود در تحقیق کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2016a) در شرایط اقلیمی مشهد، عدم انجام آبیاری پس از کاشت گیاه در تابستان، باعث افزایش شاخص‌های گلدهی شد. نتایج سایر محققان نیز نشان داد آبیاری در نیمه دوم مرداد ماه برای کمک به تشکیل اندام‌های گلدهی مفید بود، ولی انجام آبیاری در تیرماه و نیمه اول مردادماه بر عملکرد زعفران اثر منفی داشت (Ghasemi-Rooshnavand et al., 2009; Behdani & Fallahi, 2015; Fallahi et al., 2021).

استفاده از مالچ بقایای گیاهی در سطح مزرعه زعفران جهت کاهش دمای خاک مفید می‌باشد (Behdani & Fallahi, 2015). رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2013) بیان داشتند حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک، ضمن تحریک و افزایش عملکرد گل زعفران، منجر به بهبود رشد بنه‌های دخترى در انتهای دوره رشد گیاه شد. تحقیقات هریوندی و همکاران (Harivandi et al., 2019) نیز نشان داد پخش مالچ کلش در اول خردادماه در مقایسه با اول شهریورماه اثر بیشتری بر گلدهی و عملکرد بنه‌های درشت داشت. تحقیق دیگری نیز اثر مثبت مصرف مالچ کاه و کلش گندم را بر کاهش رشد علفهای هرز مزرعه زعفران و بهبود رشد گیاه نشان داد (Shabahang et al., 2013).

هر چند نگهداری بنه در محیط بیرون از خاک محدودیت-هایی دارد، ولی افزایش دمای محیط در طی چند دهه اخیر تأثیری منفی بر فرآیند گل‌انگیزی زعفران در برخی از مناطق اعمال نموده است. از این‌رو، احتمالاً با خروج بنه از خاک در مرحله خواب حقیقی (خردادماه) و نگهداری آن در محیط بیرون از خاک با شرایط اقلیمی مطلوب و سپس کاشت آن در شهریورماه بتوان اثر منفی افزایش دما بر رفتار گلدهی زعفران را کنترل نمود (Moradi Moghaddam et al., 2024). هر چه

صورت گیرد (Fallahi & Salariyan, 2023b).

با توجه به اینکه تغییر اقلیم اثرات قابل توجهی بر رشد و گلدهی زعفران دارد و باعث کاهش سطح زیرکشت و عملکرد این گیاه در برخی مناطق کشور شده است، ارائه راهکارهایی جهت کاهش اثرات منفی این رخداد بر زعفران دارای اهمیت است. در این راستا در پژوهش کنونی به آبیاری تابستانه، مصرف مالچ گیاهی و انکوباسیون بنه به عنوان برخی راهکارهای احتمالی توجه شد و اثرات آن‌ها بر بنه‌زایی زعفران مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

محل انجام تحقیق

این تحقیق در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه‌ای شخصی در شهر قاین (استان خراسان جنوبی)، به منظور بررسی اثر شرایط نگهداری بنه مادری در طی دوره رکود تابستانه (خواب حقیقی و خواب ظاهری) بر تولید بنه‌های دختری زعفران، انجام شد. اطلاعات مربوط به اثر تیمارهای آزمایشی بر توان گلدهی زعفران پیش از این در مقاله دیگری ارایه شده است (Moradi Moghaddam et al., 2024). شهرستان قاین در عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی، در ارتفاع ۱۴۴۰ متری از سطح دریا قرار دارد. این شهر دارای اقلیم خشک است و میانگین دما و بارندگی سالیانه آن به ترتیب ۱۴ درجه سانتی‌گراد و ۱۷۳ میلی‌متر می‌باشد. میانگین رطوبت سالانه این منطقه ۳۸ درصد، میانگین رطوبت تابستان ۲۵ درصد و میانگین پتانسیل تبخیر سالیانه ۲۶۴۵ میلی‌متر می‌باشد (Moradi Moghaddam et al., 2024).

تیمارها و طرح آزمایشی

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی با هدف کاهش دمای محیط

قرارگیری بنه در طی تابستان به‌خصوص در مرحله گل‌انگیزی انتخاب شدند، زیرا بالا بودن دمای محیط در این دوره می‌تواند منجر عدم وقوع مناسب فرآیند گل‌انگیزی شود (Molina et al., 2005). در تیمارهای آزمایشی انتخاب تاریخ کاشت ۱۵ خردادماه به این دلیل بود که در این زمان بنه در مرحله خواب حقیقی قرار دارد و بهترین زمان برای کاشت زعفران در اکثر مناطق می‌باشد. همچنین تنظیم برخی تیمارها با تاریخ ۱۵ مرداد به این دلیل بود که در این زمان بنه در مرحله خواب ظاهری به سر می‌برد و گل‌انگیزی گیاه رخ می‌دهد. همچنین، علت انتخاب تاریخ کاشت ۱۵ شهریورماه نیز این بود که در این زمان گل‌انگیزی پایان یافته و درصد بالایی از کشاورزان در این زمان اقدام به کشت گیاه می‌کنند. البته بایستی در نظر داشت که زمان وقوع هر یک از این مراحل در مناطق مختلف مقداری متفاوت است و تعیین زمان دقیق آن نیازمند مطالعات میکروسکوپی و بیوشیمیایی است (Behdani & Fallahi, 2015).

تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: ۱- کشت بنه‌ها در ۱۵ خردادماه و استقرار در بستر خاک در دمای محیط (به‌عنوان تیمار شاهد)، ۲- کشت بنه‌ها در ۱۵ خردادماه همراه با مصرف بقایای گیاهی، ۳- کشت بنه‌ها در ۱۵ خردادماه همراه با انجام آبیاری تابستانه در حوالی مرحله گل‌انگیزی (۱۵ مردادماه)، ۴- نگهداری بنه‌ها در دمای محیط از ۱۵ خرداد (در انبار دارای تهویه مناسب، سایه و توأم با زیر و رو کردن متناوب بنه‌ها) و سپس کشت آن‌ها در ۱۵ شهریور (بعد از سپری شدن دوره گرمای شدید تابستان)، ۵- نگهداری بنه‌ها در انکوباتور به مدت ۳ ماه از ۱۵ خرداد با دمای ثابت ۲۵ درجه سانتی‌گراد، به‌عنوان دمای مناسب گل‌انگیزی (Behdani & Fallahi, 2015) و کشت آن‌ها در ۱۵ شهریور ماه، ۶- نگهداری بنه‌ها در انکوباتور از ۱۵ خرداد با دمای متغیر (به مدت یک‌ماه در هر یک از دماهای ۲۰، ۲۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد متناسب با روند تغییرات

دما در محیط طبیعی که در مردادماه حداکثر دما رخ می‌دهد و در ماه‌های تیر و شهریور شدت آن کمتر است) و سپس کشت آن‌ها در ۱۵ شهریورماه و ۷- نگهداری تلفیقی بنه‌ها در انبار و انکوباتور: ذخیره‌سازی در دمای محیط (انبار دارای تهویه، دمای حدود ۳۲ درجه سانتی‌گراد و محیط سایه) از ۱۵ خرداد و انتقال به انکوباتور در ۱۵ مردادماه (همزمان با دوره گل‌انگیزی) با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و سپس کشت آن‌ها در مزرعه در ۱۵ شهریورماه. در همه تیمارها زمانی که بنه‌ها در ۱۵ خرداد یا ۱۵ شهریورماه به خاک منتقل شدند، تحت تأثیر دمای محیط قرار داشتند، هر چند که وجود بقایای گیاهی و یا آبیاری تابستانه در تیمارهای مرتبط، تغییراتی در دمای طبیعی ایجاد کرد (شکل ۱). در تیمارهای ذخیره‌سازی بنه در انکوباتور، بنه‌ها در شرایط تاریکی و رطوبت نسبی محیط (۳۰ تا ۴۰ درصد) قرار گرفتند. در محیط انکوباتور فقط دمای محیط کنترل شد، ولی به دلیل قرارگیری بنه‌ها در رطوبت نسبی پایین، در پایان دوره انکوباسیون بخش قابل توجهی از محتوای آب بنه‌ها کاهش پیدا کرد. بنابراین، به‌نظر می‌رسد در مطالعات آتی مطابق با توصیه مولینا و همکاران (Molina et al., 2005) و ملافیلابی (Mollafilabi, 2014) با استفاده از رطوبت نسبی حدود ۸۰ درصد در طی دوره انکوباسیون، بتوان نتایج دقیق‌تری را به دست آورد. در تیمار نگهداری بنه‌ها در انبار، ارتفاع ذخیره‌سازی ۱۵ سانتی‌متر و دمای محیط (در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری سطح بنه‌ها و در ساعت ۱۶ عصر) بین ۳۰ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد بود و نور طبیعی (سایه) در محیط وجود داشت. در مورد شرایط مطلوب ذخیره‌سازی در انبار حتی در بین محققان توافق نظر کافی وجود ندارد و بایستی در تحقیقات آتی به این موضوع توجه شود (Fallahi & Salariyan, 2023b). از این‌رو انتخاب

شرایط محیطی انبار در آزمایش کنونی به عنوان شرایط مطلوب نبایستی در نظر گرفته شود، بلکه بر اساس رویه رایج در بین کشاورزان انتخاب شد. انتخاب ساعت ۱۶ برای اندازه‌گیری دما به دلیل لحاظ نمودن فاز تأخیر دمایی بود که بر اساس آن حداکثر دما مدتی پس از حداکثر شدت تابش خورشیدی رخ می‌دهد، ولی بهتر بود فاز تأخیر کوتاه‌تر در نظر گرفته شده و دما در ساعت ۱۴ اندازه‌گیری می‌شد. در تیمار مصرف مالچ، بقایای گندم به مقدار هشت تن در هکتار مطابق با توصیه رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2013) در ۱۵ خردادماه و بلافاصله پس از کاشت بنه، مصرف شد.

عملیات زراعی

قبل از اجرای تحقیق از خاک محل اجرای طرح یک نمونه مرکب خاک تهیه شد که مهم‌ترین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن در جدول ۱ ارائه شده است. برای آماده‌سازی زمین، شخم اولیه در اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۹۸ انجام شد و پس از تسطیح و حذف کلوخه‌ها، کرت‌هایی به ابعاد ۱/۵×۲ متر (مساحت ۳ مترمربع) ایجاد گردید. خروج بنه‌های مادری از خاک مزرعه‌ای که با مزرعه تحقیقاتی ۵ کیلومتر فاصله داشت، پنج روز قبل از شروع آزمایش صورت گرفت و پس از حذف بنه‌های ریز و آسیب‌دیده، بنه‌های دارای وزن متوسط ۱۵ گرم جهت کاشت در مزرعه تحقیقاتی انتخاب شد. فاصله زمانی پنج روزه بین خروج بنه تا کاشت مجدد آن به دلیل محدودیت‌های خاص تحقیق کنونی حادث شد و گر نه توصیه شده است این فاصله زمانی به حداقل ممکن برسد (Fallahi & Salariyan, 2023b).

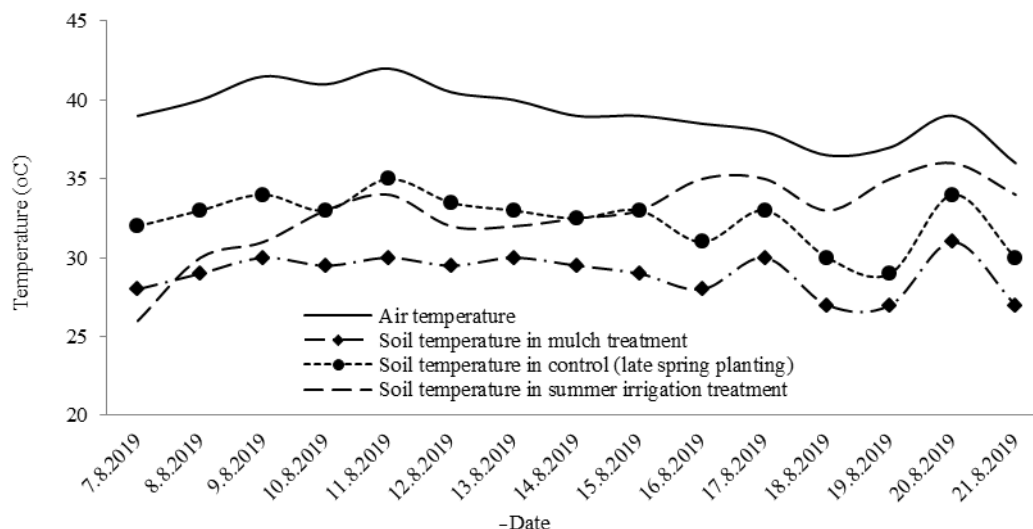
جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش
Table 1- Soil chemical and physical properties in the experimental field

عمق نمونه- برداری Sampling depth (cm)	شاخص واکنش pH	هدایت الکتریکی EC (ds.m ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب K _{ava} (mg.kg ⁻¹)	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر P _{ava} (mg.kg ⁻¹)	منیزیم محلول Soluble Mg	کلسیم محلول Soluble Ca	پتاسیم محلول Soluble K	سدیم محلول Soluble Na
0-30	8	2.46	190	0.027	7	1.21	3.98	0.078	19.32
	وزن مخصوص	ماده آلی Organic matter (%)	نسبت جذب سدیم SAR (%)	سنگریزه Gravel	آهک Lime	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	بافت Soil texture
رطوبت اشباع SP (%)	ظاهر Soil bulk density (g.cm ⁻³)					%			
30	1.6	0.54	12	8.33	15	54	22	24	Sandy clay loam

بدلیل از بین رفتن بنه مادری و تولید بنه‌های دختری، زعفران از نظر گیاه‌شناسی یک‌ساله است و به علت عدم خروج بنه‌های دختری از خاک و حفظ آن‌ها در چرخه تولید در بسیاری از مزارع، این گیاه از نظر زراعی چندساله می‌باشد (Behdani & Fallahi, 2015) و بهتر است مطالعات روی این گیاه در طی چند سال متوالی اجرا گردد. در این آزمایش زعفران به‌عنوان یک گیاه یک‌ساله در نظر گرفته شد که خصوصاً در تیمارهای انکوباسیون هرساله در پایان فصل رشد باید بنه‌ها از خاک خارج شده و پس از گذراندن مرحله گل‌انگیزی در محیط کنترل شده، مجدداً به زمین اصلی منتقل شوند. کاشت پرتراکم زعفران در شرایط کاهش سن بهره‌برداری از مزرعه به یک یا دو سال در مطالعات پیشین مورد تأیید قرار گرفته است (Koocheki et al., 2015). بر این اساس، تراکم کاشت ۳۵۰ بنه در مترمربع در نظر گرفته شد. فواصل بین ردیفی ۱۰ سانتی‌متر بود و بنه‌ها در روی ردیف بدون فاصله کشت شدند. بنظر می‌رسد کشت پرتراکم بدون فاصله روی‌ردیفی، در شرایطی که مزرعه برای

چندین سال مورد استفاده قرار گیرد، قابل توصیه نباشد؛ زیرا تکثیر سالانه بنه‌ها منجر به افزایش بیش از حد تعداد بنه، افزایش رقابت بین بنه‌ها، کاهش وزن بنه و در نهایت کاهش توان گلدهی آن‌ها خواهد شد.

کاشت بنه‌ها بصورت دستی در عمق ۱۵ سانتی‌متری و بسته به نوع تیمار در تاریخ ۱۵ خرداد یا ۱۵ شهریور صورت گرفت. پس از کاشت در هیچ‌یک از تیمارها آبیاری صورت نگرفت و اولین آبیاری تمامی تیمارها بطور همزمان در پاییز انجام شد. در طی فصل رشد گیاه هیچ نوع کودی مصرف نشد. جهت ارزیابی اثر مصرف مالچ و آبیاری تابستانه بر کاهش دمای خاک، دما در عمق قرارگیری بنه‌های مادری در دوره گل‌انگیزی در طی تابستان با استفاده از دماسنج به طور روزانه اندازه‌گیری شد که نتایج آن در شکل ۱ ارائه شده است. اولین آبیاری پاییزه زمانی که میانگین دمای محیط به حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد رسید (Behdani & Fallahi, 2015) در تاریخ ۱۵ مهرماه سال ۱۳۹۸ انجام شد.



شکل ۱- اثر شرایط نگهداری بنه زعفران در درون خاک، بر تغییرات دمای حوزه قرارگیری بنه در طی دوره گل‌انگیزی
Figure 1- The effect of saffron corm storage conditions inside the soil on temperature changes in the planting depth during flower initiation stage.

از ۱۸ تا ۲۱ و بیش از ۲۱ (≤ 21) گرم اندازه‌گیری شد.

صفات مورد مطالعه

گلدهی گیاه از نهم آبان‌ماه تا چهارم آذرماه سال ۱۳۹۸ صورت گرفت. در طی این دوره صفات مختلف مربوط به رشد زایشی گیاه اندازه‌گیری شد که نتایج آن در مقاله دیگری ارائه شده است (Moradi Moghaddam et al., 2024). با این وجود، جهت تحلیل بهتر نتایج مقاله کنونی و برقراری ارتباط بین وضعیت گلدهی و رشد بنه‌های دختر، مختصری از نتایج مربوط به عملکرد گل و کلاله در مقاله فعلی ارائه شده است.

در دوره رشد رویشی گیاه (فروردین ماه سال ۱۳۹۹) برگهای شش بوته از هر کرت برای اندازه‌گیری میانگین طول برگ، وزن خشک و تعداد برگ برداشت شد. همچنین در تاریخ ۱۵ خردادماه سال ۱۳۹۹ از هر کرت بنه‌های دختر از تعداد شش بوته بطور کامل برداشت شد. در آزمایشگاه صفات تعداد کل بنه‌های دختر، وزن کل بنه‌های دختر، وزن بنه‌های دختر اصلی (درشت‌ترین بنه در هر بوته)، متوسط وزن کل بنه‌ها و متوسط وزن بنه‌های دختر اصلی تعیین شد. افزون بر این، تعداد و عملکرد بنه‌های دختر در گروه‌های وزنی کمتر از ۳ (> 3)، از ۳ تا ۶ ($3 \leq 6$)، از ۶ تا ۹، از ۹ تا ۱۲، از ۱۲ تا ۱۵، از ۱۵ تا ۱۸،

آنالیز آماری

آنالیز آماری داده‌های حاصل از آزمایش، توسط نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ انجام شد و میانگین‌ها نیز توسط آزمون FLSD در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

عملکرد گل و کلاله

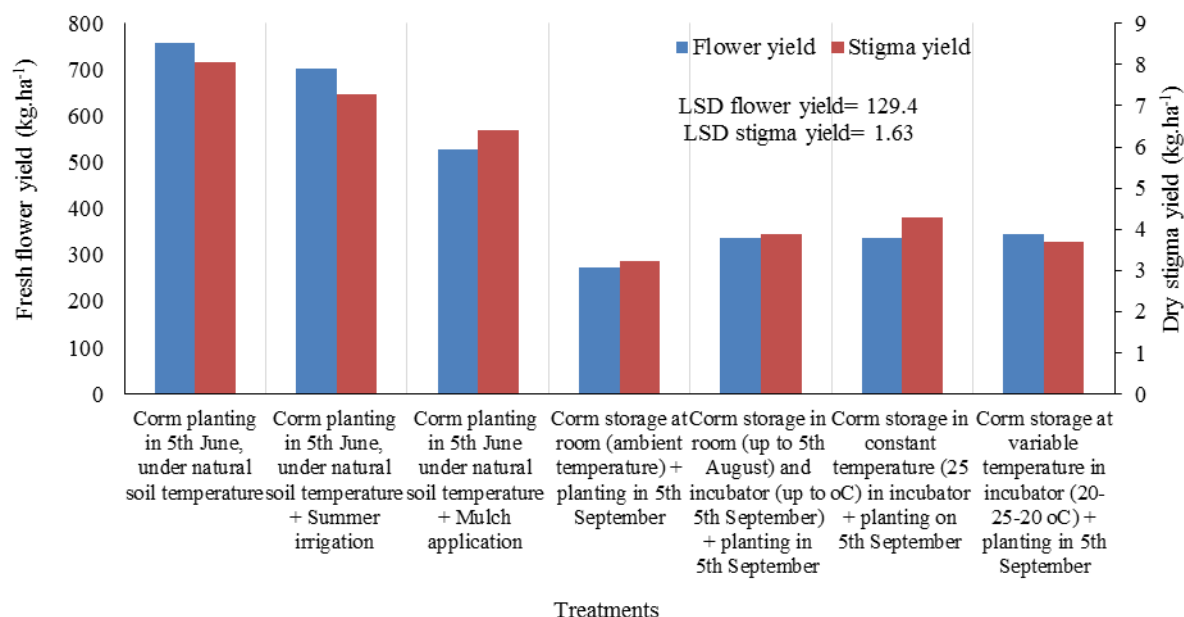
اثر شرایط نگهداری بنه مادری در طی دوره رکود تابستانه بر عملکرد گل و کلاله زعفران معنی‌دار بود ($p \leq 0.01$). به جز تیمار کاشت بنه در خردادماه همراه با انجام آبیاری تابستانه که با تیمار کاشت بنه در خردادماه و استقرار در دمای محیط (شاهد) از حیث این دو شاخص تفاوت آماری معنی‌داری نداشت، سایر تیمارها موجب کاهش عملکرد گل و کلاله شدند. به عبارتی انتقال تاریخ کاشت از خردادماه به شهریورماه و نیز نگهداری بنه در خارج از محیط خاک موجب کاهش گلدهی زعفران شد (شکل ۲). در تاریخ کاشت خردادماه، بنه در دوره خواب حقیقی

(Moradi Moghaddam et al., 2024) بطور کامل تشریح شده است.

رشد اندام هوایی

اثر شرایط نگهداری بنه مادری در طی دوره رکود تابستانه، بر صفات مرتبط با رشد اندام هوایی زعفران شامل تعداد، طول و وزن خشک برگ‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). کاشت بنه در خردادماه همراه با مصرف بقایای گیاهی منجر به افزایش معنی‌دار طول برگ‌های زعفران شد و پس از آن تیمار نگهداری بنه در دمای ثابت انکوباتور و کاشت در شهریورماه بیشترین مقدار این صفت را ایجاد کرد. بین سایر تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). مصرف بقایای گیاهی همچنین منجر به حصول بیشترین تعداد برگ در هر بوته گردید. در بین سایر تیمارها، آبیاری تابستانه و نگهداری بنه در دمای متغیر انکوباتور با تیمار مصرف بقایای گیاهی، تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد برگ نداشتند. کمترین تعداد برگ در تیمار نگهداری بنه‌ها در انبار به دست آمد و نگهداری بنه در دمای ثابت انکوباتور نیز با این تیمار تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

به سر می برد، در حالی که تاریخ کاشت شهریورماه منطبق بر دوره خواب ظاهری بنه می‌باشد. بنه‌ها در دوره خواب ظاهری دارای فعالیت‌های گسترده تکوین و تمایز اندام‌ها می‌باشند و هر گونه جابجایی بنه‌ها موجب کاهش گلدهی زعفران می‌شود (Koocheki et al., 2016b). همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، تیمارهای آزمایشی (به جز مصرف بقایای گیاهی) اثر مثبتی بر افزایش متوسط وزن هر بنه (مهم‌ترین صفت مؤثر بر گلدهی) نیز نداشتند که انطباق نسبی بین رشد بنه و گلدهی گیاه را نشان می‌دهد. در آزمایش کنونی کاهش شدید عملکرد گل و کلاله زعفران در تیمار ذخیره‌سازی بنه در محیط با دمای کنترل شده (خارج از محیط خاک)، می‌تواند ناشی از قرارگیری بنه‌ها در رطوبت نسبی پایین (۳۰ تا ۴۰ درصد) باشد، که باعث شد در پایان دوره ذخیره‌سازی بخش قابل توجهی از محتوای آب بنه‌ها کاهش یابد. بنابراین، به نظر می‌رسد در مطالعات آتی مطابق با روش کار مولینا و همکاران (Molina et al., 2005) و ملافیلابی (Mollafilabi, 2014) با استفاده از رطوبت نسبی حدود ۸۰ تا ۸۵ درصد در طی دوره ذخیره‌سازی بنه، بتوان نتایج مناسب‌تری را به دست آورد. تاکنون در پژوهش‌های علمی اثر درصد رطوبت نسبی انبار ذخیره‌سازی بنه‌های زعفران بر روی گلدهی گیاه بررسی نشده است، ولی در تحقیق گارسیا رودریگز و همکاران (García-Rodríguez et al., 2020) در مقایسه با نتایج مولینا و همکاران (Molina et al., 2005) وزن خشک کلاله کمتر بود. آن‌ها این موضوع را به دلایلی از جمله کمتر بودن رطوبت نسبی انبار در تحقیق مذکور (۷۰ درصد) در مقایسه با پژوهش مولینا و همکاران (۸۵ درصد) نسبت دادند. از این‌رو، لازم است در پژوهش‌های آتی موضوع اثر درصد رطوبت نسبی محیط در طی دوره خواب بنه بر روی رشد و گلدهی آن مورد تحقیق و بررسی قرار گیرد. دلایل نتایج مربوط به اثر تیمارهای آزمایشی بر گلدهی زعفران در مقاله مرادی مقدم و همکاران



شکل ۲- مقایسات میانگین مربوط به اثر شرایط نگهداری بنه مادری در طی دوره رکود تابستانه بر عملکرد گل و کلاله زعفران
Figure 2- Mean comparison for the effect of mother corm storage conditions during summer dormancy stage on flower and stigma yield of saffron.

خاک در مرحله ایجاد آغازه‌های برگ در طی تابستان مفید است، زیرا وجود بقایا باعث سایه‌اندازی در سطح خاک، افزایش میزان بازتاب نور خورشید، کاهش تبخیر از خاک و در نتیجه افزایش محتوای رطوبتی خاک می‌شود (Rezvani Moghaddam et al., 2013; Harivandi et al., 2019). افزایش رطوبت خاک در اثر مصرف مالچ بقایای گیاهی باعث افزایش آماس سلولی و در نتیجه افزایش سرعت تولید برگ می‌شود (Harivandi et al., 2019).

برخلاف تعداد و طول برگ‌ها، حداکثر مقدار وزن خشک برگ‌ها در تیمارهای نگهداری بنه در انبار و آبیاری تابستانه مشاهده شد و پس از این تیمارها، نگهداری تلفیقی بنه‌ها در انبار و انکوباتور بیشترین مقدار این صفت را ایجاد کرد. همچنین، تیمار مصرف بقایای گیاهی که باعث افزایش طول و تعداد برگ‌ها شده بود، از نظر وزن خشک برگ‌ها مقدار کمتری را در پی داشت (جدول ۳). بنابراین، تا حد زیادی می‌توان بیان داشت

در مجموع مصرف بقایای گیاهی در سطح کرت‌های آزمایشی منجر به افزایش تعداد و طول برگ‌ها شد، در حالی که نگهداری بنه‌ها در انبار (دمای محیط) از حیث این دو صفت نسبت به سایر تیمارها مقادیر کمتری را نشان داد. مصرف بقایای گیاهی از طریق تعدیل درجه حرارت و محتوای رطوبتی خاک رشد و نمو گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Judice et al., 2007). کاهش دمای خاک که در شرایط مصرف بقایای گیاهی مشاهده شد (شکل ۱) احتمالاً بر ایجاد آغازه‌های برگ در طی تابستان اثر مثبتی گذاشته و نتیجه آن بهبود رشد اندام هوایی در مرحله ظهور برگ‌ها و پس از آن بوده است. در حالی که نگهداری بنه در انبار ضمن تحمیل تنش دمایی بر بنه در مرحله تولید آغازه‌های برگ، باعث اتلاف محتوای رطوبتی بنه نیز می‌گردد و مجموع این عوامل می‌تواند بر رشد برگ‌ها در مراحل بعدی اثر منفی اعمال نماید (Behdani & Fallahi, 2015). استفاده از بقایای گیاهی در سطح مزرعه جهت کاهش دمای

که بین طول و تعداد برگ‌ها با وزن خشک آن‌ها در اواخر فصل رشد رابطه نسبتاً معکوسی وجود داشت. پایین بودن وزن خشک برگ‌ها در اواخر فصل رشد لزوماً یک رخداد منفی نمی‌تواند تلقی شود، زیرا در این زمان مواد فتوسنتزی از برگ‌ها به سمت بنه‌های دختری منتقل می‌شود (Fallahi & Mahmoodi, 2018) و افزایش وزن بنه‌های دختری را سبب می‌گردد. در آزمایش کنونی نیز احتمالاً در تیمار مصرف بقایای گیاهی پدیده انتقال مجدد مواد از برگ‌ها به بنه‌های دختری بهتر رخ داده و این موضوع باعث کاهش وزن برگ‌ها در این تیمار شده است. افزایش قابل توجه متوسط وزن بنه‌های دختری در شرایط مصرف بقایای گیاهی (جدول ۵) می‌تواند مؤید این فرضیه باشد که البته بایستی در تحقیقات آتی مورد بررسی قرار گیرد. فرضیه دیگر این است که در شرایط افزایش رطوبت خاک (در اثر مصرف بقایا)، با وجود افزایش طول برگ، ضخامت برگ‌ها کاهش یافته و منجر به کاهش وزن خشک برگ گردیده است.

رشد بنه‌های دختری

شرایط نگهداری بنه مادری زعفران در طی دوره رکود تابستانه، اثر معنی‌داری بر تعداد، عملکرد و متوسط وزن بنه‌های دختری زعفران در پایان فصل رشد داشت (جدول ۴). در بین تمامی تیمارهای آزمایشی، بیشترین تعداد بنه دختری مربوط به نگهداری بنه مادری در دمای ثابت انکوباتور بود. بعد از این تیمار، نگهداری بنه در دمای متغیر انکوباتور باعث حصول بیشترین تعداد بنه در واحد سطح گردید. کمترین تعداد بنه دختری مربوط به تیمار کاشت بنه‌های مادری در خردادماه همراه با مصرف مالچ بقایای گیاهی بود (جدول ۵). در زراعت زعفران، متوسط وزن بنه‌های دختری به مراتب اهمیت بیشتری در مقایسه با تعداد بنه‌های دختری دارد، زیرا قابلیت گلدهی گیاه به شدت به ذخایر موجود در بنه وابسته است (Mohammad-Abadi et al., 2011).

جدول ۲- میانگین مربعات مربوط به اثر شرایط نگهداری بنه مادری در طی دوره رکود تابستانه، بر رشد برگ‌های زعفران
Table 2- Mean squares for the effect of mother corm storage conditions during summer dormancy stage on leaves growth indices of saffron

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	طول برگ Leaf length	تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant	وزن خشک برگ Leaf dry weight
تکرار Replication	2	7.5469*	0.005714 ^{ns}	463.3 ^{ns}
تیمار Treatment	6	22.24**	1.5263**	4840.7**
خطا Error	12	1.6438	0.09683	215.3
مجموع Total	20	-	-	-
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	4.33	3.82	5.20

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns = عدم معنی‌داری.

* and ** respectively significant at 5 and 1% probability level ; ns: non-significant.

جدول ۳- مقایسات میانگین مربوط به اثر شرایط نگهداری بنه مادری در طی دوره رکود تابستانه بر رشد برگ‌های زعفران
Table 3- Means comparison for the effect of mother corm storage conditions during summer dormancy stage on leaves growth indices of saffron

تیمارها Treatments	طول برگ Leaf length (cm)	تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant	وزن خشک برگ Leaves dry weight (g.m ⁻²)
کاشت بنه در خردادماه و استقرار بنه در دمای طبیعی خاک Corm planting in 5 th June, under natural soil temperature	28.33	8.33	233.3
کاشت بنه در خردادماه همراه با آبیاری تابستانه Corm planting in 5 th June, under natural soil temperature + Summer irrigation	26.9	8.53	330.1
کاشت بنه در خردادماه همراه با مصرف بقایای گیاهی Corm planting in 5 th June under natural soil temperature + Mulch application	35.1	8.93	283.9
نگهداری بنه در انبار و کاشت در ۱۵ شهریورماه Corm storage at room (ambient temperature) + planting in 5 th September	28.5	7.00	332.5
نگهداری تلفیقی بنه‌ها در انبار و انکوباتور و کاشت در ۱۵ شهریورماه Corm storage in room (up to 5 th August) and incubator (up to 5 th September) + planting in 5 th September	29.71	7.93	294.2
نگهداری بنه در دمای ثابت ۲۵ درجه انکوباتور و کاشت در ۱۵ شهریورماه Corm storage in constant temperature (25 °C) in incubator + planting on 5 th September	30.36	7.46	263.2
نگهداری بنه در دمای متغیر انکوباتور و کاشت در شهریورماه Corm storage at variable temperature in incubator (20-25-20 °C) + planting in 5 th September	27.7	8.8	238.0
حداقل اختلاف معنی‌دار LSD	2.28	0.553	26.10

بر این مبنا، تشدید بنه‌زایی لزوماً یک فرآیند مثبت تلقی نمی‌شود، زیرا با افزایش تعداد بنه‌های دخترى، مواد فتوسنتزی بین تعداد بیشتری از بنه‌ها توزیع شده و در نهایت متوسط وزن بنه‌ها کاهش پیدا می‌کند (Fallahi & Mahmoodi, 2018). حداکثر مقدار وزن کل بنه‌های دخترى (عملکرد بنه در واحد سطح) در تیمارهای نگهداری بنه‌های مادری در دمای متغیر انکوباتور و مصرف بقایای گیاهی مشاهده شد و سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۴). تیمار نگهداری بنه‌های مادری در دمای متغیر انکوباتور همچنین باعث حصول بیشترین مقدار وزن کل بنه‌های دخترى اصلی (درشت‌ترین بنه در هر گیاه) گردید. از حیث این صفت بین تیمارهای نگهداری تلفیقی بنه‌ها (در انبار و انکوباتور) و مصرف بقایای گیاهی با تیمار برتر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. آبیاری تابستانه کمترین مقدار

وزن کل بنه‌های دخترى اصلی را داشت و بین سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نبود (جدول ۵). بیشترین مقدار متوسط وزن بنه‌های دخترى اصلی نیز در تیمار نگهداری بنه در دمای متغیر انکوباتور به دست آمد. بین تیمارهای نگهداری تلفیقی بنه‌ها (در انبار و انکوباتور) و مصرف بقایای گیاهی با تیمار برتر تفاوت معنی‌دای وجود نداشت. تیمارهای آبیاری تابستانه و نگهداری بنه در دمای ثابت انکوباتور کمترین مقدار متوسط وزن بنه‌های دخترى اصلی را داشتند (جدول ۵). متوسط وزن کل بنه‌های دخترى به‌عنوان یکی از صفات بسیار مهم در تعیین ظرفیت گلدهی زعفران (Mohammad-Abadi et al., 2011) در تیمار مصرف بقایای گیاهی بالاترین مقدار را نشان داد. تیمارهای نگهداری بنه مادری در دمای ثابت انکوباتور و آبیاری تابستانه کمترین مقدار

نتایج مفیدتری حاصل گردد.

قابلیت گلدهی زعفران به شدت وابسته به وزن بنه است (Koocheki et al., 2016c). نتایج این پژوهش نشان داد که مصرف بقایای گیاهی در طی دوره رکود تابستانه بنه‌های مادری اگرچه باعث کاهش بنه‌زایی شد، ولی با افزایش عملکرد بنه‌ها در نهایت موجب حصول بیشترین مقدار متوسط وزن بنه‌های دختری در پایان فصل رشد گردید (جدول ۵). این موضوع مؤید نتایج محمدآبادی و همکاران (Mohammad-Abadi et al., 2011) می‌باشد که بیان داشتند به جای تحریک بنه‌زایی جهت افزایش تعداد بنه در واحد سطح بهتر است به موضوع افزایش وزن بنه‌های تولیدی توجه بیشتری شود. هم‌راستا با نتایج پژوهش کنونی، نتایج تحقیق دیگری نیز نشان داد که مصرف مالچ بقایای گیاهی، عملکرد بنه‌های دختری زعفران را بهبود بخشید (Rezvani Moghaddam et al., 2013). یافته‌های پژوهش دیگری نیز حاکی از آن است که مصرف مالچ بقایای گیاهی در اول خردادماه در مقایسه با اول شهریورماه بیشترین اثر را در بهبود رشد و عملکرد زعفران داشت (Harivandi et al., 2019).

توزیع تعداد بنه‌های دختری در گروه‌های وزنی مختلف

شرایط نگهداری بنه‌های مادری زعفران در طی دوره رکود تابستانه، اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر تعداد بنه‌های دختری در گروه‌های وزنی مختلف داشت (جدول ۶). در گروه وزنی کمتر از ۳ گرم (بنه‌های دختری خیلی ریز) بیشترین تعداد بنه دختری در تیمار نگهداری بنه مادری در دمای ثابت انکوباتور حاصل شد. مصرف بقایای گیاهی منجر به تولید کمترین تعداد بنه‌های دختری بسیار ریز شد و بین سایر تیمارها تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۷).

متوسط وزن بنه‌ها را داشتند و سایر تیمارهای آزمایشی در یک گروه آماری قرار گرفتند. اثر منفی آبیاری تابستانه در اول مردادماه بر وزن بنه‌های دختری زعفران توسط کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2016b) نیز گزارش شده است. اگرچه این احتمال وجود دارد که بسته به شرایط اقلیمی و زمان آبیاری تابستانه نتایج مثبتی نیز حاصل شود (Fallahi et al., 2021). با این وجود، در آزمایش کنونی بر خلاف آزمایشات پیشین (Asadi et al., 2019; Poorreza & Amirshakari, 2020) اثر آبیاری تابستانه بر بهبود رشد بنه (جدول ۵) و نیز کاهش طولانی مدت دمای حوزه قرارگیری بنه (شکل ۱) مثبت نبود.

اگرچه انجام آبیاری تابستانه در اولین هفته پس از آبیاری موجب کاهش دمای خاک شد، ولی پس از آن دمای خاک رو به افزایش گذاشت و از تیمار شاهد (عدم آبیاری تابستانه) نیز بالاتر رفت (شکل ۱). افزایش رطوبت خاک از طریق آبیاری تابستانه باعث می‌شود تا بخشی از انرژی گرمایی خورشید صرف تبخیر آب شود. همچنین با توجه به ظرفیت گرمایی بالاتر آب در مقایسه با خاک، افزایش محتوای رطوبت خاک باعث می‌شود تا برای افزایش هر واحد به دمای خاک، نیاز به انرژی گرمایی بیشتری باشد. ضمن اینکه در خاک مرطوب به دلیل بالاتر بودن ظرفیت هدایت گرمایی آب، بخشی از انرژی گرمایی به عمق خاک منتقل می‌شود (Moradi Moghaddam et al., 2024). به نظر می‌رسد در اولین هفته پس از آبیاری عوامل مذکور باعث کاهش دمای خاک شده است. با این وجود، پس از تبخیر آب اضافه شده از طریق آبیاری، احتمالاً با تقویت ساختار لوله‌های موئین خاک مقداری از محتوای اولیه رطوبت نیز از خاک تبخیر شده و افزایش دمای خاک را سبب شده است. بنظر می‌رسد جهت ممانعت از این رخداد، اگر آبیاری تابستانه توأم با مصرف بقایای گیاهی باشد تا تبخیر آب از خاک کاهش یابد،

جدول ۴- میانگین مربعات مربوط به اثر شرایط نگهداری بنه مادری در طی دوره رکود تابستانه، بر رشد بنه‌های دختری زعفران

Table 4- Mean squares for the effect of mother corm storage conditions during summer dormancy stage on replacement corms (RC) growth indices of saffron

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد کل بنه‌های دختری در متر مربع Number of RC per m ²	وزن کل بنه‌ها در متر مربع Weight of all RCs per m ²	وزن کل بنه‌های دختری اصلی در متر مربع Weight of main RCs per m ²	متوسط وزن بنه‌های دختری اصلی Mean weight of main RCs	متوسط وزن کل بنه‌ها Mean weight of all RCs
تکرار Replication	2	5779.3 ^{ns}	367399.2 ^{ns}	9530.1 ^{ns}	4.7788 [*]	0.4352 ^{ns}
تیمار Treatment	6	467329 ^{**}	1670572 ^{**}	13424.14 [*]	3.945 ^{**}	6.913 ^{**}
خطا Error	12	5815.6	208277.4	3288.6	0.7858	0.32
ضرب تغییرات C.V. (%)	-	6.09	8.66	9.508	8.57	12.37

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns=عدم معنی‌داری.
* and ** respectively significant at 5 and 1% probability level ; ns: non-significant.

جدول ۵- مقایسات میانگین مربوط به اثر شرایط نگهداری بنه مادری در طی دوره رکود تابستانه، بر رشد بنه‌های دختری زعفران
Table 5- Mean comparison for the effect of mother corm storage conditions during summer dormancy stage on replacement corm (RC) growth indices of saffron

تیمارها Treatments	تعداد کل بنه‌های دختری در متر مربع Number of all RC per m ²	وزن کل بنه‌ها all RCs (g.m ⁻²)	وزن کل بنه‌های دختری اصلی Weight of main RCs (g.m ⁻²)	متوسط وزن بنه‌های اصلی Mean weight of main RCs (g)	متوسط وزن کل بنه‌ها Mean weight of all RCs (g)
کاشت بنه در خردادماه و استقرار بنه در دمای طبیعی خاک Corm planting in 5 th June, under natural soil temperature	1186.0	5020.3	561.8	9.63	4.23
کاشت بنه در خردادماه همراه با آبیاری تابستانه Corm planting in 5 th June, under natural soil temperature + Summer irrigation	1302.7	4963.9	526.7	9.03	3.83
کاشت بنه در خردادماه همراه با مصرف بقایای گیاهی Corm planting in 5 th June under natural soil temperature + Mulch application	758.2	5456.6	630.8	10.8	7.23
نگهداری بنه در انبار و کاشت در ۱۵ شهریورماه Corm storage at room (ambient temperature) + planting in 5 th September	962.4	2484	609.8	10.4	5.05
نگهداری تلفیقی بنه‌ها در انبار و انکوباتور و کاشت در ۱۵ شهریورماه Corm storage in room (up to 5 th August) and incubator (up to 5 th September) + planting in 5 th September	1205.4	5288.2	635.0	10.8	4.43
نگهداری بنه در دمای ثابت ۲۵ درجه انکوباتور و کاشت در ۱۵ شهریورماه Corm storage in constant temperature (25 °C) in incubator + planting on 5 th September	2022.1	4495.9	538.7	9.23	2.22
نگهداری بنه در دمای متغیر انکوباتور و کاشت در شهریورماه Corm storage at variable temperature in incubator (20-25-20 °C) + planting in 5 th September	1322.1	6808.7	718.6	12.32	5.16
حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)	135.67	811.89	102.02	1.57	1.012

در گروه وزنی ۳ تا ۶ گرم (بنه‌های دختری ریز) آبیاری تابستانه بیشترین تعداد بنه را دارا بود و پس از آن تیمارهای شاهد (کاشت بنه‌های مادری در خردادماه و استقرار در دمای طبیعی محیط) و نگهداری بنه‌های مادری در دمای ثابت و متغیر انکوباتور قرار گرفتند. در مورد این دامنه وزنی نیز مصرف بقایای گیاهی منجر به ایجاد کمترین تعداد بنه دختری شد (جدول ۷). در مجموع، مهم‌ترین مشاهده آزمایش کاهش تعداد بنه‌های دختری خیلی ریز و ریز در شرایط مصرف بقایای گیاهی بر سطح خاک کرت‌های آزمایشی بود که یک رخداد مثبت ارزیابی می‌شود.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر شرایط نگهداری بنه مادری زعفران بر تعداد بنه‌های دختری موجود در گروه وزنی ۶ تا ۹ گرم معنی‌دار نبود (جدول ۶). در گروه وزنی ۹ تا ۱۲ گرم (بنه‌های با وزن متوسط و دارای توان گلدهی مناسب)، تیمارهای آبیاری تابستانه و مصرف بقایای گیاهی بالاترین تعداد بنه در واحد سطح را نشان دادند. نگهداری بنه‌های مادری در دمای ثابت انکوباتور کمترین تعداد بنه را در این گروه وزنی داشت. همچنین نگهداری بنه‌های مادری در دمای متغیر انکوباتور با تیمار نگهداری در دمای ثابت، تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۷). در گروه وزنی ۱۲ تا ۱۵ گرم که توان گلدهی بنه‌ها بالا می‌باشد، مصرف بقایای گیاهی بیشترین تعداد بنه‌های دختری را داشت. در گروه وزنی ۱۵ تا ۱۸ گرم (بنه‌های دختری درشت)، تیمارهای آبیاری تابستانه و نگهداری بنه مادری در دمای متغیر انکوباتور بیشترین تعداد بنه دختری را دارا بودند. نگهداری بنه‌های مادری در دمای ثابت انکوباتور و نگهداری تلفیقی آن‌ها در انبار و انکوباتور پس از این تیمارها قرار گرفتند (جدول ۷). در گروه وزنی ۱۸ تا ۲۱ گرم (بنه‌های دختری بسیار درشت) فقط در تیمارهای نگهداری بنه مادری در دمای متغیر انکوباتور، نگهداری تلفیقی بنه‌ها در انبار و انکوباتور و مصرف

بقایای گیاهی بنه دختری تولید شد. در گروه وزنی بیش از ۲۱ گرم که درشت‌ترین بنه‌های دختری بودند نیز فقط در تیمار نگهداری بنه مادری در دمای متغیر انکوباتور بنه دختری مشاهده شد و سایر تیمارها در این گروه وزنی سهمی نداشتند (جدول ۷). در جمع‌بندی نتایج این بخش می‌توان بیان داشت که کاشت بنه مادری در خردادماه همراه با مصرف بقایای گیاهی موجب کاهش تعداد بنه‌های ریز (گروه‌های وزنی کمتر از ۶ گرم) و افزایش قابل قبول بنه‌های دختری با وزن بیش از ۹ گرم شد. نتیجه این رخداد افزایش قابل توجه متوسط وزن بنه‌های دختری در این تیمار بود که پیش از این مورد بحث قرار گرفت (جدول ۵). در این تیمار حدود ۴۰ درصد از کل بنه‌های دختری تولید شده در گروه‌های وزنی با وزن بیش از ۹ گرم قرار گرفتند (جدول ۷). در تیمار مصرف بقایای گیاهی در سطح خاک، بقایا هم در طی تابستان و هم در طی زمستان در سطح زمین حضور داشتند. به نظر می‌رسد تعدیل دمایی صورت گرفته توسط بقایا خسارات ناشی از تنش گرمایی در تابستان و تنش سرما در زمستان را بر روی بنه‌زایی و رشد بنه‌های دختری کاهش داده است (Behdani & Fallahi, 2015) و منجر به بهبود رشد بنه‌های دختری شده است.

نگهداری بنه‌های مادری در طی دوره خواب حقیقی و ظاهری در انبار باعث شد تا در گروه‌های وزنی با وزن بیش از ۱۵ گرم بنه دختری مشاهده نشود (جدول ۷). این موضوع احتمالاً به اتلاف رطوبت بنه و نیز وقوع تنش گرمایی در محیط انبار مربوط باشد، زیرا دمای محیط انبار در ساعات عصر بین ۳۰ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد بود که بالاتر از حد مطلوب برای زعفران است (Mollafilabi, 2014). مولینا و همکاران (Molina et al., 2005) گزارش کردند که اثر منفی ذخیره‌سازی بنه بر زعفران در دمای بالا (بیش از ۳۰ درجه سانتی‌گراد) بیش از دماهای پایین (کمتر از ۲۱ درجه سانتی‌گراد) بود، ولی

انکوباسیون در دمای ۹ درجه مانع گلدهی شد. سعیدی‌راد و ظریف‌نشاط (Saeidirad & Zarifneshat, 2019) بنه‌های زعفران را پس از پیری برگ‌ها از خاک خارج کرده و اثر دمای ذخیره‌سازی را بر گلدهی و تولید بنه بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد با کاهش دمای ذخیره‌سازی بنه از ۲۵ به ۱۰ و ۱ درجه سانتی‌گراد گلدهی گیاه کاهش یافت، ولی تکثیر بنه کاهش اندک و غیرمعنی‌داری داشت. با این وجود افزایش طول دوره ذخیره‌سازی بنه از ۳۰ به ۶۰ و ۹۰ روز باعث کاهش معنی‌دار بنه‌زایی شد.

نگهداری بنه‌های مادری در دمای متغیر انکوباتور نیز با وجود اینکه موجب تولید تعداد قابل توجهی بنه دختری ریز شد، اما در تمامی گروه‌های وزنی بنه‌های درشت دختری دارای سهم بود و ۲۲ درصد از کل بنه‌ها در این تیمار دارای وزن بیش از ۹ گرم بودند (جدول ۷). تیمار انکوباسیون در دمای متغیر از حیث بهبود رشد بنه در مقایسه با انکوباسیون در دمای ثابت دارای برتری بود. اگرچه در این تیمار تعداد کل بنه‌ها کمتر بود، ولی بنه‌ها از وزن به مراتب بیشتری برخوردار بودند (جدول ۵ و جدول ۷). استفاده از دمای متغیر در طول دوره ذخیره‌سازی بنه تاکنون در تحقیقات علمی بررسی نشده است. با این وجود در مطالعات قبلی استفاده از انکوباسیون پسین (استفاده از دمای حدواسط ۲۱ درجه سانتی‌گراد به مدت یک هفته در حفاصل گل‌انگیزی و گلدهی) (Molina et al., 2005) و پیش‌انکوباسیون (نگهداری بنه به مدت سه هفته در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد قبل از مرحله گل‌انگیزی) (Molina et al., 2004)، برای زعفران مناسب ارزیابی شده است که خود نوعی ایجاد تغییر در دمای محیط قرارگیری بنه در طی دوران ذخیره‌سازی محسوب می‌شود.

توزیع عملکرد بنه‌های دختری در گروه‌های وزنی مختلف
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که شرایط نگهداری بنه مادری در طی دوره رکود تابستانه، بر عملکرد بنه‌های دختری زعفران در همه گروه‌های وزنی اثر معنی‌داری داشت (جدول ۸). در گروه وزنی زیر ۳ گرم (بنه‌های دختری بسیار ریز) کمترین عملکرد بنه‌های دختری در تیمار مصرف بقایای گیاهی مشاهده شد (جدول ۹). در گروه وزنی ۳ تا ۶ گرم (بنه‌های دختری ریز) آبیاری تابستانه و مصرف بقایای گیاهی به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد بنه را در واحد سطح نشان دادند (جدول ۹). عملکرد بنه‌های دختری در گروه وزنی ۶ تا ۹ گرم در تیمار نگهداری تلفیقی بنه‌های مادری در انبار و انکوباتور بالاترین میزان را داشت و تیمار آبیاری تابستانه نیز دارای کمترین مقدار بود. گروه‌های وزنی زیر ۹ گرم از توان گلدهی بسیار محدودی برخوردار هستند (Koocheki et al., 2016c). بنابراین کاهش سهم این گروه‌ها سودمند تلقی می‌شود. در مجموع، در تیمارهای کاشت بنه مادری در خردادماه و نگهداری در دمای طبیعی محیط، آبیاری تابستانه، مصرف مالچ بقایای گیاهی و نگهداری بنه‌های مادری در انبار به ترتیب ۶۷، ۵۱، ۳۴ و ۴۴ درصد از عملکرد بنه‌های دختری در این گروه‌های وزنی قرار داشت. این مقادیر برای نگهداری تلفیقی بنه‌های مادری در انبار و انکوباتور، نگهداری در دمای ثابت انکوباتور و نگهداری در دمای متغیر انکوباتور به ترتیب ۴۷، ۷۳ و ۳۹ درصد بود. بر این اساس، تیمارهای مصرف بقایای گیاهی بر سطح کرت‌های آزمایشی و نگهداری بنه‌های مادری در دمای متغیر انکوباتور که منجر به تولید کمترین عملکرد بنه‌های دختری در گروه‌های وزنی با وزن کمتر از ۹ گرم شدند، به ترتیب به عنوان تیمارهای برتر شناسایی شدند.

جدول ۶- میانگین مربعات مربوط به اثر شرایط نگهداری بانه مادری در طی دوره رکود تابستانه بر تعداد بانه های دخترى زعفران (عدد در مترمربع) در گروه‌های مختلف وزنى
Table 6- Mean squares for the effect of mother corm storage conditions during summer dormancy stage on number (per m²) of replacement corms (RC) of saffron in different weight categories

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد بانه دخترى کمتر از ۳ گرم RC<3g	تعداد بانه دخترى ۳ تا ۶ گرم RC 3-6 g	تعداد بانه دخترى ۶ تا ۹ گرم RC 6-9 g	تعداد بانه دخترى ۹ تا ۱۲ گرم RC 9-12g	تعداد بانه دخترى ۱۲ گرم تا ۱۵ گرم RC 12-15 g	تعداد بانه دخترى ۱۵ گرم تا ۱۸ گرم RC 15-18 g	تعداد بانه دخترى ۱۸ تا ۲۱ گرم RC 18- 21 g	تعداد بانه دخترى بیش از ۲۱ گرم RC>21g
تکرار Replication	2	65179.4 ^{ns}	4063.3 ^{ns}	1094.9 ^{ns}	1700.7 ^{ns}	896.8 ^{ns}	132.5 ^{ns}	38.4 ^{ns}	8.4 ^{ns}
تیمار Treatment	6	492374.2 ^{**}	24046.2 ^{**}	5616.6 ^{ns}	4050.4 ^{**}	5167.2 ^{**}	918.1 ^{**}	1674.1 ^{**}	162.0 ^{**}
خطا Error	12	26354.4	2330.9	3060.8	660.9	319.4	59.5	17.4	8.4
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	22.479	31.31	33.75	23.13	27.99	46.31	25.09	104.72

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns = عدم معنی داری.
* and ** respectively significant at 5 and 1% probability level ; ns: non-significant.

جدول ۷- مقایسات میانگین مربوط به اثر شرایط نگهداری بنه مادری در طی دوره رکود تابستانه، بر تعداد بنه‌های دختری (تعداد در مترمربع) در گروه‌های مختلف وزنی
Table 7- Mean comparison for the effect of mother corm storage conditions during summer dormancy stage on number (per m²) of replacement corms (RC) of saffron in different weight categories

تیمارها Treatments	تعداد بنه کمتر از ۳ گرم (No. RC per m ²)	تعداد بنه ۳ تا ۶ گرم (No. RC per m ²)	تعداد بنه ۶ تا ۹ گرم (No. RC per m ²)	تعداد بنه ۹ تا ۱۲ گرم (No. RC per m ²)	تعداد بنه ۱۲ تا ۱۵ گرم (No. RC per m ²)	تعداد بنه ۱۵ تا ۱۸ گرم (No. RC per m ²)	تعداد بنه ۱۸ تا ۲۱ گرم (No. RC per m ²)	تعداد بنه بیش از ۲۱ گرم (No. RC per m ²)
کاشت بنه در خردادماه و استقرار بنه در دمای طبیعی خاک Corm planting in 5 th June, under natural soil temperature	661.1	213.8	174.9	77.7	58.3	0.00	0.00	0.00
کاشت بنه در خردادماه همراه با آبیاری تابستانه Corm planting in 5 th June, under natural soil temperature + Summer irrigation	700	311.0	77.7	155.5	19.4	38.8	0.00	0.00
کاشت بنه در خردادماه همراه با مصرف بقایای گیاهی Corm planting in 5 th June under natural soil temperature + Mulch application	252.8	58.3	155.5	155.5	116.3	0.00	19.4	0.00
نگهداری بنه در انبار و کاشت در ۱۵ شهریورماه Corm storage at room (ambient temperature) + planting in 5 th September	466.6	87.5	174.9	116.6	116.6	0.00	0.00	0.00
نگهداری تلفیقی بنه‌ها در انبار و انکوباتور و کاشت در ۱۵ شهریورماه Corm storage in room (up to 5 th August) and incubator (up to 5 th September) + planting in 5 th September	700.0	77.7	213.8	116.6	38.8	19.4	38.8	0.00
نگهداری بنه در دمای ثابت ۲۵ درجه انکوباتور و کاشت در ۱۵ شهریورماه Corm storage in constant temperature (25 °C) in incubator + planting on 5 th September	1555.5	174.9	194.4	58.3	19.4	19.4	0.00	0.00
نگهداری بنه در دمای متغیر انکوباتور و کاشت در شهریورماه Corm storage at variable temperature in incubator (20-25-20 °C) + planting in 5 th September	719.4	155.5	155.5	97.2	77.7	38.8	58.3	19.4
حدائق اختلاف معنی دار (LSD)	288.8	85.8	98.4	45.7	31.7	13.7	7.4	5.1

جدول ۸- میانگین مربعات مربوط به اثر شرایط نگهداری بنه مادری در طی دوره رکود تابستانه، بر عملکرد بنه‌های دختری زعفران (گرم در مترمربع) در گروه‌های مختلف وزنی

Table 8- Mean squares for the effect of mother corm storage conditions during summer dormancy stage on the yield (g m^{-2}) of replacement corms (RC) of saffron in different weight categories

منابع تغییرات S.O.V	df	درجه آزادی	عملکرد بنه‌های دختری کمتر از ۳ گرم RC<3g	عملکرد بنه‌های دختری ۳ تا ۶ گرم RC 3-6 g	عملکرد بنه‌های دختری ۶ تا ۹ گرم RC 6-9 g	عملکرد بنه‌های دختری ۹ تا ۱۲ گرم RC 9-12g	عملکرد بنه‌های دختری ۱۲ تا ۱۵ گرم RC 12-15 g	عملکرد بنه‌های دختری ۱۵ تا ۱۸ گرم RC 15-18 g	عملکرد بنه‌های دختری ۱۸ تا ۲۱ گرم RC 18-21 g	عملکرد بنه‌های دختری بیش از ۲۱ گرم RC>21g
تکرار Replication	2		21476.8 ^{ns}	18583.7 ^{ns}	47506.7 ^{ns}	91176.6 ^{ns}	79934.4 ^{ns}	23175.8 ^{ns}	1072.7 ^{ns}	1678.5 ^{ns}
تیمار Treatment	6		203795.4 ^{**}	460013.7 ^{**}	331266.8 ^{**}	391305.3 ^{**}	917526.5 ^{**}	229807.4 ^{**}	643526.1 ^{**}	84667.0 ^{**}
خطا Error	12		18022.0	24608.1	26490.7	26725.7	66314.4	8582.8	5169.2	1678.5
ضریب تغییرات C.V. (%)	-		20.44	22.00	13.04	14.22	30.51	34.68	21.98	64.52

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns=عدم معنی‌داری.

* and ** respectively significant at 5 and 1% probability level ; ns: non-significant.

جدول ۹- مقایسات میانگین مربوط به اثر شرایط نگهداری بنه مادری در طی دوره رکود تابستانه، بر عملکرد بنه‌های دختری زعفران (گرم در مترمربع) در گروه‌های مختلف وزنی
Table 9- Mean comparison for the effect of mother corm storage conditions during summer dormancy stage on the yield (g m⁻²) of replacement corms (RC) of saffron in different weight categories

تیمارها Treatments	weight categories								عملکرد بنه- های بیش از RC>21g (g.m ⁻²)
	عملکرد بنه- های کمتر از ۳ گرم RC<3g (g.m ⁻²)	عملکرد بنه- های ۳ تا ۶ گرم 3-6 g (g.m ⁻²)	عملکرد بنه‌های ۶ تا ۹ گرم 6-9 g (g.m ⁻²)	عملکرد بنه- های ۹ تا ۱۲ گرم 9-12g (g.m ⁻²)	عملکرد بنه- های ۱۲ تا ۱۵ گرم 12-15 g (g.m ⁻²)	عملکرد بنه- های ۱۵ تا ۱۸ گرم 15-18 g (g.m ⁻²)	عملکرد بنه- های ۱۸ تا ۲۱ گرم 18-21 g (g.m ⁻²)	عملکرد بنه- های ۲۱ گرم RC>21g (g.m ⁻²)	
کاشت بنه در خردادماه و استقرار بنه در دمای طبیعی خاک Corm planting in 5 th June, under natural soil temperature	981.5	1042.0	1352.5	830.0	806.3	0.00	0.00	0.00	
کاشت بنه در خردادماه همراه با آبیاری تابستانه Corm planting in 5 th June, under natural soil temperature + Summer irrigation	643.2	1318.1	587.0	1540.7	250.4	624.5	0.00	0.00	
کاشت بنه در خردادماه همراه با مصرف بقایای گیاهی Corm planting in 5 th June under natural soil temperature + Mulch application	341.4	394.8	1226.7	1622.9	1593.6	0.00	377.2	0.00	
نگهداری بنه در انبار و کاشت در ۱۵ شهریورماه Corm storage at room (ambient temperature) + planting in 5 th September	397.2	384.4	13336.9	1223.5	1499.7	0.00	0.00	0.00	
نگهداری تلفیقی بنه‌ها در انبار و انکوباتور و کاشت در ۱۵ شهریورماه Corm storage in room (up to 5 th August) and incubator (up to 5 th September) + planting in 5 th September	510.0	339.9	1645.5	1202.2	496.0	318.6	775.9	0.00	
نگهداری بنه در دمای ثابت ۲۵ درجه انکوباتور و کاشت در ۱۵ شهریورماه Corm storage in constant temperature (25 °C) in incubator + planting on 5 th September	983.8	862.1	1441.9	625.1	258.2	324.7	0.00	0.00	
نگهداری بنه در دمای متغیر انکوباتور و کاشت در شهریورماه Corm storage at variable temperature in incubator (20-25-20 °C) + planting in 5 th September	738.3	749.5	1144.4	990.8	1003.1	601.5	1136.4	444.4	
حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)	238.8	279.0	289.5	290.8	458.1	164.81	127.9	72.8	

در گروه وزنی ۹ تا ۱۲ گرم مصرف بقایای گیاهی و آبیاری تابستانه بیشترین میزان عملکرد بنه‌های دخترى را داشتند. نگهداری بنه‌های مادری در دمای ثابت انکوباتور نیز کمترین عملکرد بنه‌های دخترى را در این گروه وزنی نشان داد (جدول ۹). در گروه وزنی ۱۲ تا ۱۵ گرم، مصرف بقایای گیاهی بیشترین عملکرد بنه‌های دخترى را حاصل نمود. در گروه وزنی ۱۵ تا ۱۸ گرم آبیاری تابستانه و نگهداری بنه‌های مادری در دمای متغیر انکوباتور بیشترین عملکرد بنه‌های دخترى را نشان داد. نگهداری بنه‌های مادری در دمای ثابت انکوباتور و نگهداری تلفیقی بنه‌ها در انبار و انکوباتور پس از این تیمارها قرار داشتند (جدول ۹). در گروه وزنی ۱۸ تا ۲۱ گرم نگهداری بنه‌های مادری در دمای متغیر انکوباتور موجب افزایش عملکرد بنه‌های دخترى شد. در گروه وزنی بیش از ۲۱ گرم نیز فقط در تیمار نگهداری بنه‌های مادری در دمای متغیر انکوباتور، بنه‌های دخترى ثبت شد (جدول ۹). در مجموع، تیمارهای مصرف بقایای گیاهی و نگهداری بنه‌های مادری در دمای متغیر انکوباتور که به‌ترتیب ۶۶ و ۶۱ درصد از عملکرد بنه‌های دخترى تولید شده در آنها در گروه‌های وزنی بیش از ۹ گرم قرار گرفتند، به عنوان تیمارهای برتر آزمایشی شناسایی شدند. اثر مفید مصرف مالچ آلی بر رشد بنه‌های دخترى زعفران توسط هریوندی و همکاران (Harivandi et al., 2019) نیز مورد تأیید قرار گرفته و این موضوع به تعدیل دما و محتوای رطوبت خاک نسبت داده شده است.

قدردانی

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی (پایان‌نامه کارشناسی ارشد) به شماره ابلاغیه ۱۳۹۸/د/۷۹۱۵ مورخ ۱۳۹۸/۴/۱۱ و با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه بیرجند انجام شده است که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

نتیجه‌گیری

در بررسی اثر شرایط نگهداری بنه‌های مادری بر صفات رشدی برگ‌ها مشخص شد که تیمار مصرف بقایای گیاهی بیشترین مقادیر متوسط طول و تعداد برگ در هر بوته را تولید کرد، ولی دارای کمترین وزن خشک برگ‌ها در اواخر فصل رشد بود که

منابع

- Asadi, G.A., Khorramdel, S., Ghorbani, R., & Bicharanlou, B. (2019). Evaluation of the effect of soil fertilizers and summer irrigation on corm and flower yield of saffron. *Saffron Agronomy and Technology*, 6(4), 393-414. (In Persian with English Summary).
<https://doi.org/10.22048/jsat.2018.70724.1205>.
- 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. Haft Rang Press. [In Persian].
- Fallahi, H. R., & Mahmoodi, S. (2018). Evaluation of the impacts of water availability and nutritional management on some physiological indices and saffron replacement corms growth. Final Report of Research Project, University of Birjand. (In Persian with English Summary).
- Fallahi, H.R., Salariyan, A., & Rezghi, M. (2021). Analytical review on saffron irrigation management. 5th National Congress of Irrigation and Drainage, 23-24 June 2021, Birjand, Iran. (In Persian with English Summary).
- Fallahi, H.R., & Salariyan, A. (2023a). Evaluation of saffron irrigation and nutritional management among different farmers groups compared to experts recommendations. *Saffron Agronomy and Technology*, 10(4), 371- 390. (In Persian with English Summary).
<https://doi.org/10.22048/jsat.2022.357060.1466>.
- Fallahi, H.R., & Salariyan, A. (2023b). Analysis and description of the most important agronomic factors affecting yield gap of saffron fields in Torbat-Heydariyeh. *Saffron Agronomy and Technology*, 11(1), 23-51. (In Persian with English Summary).
- Feizi, H., Mollafilabi, A., Sahabi, H., & Ahmadian, A. (2015). Effect of summer irrigation and conservation tillage on flower yield and qualitative characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy and Technology*, 2(4), 255-263. (In Persian with English Summary).
<https://doi.org/10.22048/jsat.2015.8619>.
- Judice, W.E., Griffin, J.L., Etheredge, L.M., & Jones, C.A. (2007). Effects of crop residue management and tillage on weed control and sugarcane production. *Weed Technology*, 21, 606-611. <https://www.jstor.org/stable/4495905>.
- Harivandi, M.R., Rezvani Moghaddam, P., Khoramdel, S., & Moayedi, A.A. (2019). Effect of amount and time of wheat straw application as mulch on flowering and morphological characteristics of replacement corms of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy and Technology*, 7(3), 301-318. (In Persian with English Summary).
<https://doi.org/10.22048/jsat.2018.115772.1280>.
- Hosseini, M., Mollafilabi, A., & Nassiri, M. (2008). Spatial and temporal patterns in saffron (*Crocus sativus* L.) yield of Khorasan province and their relationship with long term weather variation. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 6(1), 79-88. (In Persian with English Summary).
<https://doi.org/10.22067/GSC.V6I1.1178>.
- García-Rodríguez, M.V., Moratalla-López, N., Carrión, C., López-Córcoles, H., & Alonso, G.L. (2020). The combined effects of vegetative stage corms, ultra-low oxygen cooling storage and incubation time on *Crocus*

- sativus* L. *Agronomy*, 10, 1775. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111775>.
- Ghasemi-Rooshnavand, R., Hashemiyeh, S.M., & Afzalian, S.M. (2009). The stages of planting, management and harvesting of saffron. Ministry of Agriculture Press. 33p. [In Persian].
- Karimi Se-Qala, H., Ansari, H., & Beizai, A.N. (2015). The effect of summer irrigation and mulch cover on saffron stigma yield. The First National Congress for the Development and Promotion of Agricultural Engineering and Soil Sciences in Iran. 28th January, Tehran, Iran. [In Persian].
- Koocheki, A., Alizadeh, A., & Ganjali, A. (2010). Effect of temperature increase on flowering behavior of saffron (*Crocus sativus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8(2), 324-335. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22067/GSC.V8I2.7530>.
- Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Mollafilabi, A., & Seyyedi, S.M. (2015). Effects of corm planting density and manure rates on flower and corm yields of saffron (*Crocus sativus* L.) in the first year after planting. *Journal of Agroecology*, 6(4), 719-729. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22067/JAG.V6I4.45981>.
- Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., & Fallahi, H.R. (2016a). Effects of planting dates, irrigation management and cover crops on growth and yield of saffron (*Crocus sativa* L.). *Journal of Agroecology*, 8(3), 435-451. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22067/JAG.V8I3.51323>.
- Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Fallahi, H.R., & Aghhavan Shajari, M. (2016b). The study of saffron (*Crocus sativus* L.) replacement corms growth in response to planting date, irrigation management and companion crops. *Saffron Agronomy and Technology*, 4(1), 3-18. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22048/jsat.2016.11895>.
- Koocheki, A., Fallahi, H.R., Amiri, M.B., & Ehyaei, H.R. (2016c). 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 with English Summary). <https://doi.org/10.22067/JAG.V7I4.53822>.
- Koocheki, A., Fallahi, H.R., & Jami-Al-Ahmadi, M. (2020). Saffron water requirements (pp: 67-92). In *Saffron: Science, Technology and Health* (A Koocheki and M Khajeh-Hosseini). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818638-1.00006-X>.
- Mohammad-Abadi, A.A., Rezvani Moghaddam, P., & Fallahi, H.R. (2011). Effects of planting pattern and the first irrigation date on growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Agroecology*, 3(1), 84-93. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22067/JAG.V3I1.9973>.
- Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., García-Luis, A., & Guardiola, J.L. (2004). The effect of time of corm lifting and duration of incubation at inductive temperature on flowering in the saffron plant (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae*, 103(1), 79-91. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2004.04.008>.
- Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J.L., & García-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). Effect of new cropping technologies on growth characteristics, yield, yield components of flower and corm criteria of saffron (*Crocus sativus* L.). Ph. D. Dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary).
- Moradi Moghaddam, S., Fallahi, H.R., Behdani, M.A., & Mahmoodi, S. (2024). The effect of corm storage conditions during the summer dormancy stage on reproductive growth and

- yield of saffron. *Journal of Saffron Research*. [In Press]. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22077/jsr.2020.3747.1141>.
- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Boroumand Rezazadeh, Z., & Tabrizi, L. (2007). Effects of corm size and storage period on allocation of assimilates in different parts of saffron plant (*Crocus sativus* L.). *Iranian Journal of Field Crop Research*, 5(1), 155-166. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22067/GSC.V5I1.906>.
- Poorreza, A., & Amirshakari, H. (2020). Effects of organic, biological fertilizers and summer irrigation on quantitative and qualitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.) in Zaweh city. *Journal of Saffron Research*, 7(2), 269-282. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22077/jsr.2019.2135.1083>.
- Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A., Mallafilabi, A., & Seyyedi, S.M. (2013). The effects of different levels of applied wheat straw in different dates on saffron (*Crocus sativus* L.) daughter corms and flower initiation criteria in the second year. *Saffron Agronomy and Technology*, 1(1), 55-70. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22048/jsat.2013.4811>.
- Sadeghi, B. (1997). The effect of summer irrigation on saffron yield. Publications of Iran Scientific and Industrial Research Organization. [In Persian].
- Saeidirad, M.H., & Zarifneshat, S. (2019). The effect of lifting conditions, packaging and store temperature on saffron corm proliferation and stigma yield. *Agricultural Engineering International*, 21(1), 150-155.
- Shabahang, J., Khorramdel, S., Amin Ghafori, A., & Gheshm, R. (2013). Effects on management of crop residues and cover crop planting on density and population of weeds and agronomical characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*, 1(1), 57-72. (In Persian with English Summary). <https://doi.org/10.22077/jsr.2013.434>.