



Study the Intercrop Competition in Assimilate Allocation among Saffron Corms (*Crocus sativus* L.) under Different Irrigation and Organic Fertilizer Levels

Mahmoud Gholami¹, Mohammad Kafi^{2*}, Hamid Reza Khazaei² and Hossein Abarghouei³

Article type:

Research Article

Article history:

Submitted: 5 June 2019

Revised: 14 February 2023

Accepted: 13 May 2023

Available Online: 6 May 2023

How to cite this article:

Gholami, M., Kafi, M., Khazaei, H. R., and Abarghouei, H. 2023. Study the Intercrop Competition in Assimilate Allocation among Saffron Corms (*Crocus sativus* L.) under Different Irrigation and Organic Fertilizer Levels. Saffron Agronomy & Technology, 11(1): 1-21.

DOI: 10.22048/jsat.2023.155794.1323

Abstract

In order to study competition response among saffron corms, a split plot experiment was conducted based on a complete randomized block design with three replications in a field in Ashkezar City of Yazd province for 3 years. The main plots were irrigation with three levels (100%, 75%, and 50% of ET_c) and the subplots were fertilization management methods including control (without any fertilizer or manure), applying 10 t.ha⁻¹ cow manure, 10 t.ha⁻¹ vermicompost both by spreading, 10 t.ha⁻¹ or 5 t.ha⁻¹ vermicompost buried under planting corm rows, 10 l.ha⁻¹ Humaster Saffron fertilizer for 1 or 2 times after flowering during irrigation. Results showed that under moderate water stress in comparison with control, total corm number and total corm weight per plant declined by more than 30% and 17% respectively. But the average corm weight was enhanced by 12%. Total effective corm weight and total effective corm number declined by more than 50% under strict water stress in comparison with control. During 3 experimental years, total effective corm number, total effective corm weight, total corm number, and total corm weight were increased by 189%, 205%, 470%, and 263% respectively while average corm weight, effective corm weight ratio, and effective corm number ratio were declined by 38%, 17%, and 48% respectively. In summary, results showed that increases in corm weight per plant during experimental years were mostly a result of increasing in corm numbers. Although, big corms per small corms decreased year by year as a result of competition among corms. Under moderate stress water, the saffron plant grew up each corm weight in comparison with increasing corm number per plant while under strict water stress allocated assimilates among more corms and increases corm numbers per plant.

Keywords: threshold capacity of corm, environmental capacity of corm, effective corm weight ratio, effective corm number ratio

1 - Assistant professor of plant production and genetic engineering department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

2 - Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran.

3 - Associate Professor, Payam-e-Nour University

Corresponding author: m.kafi@um.ac.ir



مقاله پژوهشی

بررسی رقابت درون گیاهی در تخصیص مواد فتوسنتزی بین بنه‌های زعفران (*Crocus sativus* L.) تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و کودهای آلی

محمود غلامی^۱، محمد کافی^{۲*}، حمید رضا خزایی^۲ و حسین ابرقوئی^۳

تاریخ دریافت: ۱۵ خرداد ۱۳۹۸

تاریخ بازنگری: ۲۵ بهمن ۱۴۰۱

تاریخ پذیرش: ۲۳ اردیبهشت ۱۴۰۲

غلامی، م.، کافی، م.، خزایی، ح.ر.، و ابرقوئی، ح. ۱۴۰۲. بررسی رقابت درون گیاهی در تخصیص مواد فتوسنتزی بین بنه‌های زعفران (*Crocus sativus* L.) تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و کودهای آلی. زراعت و فناوری زعفران، ۱۱(۱): ۲۱-۱.

چکیده

به منظور بررسی رفتار رقابتی بین بنه‌های زعفران، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در یک مزرعه تحقیقاتی واقع در بخش چرخاب از توابع استان یزد طی سه سال به اجرا درآمد. کرت‌های اصلی شامل سه سطح آبیاری (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی) و کرت‌های فرعی شامل شاهد، ۱۰ تن در هکتار کود دامی و یا ۱۰ تن ورمی‌کمپوست به صورت توزیع روی سطح خاک، ۵ و یا ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست در زیر ردیف‌های کاشت، ۱۰ لیتر در هکتار هیومستر سفرون در یک نوبت و در دو نوبت پس از گلدهی بود. نتایج نشان داد که تحت شرایط تنش ملایم، تعداد کل بنه و وزن کل بنه‌ها در هر بوته نسبت به تیمار شاهد، به ترتیب بیش از ۳۰٪ و ۱۷٪ کاهش یافت. اما متوسط وزن کل بنه ۱۲٪ افزایش یافت. در تنش شدید خشکی، وزن کل بنه مؤثر و تعداد بنه مؤثر بیش از ۵۰٪ نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. طی سه سال آزمایش، تعداد کل بنه مؤثر، وزن کل بنه مؤثر، تعداد کل بنه و وزن کل بنه به ترتیب ۱۸۹٪، ۲۰۵٪، ۴۷۰٪ و ۲۶۳٪ افزایش یافت. درحالی‌که متوسط وزن کل بنه و نسبت وزنی و عددی بنه‌های مؤثر به کل بنه‌ها به ترتیب ۴۸٪، ۱۷٪ و ۴۸٪ کاهش یافت. در مجموع، افزایش مطلق وزن بنه‌ها در هر سال، ناشی از افزایش تعداد بنه بود ولی نسبت بنه‌های درشت به بنه‌های ریز، به دلیل رقابت بین بنه‌ها، هر ساله کاهش یافت. زعفران در شرایط تنش ملایم سعی در افزایش وزن بنه در مقایسه با تعداد بنه دارد و در شرایط تنش شدید خشکی، گیاه زعفران، بیشتر سعی می‌کند مواد فتوسنتزی بین تعداد بنه بیشتری توزیع شده و تعداد بنه را افزایش می‌دهد.

کلمات کلیدی: آستانه ظرفیت بنه، حد ظرفیت محیطی بنه، نسبت وزنی بنه مؤثر، نسبت عددی بنه مؤثر.

۱- استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

۲- استاد، گروه آگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

۳- دانشیار، دانشگاه پیام نور استان یزد

*- نویسنده مسئول: m.kafi@um.ac.ir

مقدمه

مناطق هموار سازد.

مصرف کود دامی می‌تواند در حفظ رطوبت خاک مؤثر باشد (Koocheki et al., 2011a). استفاده از کودهای آلی در زعفران، موجب افزایش وزن تر بانه شد و این اثرات به افزایش رطوبت خاک و بهبود رشد گیاه نسبت داده شد (Behdani, 2005). مقایسه مقادیر مختلف هیومیک اسید و کود دامی در زعفران نشان داد که هرچند بهترین نتایج با مصرف ۴۰ تن در هکتار کود دامی بدست آمد ولی استفاده از ۴۰ لیتر در هکتار هیومیک اسید موجب شد تا اختلاف معنی‌داری بین این تیمار و تیمار کود دامی وجود نداشته باشد. عمده دلایل تأثیر مثبت کود دامی، تأمین مواد غذایی، هوادهی خاک و افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک بیان شده است. در مقابل هیومیک اسید از طریق افزایش جذب آب و مواد غذایی، تقویت سیستم ریشه‌ای و تأثیر مثبت بر فتوسنتز، موجب بهبود رشد شده است (Osmani Roudi et al., 2015). برخی گزارش نمودند که مصرف اسید هیومیک موجب بهبود شاخص‌های مرتبط با رشد بانه در زعفران شده است (Koocheki et al., 2012). مصرف هیومیک اسید به مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب افزایش معنی‌دار تعداد بانه دختری و وزن بانه مادری شد (Golzari, 2005). (Jahan Abadi et al., 2005)

تحقیقات نشان داده است که گلدهی و عملکرد اقتصادی زعفران بیش از هر عامل دیگر متأثر از وزن بانه مادری است (Nassiri Mahallati et al., 2007). برخی تحقیقات حاکی از آن است که بیشترین تعداد گل و بانه دختری با کاشت بانه‌هایی با حداقل وزن ۱۱ گرم بدست می‌آید (Omidbaigi et al., 2002). مشایخی و لطیفی (Mashayekhi & Latifi, 1997) حداقل وزن بانه برای گلدهی زعفران را ۶/۵ گرم گزارش کردند. برخی تحقیقات حاکی از آن است که تعداد بانه در واحد سطح نیز بر عملکرد مؤثر است. گزارش شده که با افزایش تراکم کاشت

خشکسالی‌های متوالی در سال‌های اخیر، حیات کشاورزی در بسیاری از مناطق، از جمله مناطق خشک و کم‌آب را به خطر انداخته است. لذا توجه به راهکارهای کارآمد برای زراعت در مناطق خشک و کم‌آب، ضروری است. زعفران گیاهی است که انواعی از این راهکارها را ذاتاً در ساختار خود و نحوه رشد خود، نهادینه کرده است. از جمله اینکه الگوی رشد آن با الگوی بارندگی در این مناطق منطبق است، نیاز آبی کمی دارد و ساختار خاص برگ‌ها به بهترین شکل ممکن مدیریت تعرق را در طول دوره رشد بر عهده گرفته است. از طرفی دیگر، محصول آن ارزش اقتصادی بالایی دارد و کشاورزان درگیر با بحران خشکسالی را تشویق به توسعه کشت آن در بسیاری از مناطق جدید کرده است. با همه این مزیای، هنوز مهمترین عامل محدودکننده رشد و توسعه گیاه زعفران، تنش خشکی و محدودیت دسترسی به آب است. در شهر خرم‌آباد، عملکرد این گیاه در کشت دیم و آبی اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشت (Khademi et al., 2014). بر اساس همین گزارش، متوسط درازمدت ۳۰ ساله بارندگی در شهر خرم‌آباد ۵۲۰ میلی‌متر در سال است. اما در اکثر مناطقی که بخش عمده سطح زیرکشت زعفران را در برمی‌گیرند، متوسط درازمدت بارندگی زیر ۲۵۰ میلی‌متر است (Ministry of Energy, 2018). بررسی سطوح مختلف تیمار آبیاری شامل ۱۰۰٪، ۷۵٪، ۵۰٪ تبخیر و تعرق پتانسیل با دور آبیاری ۲۵ روزه و عدم آبیاری (دیم) در شیراز نشان داد که تعداد و وزن کل بانه زعفران با کاهش آبیاری به شدت کاهش یافت (Khazaei et al., 2013). لذا در غالب مناطق، حصول عملکرد مطلوب وابسته به آبیاری است و تعیین میزان آبیاری و نحوه اعمال آن در تقابل با سایر عوامل مؤثر بر عملکرد، می‌تواند راه را برای توسعه کشت این محصول در سایر

استان یزد تهیه شد. کاشت بنه‌ها در مهرماه سال ۹۲ با استفاده از بنه‌هایی که متوسط وزن آنها ۶ گرم بود صورت گرفت. هر کرت شامل ۴ ردیف ۲ متری بود که بر اساس نتایج تحقیقات قبلی، فاصله ردیف‌های کاشت ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بنه‌ها در هر ردیف ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و یک ردیف نکاشت در یک طرف هر کرت به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد (Mohammad-Abadi et al., 2011). عمق کاشت نیز ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (Koocheki et al., 2011b). سطوح تیمار آبیاری عبارت از آبیاری تا ۱۰۰٪، ۷۵٪ و ۵۰٪ نیاز آبی بود که در فواصل ۱۵ روزه تأمین شد. برای تعیین حجم آب آبیاری، بر اساس آمار هواشناسی در هر دوره، میزان تبخیر و تعرق از تشتک تبخیر محاسبه و در ضریب تشت (۰/۷) ضرب شد. برای اعمال ضرائب گیاهی زعفران در ماه‌های مختلف، از ضرائب ارائه شده توسط کافی و همکاران (Kafi et al., 2002) استفاده شد. نهایتاً با احتساب کسر آب‌شویی و راندمان آبیاری ۳۰٪، عمق آبیاری برای تیمار شاهد (۱۰۰٪ نیاز آبی) محاسبه و بر همان اساس، سایر تیمارها محاسبه شد. از آنجا که طبق آمار دراز مدت بارندگی منطقه (جدول ۱)، در فاصله بین دو آبیاری متوالی، در بهترین حالت، مقدار بارندگی به ۲۰ میلی‌متر نیز نرسیده است لذا مقدار بارندگی بین دو نوبت آبیاری در برآورد میزان نیاز آبی محسوب نشده و نهایتاً با استفاده از این روش به طور متوسط عمق آبیاری اعمال شده برای هر یک از تیمارها در هر نوبت آبیاری در طول فصل رشد به ترتیب حدود ۴۰، ۳۰ و ۲۰ سانتی‌متر برآورد شد (۰/۸، ۰/۶ و ۰/۴ متر مکعب) که بصورت غرقابی اعمال گردید. در سال اول، پس از کاشت بنه‌ها، بلافاصله آبیاری صورت گرفت. آبیاری اول بصورت یکنواخت برای کل مزرعه انجام شد. عمق آبیاری در این آبیاری در محاسبات آبیاری مد نظر قرار نگرفت. عمق آبیاری در این نوبت مطابق عرف منطقه، حدود ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. زمان شروع

عملکرد افزایش می‌یابد بطوریکه بیشترین عملکرد در تراکم کشت ۴۰۰ بنه در متر مربع بدست آمد (Koocheki et al., 2014a). در عین حال، در این تحقیق مشخص شد که وقتی تراکم کاشت از ۳۰۰ بنه به ۴۰۰ بنه در متر مربع رسید تعداد بنه‌های بیش از ۱۲ گرم ۷ برابر کاهش یافت. بنابراین مطابق نتایج برخی تحقیقات بنظر می‌رسد که در تراکم کشت بالاتر، تعداد گل و عملکرد در واحد سطح (Gresta et al., 2009) بیشتر اما در واحد تک بوته (Juana et al., 2009) کمتر است. این موضوع نشان می‌دهد که با افزایش تعداد بنه ممکن است نوعی رقابت درون گیاهی بین بنه‌ها شکل گرفته که موجب کاهش وزن بنه و نتیجتاً کاهش گلدهی در هر بنه شود.

هدف از این تحقیق بررسی روابط بین تعداد بنه و وزن بنه و رقابت بین بنه‌ها در تخصیص مواد فتوسنتزی، تحت شرایط مختلف آبیاری و تیمار کودی در طی سال‌های آزمایش می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی نحوه توزیع مواد فتوسنتزی و بررسی رفتار رقابتی درون گیاهی بین بنه‌ها در هر بوته، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه سطح آبیاری به عنوان کرت‌های اصلی و ۶ روش مختلف مدیریت کودی به همراه شاهد (جمعاً ۷ تیمار) به عنوان کرت‌های فرعی، در سه تکرار طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۲ در یک مزرعه آزمایشی در بخش چرخاب از توابع شهرستان اشکذر با طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی و عرض ۳۲ درجه و ۰ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۱۷۵ متر از سطح دریا اجرا شد. این منطقه در دشت یزد- اردکان واقع شده و دارای اقلیم خشک و نیمه خشک است. جدول ۱ برخی مشخصات دراز مدت اقلیمی منطقه مورد آزمایش را نشان می‌دهد.

بنه‌های مورد نیاز از بخش نیر از توابع شهرستان تفت در

از نرم‌افزار Excel استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد.

نتایج و بحث

مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۵) نشان داد که تعداد کل بنه در سال اول تحت تأثیر سطوح تیمار آبیاری قرار نگرفت اما در سال دوم هر سه سطح آبیاری از نظر تعداد کل بنه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ داشتند. بطوریکه بیشترین تعداد بنه با میانگین ۷/۱ عدد بنه در بوته در تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی و کمترین تعداد بنه در تیمار ۵۰٪ نیاز آبی با میانگین ۳/۹ عدد بنه در بوته مشاهده شد. در سال سوم بین تیمارهای ۵۰٪ و ۷۵٪ نیاز آبی از نظر تعداد کل بنه در بوته اختلافی وجود نداشت ولی این دو تیمار با تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی اختلاف معنی‌دار داشتند. وزن کل بنه‌ها نیز روندی تقریباً مشابه داشت. این نتایج با نتایج تحقیقات خزاعی و همکاران (Khazaei et al., 2013) و همچنین سپاسخواه و کام‌گار حقیقی (Sepaskhah & Kamgar-Haghighi, 2009) مطابقت دارد.

مقایسه روند تغییرات صفات در بنه‌های طی سال‌های آزمایش نیز نشان داد که هر ساله به دلیل تکثیر و افزایش بنه، کلیه صفات مرتبط با بنه افزایش یافت (جدول ۵). اما در این بین متوسط وزن کل بنه روند کاهشی را نشان داد. در مجموع، طی این سه سال تعداد بنه حدود ۶ برابر و وزن کل بنه در بوته حدود ۳/۶ برابر افزایش نشان داد. این موضوع نشان می‌دهد که تعداد بنه بیش از وزن بنه در سال‌های آزمایش افزایش یافته است. اما متوسط وزن بنه دختری از ۴/۷ گرم در سال اول به ۲/۹ گرم در سال سوم کاهش یافت. کاهش متوسط وزن کل بنه‌ها نشان‌دهنده آن است که توده بنه موجود در مزرعه در حال ریز شدن است.

تیمارهای آبیاری، پس از پایان گلدهی و سبز شدن یکنواخت بوته‌ها بود. سطوح تیمار مدیریت کودی شامل شاهد (عدم مصرف کود)، مصرف ۱۰ تن در هکتار کود دامی (10M) و یا ۱۰ تن ورمی کمپوست به صورت توزیع یکنواخت روی هر کرت قبل از کاشت (10V)، مصرف ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست به صورت ردیفی در زیر ردیف‌های کاشت (10RV)، مصرف ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست به صورت ردیفی در زیر ردیف‌های کاشت (5RV)، مصرف ۱۰ لیتر در هکتار هیومستر سفرون در یک نوبت (SH) و مصرف ۱۰ لیتر در هکتار هیومستر سفرون در دو نوبت (CH) پس از گلدهی بود. ورمی کمپوست و کود دامی به مقدار بیان شده در آزمایش، قبل از کشت با خاک مخلوط گردید. بنابراین، تیمارهای ورمی کمپوست و کود دامی بدلیل ماهیت خاک کاربرد آنها و ماندگاری طولانی مدت‌تر اثر آنها در خاک، فقط در سال اول استفاده شدند ولی کود هیومستر سفرون در هر سه سال آزمایش بصورت آبکود مورد استفاده قرار گرفت. برای بررسی صفات مرتبط با بنه، با احتساب اثرات حاشیه‌ای، در هر کرت در سه نوبت، بوته‌ها بصورت تصادفی انتخاب و کل بوته از خاک بیرون آورده شد و تعداد کل بنه‌ها و وزن تک تک بنه‌ها اندازه‌گیری شد. به دلیل رعایت فاصله زیاد بین هر بنه مادری در زمان کاشت، احتمال اختلاط بنه‌های هر بوته با بنه کناری تقریباً صفر بوده و با اطمینان بنه‌های هر بوته جداگانه جمع‌آوری شد. در این تحقیق بنه‌های با وزن بیش از ۵ گرم به عنوان بنه مؤثر محسوب شد و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین برای محاسبه نسبت وزنی و عددی بنه مؤثر در هر بوته، به ترتیب وزن کل بنه مؤثر و تعداد بنه مؤثر در هر بوته بر وزن کل بنه و تعداد کل بنه در همان بوته تقسیم شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS20 و برای رسم نمودارها

جدول ۱- متوسط دراز مدت ۲۰ ساله برخی پارامترهای هواشناسی ایستگاه هواشناسی اشکذر
Table 1- Mean of some meteorological parameters for Ashkezar meteorological station for 20 years

ماه Month - from	دما Temperature (°C)					رطوبت نسبی Relative humidity (%)			بارندگی Rainfall (mm)	
	متوسط کمینه Average of min.	متوسط بیشینه Average of max.	کمینه مطلق Absolu te min.	بیشینه مطلق Absolu te max.	میانگین Mean	متوسط کمینه Avera ge of min.	متوسط بیشینه Avera ge of max.	میانگین Mean	مجموع Sum	حداکثر ۲۴ ساعته 24 hours max.
فروردین March-21	8.62	26.21	-6.00	36.50	17.41	19.78	48.72	34.25	7.18	16.70
اردیبهشت April-21	14.34	32.50	4.00	40.50	23.42	15.74	35.47	25.61	2.83	5.00
خرداد May-21	18.94	37.85	9.00	45.00	28.39	13.11	27.00	20.06	0.64	7.50
تیر June-21	22.74	41.22	12.00	46.50	31.98	11.98	23.71	17.84	0.03	0.50
مرداد July-21	20.33	39.96	11.50	46.00	30.15	12.53	26.07	19.30	0.00	0.00
شهریور August-21	16.83	37.32	8.00	43.00	27.08	12.87	31.09	21.98	0.00	0.00
مهر September-21	11.87	31.57	-0.50	39.00	21.72	16.60	40.33	28.47	0.33	5.00
آبان October-21	5.74	23.60	-7.00	37.50	14.67	24.66	56.01	40.33	3.26	14.00
آذر November-21	0.23	16.48	-9.50	27.00	8.35	36.61	72.67	54.64	13.70	17.00
دی December-21	-1.91	13.68	-13.00	26.00	5.88	41.50	75.78	58.64	10.65	13.00
بهمن January-21	-0.45	15.99	-16.00	31.00	7.77	34.23	71.75	52.99	7.22	17.00
اسفند February-21	3.76	21.64	-10.20	38.00	12.70	23.51	62.55	43.03	6.96	19.50
سالیانه annual	10.09	28.17	-16.00	46.50	19.13	21.93	47.60	34.76	52.79	19.50

جدول ۲- خصوصیات آب آبیاری
Table 2 - Irrigation water quality

نسبت جذب سدیم Sodium adsorption ratio	سختی کل Total hardness	سدیم Na	منیزیم Mg	کلسیم Ca	سولفات SO ₄	کلر Cl	بی کربنات HCO ₃	کربنات CO ₃	شاخص واکنش pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity
	mg.l ⁻¹				meq.l ⁻¹					μS.cm ⁻¹
1.95	300	6.15	3.00	3.00	0.50	8.40	3.60	0.00	8.00	1265.00

جدول ۵- مقایسه میانگین برخی شاخص‌های مرتبط با بنه تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری (صفات بر حسب تک بوته محاسبه شده است)

Table 5- Mean comparison among some corm related traits under different irrigation treatments (per plant)

سال آزمایش Experimental year	مدیریت آبیاری Irrigation management	متوسط وزن بنه Average corm weight (g)	وزن کل بنه Total corm weight (g)	متوسط وزن بنه مؤثر Average effective corm Weight (g)	وزن کل بنه مؤثر Total effective corm Weight (g)	وزن بزرگترین بنه Biggest corm weight (g)	تعداد بنه مؤثر Effective corm. no.	تعداد کل بنه Total corm no.	نسبت وزنی بنه مؤثر Effective corm weight ratio	نسبت عددی بنه مؤثر Effective corm no. ratio
2013	50ET	3.89 ^b	6.92 ^a	4.03 ^b	4.03 ^b	5.35 ^b	0.67 ^b	2.05 ^a	0.55 ^a	0.43 ^b
	75ET	4.98 ^a	7.43 ^a	5.92 ^a	6.20 ^a	6.16 ^a	1.00 ^a	1.76 ^a	0.84 ^a	0.69 ^a
	100ET	5.39 ^a	7.31 ^a	5.58 ^a	5.91 ^a	6.47 ^a	0.81 ^{ab}	1.67 ^a	0.76 ^a	0.61 ^{ab}
2014	50ET	2.68 ^c	10.70 ^b	3.03 ^b	4.07 ^b	4.46 ^b	0.71 ^b	3.90 ^c	0.27 ^b	0.15 ^c
	75ET	5.17 ^a	26.22 ^a	7.35 ^a	20.70 ^a	9.02 ^a	2.57 ^a	5.67 ^b	0.73 ^a	0.55 ^a
	100ET	4.11 ^b	28.80 ^a	7.71 ^a	20.58 ^a	10.10 ^a	2.62 ^a	7.10 ^a	0.69 ^a	0.39 ^b
2015	50ET	2.20 ^b	17.62 ^c	5.07 ^b	8.84 ^b	6.37 ^b	1.43 ^b	9.38 ^b	0.47 ^b	0.18 ^b
	75ET	3.73 ^a	25.49 ^b	6.45 ^a	18.84 ^a	7.50 ^b	2.81 ^a	8.05 ^b	0.73 ^a	0.46 ^a
	100ET	2.89 ^b	35.56 ^a	7.57 ^a	21.67 ^a	8.90 ^a	2.86 ^a	13.90 ^a	0.60 ^b	0.25 ^b

* در هر ستون و در هر سال حروف مشابه به معنای عدم وجود اختلاف معنی دار بین تیمارها در سطح احتمال ۵٪ است.

* Within each column, the same letters indicate no significant difference between treatments (P<0.05).

* مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن به تفکیک سال انجام شد و اعداد مربوط به هر تیمار فقط با سایر تیمارها در همان سال مقایسه گردید.

* Compare means have been done just among treatments in each year separately using Duncan's multiple range test.

* 50% ET, 75% ET, 100% ET: به ترتیب عبارتست از حجم آبیاری بر اساس ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪ نیاز آبی محاسبه شده بر اساس تبخیر و تعرق در یک دوره ۱۵ روزه

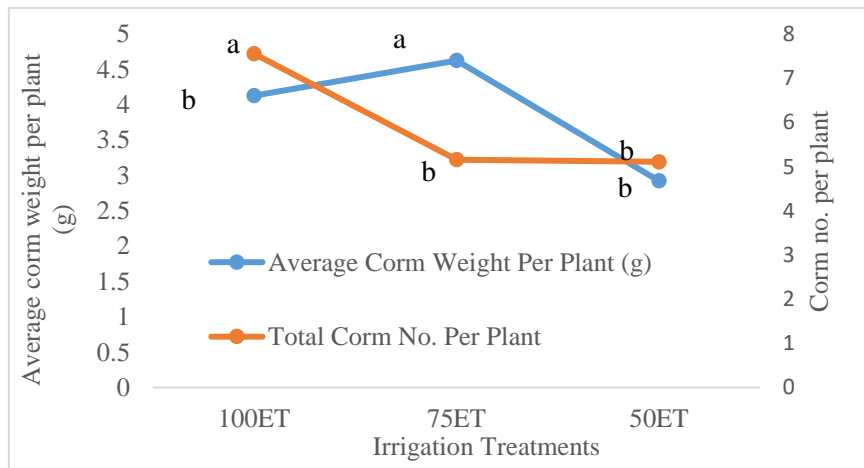
* 50% ET, 75% ET, 100% ET: Irrigation water volume, respectively, is equal to 50%, 75%, and 100% of the measured irrigation requirement based on evapotranspiration in 15 days.

در شت بیشتر می‌شود. بررسی نتایج تحقیقات دیگر، این ادعا را تایید می‌کند که در طول دوره عمر یک مزرعه زعفران و تحت هر شرایطی، سرعت افزایش تعداد بنه‌های ریز بیش از سرعت افزایش تعداد بنه‌های در شت است (Rezvani Moghaddam et al., 2013; Koocheki et al., 2014a). اما ممکن است روند افزایشی تعداد بنه، همانگونه که کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014b) اظهار داشتند، فقط در سال‌های اولیه رخ دهد و لذا پیشنهاد می‌شود این موضوع، در مزارع چند ساله مورد بررسی بیشتر قرار گیرد. در تحقیق دیگری گزارش شد که تعداد بنه‌های کمتر از ۸ گرم تا سال پنجم کشت افزایش و پس از آن کاهش می‌یابد اما وزن بنه‌های بیش از ۸ گرم از همان ابتدای شروع تحقیق روند نزولی دارد. بر اساس این تحقیق، رقابت بین بنه‌ها برای جذب آب و مواد غذایی به دلیل

کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014b) گزارش نمودند که کاشت بنه‌هایی با وزن ۸-۱۲ گرم موجب شد تا تعداد بنه در پایان دوره آزمایش به ۵ برابر مقدار اولیه برسد اما در عین حال فقط کمتر از ۴٪ آنها دارای وزنی بیش از ۸ گرم بودند. آنها گزارش نمودند که در سال‌های اول رشد، گیاه زعفران بجای افزایش وزن بنه، تعداد بنه را افزایش می‌دهد. برای بررسی این موضوع نسبت بنه‌های بزرگ به کل توده بنه در هر بوته مورد بررسی قرار گرفت. بررسی نسبت عددی بنه مؤثر نشان داد که هر ساله این نسبت کوچک‌تر شد. این موضوع در واقع نشان داد که هر ساله نسبت تعداد بنه‌های بزرگ به تعداد کل بنه‌ها در حال کم شدن است و هرچند بصورت مطلق تعداد بنه‌های بزرگ در طی سال‌های آزمایش افزایش یافته که با افزایش گلدهی مطابقت دارد اما در مجموع تراکم بنه‌های ریز نسبت به بنه‌های

(جدول ۵). بنابراین، در شرایط تنش ملایم، گیاه زعفران با کاهش تعداد بنه موجب کاهش رقابت بین بنه‌ها و افزایش وزن بنه‌ها می‌شود (شکل ۱).

تراکم بالا، علت کاهش بنه‌های با وزن بیش از ۸ گرم بوده است (Khazaei et al., 2013). نکته دیگر اینکه در هر سه سال بیشترین نسبت عددی بنه مؤثر در تیمار ۷۵٪ نیاز آبی بدست آمد



شکل ۱- تغییرات تعداد کل بنه و متوسط وزن بنه در یک بوته در طول سال‌های آزمایش

Figure 1- The fluctuation of total corm no. and average corm weight per plant changes during experimental years.

تعداد بنه، متوسط وزن بنه در تک بوته کاسته می‌شود، با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (Chaji et al., 2013). بنظر می‌رسد، در شرایط تنش ملایم خشکی، تعداد جوانه مولد بنه دختری کمتری تحت تأثیر محرک‌های ناشی از تنش خشکی فعال شده و لذا تعداد کل بنه در این شرایط کاهش یافته است. اما احتمالاً میزان تولید مواد فتوسنتزی به دلیل وجود مکانیسم‌های تحمل به خشکی در گیاه، تغییر چندانی نکرده است. کاهش یا افزایش تولید مواد فتوسنتزی متأثر از سطح فتوسنتزکننده و ظرفیت فتوسنتزی است. از آنجا که زعفران دارای برگ‌های باریکی است، طول برگ می‌تواند شاخصی از سطح فتوسنتزکننده باشد (Kafi et al., 2002). بررسی نتایج مربوط به رشد رویشی در برگ‌ها نشان داد که طول برگ تحت تأثیر سطوح تیمار آبیاری ۷۵٪ و ۱۰۰٪ نیاز آبی تغییر معنی‌داری نکرد (Gholami et al., 2019). بنابراین می‌توان اظهار داشت که سطح فتوسنتزکننده در این دو تیمار یکسان بود. از طرفی تحقیقات نشان داد که در زعفران، ظرفیت فتوسنتزی برگ‌ها در طول دوره

بررسی متوسط وزن کل بنه‌ها نیز فر ضیه فوق را تأیید می‌کند. بطوریکه برخلاف تعداد کل بنه و وزن کل بنه در یک بوته، بیشترین متوسط وزن کل بنه در سال‌های دوم و سوم آزمایش به ترتیب با میانگین ۵/۱۷ و ۳/۷۳ گرم در تیمار ۷۵٪ نیاز آبی بدست آمد که به صورت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بیش از دو تیمار دیگر بود (جدول ۵). در سال اول نیز که بیشترین متوسط وزن بنه در تیمار شاهد با میانگین ۵/۳۹ گرم بدست آمد، این مقدار با متوسط وزن بنه در تیمار ۷۵٪ نیاز آبی اختلاف معنی‌داری نداشت. با کاهش آبیاری از ۱۰۰٪ نیاز آبی به ۷۵٪، تعداد بنه کاهش ولی متوسط وزن بنه‌ها افزایش یافت و با کاهش آبیاری به ۵۰٪ نیاز آبی تعداد بنه کاهش معنی‌داری نداشت، لکن متوسط وزن بنه‌ها به صورت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ کاهش یافت (شکل ۱). کاهش معنی‌دار متوسط وزن بنه در تیمار شاهد در مقایسه با تیمار ۷۵٪ نیاز آبی در سال دوم و سوم (جدول ۵)، می‌تواند به دلیل افزایش تعداد بنه و افزایش رقابت بین بنه‌ها باشد. نتایج برخی تحقیقات مبنی بر آنکه با افزایش

تنهایی نمی‌تواند شاخصی برای تعیین پتانسیل بنه‌ها در سال بعد باشد. چراکه ممکن است در یک بوته، بیشتر از یک بنه با پتانسیل گلدهی تشکیل شده باشد. بنابراین، در این تحقیق بنه‌های با وزن بیش از ۵ گرم به عنوان بنه مؤثر در گلدهی مورد بررسی دقیق‌تر قرار گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در سال دوم و سوم ضمن آنکه تیمار ۷۵٪ و ۱۰۰٪ نیاز آبی با یکدیگر اختلافی نداشتند، هر دو تیمار با تیمار ۵۰٪ نیاز آبی اختلاف معنی‌دار داشتند و تعداد بنه مؤثر در تیمار ۵۰٪ نیاز آبی در سال دوم و سوم به ترتیب بیش از ۷۰٪ و ۵۰٪ کمتر از تیمار شاهد بود. این نتایج نشان داد که تحت شرایط تنش ملایم خشکی، تعداد بنه‌های بزرگ در زعفران کاهش معنی‌داری نمی‌یابد اما در شرایط تنش شدید خشکی، تعداد آنها کم می‌شود. متوسط وزن بنه مؤثر و وزن کل بنه مؤثر در بوته نیز روندی مشابه تعداد بنه مؤثر تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و حتی دقیق‌تر از آن را نشان داد. بطوریکه در مورد این دو صفت، در هر سه سال آزمایش بین سطوح تیمار ۷۵٪ و ۱۰۰٪ نیاز آبی اختلافی وجود نداشت و این دو تیمار با تیمار ۵۰٪ نیاز آبی اختلاف معنی‌داری داشتند. همانطور که قبلاً گفته شد لندهمارک و همکاران (Lundmark et al., 2009) گزارش نمودند که تغییر در تولید مواد فوسنتزی در زعفران وابسته به تغییر در سطح فتوسنتزکننده است. از طرفی در این آزمایش، سطوح تیماری بر سطح فتوسنتزکننده تأثیر معنی‌داری نداشت (Gholami et al., 2019). بنابراین، تولید مواد فتوسنتزی ثابت بوده و به دلیل کاهش تعداد کل بنه‌ها، رقابت بین بنه‌ها کاهش یافته و مواد فتوسنتزی بین تعداد کمتری بنه توزیع شده و لذا تعداد و وزن بنه مؤثر کاهش نیافت (جدول ۵). اما با کاهش آبیاری از ۷۵٪ نیاز آبی به ۵۰٪ نیاز آبی، کاهش وزن بنه مؤثر شدید بود. بطوریکه وزن کل بنه مؤثر در تیمار ۵۰٪ نیاز آبی حدود ۶۵٪ کمتر از تیمار شاهد شد و این مقدار در صفت وزن کل بنه در بوته به

رشد برگ تقریباً یکسان است و تغییر در وزن بنه‌ها ناشی از تغییر در سطح برگ‌ها است (Lundmark et al., 2009). بنابراین میزان مواد فتوسنتزی که از برگ‌ها به بنه‌ها انتقال یافته، ثابت بوده و تنها عامل افزایش در وزن بنه، کاهش تعداد بنه و نتیجتاً کاهش رقابت بین بنه‌ها در جذب مقدار ثابتی مواد فتوسنتزی انتقالی از طرف برگ‌ها است. اینکه افزایش و یا کاهش تعداد بنه می‌تواند موجب بروز رقابت شود در تحقیقات دیگری نیز بیان شده است. بررسی رابطه بین تعداد بنه و وزن خشک بنه تحت تأثیر تیمارهای کودی مختلف نشان داد که با افزایش تعداد بنه، وزن خشک بنه‌ها کاهش یافت (Koocheki et al., 2011a). بررسی تغییرات طول برگ به عنوان شاخصی از سطح فتوسنتزکننده در زعفران، در این تحقیق نشان داد که تنش شدید خشکی، موجب کاهش معنی‌دار طول برگ شد (Gholami et al., 2019). بنابراین، کاهش متوسط وزن بنه‌ها در شرایط تنش شدید خشکی، علیرغم عدم تغییر در تعداد بنه در مقایسه با تنش ملایم خشکی (شکل ۱) نیز می‌تواند به دلیل تأثیر تنش خشکی بر کاهش فتوسنتز باشد که موجب شده مواد فتوسنتزی کمتری به بنه‌ها منتقل شود و لذا وزن بنه‌ها بیش از تعداد بنه‌ها کاهش یافت.

از آنجا که وزن بنه رابطه مستقیمی با عملکرد و گلدهی در سال بعد دارد (Nassiri Mahallati et al., 2007)، لذا وزن بزرگترین بنه به عنوان شاخصی برای تعیین تأثیر تیمارها بر گلدهی در سال بعد اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در سال اول و دوم آزمایش اختلاف معنی‌داری بین تیمار ۷۵٪ و ۱۰۰٪ نیاز آبی وجود نداشت و ایندو تیمار با تیمار ۵۰٪ نیاز آبی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ داشتند. در سال آخر آزمایش، بیشترین وزن بنه در تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی با متوسط ۸/۹ گرم مشاهده شد که با دو تیمار دیگر اختلاف معنی‌دار داشت. وزن بزرگترین بنه، بجز سال اول که تعداد بنه‌های دختری کم بود، به

بیش از ۵۰٪ رسید (جدول ۶). همانطور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، بیشترین شیب کاهش، در وزن کل و تعداد بنه مؤثر در بوته بود که در واقع نشان‌دهنده بنه‌های بزرگ هستند و کمترین تغییرات در متوسط وزن کل بنه و تعداد کل بنه در بوته بود. این نتایج مجدداً این فرضیه را تایید کرد که در شرایط تنش شدید، میزان افت وزن بنه بیش از تعداد بنه است. اما در شرایط تنش ملایم خشکی، تعداد کل بنه با ۳۱٫۷۲٪ کاهش در مقایسه با شاهد، بیشترین کاهش را داشته است (جدول ۶). بنابراین،

کاهش تعداد بنه موجب کاهش رقابت و تخصیص مواد فتوسنتزی بیشتری به هر بنه شده و با کاهش تعداد بنه، متوسط وزن کل بنه تا ۱۲٪ افزایش یافت. این موضوع می‌تواند نشان دهد که گیاه زعفران هنوز یک گونه کاملاً اهلی نیست، این نتایج با نتایج آقایی (Aghayef, 1994) مبنی بر اینکه توده‌های بومی زعفران در ایران هنوز به یک منبع ژنتیکی خالص تبدیل نشده است و دارای جمعیت مرکبی است، مطابقت دارد.

جدول ۶- درصد کاهش صفات مرتبط با وزن بنه تحت تنش خشکی در مقایسه با تیمار شاهد

Table 6- Percent of decreasing in corm weight related traits under water stress in comparison with control

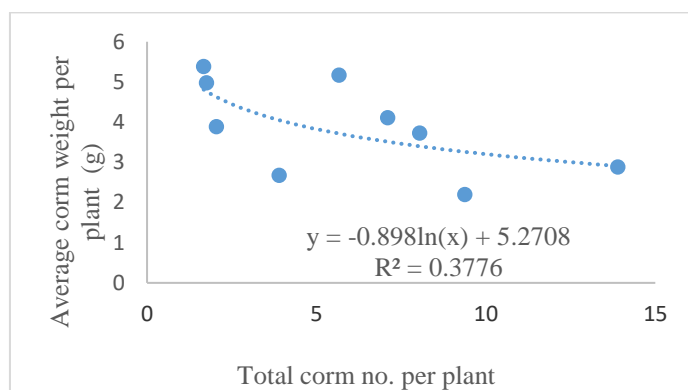
صفات Traits	کاهش یا افزایش در شرایط تنش شدید *(%)		کاهش یا افزایش در شرایط تنش ملایم *(%)	
	رتبه بندی Ranking	Decreasing or increasing under strict water stress (%)	رتبه بندی Ranking	Decreasing or increasing under strict water stress (%)
وزن کل بنه مؤثر در بوته Total effective corm weight per plant (g)	1	-64.82	5	-5.02
تعداد بنه مؤثر در بوته Effective corm no. per plant	2	-55.32	6	1.43
وزن کل بنه ها در بوته Total corm weight per plant(g)	3	-50.83	2	-17.48
متوسط وزن بنه مؤثر در بوته Average effective corm weight per plant (g)	4	-41.85	4	-5.46
وزن بزرگترین بنه در بوته Biggest corm weight per plant (g)	5	-36.47	3	-10.95
تعداد کل بنه در بوته Total corm no. per plant	6	-32.37	1	-31.72
متوسط وزن کل بنه در بوته Average of total corm weight per plant (g)	7	-29.22	7	12.02

*علامت (-) به معنی کاهش و علامت (+) به معنی افزایش صفت مورد نظر در مقایسه با تیمار شاهد (آبیاری تا تامین ۱۰۰٪ نیاز آبی) است.

*(-) sign means decreasing and (+) sign means increasing in a responsible treat in comparison with control treatment (irrigation up to reach 100% water requirement).

بررسی روابط رگرسیونی نشان داد که با افزایش تعداد بنه در یک بوته، متوسط وزن کل بنه در آن بوته کاهش یافت (شکل ۳). این نتایج با نتایج قبلی مطابقت دارد. همچنین کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011a) در تحقیقات خود آنرا تأیید نموده‌اند. در تحقیق دیگری، با کاربرد کود فسفر تعداد بنه‌های دختری کاسته شد اما وزن تر و خشک هر یک از بنه‌های تولید شده افزایش یافت و در مقابل با مصرف کود نیتروژن نتایج کاملاً برعکسی بدست آمد (Chaji et al., 2013). اما در این آزمایش، این موضوع در مورد بنه‌های بزرگ بصورت یک رابطه خطی صدق نکرد. بلکه در هر سال با افزایش

تعداد بانه مؤثر، متوسط وزن بانه مؤثر تا حدی افزایش و پس از آن کاهش یافت (شکل ۴).



شکل ۳- رابطه رگرسیونی بین تعداد کل بانه در یک بوته و متوسط وزن کل بانه در همان بوته
Figure 3- The regression between total corm no. and average corm weight per plant.

یک بوته است.

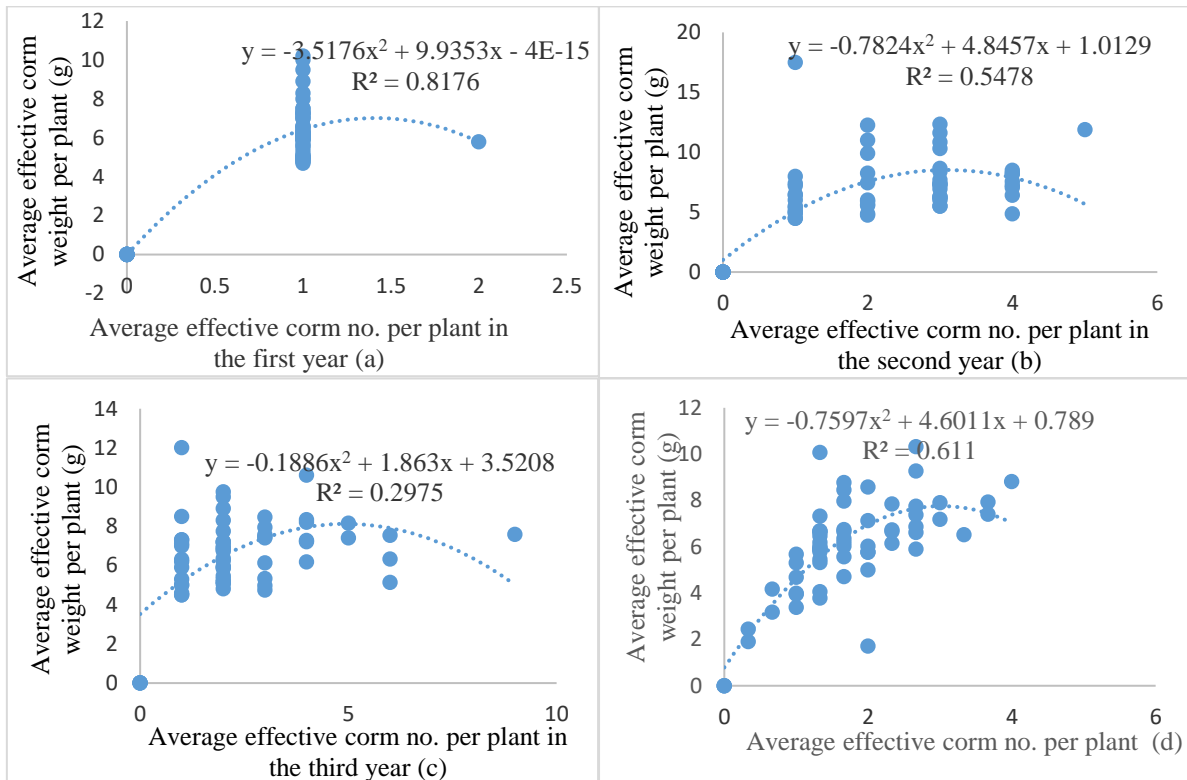
بر اساس این فرضیه، در هر بانه حد ظرفیت خاصی وجود دارد که از طریق وزن بانه، میزان توزیع مواد فتوسنتزی بین بانه‌ها را تنظیم می‌کند و تا وقتی که وزن بزرگترین بانه به آستانه ظرفیت خود نرسد، نوعی غلبه انتهایی در بانه حفظ شده و همواره بخش اعظم مواد فتو سنتزی در اختیار این بانه قرار خواهد گرفت و پس از تکمیل ظرفیت این بانه، بر اثر فید بک منفی، انتقال مواد فتوسنتزی به بانه دیگری افزایش می‌یابد. بر اساس نتایج این تحقیق (شکل ۵)، بنظر می‌رسد حد آستانه ظرفیت بانه برای بانه‌های زعفران حدود ۵ گرم باشد. افزایش وزن بانه‌ها بیش از این مقدار نیز می‌تواند به دلیل اختلاف در شرایط محیطی و بخصوص فراهمی مطلوب مواد غذایی و رطوبت، امکان رشد و تولید مقدار زیادی مواد فتوسنتزی به گیاه داده و لذا حتی بانه‌هایی که به آستانه ظرفیت خود رسیده‌اند می‌توانند افزایش وزن داشته باشند. بنابراین، می‌توان گفت که آستانه ظرفیت بانه فقط حداقل وزنی را نشان می‌دهد که پس از آن، سرعت انتقال مواد فتوسنتزی به بانه کاهش و به بانه دیگری که احتمالاً نزدیکترین بانه به آن است، افزایش می‌یابد. متوسط وزن بزرگترین بانه هیچگاه از ۱۰ گرم بیشتر نشد (شکل ۵) و با افزایش وزن

بررسی این روابط نشان داد که تعداد بانه مؤثر در هر بوته تأثیری بر متوسط وزن بانه مؤثر نداشت. بطوریکه در سال اول آزمایش وقتی تعداد بانه مؤثر به یک عدد در هر بوته رسید، متوسط وزن بانه مؤثر شروع به کاهش کرد (شکل ۴-a) و در سال دوم و سوم آزمایش، همین رفتار با رسیدن تعداد بانه مؤثر به ۳ و ۴ عدد رخ داد (شکل ۴-b و ۴-c). بررسی روابط رگرسیونی حاصل از میانگین این دو صفت طی کل دوره آزمایش نیز نشان داد که افزایش وزن بانه مؤثر هنگامی که تعداد بانه مؤثر به حدود ۳ عدد در هر بوته رسید، متوقف و یا کند شد (شکل ۴-d). این نمودارها نشان داد که متوسط وزن بانه مؤثر در هر بوته هیچگاه بیش از ۸ گرم نشد.

بررسی روابط رگرسیونی بین وزن بزرگترین بانه و تعداد بانه مؤثر در هر بوته نشان داد که وقتی وزن بزرگترین بانه به حدود ۵ گرم رسید، تعداد بانه مؤثر شروع به افزایش کرد و وقتی وزن بزرگترین بانه به حدود ۸ الی ۹ گرم رسید تعداد بانه مؤثر کاهش یافت (شکل ۵). لذا این فرضیه مطرح شد که در زعفران تنظیم وزن بانه تحت کنترل عوامل ژنتیکی است. به عبارت دیگر این تعداد بانه نیست که وزن بانه در یک بوته را تعیین می‌کند، بلکه دلیل اثر عوامل ژنتیکی، وزن بانه تعیین‌کننده تعداد بانه مؤثر در

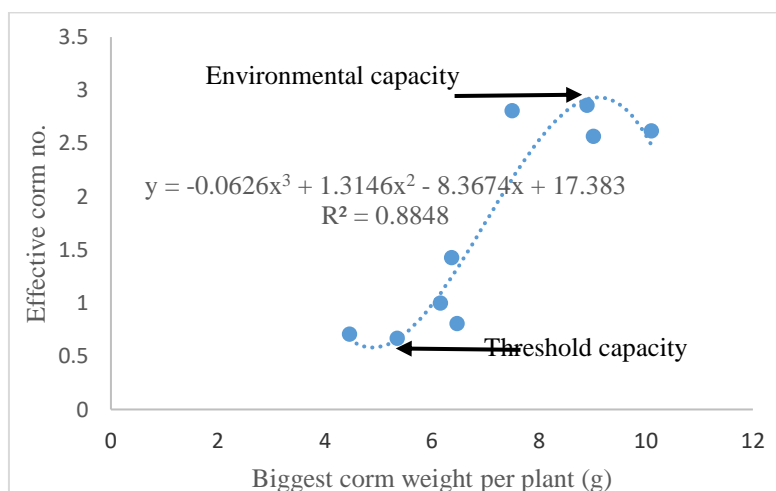
(Omidbaigi et al., 2002) نشان دادند که بیشترین تعداد گل و بنه دختری با کاشت بنه‌هایی با حداقل وزن ۱۱ گرم بدست می‌آید.

بزرگترین بنه به ۹ گرم، تعداد بنه مؤثر شروع به کاهش کرد. اما برخی تحقیقات نشان داده‌اند که افزایش وزن بنه به مقادیری بیش از این نیز مقدور است. امید بیگی و همکاران



شکل ۴- روابط رگرسیونی بین تعداد بنه مؤثر در هر بوته و متوسط وزن بنه مؤثر در همان بوته به تفکیک سال‌های آزمایش (a, b, c) و میانگین اعداد اندازه‌گیری شده در هر سه سال (d)

Figure 4- The regression between average effective corm no. and average effective corm weight in each year separately (Figure a, b, c) and all years in general (figure d).



شکل ۵- تأثیر وزن بنه در تعیین تعداد بنه‌های بزرگ در زعفران
Figure 5- The effect of corm weight on the number of big corms in saffron.

با شاهد شد.

در سال سوم، اختلاف بین تیمارها بسیار کم بود و فقط وزن کل بنه‌ها (میانگین ۳۷/۶۶ گرم) و وزن بزرگترین بنه (میانگین ۱۰/۰۷ گرم) در تیمار CH بصورت معنی‌داری بیش از تیمار شاهد بود. در مجموع اثر تیمارهای CH، 10RV بهتر از سایر تیمارها بود و اختلاف آنها با تیمار شاهد در غالب موارد معنی‌دار بود. بنابراین بنظر می‌رسد حد ظرفیت محیطی نیز به دلیل فراهمی بیشتر مواد غذایی و یکسان بودن سایر عوامل محیطی، در این تیمارها بیشتر از سایر تیمارها باشد که این فرضیه نیز در شکل ۶ به اثبات رسید.

همانطور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود هرچند که آستانه ظرفیت بنه در همه تیمارها حدود ۵ گرم است اما حد ظرفیت محیطی بر حسب تیمارهای کودی استفاده شده متفاوت است. کمترین حد ظرفیت محیطی در تیمار شاهد (عدم مصرف کود) وجود داشت و پس از آن تیمار SH که در طول سال فقط یکبار کود هیومستر سفرون به مقدار ۱۰ لیتر در هکتار مصرف شد، قرار داشت. اما مصرف ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بصورت ردیفی در زیر ردیف‌های کاشت (تیمار 10RV) توانست ضمن افزایش وزن بنه، تعداد بنه‌های بزرگ در هر بوته را نیز افزایش دهد. این امر به دلیل فراهمی بیشتر مواد غذایی در محیط اطراف ریشه و ایجاد بستر مناسب برای توسعه ریشه و بنه و حفظ رطوبت خاک باشد. برخی تحقیقات نیز نشان داده است که ورمی‌کمپوست دارای قدرت بالای جذب و نگهداری آب و عناصر غذایی بوده و در نتیجه باعث تخلخل زیاد، تهویه و زهکشی مناسب می‌شود (Arancon et al., 2004). در تحقیق دیگری مشخص شد که استفاده از کودهای آلی موجب افزایش وزن تر بنه می‌شود. این اثرات به افزایش رطوبت خاک و بهبود رشد گیاه نسبت داده شده است (Behdani, 2005).

در تحقیق دیگری ابراز شد که بیشترین عملکرد گل و کلاله با کاشت بنه‌هایی به وزن ۱۵-۹ گرم بدست آمد (Nassiri & Latifi, 1997) بنه‌هایی با وزن بیش از ۲۵ گرم نیز در تحقیق خود گزارش نمودند که با کاشت آنها بیشترین عملکرد گل در مقایسه با سایر بنه‌ها، بدست آمد. کاهش تعداد بنه مؤثر بعد از افزایش وزن بزرگترین بنه به ۹ گرم می‌تواند به دلیل محدودیت عوامل محیطی و افزایش اثر رقابت درون گیاهی بین بنه‌ها باشد. لذا، نقطه پیک منحنی شکل ۵ را می‌توان حد ظرفیت محیطی نامید. بدین معنی که محدودیت عوامل محیطی باعث شده این منحنی در این نقطه متوقف شود و چنانچه عوامل محدود کننده موجود در این تحقیق کاهش یابد، میزان تولید مواد فتوسنتزی افزایش و وزن و تعداد بنه مؤثر افزایش خواهد یافت. مقایسه میانگین صفات مرتبط با بنه تحت تاثیر تیمارهای مختلف کودی (جدول ۷) نشان داد که در سال اول، تیمار 10RV اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ با تیمار شاهد، تیمار 10V و SH دارد. در تیمار 10RV متوسط وزن بنه (۶/۳۸ گرم)، متوسط وزن بنه مؤثر (۷/۱۹ گرم)، وزن بزرگترین بنه (۷/۱۹ گرم) و تعداد بنه مؤثر (۱ عدد)، به ترتیب ۴۰٪، ۴۷٪، ۲۸٪ و ۳۳٪ بیشتر از شاهد (عدم مصرف کود) بود. اما این تیمار با تیمار CH اختلاف معنی‌داری نداشت. در سال دوم در همه موارد بجز نسبت وزنی و عددی بنه مؤثر اختلاف معنی‌داری بین تیمار CH و شاهد در سطح احتمال ۵٪ وجود داشت اما در عین حال اختلاف معنی‌داری بین این تیمار و تیمار 10RV مشاهده نشد. مصرف هیومستر سفرون طی دو نوبت در طول فصل رشد (تیمار CH) در سال دوم باعث افزایش متوسط وزن بنه (۳۸٪)، وزن کل بنه (۵۸٪)، متوسط وزن بنه مؤثر (۵۶٪)، وزن بزرگترین بنه (۵۶٪)، تعداد بنه مؤثر (۴۴٪) و تعداد کل بنه (۴۳٪) در مقایسه

جدول ۷- اثر سطوح تیمار کودی بر صفات مرتبط با بنه طی سه سال آزمایشی
Table 7- The effect of fertilizer treatments on corn related traits in three experimental years

سال آزمایشی Experimental year	تیمار کود Fertilizer treatments	متوسط وزن بنه Average corm weight (g)	وزن کل بنه Total corm weight (g)	متوسط وزن بنه مؤثر Average effective corm weight (g)	وزن کل بنه مؤثر Total effective corm weight (g)	وزن بزرگترین بنه Biggest corm weight (g)	تعداد بنه مؤثر Effective corm no.	تعداد کل بنه Total corm no.	نسبت وزنی بنه مؤثر Effective corm weight Ratio	نسبت عددی بنه مؤثر Effective corm no. ratio
2013	Cont.	3.85 ^{bc}	6.80 ^{ab}	3.87 ^{cd}	3.88 ^c	5.22 ^v	0.67 ^{bc}	2.00 ^{ab}	0.56 ^{cd}	0.44 ^b
	SH	4.07 ^{bc}	6.49 ^b	4.00 ^{cd}	5.30 ^c	5.30 ^c	0.67 ^{bc}	1.89 ^{ab}	0.55 ^{cd}	0.45 ^b
	CH	6.03 ^a	8.17 ^a	6.79 ^{ab}	7.43 ^a	6.88 ^{ab}	1.11 ^a	1.55 ^b	0.91 ^{ab}	0.81 ^a
	10V	4.50 ^{bc}	7.04 ^{ab}	3.27 ^d	4.04 ^c	5.40 ^c	0.55 ^d	1.89 ^{ab}	0.53 ^d	0.37 ^b
	5RV	5.10 ^{ab}	6.94 ^{ab}	5.82 ^{abc}	5.82 ^{abc}	6.18 ^{bc}	0.89 ^{ab}	1.55 ^b	0.82 ^{abc}	0.67 ^{ab}
	10RV	6.38 ^a	7.49 ^{ab}	7.19 ^a	7.19 ^a	7.19 ^a	1.00 ^a	1.33 ^b	0.96 ^a	0.87 ^a
2014	10M	3.34 ^c	7.61 ^{ab}	5.30 ^{bc}	5.78 ^c	5.78 ^c	0.89 ^{ab}	2.55 ^a	0.69 ^{bcd}	0.42 ^b
	Cont.	3.26 ^b	13.99 ^d	3.76 ^c	8.74 ^d	4.86 ^d	1.56 ^{bc}	4.11 ^c	0.45 ^{ab}	0.29 ^{ab}
	SH	3.99 ^{ab}	21.99 ^{cd}	6.34 ^{abc}	16.62 ^{bc}	7.96 ^{bc}	2.33 ^{ab}	5.67 ^{abc}	0.69 ^a	0.43 ^a
	CH	5.21 ^a	33.50 ^a	8.49 ^a	25.50 ^a	10.93 ^a	2.78 ^a	7.11 ^{ab}	0.69 ^a	0.46 ^a
	10V	3.72 ^{ab}	15.46 ^d	4.34 ^{bc}	10.10 ^{cd}	5.88 ^{cd}	1.56 ^{bc}	4.67 ^c	0.54 ^{ab}	0.40 ^{ab}
	5RV	4.79 ^a	23.66 ^{bc}	6.79 ^{ab}	18.69 ^{abc}	9.08 ^{ab}	2.33 ^{ab}	4.89 ^{bc}	0.71 ^a	0.50 ^a
2015	10RV	3.89 ^{ab}	30.11 ^{ab}	8.68 ^a	20.28 ^{ab}	11.12 ^a	2.22 ^{ab}	7.44 ^a	0.58 ^a	0.29 ^{ab}
	10M	3.06 ^b	14.66 ^d	3.81 ^c	5.86 ^d	5.21 ^d	1.00 ^c	5.00 ^{bc}	0.29 ^b	0.16 ^b
	Cont.	2.67 ^a	22.13 ^b	6.30 ^{ab}	15.06 ^{ab}	6.59 ^b	2.33 ^{ab}	9.22 ^{ab}	0.68 ^a	0.30 ^a
	SH	3.07 ^a	29.18 ^{ab}	7.15 ^a	19.50 ^{ab}	8.50 ^{ab}	2.67 ^{ab}	11.89 ^{ab}	0.64 ^a	0.32 ^a
	CH	2.94 ^a	37.66 ^a	7.31 ^a	25.86 ^a	10.07 ^a	3.44 ^a	14.33 ^a	0.66 ^a	0.26 ^b
	10V	2.91 ^a	25.99 ^{ab}	5.13 ^b	10.62 ^b	6.28 ^b	1.56 ^b	11.56 ^{ab}	0.35 ^b	0.23 ^a
2015	5RV	2.46 ^a	21.50 ^b	7.14 ^a	11.14 ^b	7.64 ^b	1.56 ^b	9.78 ^{ab}	0.55 ^{ab}	0.20 ^a
	10RV	3.31 ^a	30.08 ^{ab}	6.49 ^{ab}	22.82 ^a	7.82 ^b	3.44 ^a	9.44 ^{ab}	0.76 ^a	0.39 ^a
	10M	3.22 ^a	17.03 ^b	5.00 ^b	10.14 ^b	6.22 ^b	1.56 ^b	6.89 ^b	0.56 ^{ab}	0.36 ^a

* در هر ستون و در هر سال حروف مشابه به معنای عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال ۵٪ است.

*Within each column, same letters indicate no significant difference between treatments (P<0.05).

* مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن به تفکیک سال انجام شده و تعداد مربوط به هر تیمار فقط با سایر تیمارها در همان سال مقایسه گردید.

* Compare means have been done just among treatments in each year separately using Duncan's multiple range test.

*10M: مصرف ۱۰ تن در هکتار کود گاو بصورت مخلوط شده با خاک سطحی قبل از کاشت.

*10V: Using 10 ton per hectare cow manure (mixed with surface soil before planting).

*10RV: Using 10 ton per hectare vermicompost (mixed with surface soil before planting).

*5RV: مصرف ۵ تن در هکتار کود ژیومیست بصورت زنبق در زیر ردیف کاشت.

*SRV: Using 5 ton per hectare vermicompost (distributing under corn planting rows).

*10RV: Using 10 ton per hectare vermicompost (distributing under corn planting rows).

*10RV: Using 10 ton per hectare vermicompost (distributing under corn planting rows).

*SH: مصرف ۱۰ لیتر در هکتار کود هیومستر سفرون طی یک نوبت در طول فصل رشد.

*SH: Using 10 liters per hectare Humaster Saffron fertilizer once during growth period stage.

*CH: مصرف ۱۰ لیتر کود هیومستر سفرون طی دو نوبت در طول فصل رشد.

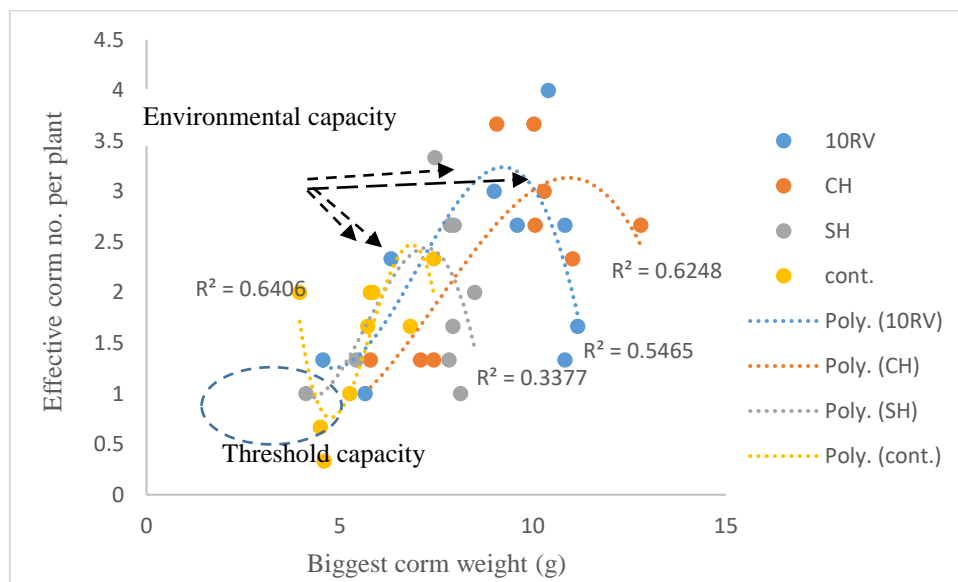
*CH: Using 10 liters per hectare Humaster Saffron fertilizer twice during growth period stage.

*Cont: شاهد - عدم مصرف کود.

*Cont: control Treatment (without any treatment).

یکنواخت تر مواد غذایی در این تیمار و امکان تکرار آن در هر سال می‌تواند موجب بهبود اثر آن در رشد بانه باشد. همچنین هیومستر سفرون حاوی هیومیک اسید، فسفر و پتاسیم بالایی است (جدول ۳) که این ترکیبات می‌تواند تأثیر مطلوبی بر رشد بانه داشته باشد (Golzari Jahan Abadi et al., 2005; Chaji et al., 2013).

هرچند تعداد بانه مؤثر در تیمار CH و 10RV در یک حد است، اما وزن بانه در تیمار CH بیشتر از تیمار 10RV بود. این نتیجه می‌تواند به دلیل ماهیت تیمار باشد چراکه مصرف ورمی کمپوست در زیر ردیف‌های کاشت در طول دوره آزمایش فقط یکبار و آنهم قبل از کاشت مقدور بود و در سه سال آزمایش به تدریج به دلیل اتمام اندوخته غذایی آن، اثر آن بر رشد بانه کاهش یافت، اما مصرف هیومستر سفرون هر ساله مقدور بود و لذا توزیع



شکل ۶- اثر برخی تیمارهای مدیریت تغذیه بر حد ظرفیت محیطی در بانه‌های زعفران
Figure 6- The effect of some fertilizer management treatments on environmental capacity of saffron corms.

کاهش خواهد یافت. لکن از آنجا که در زعفران، بقاء گیاه وابسته به گلدهی نیست، افزایش تعداد بانه، احتمال حفظ بقاء گیاه را افزایش می‌دهد. در شرایط تنش ملایم خشکی، گیاه با فعال نمودن مکانیسم‌های تحمل به تنش، مانع از کاهش تولید مواد فتوسنتزی در مقایسه با شرایط عدم تنش شده و از طرفی این فرضیه محتمل است که نوعی غلبه انتهایی همانند آنچه در درختان در تخصیص مواد فتوسنتزی به میوه‌های یک خوشه یا اندام‌های نزدیک به هم وجود دارد، وجود داشته باشد که باعث

نتیجه گیری

بنظر می‌رسد گیاه زعفران، در شرایط تنش شدید سعی می‌کند با حفظ تعداد بانه‌های موجود، بقاء خود را حفظ کند. در واقع، در شرایط تنش شدید خشکی، میزان تولید مواد فتوسنتزی کاهش یافته و مواد فتوسنتزی بین بانه‌های ایجاد شده، بدون هیچگونه تبعیضی بصورت یکنواخت‌تری توزیع می‌شود. لذا گیاه سرمایه اصلی خود را صرف حفظ بانه‌های ایجاد شده برای سال‌های بعد می‌کند که البته به دلیل ریز شدن بانه‌ها گلدهی نیز

می‌رسد برای بنه‌های بزرگ حدود ۵ گرم باشد و پس از رسیدن وزن اولین بنه به حداقل وزن ۵ گرم، انتقال مواد فتوسنتزی به آن بنه کاهش و به بنه دیگری که احتمالاً نزدیکترین بنه به آن است افزایش می‌یابد. اما افزایش وزن و تعداد بنه‌های بزرگ تا زمانی که عوامل محیطی، محدودکننده رشد آن نشوند ادامه می‌یابد، این نقطه که در کنترل عوامل محیطی است، حد ظرفیت محیطی نامیده می‌شود. حد ظرفیت محیطی بسته به عوامل محیطی تغییر می‌کند. بطوریکه در این تحقیق مصرف کود هیومستر سفرون طی دو نوبت در طول فصل رشد و یا ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بصورت ردیفی در زیر ردیف‌های کاشت موجب افزایش حد ظرفیت محیطی در بنه‌های زعفران شد. بنابراین، حد ظرفیت محیطی می‌تواند به عنوان شاخصی برای مقایسه تیمارهای مختلف و تعیین سهم هر کدام در افزایش عملکرد گیاه زعفران، مورد توجه بیشتر محققین قرارگیرد.

می‌شود تخصیص مواد فتوسنتزی به برخی بنه‌هایی که دسترسی نزدیک تری به مواد فتوسنتزی انتقالی از طرف برگ‌ها دارند بیشتر بوده و در نتیجه نسبت بنه‌های بزرگ به بنه‌های کوچک بیشتر باشد.

در این تحقیق مشخص شد که هر ساله هرچند تعداد مطلق بنه‌های درشت در حال افزایش است اما نسبت آنها در هر بوته در مقایسه با بنه‌های ریز چه از نظر تعداد و چه از نظر وزنی، در حال کاهش است و به مرور، درصد بنه‌های ریز افزایش خواهد یافت.

در رابطه با بنه‌های بزرگ، تعداد بنه چندان در تعیین وزن بنه مؤثر نیست. بلکه وزن بنه‌های بزرگ تعیین‌کننده تعداد بنه مؤثر است. بطوریکه وقتی یک بنه از نظر میزان ذخیره مواد غذایی به حد معینی که در کنترل عوامل ژنتیکی است برسد، انتقال مواد غذایی به بنه کاهش و انتقال آن به بنه دیگری افزایش می‌یابد. در این خصوص نوعی آستانه ظرفیت بنه وجود دارد که بنظر

منابع

- Aghayef, Y. 1994. Study of some basic problems in genetic, cytogenetic and selection of saffron (*Crocus sativus* L.). In Second Conference of Saffron and Drug Plants, Gonabad, Iran, 8-9 November 1994. pp. 12-13. (In Persian).
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzger, J.D. 2004. Influences of vermin composts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technology* 93: 145-153.
- Behdani, M. 2005. The ecological distribution and protection of function fluctuations of saffron in Khorasan. Ph.D. dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary).
- Chaji, N., Khorassani, R., Astaraei, A.R., and Lakzian, A. 2013. Effect of phosphorous and nitrogen on vegetative growth and production of daughter corms of saffron. *Journal of Saffron Research* 1 (1): 1-12. (In Persian with English Summary).
- Gholami, M., Kafi, M., Khazaei, H.R., and Abarghouei, H. 2019. Study the effects of some fertilizer and irrigation managements in adaptation and development of saffron cultivation in arid regions. *Saffron Agronomy and Technology* 7 (2): 207-225.
- Golzari Jahan Abadi, M., Behdani, M.A., Khorram Del, S., and Sayyari Zohhan, M.H. 2005. The effect of soil conditioners and mother corm weight on growth characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.). Proceedings of 4th national symposium of saffron, Qaenat, Iran, 4-5 November 2005.
- Gresta, F., Avola, G., Lombardoa, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 2009. Analysis of flowering,

- stigmas yield and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.) as affected by environmental conditions. Horticultural Sciences 119 (3): 320-324.
- Juana, J.A.D., Córcolesb, H.L., Muñozb, R.M., and Picornella, M.R. 2009. Yield and yield components of saffron under different cropping systems. Industrial Crop Production 30 (2): 212-219.
- Kafi, M., Rashed Mohasel, M.H., Koocheki, A., and Mollafilabi, A. 2002. Saffron Production and Processing. Zaban va Adab Publications, Mashhad. (In Persian).
- Khademi, K., Sepahvand, A., Siahmansour, R., Mohammadian, A., and Ahmadi, S. 2014. Study of saffron yield in dry land farming and irrigated conditions in a period of six years in the city of Khorramabad province. Journal of Saffron Research 1 (2): 110-119. (In Persian with English Summary).
- Khazaei, M., Monfared, M., Kamgar-Haghighi, A.A., and Sepaskhah, A.R. 2013. The trend of change for weight and number of saffron corms as affected by irrigation frequency and method in different years. Journal of Saffron Research 1 (1): 48-56. (In Persian with English Summary).
- Koocheki, A., Tabrizi, L., Jahani, M., and Mohammad Abadi, A.A. 2012. An evaluation of the effect of saffron (*Crocus sativus* L.) corm planting rate and pattern on the crop's performance. Iranian Journal of Horticultural Science 42: 379-391. (In Persian with English Summary).
- Koocheki, A., Jahani, M., Tabrizi, L., and Mohammadi, A.A. 2011a. Investigation on the effect of biofertilizer, chemical fertilizer and plant density on yield and corm criteria of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Water and Soil 25 (1): 196-206. (In Persian with English Summary).
- Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Mollafilabi, A., and Seyyedi, S.M. 2014a. The effects of high corm density and manure on agronomic characteristics and corms behavior of Saffron (*Crocus sativus* L.) in the second year. Journal of Saffron Research 1 (2): 144-155. (In Persian with English Summary).
- Koocheki, A., Seyyedi, M., Azizi, H., and Shahriyari, R. 2014b. The effects of mother corm size, organic fertilizer and micronutrient foliar application on corm yield and phosphorus uptake of saffron (*Crocus sativus* L.). Saffron Agronomy and Technology 2 (1): 3-16. (In Persian with English Summary).
- Koocheki, A., Siahmargouii, A., Azizi, G., and Jahani, M. 2011b. The effect of intensive cropping and depth of corm planting on agronomical properties of saffron and corm gesture. Journal of Agroecology 3 (1): 36-49. (In Persian).
- Lundmark, M., Vaughan, H., and Lapointe, L. 2009. Low temperature maximizes growth of *Crocus vernus* L. hill via changes in carbon partitioning and corm development. Journal of Experimental Botany 60 (7): 2203-2213.
- Mashayekhi, K., and Latifi, N. 1997. Investigation of the effect of corm's weight on saffron flowering. Iranian Journal of Agricultural Science 28 (1): 97-105. (In Persian with English Summary).
- Ministry of Energy. 2018. Iran Water Statistical Yearbook 2014-2015. Planning General Office of Water and Wastewater. Available at Web site Iran-Water-Statistical-yearbook-2014-2015(1393-94) (moe.gov.ir). (In Persian).
- Mohammad Abadi, A.A., Rezvani Moghaddam, P., and Fallahi, J. 2011. The effects of planting pattern and first irrigation time on growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Agroecology 3 (1): 84-93. (In Persian).
- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Boroumand Rezazadeh, Z., and 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 Crops Research 5 (1):155-165. (In Persian with English Summary).
- Omidbaigi, R., Betti, G., Sadeghi, B., and Ramezani, A. 2002. Influence of the bulb weight on the productivity of saffron (*Crocus sativus* L.) results of a cultivation study in Khorasan (Iran). Journal of Medicinal and Spice Plant 7: 38-40.
- Rezvani Moghaddam, P., Khorramdel, S., Amin Ghafari, A., and Shabahang, J. 2013. Evaluation of growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) affected by spent mushroom compost and corm density. Journal of Saffron Research 1: 13-26. (In Persian with English Summary).