



بررسی روابط منبع و مخزن در زعفران با استفاده از ضرایب همبستگی در سطوح مختلف آبیاری و تغذیه

محمود غلامی^۱، محمد کافی^{۲*} و حمید رضا خزاعی^۲

تاریخ پذیرش: ۱۳ شهریور ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: ۱۹ فروردین ۱۳۹۵

غلامی، م.، کافی، م.، و خزاعی، ح.م. ۱۳۹۶. بررسی روابط منبع و مخزن در زعفران با استفاده از ضرایب همبستگی در سطوح مختلف آبیاری و تغذیه. زراعت و فناوری زعفران، ۵(۳): ۱۹۵-۲۱۰.

چکیده

به منظور بررسی رابطه منبع و مخزن بین برگ و بنه زعفران، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در یک مزرعه آزمایشی واقع در شهرستان اشکذر یزد به اجرا درآمد. در این آزمایش سطوح آبیاری شامل ۱۰۰٪، ۷۵٪ و ۵۰٪ نیاز آبی و تیمار مدیریت کودی شامل شاهد، ۱۰ تن در هکتار کود دامی یا ورمی کمپوست به صورت توزیع روی سطح خاک، ۵ و ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست به صورت ردیفی در زیر ردیف‌های کاشت، ۱۰ لیتر در هکتار هیومستر سفرون در یک نوبت و در دو نوبت پس از گلدهی بودند. ضریب همبستگی پیرسون بین داده‌های حاصل از طول برگ با وزن بزرگ‌ترین بنه به دست آمده در پایان سال اول محاسبه و منحنی تغییرات این ضرایب بر حسب زمان رسم گردید. نتایج نشان داد که تا حدود ۴۰ روز پس از سبز شدن، ضریب همبستگی کاهش و پس از آن افزایش می‌یابد. ضریب همبستگی از حدود ۸۰ روز پس از سبز شدن، به حداکثر مقدار رسید و تا پایان دوره رشد تقریباً ثابت ماند. همچنین بیشترین عملکرد بنه با مصرف ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست به صورت ردیفی در زیر ردیف‌های کاشت به دست آمد. از بین تیمارهای آبیاری نیز بهترین نتایج در آبیاری کامل (عدم اعمال تنش آبی) حاصل شد.

کلمات کلیدی: اسید هیومیک، تخصیص مواد فتوسنتزی، طول برگ، وزن بنه، ورمی کمپوست.

مقدمه

ضروری است مدیریت ویژه آبیاری اعمال شود. هرچند زعفران گیاه کم‌آبی است اما نتایج تحقیقات نشان داده است که تنش رطوبتی بر عملکرد ماده خشک و رشد بنه زعفران تأثیر منفی دارد و افزایش آبیاری می‌تواند وزن بنه، عملکرد و تولید زعفران را افزایش دهد (Sabet Teimouri et al., 2010). عزیزی زهان و همکاران (Azizi Zohan et al., 2006) نیز گزارش کردند که در زراعت دیم زعفران، وزن کلاله به شدت کاهش

در مناطق گرم و خشک کویر مرکزی ایران خشکی و کم‌آبی توأم با رطوبت نسبی کم و گرمای هوا، توسعه کشت زعفران را محدود می‌نماید، لذا برای توسعه کشت آن در این مناطق

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*- نویسنده مسئول: m.kafi@um.ac.ir)

اقتصادی زعفران تأثیرگذار است (Nassiri Mahallati et al., 2007). از طرف دیگر بخش اعظم اندوخته بنه‌ها ناشی از فعالیت فتوسنتزی برگ‌ها و انتقال آسیمیلات‌ها در طول دوره رشد رویشی برگ‌ها است. بر اساس گزارش نصیری محلاتی و همکاران (Nassiri Mahallati et al., 2007)، میزان مواد انتقال یافته به بنه‌ها به سطح فتوسنتز کننده و راندمان فتوسنتز در واحد سطح برگ بستگی دارد. همچنین مشخص شده است که در زعفران، طول برگ به دلیل عرض کم‌برگ، بیشترین تأثیر را بر سطح برگ دارد (Kafi et al., 2002)، بنابراین می‌توان استنباط کرد که طول برگ زعفران می‌تواند رابطه مستقیمی با سطح فتوسنتز کننده، میزان تولید مواد فتوسنتزی و میزان ذخیره مواد فتوسنتزی در بنه و نهایتاً اندازه بنه داشته باشد.

رابطه بین بنه و برگ زعفران یک رابطه دوطرفه است، به طوری که هر دو اندام در بخشی از دوره رشد نقش منبع و در بخشی دیگر نقش مخزن را بر عهده دارند. در طول دوره رشد رویشی، که حداقل شش ماه به طول می‌انجامد، برگ‌ها به‌عنوان اندام فتوسنتزی نقش منبع^۱ را ایفا کرده و مواد فتوسنتزی را به بنه و ریشه به‌عنوان مخزن^۲ منتقل می‌نمایند (Kafi et al., 2002). هرچه طول این دوره بیشتر و روابط برگ و بنه در این مدت قوی‌تر باشد، مواد فتوسنتزی بیشتری در بنه ذخیره شده و انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی می‌تواند موجب تشکیل بنه‌های دختری بزرگ‌تر و یا بیشتر شود. از طرفی این بنه‌ها در شروع سال بعد به‌عنوان بنه مادری نقش منبع را ایفا کرده و مواد ذخیره‌ای خود را به گل و برگ‌ها به‌عنوان مخزن منتقل می‌نمایند. اما برگ‌ها بلافاصله پس از خروج از خاک و شروع فتوسنتز قادر به تولید مواد غذایی مورد نیاز برای رشد خود بوده و به تدریج نه تنها نیاز آن‌ها به اندوخته غذایی بنه کاهش می‌یابد بلکه با توسعه برگ‌ها، جای منبع و مخزن مجدداً عوض شده و

می‌یابد. این موضوع در مناطق کویری از حساسیت بیشتری برخوردار است. برای تعدیل اثر تنش خشکی و حفظ و توسعه کشت زعفران در این گونه مناطق از دو استراتژی عمده می‌توان استفاده کرد. نخست اینکه میزان آب در دسترس گیاه افزایش یابد که با افزایش آبیاری و یا افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک مقدور است. افزایش آبیاری در مناطق کویری چندان مقدور نبوده و با محدودیت‌هایی مواجه است، اما برای افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک می‌توان به روش‌های مختلفی از جمله استفاده از کودهای آلی و سوپرجاذب‌ها اشاره کرد. استراتژی دوم استفاده از ترکیباتی مثل سالیسیلیک اسید و هیومیک اسید است که مکانیسم‌های مقاومت به خشکی را در گیاه فعال‌تر می‌کند.

تحقیقات نشان داده است که مصرف کودها بر عملکرد زعفران تأثیرات متناقضی دارند. به طوری که افزایش نیتروژن آمونیاکی خاک اثر منفی و افزایش نیتروژن نیتراته خاک اثر مثبت بر عملکرد گل دارد (Behdani, 2005). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011a) ابراز داشتند که کود دلفارد اختصاصی زعفران با ۱۲٪ نیتروژن، ۸٪ فسفر و ۴٪ پتاسیم در مقایسه با سایر کودهای مورد بررسی بیشترین تأثیر مثبت را بر عملکرد زعفران داشته است. رسولی و همکاران (Rasouli et al., 2013) نشان دادند که مصرف ورمی‌کمپوست به تنهایی و یا همراه با کودهای دیگر باعث افزایش طول برگ، وزن تر و خشک زعفران می‌شود. اسدی و همکاران (Asadi et al., 2014) ابراز داشتند که تغذیه خاکی بر وزن بنه‌های دختری، تعداد و وزن گل و کلالة اثر دارد، اما محلول پاشی کودها تأثیری بر صفات مورد مطالعه نداشت. چاجی و همکاران (Chaji et al., 2013) بیان نمودند که فراهمی نیتروژن تعداد بنه و فراهمی فسفر وزن بنه‌ها را افزایش می‌دهد.

وزن بنه مادری بیش از هر عامل دیگر بر گلدهی و عملکرد

1- Source

2- Sink

پس از مدتی برگ‌ها، به‌عنوان منبع اصلی تأمین مواد فتوسنتزی ذخیره شده در بنه دختری، فعال می‌شوند (Behdani et al., 2016).

بر اساس تحقیقات رنوموراتا و همکاران (Renau Morata et al., 2012) بخش اعظم مواد غذایی ذخیره شده در بنه مادری پس از گلدهی، صرف رشد ریشه و برگ‌ها شده و پس از آنکه این اندام‌ها به حداکثر رشد خود رسیدند، رشد بنه‌های دختری آغاز می‌شود. در گونه‌ای از جنس زعفران تنها ۲۰٪ از ذخیره غذایی بنه‌های دختری ناشی از انتقال مواد از بنه مادری است (Lundmark et al., 2009). این نشان‌دهنده سهم بیشتر فتوسنتز برگ‌ها در وزن نهایی بنه دختری است. لذا به‌نظر می‌رسد وزن نهایی بنه‌های دختری بیش از هرچیز با فتوسنتز برگ‌ها در طول دوره رشد برگ همبستگی داشته باشد. از طرفی تحقیقات لندمارک و همکاران (Lundmark et al., 2009) نشان داد که ظرفیت فتوسنتزی برگ‌ها در طول دوره رشد برگ تقریباً یکسان است و تغییر در وزن بنه‌ها ناشی از تغییر در سطح برگ‌ها بوده است، بنابراین تعیین ضرایب همبستگی بین سطح برگ (یا طول برگ به‌عنوان شاخصی از سطح برگ) در طول دوره رشد رویشی و وزن بنه دختری در انتهای دوره رشد می‌تواند نشان دهد که وزن نهایی بنه دختری از چه مرحله‌ای به‌طور عمده متأثر از فتوسنتز برگ‌ها بوده است و از چه زمانی انتقال مواد فتوسنتزی از برگ‌ها به بنه دختری آغاز می‌شود. این زمان نقطه تغییر فاز منبع و مخزن بین بنه و برگ می‌باشد. این موضوع می‌تواند ما را در مدیریت تغذیه گیاه کمک کند به‌طوری‌که با تشخیص بهترین زمان انتقال مواد فتوسنتزی به بنه‌های دختری، می‌توان زمان کوددهی را نیز متناسب با آن تنظیم کرده به‌طوری‌که کوددهی موجب تقویت بیشتر بنه‌های دختری شده و با افزایش کارایی کوددهی، بنه‌های دختری بزرگ‌تری به‌دست آورد و عملکرد گل در سال آتی که مستقیماً با وزن بنه‌ها ارتباط دارد را افزایش داد. هدف از این تحقیق

تعیین زمان تغییر روابط منبع و مخزن بین بنه و برگ پس از شروع رشد رویشی برگ‌ها و تشخیص مرحله‌ای از رشد برگ‌ها بود که در آن سهم فتوسنتز جاری برگ‌ها بر تجمع مواد فتوسنتزی در بنه زعفران بیش از سایر مراحل است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی روابط منبع و مخزن بین برگ و بنه زعفران، نسبت به انتخاب یک بوته زعفران در هر کرت از یک مزرعه آزمایشی واقع در شهرستان اشکذر استان یزد، مشتمل بر ۶۳ کرت با ابعاد ۲*۱ متر اقدام شد. این آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه سطح آبیاری به‌عنوان کرت‌های اصلی و ۷ روش مختلف مدیریت کودی به‌عنوان کرت‌های فرعی در سه تکرار به اجرا درآمد. 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 محمدآبادی و همکاران (Mohammad Abadi et al., 2011) فاصله ردیف‌های کاشت ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بنه‌ها در هر ردیف ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و یک ردیف نکاشت در یک‌طرف هر کرت به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. عمق کاشت نیز بر اساس نتایج تحقیقات کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011b) ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. سطوح تیمار آبیاری عبارت از آبیاری تا ۱۰۰٪، ۷۵٪ و ۵۰٪ نیاز آبی بود که در فواصل ۱۵ روزه تأمین می‌شد. برای این منظور بر اساس آمار هواشناسی در هر دوره میزان تبخیر و تعرق از تشتک تبخیر محاسبه و در ضریب تشت (۰/۷) ضرب شده و پس از اعمال ضرایب گیاهی زعفران در ماه‌های مختلف و با احتساب کسر آب‌سویی و راندمان آبیاری ۳۰٪ عمق آبیاری برای تیمار شاهد (۱۰۰٪ نیاز آبی) محاسبه و بر همان اساس، سایر تیمارها محاسبه شد. با استفاده از این روش به‌طور متوسط عمق آبیاری

فروردین خشک شدند و اندازه‌گیری طول برگ پس از آن به دلیل ترد و شکننده شدن برگ‌ها و افزایش احتمال خطا مقدور نبود. در مجموع طول برگ‌ها در پایان سال اول آزمایش طی ۱۲ نوبت و در پایان سال دوم آزمایش طی ۱۱ نوبت یادداشت شدند. برای اندازه‌گیری سرعت رشد نسبی برگ‌ها در زعفران، بر اساس منحنی سیگموئیدی حاصل از رسم صفت طول برگ نسبت به زمان (شکل ۱)، دوره رشد برگ‌ها به سه دوره رشد کند ابتدایی، دوره رشد خطی و سریع و دوره توقف رشد رویشی تقسیم شد و بر این اساس سرعت طویل شدن برگ‌ها یا رشد برگ‌ها (LGR) در سه دوره با استفاده از روابط زیر محاسبه شد.

$$LGR1 = \frac{L2 - L1}{D1} \quad (1)$$

$$LGR2 = \frac{L8 - L2}{D2}$$

$$LGR3 = \frac{L12 - L8}{D3}$$

که در آن L نشان‌دهنده طول برگ بر حسب سانتی‌متر در نوبت‌های مختلف اندازه‌گیری و مخرج کسر (D) نشان‌دهنده طول دوره بین دو اندازه‌گیری مورد نظر به روز است.

محتوی آب نسبی برگ‌ها بر اساس روش کایا و همکاران (Kaya et al., 2001) محاسبه شد. برای این کار ابتدا قسمت ابتدایی هر برگ به اندازه‌های مساوی جدا و قسمت وسط هر برگ داخل نایلون‌های کوچک زیپ‌دار قرار گرفت. نمونه‌ها داخل یک نایلون سیاه‌رنگ دیگر قرار گرفت و پس از آن داخل یک یخچال سیار سرد و کوچک گذاشته و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و وزن‌تر نمونه‌ها (M_1) با استفاده از یک ترازوی دیجیتال دقیق وزن شد. پس از آن نمونه‌ها را برای مدت ۴ ساعت در آب مقطر و در محیط تاریک قرار داده و مجدداً نمونه‌ها وزن شدند تا وزن نمونه‌های اشباع به دست آید (M_2). در پایان نمونه‌ها را ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده و سپس وزن خشک نمونه‌ها (M_3) محاسبه شد. محتوی رطوبت نسبی برگ با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد.

اعمال شده برای هر یک از تیمارها در طول فصل رشد در سال ۹۲ به ترتیب ۳۸/۶۰، ۲۸/۹۵ و ۱۹/۳۰ سانتی‌متر برآورد شد. سطوح تیمار مدیریت کودی شامل شاهد (عدم مصرف کود)، مصرف ۱۰ تن در هکتار کود دامی و یا ۱۰ تن ورمی‌کمپوست به صورت توزیع یکنواخت روی هر کرت قبل از کاشت، مصرف ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به صورت ردیفی در زیر ردیف‌های کاشت، مصرف ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به صورت ردیفی در زیر ردیف‌های کاشت، مصرف ۱۰ لیتر در هکتار هیومستر سفرون در یک نوبت و مصرف ۱۰ لیتر در هکتار هیومستر سفرون در دو نوبت پس از گلدهی بودند. کود هیومستر سفرون استفاده شده در این تحقیق حاوی ۱۲٪ هیومیک اسید، ۳٪ فولویک اسید، ۱۰٪ فسفر و ۲۰٪ پتاسیم بود که یک روز قبل از آبیاری مقدار مورد نظر بر حسب سطح کرت تیمارها محاسبه و پس از رقیق‌سازی همراه با آبیاری روی کرت‌ها ریخته و سپس آبیاری صورت می‌گرفت. با توجه به عدم سبزشدن یکنواخت بوته‌ها در هر کرت و برای حفظ یکنواختی اندازه‌گیری‌ها، در ابتدای هر سال زراعی یک بوته که دارای برگی با طول تقریبی ۲ سانتی‌متر باشد و حتی‌المقدور در وسط هر کرت قرار داشت انتخاب شد. به‌منظور کاهش خطا در اندازه‌گیری‌های بعدی، بوته‌های انتخاب شده با استفاده از حلقه‌های لاستیکی مشخص شدند و از آن پس اندازه‌گیری طول برگ، به‌عنوان مهم‌ترین شاخص مؤثر بر سطح برگ، به صورت پیوسته و غیرتخریبی با فواصل زمانی ۱۰ الی ۱۵ روزه فقط روی یک بوته صورت گرفت، اما بوته‌های انتخاب شده در هر سال با یکدیگر تفاوت داشتند. اندازه‌گیری‌ها در سال اول آزمایش از اول آذرماه و در سال دوم آزمایش با توجه به تأخیر در آبیاری و سبزشدن بوته‌ها از اواسط آذرماه شروع شد. در سال اول آزمایش برگ‌ها در اواخر اردیبهشت زرد و خشک شدند، درحالی‌که در سال دوم آزمایش بنا به دلایل نامشخص برخی برگ‌ها در اواخر

مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که طول برگ در تیمار ۵۰٪ نیاز آبی به صورت معنی‌داری کاهش یافت. هرچند در تیمار ۷۵٪ نیاز آبی نیز نسبت به تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی اختلافاتی مشاهده شد اما این اختلافات معنی‌دار نبود. همچنین سطوح مختلف مدیریت کودی موجب تغییر در طول برگ‌ها به‌عنوان مهمترین شاخص مؤثر بر سطح برگ شد، بطوریکه در اوایل دوره رشد (مرحله L3) تیمار ۱۰ تن در هکتار کود دامی (10M) موجب افزایش معنی‌دار رشد برگ‌ها در مقایسه با تیمار شاهد (عدم مصرف کود) شد؛ اما مصرف ورمی‌کمپوست به مقدار ۱۰ تن در هکتار به صورت ردیفی در زیر ردیف کاشت (10RV) و همچنین کود هیومستر سفرون به مقدار ۱۰ لیتر در هکتار طی دو مرحله در طول مراحل رشد (CH) موجب شد که از حدود ۸۰ روز پس از شروع رشد برگ‌ها (مرحله L6) اختلاف طول برگ در این دو تیمار با تیمار کود دامی کاهش یابد بطوریکه در پایان سال اول آزمایش طول برگ تیمارهای 10RV، 10M و CH با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. رشد اولیه بیشتر در تیمار کود دامی ممکن است به علت ماهیت و میزان حلالیت بیشتر عناصر غذایی در کود دامی باشد که باعث شد سرعت رشد اولیه بیشتر باشد اما به دلیل آبشویی بیشتر، در مراحل بعدی، گیاه با کمبود مواد غذایی مواجه شده و این موضوع رشد را کاهش داد. نتایج تحقیقات رسولی و همکاران (Rasouli et al., 2013) نیز این نتایج را تأیید می‌کند بطوریکه مصرف ورمی‌کمپوست به‌تنهایی و یا توأم با کودهای شیمیایی و کودهای زیستی موجب افزایش طول برگ، وزن تر برگ و وزن خشک برگ شد.

طبق منحنی سیگموئیدی رشد برگ‌ها که بر اساس طول برگ نسبت به زمان رسم گردید (شکل ۱) مشخص شد که

$$RWC = \frac{M_1 - M_3}{M_2 - M_3} \quad (2)$$

در پایان سال اول آزمایش و پس از خشک شدن کامل برگ‌ها و اطمینان از شروع دوره خواب بنه‌ها، نسبت به خارج نمودن یک بوته کامل از خاک و اندازه‌گیری وزن و تعداد بنه‌های دختری اقدام شد. سعی شد بوته انتخاب شده همان بوته‌ای باشد که در طول فصل رشد برای اندازه‌گیری طول برگ‌ها استفاده شد اما با توجه به اینکه در برخی موارد حلقه‌های لاستیکی مشخص‌کننده بوته‌ها در پایان فصل رشد و پس از خشک و شکننده شدن برگ‌ها از آن‌ها جدا شده بود، شناسایی دقیق آن‌ها مقدور نبود و لذا در مواردی که امکان شناسایی آن‌ها وجود نداشت بوته انتخاب شده به همان روشی که بوته اولیه برای اندازه‌گیری طول برگ انتخاب شده بود، انتخاب گردید به اینصورت که قطر هر کرت به‌طور فرضی رسم و بوته‌ای در مرکز کرت انتخاب شد.

ضرایب همبستگی پیرسون بین داده‌های حاصل از طول برگ در زمان‌های مختلف رشد در سال اول و وزن بنه‌های دختری با استفاده از نرم‌افزار SPSS20 محاسبه شد. این ضرایب برای داده‌های حاصل از طول برگ در مراحل مختلف رشد در سال دوم آزمایش و وزن بنه‌های دختری به‌دست آمده در پایان سال اول که در واقع به‌عنوان بنه‌های مادری سال دوم محسوب می‌شوند و رشد برگ‌ها در سال دوم از آن‌ها متأثر شده است نیز به‌دست آمد. در واقع در این آزمایش همبستگی وزن بنه با برگ‌های سال قبل خود (که رشد بنه‌ها متأثر از آن‌ها بوده) و برگ‌های سال بعد (که از بنه‌ها منشأ گرفته‌اند) محاسبه گردیده است. پس از محاسبه ضرایب همبستگی طول برگ در زمان‌های مختلف و وزن بنه، منحنی ضرایب همبستگی بر حسب زمان در نرم‌افزار Excel رسم شد و بهترین رابطه رگرسیونی بین ضرایب همبستگی و زمان به صورت یک تابع درجه ۳ رسم گردید.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS20 و

شدن مرحله دوم رشد و افزایش دوره سبز مانی برگ‌ها در این تیمارها باشد.

از آنجا که رشد طولی برگ‌ها، با توجه به عرض کم برگ، بیشترین تأثیر را بر سطح برگ دارد لذا هرچه طول این دوره بیشتر باشد، گیاه زعفران، سطح برگ بیشتری را ایجاد نموده و با افزایش سطح برگ میزان تولید و تخصیص مواد فتوسنتزی به بنه‌ها افزایش می‌یابد و افزایش وزن بنه‌ها می‌تواند در افزایش عملکرد گل در سال بعد تأثیر مثبت داشته باشد. رشد سریع‌تر برگ‌های زعفران می‌تواند امکان استفاده بهتر از عوامل محیطی را فراهم نموده و با افزایش مواد فتوسنتزی، گیاه قادر خواهد بود تا بنه‌های بزرگ‌تری را در پایان فصل رشد ایجاد نماید (Hassanzadeh Aval et al., 2013)، بنابراین یکی از راه-کارهای بهبود مدیریت زراعی در مزارع زعفران را می‌توان افزایش دوره رشد سریع زعفران دانست. اینکار از دیدگاه به زراعی با کاشت در مناطق سردسیر مقدور است. چراکه در مناطق سرد، متوسط دمای هوا در بهار که غالباً ماه‌های آخر رشد زعفران و دوره انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به بنه‌های دختری است کمتر از متوسط دمای هوا در مناطق گرم است و از این‌رو دوره سبز بمانی و نهایتاً دوره فتوسنتزی در گیاه طولانی‌تر است. در مناطق کویری ایران چنین مزیت‌هایی وجود ندارد و با شروع فصل گرما، دمای هوا و به طبع آن پتانسیل تبخیر و تعرق جوی به سرعت افزایش می‌یابد. برای رفع این محدودیت‌ها دو استراتژی عمده وجود دارد نخست افزایش فراهمی آب برای گیاه از طریق افزایش آبیاری و یا افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک اطراف ریشه و دوم افزایش مقاومت گیاه در برابر کم آبی است.

بر اساس نتایج این آزمایش افزایش آبیاری، از طریق فراهمی بیشتر آب، اثر معنی‌دار و قابل توجهی بر خصوصیات رشدی گیاه زعفران از جمله طول برگ و سرعت رشد برگ‌ها،

بیشترین سرعت تولید شدن برگ، در مرحله رشد سریع برگ‌ها (LGR2) مربوط به تیمار ۱۰۰٪ آبیاری با مقدار ۰/۳۶ سانتیمتر در روز بود. هرچند سرعت رشد برگ‌ها در مرحله سوم رشد (LGR3) نیز در تیمار آبیاری ۱۰۰٪ و ۷۵٪ نیاز آبی بیش از تیمار ۵۰٪ بود اما با توجه به کوتاه بودن این دوره و سرعت رشد کم برگ‌ها در این دوره می‌توان نتیجه‌گیری کرد که مهمترین مرحله مؤثر بر اختلاف طول برگ نهایی، اختلاف سرعت رشد برگ‌ها در مرحله دوم رشد بوده است. حتی عامل اصلی تغییرات در مرحله سوم رشد برگ‌ها را نیز می‌توان به دلیل طولانی شدن دوره دوم رشد برگ‌ها در برخی تیمارها دانست. لکن از آنجا که در همه تیمارها یک مقطع زمانی یکسان برای اندازه‌گیری سرعت رشد نسبی در نظر گرفته شده، این موضوع باعث شده تا تیمارهای که هنوز مرحله دوم رشد آن‌ها تا زمان مورد نظر متوقف نشده، در مرحله سوم، سرعت رشد نسبی بیشتری را نشان دهند. در واقع اختلاف سرعت رشد در مرحله سوم به دلیل عدم پایان واقعی مرحله دوم در برخی تیمارها در زمان محاسبه شده بود. در مورد سطوح مختلف مدیریت کودی نیز روند تقریباً مشابهی وجود داشت به طوری که بیشترین میزان سرعت رشد نسبی به مقدار ۰/۳۶ سانتی‌متر در روز با مصرف ۱۰ تن در هکتار کود دامی و یا ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست به صورت ردیفی در زیر ردیف‌های کاشت و در مرحله LGR2 به دست آمد. همچنین در مرحله LGR3 نیز سطوح تیمار کودی از نظر سرعت رشد نسبی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ داشتند با این تفاوت که سرعت رشد نسبی در این مرحله در تیمار 10M کاهش یافته و بیشترین میزان سرعت رشد نسبی با مصرف ورمی کمپوست به صورت ردیفی به مقدار ۱۰ یا ۵ تن در هکتار و مصرف هیومستر سفرون به مقدار ۱۰ لیتر در هکتار طی دو نوبت (CH) به دست آمد. بالاتر بودن سرعت رشد برگ‌ها در این تیمارها می‌تواند به دلیل طولانی‌تر

جدول ۱- میانگین طول برگ زعفران در مراحل مختلف رشد در سطوح مختلف آبیاری در سال اول آزمایش
Table 1- The mean of saffron leaf lengths in different growth stages under different irrigation treatments in the first year

تیمار	L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	L4 (cm)	L5 (cm)	L6 (cm)	L7 (cm)	L8 (cm)	L9 (cm)	L10 (cm)	L11 (cm)	L12 (cm)
50% ET	2.21 ^a	3.84 ^a	8.82 ^b	14.04 ^b	20.72 ^b	29.27 ^b	32.21 ^b	35.17 ^b	35.48 ^b	36.30 ^b	36.69 ^b	36.33 ^b
75% ET	2.24 ^a	3.89 ^a	9.19 ^a	14.86 ^a	21.77 ^{ab}	29.87 ^{ab}	33.10 ^{ab}	37.20 ^a	38.24 ^a	39.19 ^a	39.58 ^a	39.18 ^a
100% ET	2.19 ^a	3.87 ^a	9.24 ^a	14.96 ^a	21.95 ^a	30.62 ^a	33.99 ^a	38.04 ^a	38.73 ^a	39.42 ^a	39.85 ^a	39.38 ^a

در هر ستون حرف مشابه به معنای عدم وجود اختلاف معنی دار بین تیمارها در سطح احتمال ۵٪ است.

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

۵۰٪ ET، ۷۵٪ ET، ۱۰۰٪ ET: آبیاری در سطوح مختلف، به ترتیب عبارت است از حجم آبیاری بر اساس ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪ نیاز آبی محاسبه شده بر اساس تخمیر و تعرق در یک دوره ۱۵ روزه.

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

L1-L12: طول برگ در هر مرحله از اندازه‌گیری بر حسب سانتی متر.

L1-L12: leaf length in each measuring stage (cm) from stage 1 to 12.

محتوی نسبی آب برگ و عملکرد بنبه داشت. اما افزایش تعداد دفعات و عمق آبیاری در مناطق کویری به دلیل محدودیت منابع آب تا حدی امکان پذیر و حتی در بسیاری موارد توجیه ناپذیر است. در این مناطق فراهمی بیشتر آب از طریق افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت در محیط اطراف ریشه مقرون به صرفه تر است. براین اساس، مصرف ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست در زیر ردیف‌های کاشت اثر معنی دار و قابل توجهی بر خصوصیات رشدی گیاه زعفران و حتی محتوی نسبی آب برگ در مقایسه با برخی تیمارها در سطح احتمال ۵٪ داشت. همچنین عملکرد بنبه در این تیمار بیش از سایر تیمارها بود هرچند با تیمارهایی که ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست به صورت ردیفی در آن استفاده شده (5RV) و یا کود حاوی هیومیک اسید طی دو نوبت (CH) مصرف گردید، اختلاف معنی داری را نشان نداد. این رفتار می تواند به جهت افزایش ظرفیت نگهداری آب و فراهمی بیشتر مواد غذایی در محیط اطراف ریشه در مصرف ردیفی ورمی کمپوست در زیر ردیف کاشت و همچنین افزایش توان گیاه در تحمل تنش های محیطی و فراهمی متناسب تر مواد غذایی در طول دوره رشد ناشی از مصرف کودهای هیومیکی باشد و به عنوان یک راهکار کاهش تنش های محیطی و افزایش دوره سبزیگی در مناطق خشک مد نظر قرار گرفته و نهایتاً راه را برای افزایش سطح زیر کشت و عملکرد زعفران در این مناطق هموار کند.

مهم ترین عامل مؤثر بر افزایش سرعت رشد برگ، محتوی نسبی آب برگ است. با افزایش محتوی نسبی آب برگ ها، فشار تورژسانس در سلول ها بالا رفته و طولی شدن و تقسیم سلول ها که نهایتاً منجر به افزایش طول برگ ها می شود را تسهیل می نماید.

جدول ۲- میانگین صفات اندازه‌گیری شده زعفران در سطوح مختلف تیمار آبیاری در سال اول آزمایش

Table 2- The mean of saffron measured parameters under different irrigation treatments in the first year

تیمار Treatments	سرعت رشد برگ ۱ LGR1 (cm.day ⁻¹)	سرعت رشد برگ ۲ LGR2 (cm.day ⁻¹)	سرعت رشد برگ ۳ LGR3 (cm.day ⁻¹)	وزن بزرگترین بونه Weight of the biggest corm (g)	وزن کل بونه‌های دختری در بوته Total daughter corm weight per plant (g)	محتوی نسبی آب برگ Relative water content of leaf	تعداد بونه در بوته Corm number per plant
50% ET	0.16 ^a	0.33 ^b	0.02 ^b	5.35 ^b	6.92 ^a	0.68 ^b	2.04 ^a
75% ET	0.16 ^a	0.35 ^a	0.03 ^a	6.16 ^a	7.42 ^a	0.72 ^{ab}	1.76 ^a
100% ET	0.17 ^a	0.36 ^a	0.02 ^a	6.47 ^a	7.31 ^a	0.75 ^a	1.67 ^a

در هر ستون 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).

50% ET, 75% ET, 100% ET: به ترتیب عبارت است 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 volume, respectively, is equal to 50%, 75% and 100% of measured irrigation requirement on the basis of evapotranspiration in a 15 days period.

LGR1-LGR3: سرعت رشد برگ در سه مرحله مجزای رشد برگ.

*LGR1-LGR3: leaf growth rate in three separate leaf growth stages.

جدول ۳- میانگین طول برگ در سطوح مختلف مدیریت کودی در سال اول آزمایش

Table 3- The mean of saffron leaf length under different fertilizer management treatments in the first year

تیمار Treatments	L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	L4 (cm)	L5 (cm)	L6 (cm)	L7 (cm)	L8 (cm)	L9 (cm)	L10 (cm)	L11 (cm)	L12 (cm)
Cont.	2.02 ^a	3.80 ^a	8.66 ^b	13.69 ^b	20.10 ^b	28.59 ^b	31.40 ^b	35.52 ^b	36.52 ^b	36.90 ^b	37.32 ^b	37.10 ^b
SH	2.30 ^a	3.87 ^a	8.91 ^{ab}	14.81 ^{ab}	21.04 ^{ab}	29.52 ^{ab}	32.58 ^{ab}	36.54 ^{ab}	36.77 ^b	37.27 ^b	37.32 ^b	37.16 ^b
CH	2.27 ^a	3.84 ^a	9.25 ^{ab}	14.57 ^{ab}	21.91 ^{ab}	30.43 ^a	33.94 ^a	37.10 ^{ab}	37.94 ^{ab}	39.04 ^a	39.73 ^a	39.26 ^a
10V	2.24 ^a	3.81 ^a	9.08 ^{ab}	14.08 ^{ab}	21.21 ^{ab}	29.37 ^{ab}	32.67 ^{ab}	36.42 ^{ab}	36.77 ^b	37.81 ^{ab}	38.44 ^{ab}	37.77 ^{ab}
5RV	2.20 ^a	3.97 ^a	9.16 ^{ab}	14.90 ^{ab}	21.76 ^{ab}	29.54 ^{ab}	32.86 ^{ab}	36.61 ^{ab}	37.18 ^{ab}	38.31 ^{ab}	38.87 ^{ab}	38.49 ^{ab}
10RV	2.29 ^a	3.91 ^a	9.24 ^{ab}	15.08 ^{ab}	21.93 ^{ab}	31.16 ^a	34.11 ^a	37.53 ^a	38.58 ^a	39.50 ^a	39.91 ^a	39.45 ^a
10M	2.18 ^a	3.89 ^a	9.31 ^a	15.23 ^a	22.41 ^a	30.84 ^a	34.14 ^a	37.90 ^a	38.64 ^a	39.30 ^a	39.34 ^a	38.94 ^a

در هر ستون 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).

Cont: شاهد - عدم مصرف کود.

Cont: control Treatment (without any treatment).

10V: مصرف ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست به صورت مخلوط شده با خاک سطحی قبل از کاشت.

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

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.

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

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

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

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

5RV: مصرف ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست به صورت ردیفی در زیر ردیف کاشت.

5RV: Using 5 ton per hectare vermicompost (distributing under corm planting rows).

10RV: مصرف ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست به صورت ردیفی در زیر ردیف کاشت.

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

L1-L12: طول برگ در هر مرحله از اندازه‌گیری بر حسب سانتی‌متر.

L1-L12: leaf length in each measuring stage (cm) from stage 1 to 12.

جدول ۴- میانگین صفات اندازه‌گیری شده زعفران در سطوح مختلف مدیریت کودی در سال اول آزمایش

Table 4- The mean of saffron measured parameters under different fertilizer management treatments in the first year

تیمار Treatment	سرعت رشد برگ 1 LGR1 (cm.day ⁻¹)	سرعت رشد برگ 2 LGR2 (cm.day ⁻¹)	سرعت رشد برگ ۳ LGR3 (cm.day ⁻¹)	وزن بزرگترین بینه Weight of the biggest corm (g)	وزن کل بینه های دختری Total daughter corm weight (g)	محتوی نسبی آب برگ Relative water content of leaf	تعداد بینه Corm number
Cont.	0.18 ^a	0.33 ^b	0.02 ^{ab}	5.22 ^c	6.80 ^a	0.72 ^{ab}	2.00 ^{ab}
SH	0.16 ^a	0.35 ^{ab}	0.01 ^b	5.30 ^c	6.49 ^a	0.70 ^{ab}	1.89 ^{ab}
CH	0.16 ^a	0.35 ^{ab}	0.03 ^a	6.88 ^{ab}	8.17 ^a	0.74 ^{ab}	1.56 ^b
10V	0.16 ^a	0.35 ^{ab}	0.02 ^{ab}	5.40 ^c	7.04 ^a	0.66 ^b	1.89 ^{ab}
5RV	0.18 ^a	0.35 ^{ab}	0.03 ^a	6.18 ^{abc}	6.95 ^a	0.75 ^{ab}	1.56 ^b
10RV	0.16 ^a	0.36 ^a	0.03 ^a	7.19 ^a	7.49 ^a	0.75 ^a	1.33 ^b
10M	0.17 ^a	0.36 ^a	0.01 ^{ab}	5.78 ^{bc}	7.61 ^a	0.70 ^{ab}	2.56 ^a

در هر ستون 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)

Cont: شاهد - عدم مصرف کود

*Cont: control Treatment (without any treatment)

10V: مصرف ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست به صورت مخلوط شده با خاک سطحی قبل از کاشت.

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

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

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

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

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

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

5RV: مصرف ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست به صورت ردیفی در زیر ردیف کاشت

*5RV: Using 5 ton per hectare vermicompost (distributing under corm planting rows)

10RV: مصرف ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست به صورت ردیفی در زیر ردیف کاشت

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

LGR1-LGR3: سرعت رشد برگ در سه مرحله مجزای رشد برگ

*LGR1-LGR3: leaf growth rate in three separate leaf growth stages

واقع با این روش کوددهی، ریشه گیاه در خاکی با مواد آلی بیشتر که قابلیت حفظ رطوبت بیشتر و هم‌چنین موادغذایی بیشتری داشته، رشد نموده و نهایتاً شرایط رشد رویشی مطلوب‌تری برای گیاه فراهم شد.

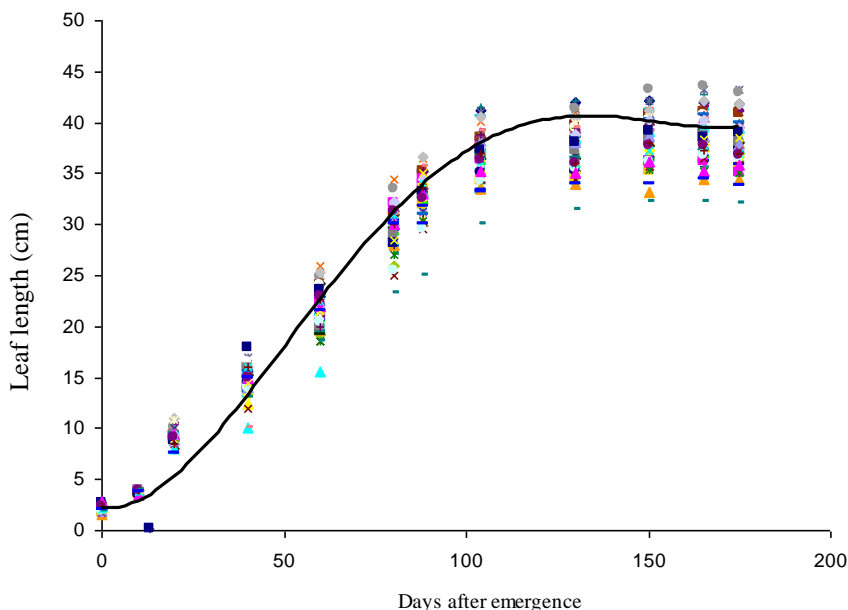
مقایسه میانگین وزن بینه‌ها در سطوح مختلف آبیاری و تیمارهای مدیریت کودی نشان داد که مجموع وزن بینه‌ها تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی تغییر معنی‌داری نداشت. هم‌چنین تعداد بینه‌ها در سطوح تیمار آبیاری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. اما وزن بزرگ‌ترین بینه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری را نشان داد. به طوری که وزن بزرگ‌ترین بینه در تیمار ۱۰۰٪ آبیاری به ۶/۴۶ گرم و در تیمار 10RV به ۷/۱۹ گرم در تک بوته رسید. اسدی و همکاران (Asadi et al.,)

در این آزمایش بیشترین مقدار محتوی نسبی آب برگ در تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی به دست آمد هرچند این مقدار از نظر آماری با محتوی نسبی آب برگ در تیمار ۷۵٪ نیاز آبی اختلاف معنی‌داری نداشت. تیمارهای مدیریت کودی در اکثر موارد تأثیری بر محتوی نسبی آب برگ نداشتند. تنها مصرف ورمی کمپوست به مقدار ۱۰ تن در هکتار به صورت ردیفی در زیر ردیف‌های کاشت موجب افزایش محتوی نسبی آب برگ شد. به نظر می‌رسد افزایش محتوی نسبی آب در تیمار 10RV را می‌توان ناشی از افزایش قابلیت خاک در حفظ رطوبت در محیط اطراف ریشه دانست. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011a) نیز گزارش کردند که مصرف کودهای دامی از طریق افزایش رطوبت خاک می‌تواند موجب بهبود رشد گیاه شود. در

با توجه به قیمت نسبتاً بالای آن در مقایسه با کود دامی چندان مقرون به صرفه نیست، لذا چنانچه همین مقدار ورمی کمپوست (۱۰ تن در هکتار) به صورت ردیفی در زیر ردیف کاشت مصرف شود، به علت فراهمی بیشتر مواد غذایی در محیط ریشه و شرایط فیزیکی بهتر خاک برای رشد بنه‌ها، به دلیل نرمی بیشتر خاک، می‌تواند به عنوان جایگزینی برای مصرف بیشتر ورمی کمپوست مورد توجه قرار گرفته و عملکرد بهتری را حاصل نماید. نتایج این تحقیق نشان داد که مصرف ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست به صورت ردیفی در زیر ردیف‌های کاشت تأثیر مثبتی بر وزن بزرگترین بنه دارد و این می‌تواند با توجه به قیمت ورمی کمپوست در مقایسه با کود دامی از مصرف بیشتر ورمی کمپوست جلوگیری نموده ضمن آن که تأثیر مصرف بیشتر ورمی کمپوست در تولید بنه‌های بزرگ‌تر را داشته باشد. بر اساس تحقیقات مشخص شده است که وزن بنه بیشترین تأثیر را بر گلدهی زعفران در سال بعد دارد (Nassiri Mahallati et al., 2007). بنابر این بدیهی است که افزایش وزن بنه‌ها بیش از تعداد بنه‌ها می‌تواند تأثیر مثبت بر افزایش گلدهی در سال بعد داشته باشد و لذا تیماری که وزن بنه‌ها را افزایش دهد مطلوب‌تر است.

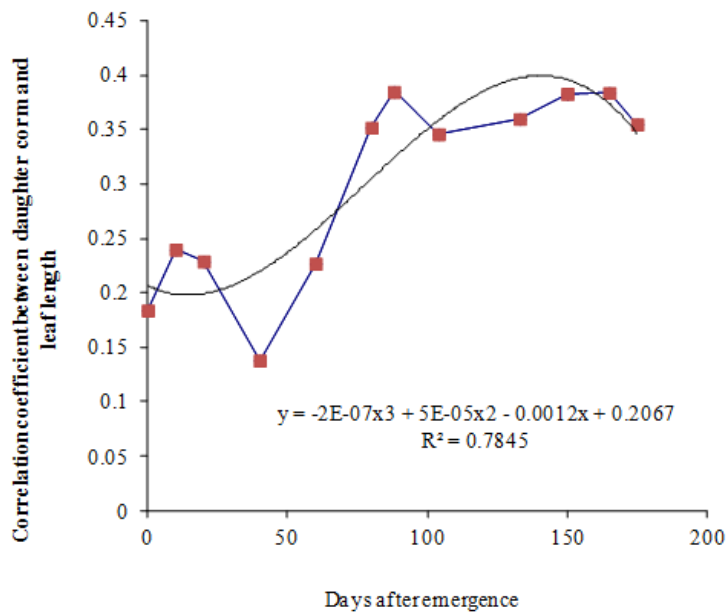
بررسی رابطه رگرسیونی بین ضرایب همبستگی به دست آمده بین طول برگ در مراحل مختلف رشد و وزن بنه دختری در پایان سال اول آزمایش (شکل ۲) نشان داد که به تدریج با افزایش طول برگ، همبستگی بین طول برگ (به عنوان مهم-ترین شاخص مؤثر بر سطح برگ) و وزن بنه دختری افزایش یافت. این موضوع نشان می‌دهد که با افزایش رشد برگ، میزان تولید مواد فتوسنتزی در برگ‌ها به عنوان منبع و انتقال آن‌ها به مخزن افزایش و لذا مخزن بزرگ‌تری تشکیل می‌شود. در واقع خط رگرسیون برازش داده شده روی داده‌ها، نشان‌دهنده مدلی برای پیش‌بینی زمان تغییر جهت مواد فتوسنتزی بین منبع و مخزن‌های مختلف در زعفران بر اساس ضرایب همبستگی

(2014) ابراز نمودند که تعداد کل بنه‌ها تحت تأثیر تیمارهای نوعی کود شیمیایی کامل قرار نگرفت اما تعداد بنه‌های دختری کمتر از ۸ گرم با افزایش مصرف کود افزایش یافت. همچنین مشخص شد که افزایش فسفر موجب افزایش وزن بنه شده و افزایش نیتروژن می‌تواند هم‌زمان با افزایش رشد برگ‌ها موجب تحریک تعداد بیشتری از جوانه‌های مولد بنه شده و تعداد بنه افزایش یابد (Chaji et al., 2013). این دلایل می‌تواند علت افزایش تعداد بنه در تیمار 10M را در نتایج این آزمایش توجیه نماید. اینکه افزایش مصرف کود گاوی موجب افزایش تعداد بنه دختری شده ولی تأثیری بر وزن کل بنه‌ها ندارد در تحقیقات دیگری نیز به اثبات رسیده است (Hassanzadeh Aval et al., 2013). اما افزایش تعداد بنه توأم با کاهش وزن بزرگترین بنه در تیمارهای شاهد، SH و 10V به دلیل کمبود مواد غذایی و یا عدم تعادل عناصر غذایی در دسترس گیاه می‌باشد به نحوی که فراهمی مواد غذایی در اوایل رشد، جوانه‌های مولد بنه را تحریک نموده اما عدم کفایت مواد غذایی موجب ایجاد بنه‌های زیاد اما با وزن کم شد. حسن زاده اول و همکاران (Hassanzadeh Aval et al., 2013) در تحقیق خود چنین نتیجه‌گیری کردند که برای تولید بنه‌های بزرگ لازم است تا فراهمی مواد غذایی و رطوبت خاک مد نظر قرار گیرد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014) ابراز داشتند که شرایط تغذیه‌ای بر روند تقسیم بنه مادری و تعداد بنه دختری مؤثر است همچنین آن‌ها مشخص نمودند که مصرف ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست در مقایسه با ۲۵ تن در هکتار کود دامی باعث کاهش تعداد بنه‌های دختری بیش از ۸ گرم شد ولی بر تعداد کل بنه‌ها تأثیری نداشت. آن‌ها ابراز داشتند که تأثیر بهتر کود گاوی می‌تواند ناشی از مصرف بیشتر آن و فراهمی متعادل‌تر عناصر غذایی باشد لذا چنانچه مقدار مصرف ورمی کمپوست افزایش یابد می‌توان انتظار داشت که نتایج مشابهی به دست آید، اما مصرف بیشتر ورمی کمپوست



شکل ۱- روند طولی شدن برگ زعفران طی دوره رشد رویشی در سال اول آزمایش
Figure 1- The proceeding of saffron leaf elongation during growth period in the first year.

خط شکسته در شکل ۲ روند تغییرات نقطه به نقطه ضرایب همبستگی بر حسب زمان را نشان می‌دهد و بیان‌کننده آن است که دقیقاً از چه زمانی انتقال مواد غذایی از بنه مادری و برگ‌ها به سمت بنه دختری آغاز می‌شود و از چه زمانی به حداکثر مقدار خود می‌رسد. به طوری که بیشترین ضریب همبستگی از ۸۰ الی ۹۰ روز پس از ظهور برگ‌ها تا پایان دوره رشد رویشی حاصل شد، به عبارت دیگر از ۸۰ روز پس از سبز شدن، برگ‌ها به حداکثر رشد خود رسیده و مازاد تولید مواد فتوسنتزی در برگ‌ها به حداکثر مقدار خود رسیده که به سمت بنه‌های دختری به‌عنوان یک منبع قوی جریان می‌یابند و از این زمان، سهم برگ‌ها در افزایش وزن بنه افزایش یافته و بیشتر مواد تجمع یافته در بنه ناشی از فتوسنتز برگ‌ها می‌باشد و از این‌رو می‌توان نتیجه‌گیری کرد که رشد سریع بنه‌ها از ۸۰ روز پس از سبز شدن برگ‌ها شروع شد. بر اساس گزارش رنوموراتا و همکاران (Renau-Morata et al., 2012) تا اواسط ژانویه (حدود ۱۰۰ روز پس از شروع رشد) که برگ‌ها و ریشه‌ها به حداکثر رشد خود رسیدند، ذخیره بنه مادری بین سایر اندام‌های رویشی و از جمله بنه دختری توزیع می‌شود و از این زمان رشد سریع بنه آغاز می‌شود. در این دوره فقط فتوسنتز برگ‌ها است که در پر شدن بنه‌های دختری نقش دارد. با احتساب آن که زمان شروع گل‌دهی در تحقیق آن‌ها اکتبر می‌باشد. لذا طول دوره‌ای که برگ‌ها و ریشه‌ها به حداکثر رشد خود رسیده‌اند ۱۰۰ روز برآورد می‌شود که چنانچه دوره ۲۰ روزه گلدهی قبل از ظهور برگ‌ها از آن کسر شود، نتیجه می‌شود که از حدود ۸۰ روز پس از سبز شدن، فتوسنتز جاری برگ‌ها بیشترین سهم را در پر شدن بنه دارد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. از طرف دیگر آن‌ها ابراز داشتند که در طول دوره رشد، سرعت فتوسنتز برگ‌ها ثابت مانده است و آنچه موجب افزایش سهم برگ‌ها در پر شدن بنه‌ها گردیده، افزایش سطح برگ است. همچنین کافی و همکاران (Kafi et al., 2002) بیان نمودند که با توجه به عرض کم برگ زعفران، طول برگ بیشترین تأثیر را بر سطح برگ دارد که این موضوع نیز نتایج این تحقیق مبنی بر اینکه با افزایش طول برگ سهم برگ‌ها در پر شدن بنه افزایش می‌یابد را تأیید می‌نماید.



شکل ۲- رابطه رگرسیونی بین ضرایب همبستگی وزن بنه های دختری و طول برگ نسبت به زمان در سال اول
 Figure 2- Regression between the correlation coefficients of daughter corm weights and leaf lengths during growth period in the first year.

* (خط تیره رگرسیون برازش داده شده روی داده‌ها است که مدلی برای پیش‌بینی تغییرات ضرایب همبستگی در طول دوره رشد برگ را نشان می‌دهد.)

* (خط شکسته روند تغییرات نقطه به نقطه ضرایب همبستگی در طول دوره رشد است و نشان‌دهنده آن است که دقیقاً از چه زمانی انتقال مواد غذایی از بنه مادری و برگ‌ها به سمت بنه دختری آغاز می‌شود و از چه زمانی به حداکثر مقدار خود رسید.)

(Bold line is fitted regression among data that shows a predicted model for correlation coefficients during leaf growth period.)

(Broken line is the step by step changes trend of correlation coefficients during growth period and shows the exact time of diverting assimilates into daughter corms from mother corms and leave and also displays the time of starting maximum transfer.)

سه ضرایب همبستگی به‌دست آمده در این تحقیق نسبت به زمان تقریباً ۱۲۰ روز پس از سبز شدن ضرایب همبستگی حداکثر به‌دست آمد که نشان‌دهنده زمان شروع بیشترین همبستگی بین طول (سطح) برگ نسبت به وزن بنه بوده و از آن پس تقریباً ضرایب همبستگی ثابت ماند لکن بر اساس داده‌های واقعی از ۸۰ روز پس از سبز شدن، بیشترین ضرایب همبستگی به‌دست آمد که می‌توان آن را ناشی از افزایش سرعت جریان مواد فتوسنتزی از برگ به سمت بنه دانست و لذا در این تحقیق زمان شروع پر شدن سریع بنه دختری، به‌عنوان مخزن اصلی مواد فتوسنتزی، ۸۰ روز پس از سبز شدن برگ‌ها برآورد گردید.

بررسی نقطه به نقطه تغییرات ضرایب همبستگی نشان داد که تا حدود ۴۰ روز پس از سبز شدن این ضرایب همبستگی

بنابراین در مجموع علیرغم آنکه سرعت فتوسنتز در برگ‌ها در طول دوره رشد ثابت می‌ماند اما از حدود ۸۰ روز پس از سبز شدن برگ‌ها به دلیل کاهش نیاز سایر اندام‌های رویشی به مواد فتوسنتزی، انتقال مواد فتوسنتزی به بنه دختری افزایش می‌یابد و دوره رشد سریع بنه‌ها از این زمان شروع می‌شود. این نتایج با نتایج بهدانی و همکاران (Behdani et al., 2016) نیز تا حدودی مطابقت دارد. با این تفاوت که آن‌ها بر اساس نتایج پیش‌بینی مدل درجه سه صفات اندازه‌گیری شده نسبت به زمان، شروع افزایش وزن سریع بنه‌های دختری را ۱۲۰ روز پس از شروع دوره رشد اعلام نمودند. حال آنکه در این تحقیق رابطه نقطه به نقطه ضرایب همبستگی وزن بنه دختری و طول برگ ملاک تصمیم‌گیری بود درحالی‌که بر اساس پیش‌بینی تابع درجه

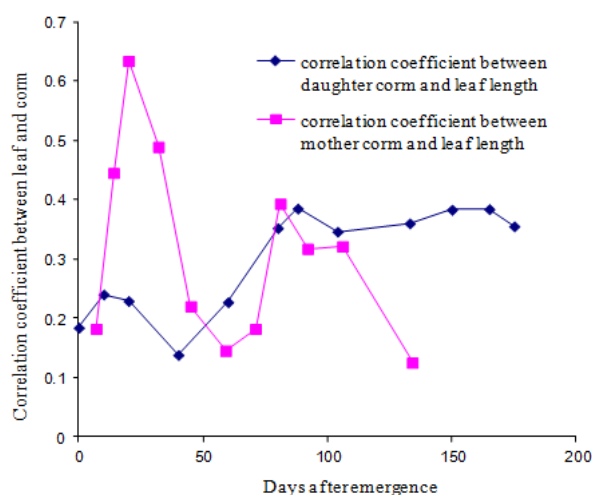
کاهش یافت اما از آن به بعد به تدریج افزایش پیدا کرد. این موضوع نشان می‌دهد که در ۴۰ روز اولیه رشد، هنوز سطح برگ و مقدار فتوسنتز آن‌ها کمتر از سرعت رشد برگ بوده و لذا در این دوره بنه‌ها منبع تأمین مواد مورد نیاز برگ و ریشه (به‌عنوان مخازن قوی) بوده‌اند و سهم بنه‌های دختری در جذب مواد ذخیره‌ای بنه مادری ناچیز است. نصیری محلاتی و همکاران (Nassiri Mahallati et al., 2007) ثابت کردند که انبارداری تأثیر منفی بر وزن بنه‌های مادری دارد آن‌ها علت این امر را به دلیل انتقال مواد ذخیره‌ای بنه برای تولید زود هنگام جوانه دانستند. لذا می‌توان چنین استدلال کرد که در مراحل اولیه رشد، جوانه‌ها و برگ‌های اولیه به‌عنوان یک مخزن قوی مانع از انتقال مواد ذخیره‌ای بنه مادری به بنه دختری شده و افزایش رشد برگ در این دوره نه تنها تأثیر مثبتی بر رشد بنه دختری نداشت بلکه در این دوره برگ‌ها به‌عنوان یک منبع قوی‌تر از بنه‌های دختری تأثیر منفی در پر شدن آن‌ها داشت. اما نتایج این تحقیق نشان داد که از حدود ۴۰ روز پس از سبز شدن، از غلبه جوانه‌ها، گل و برگ‌های جوان به‌عنوان یک مخزن قوی در انتقال مواد ذخیره‌ای بنه مادری به سمت خود کاسته شده و از این تاریخ جهت جریان مواد دچار تغییراتی می‌شود. از این‌رو، این زمان را می‌توان نقطه عطفی در روابط منبع و مخزن بین برگ و بنه دانست به طوری که پس از این تاریخ به تدریج برگ‌ها به‌عنوان یک منبع مستقل وارد زنجیره تولید مواد فتوسنتزی می‌شوند و می‌توانند مواد فتوسنتزی را به سایر منابع از جمله بنه‌های دختری منتقل نمایند اما چون برگ‌ها هنوز به حداکثر رشد خود نرسیده‌اند سهم فتوسنتز جاری برگ‌ها در پر شدن بنه نمی‌تواند قابل توجه باشد و افزایش همبستگی وزن بنه با رشد برگ در این دوره به صورت غیرمستقیم به دلیل عدم نیاز برگ به مواد ذخیره‌ای بنه مادری و تغییر جهت حرکت مواد ذخیره‌ای بنه مادری به سمت مخزن جدیدی بنام بنه دختری است. با تحلیل رفتن بنه مادری، رشد بنه‌های دختری بر اثر انتقال اندوخته

غذایی بنه مادری و مواد فتوسنتزی برگ‌ها افزایش یافت (Torabi & Sadegh, 1994). لکن بر اساس نتایج تحقیقات مشخص شد که فقط حدود ۲۰٪ از اندوخته بنه مادری به بنه دختری منتقل می‌شود (Lundmark et al., 2009) که احتمالاً این فرایند طی دوره ۴۰ تا ۸۰ روز پس از سبز شدن اتفاق می‌افتد. از طرف دیگر به تدریج سهم فتوسنتز جاری برگ در پر شدن بنه دختری افزایش یافته و لذا ضریب همبستگی بین طول برگ و وزن بنه دختری به دلیل افزایش سطح برگ و افزایش تولید و انتقال مواد فتوسنتزی افزایش یافت. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری نمود که در مجموع بهترین زمان برای تغذیه گیاه ۸۰ روز پس از شروع رشد می‌باشد که میزان جذب مواد غذایی و انتقال آن‌ها به بنه‌ها در حداکثر است. همچنین بر این اساس می‌توان علت پاسخ‌های متفاوت گیاه زعفران به تیمارهای مختلف کودی در آزمایشات مختلف را به زمان مصرف آن‌ها نسبت داد به طوری که چنانچه در مرحله‌ای که گیاه مواد فتوسنتزی را به بنه بیشتر تخصیص عناصر غذایی از دسترس گیاه خارج شده باشد، پاسخ گیاه به تیمار کودی محدود و در صورت فراهمی عناصر غذایی در این مرحله پاسخ گیاه به آن معنی‌دار خواهد بود. همچنین مصرف کودهای محرک رشد در مرحله‌ای که گیاه در حال تخصیص بیشترین میزان مواد فتوسنتزی به بنه است، موجب کاهش اندازه بنه و گلدهی و مصرف این‌گونه عناصر تا قبل از این زمان به جهت افزایش سطح برگ موجب افزایش تولید مواد فتوسنتزی و افزایش وزن بنه‌ها خواهد شد.

همبستگی بین رشد رویشی برگ در سال دوم با وزن بنه‌های حاصل از سال اول آزمایش (بنه‌های مادری سال دوم) (شکل ۳) نشان داد که این همبستگی در ابتدای دوره رشد بیشتر از سایر مراحل رشد است. مولینا و همکاران (Molina et al., 2005) نیز گزارش کردند که چنانچه بنه‌های مادری بزرگ‌تر باشند تقسیم سلولی و رشد برگ‌ها سریع‌تر بوده و لذا به دلیل

تنها تفاوت قابل توجه در ضرایب همبستگی سال دوم، کاهش غیرطبیعی ضریب همبستگی بین طول برگ در آخرین مرحله یادداشت برداری با وزن بنه است که بر اساس مشاهدات نگارنده به نظر می‌رسد به دلیل سبز خشک شدن ناگهانی برگ‌ها و ترد و شکننده شدن برگ‌ها در بوته‌های مورد مطالعه رخ داده که خطای اندازه‌گیری در آخرین مرحله را افزایش داده است.

استفاده بهتر از شرایط محیطی در پایان دوره رشد بنه‌های بزرگ‌تری نیز تولید خواهند نمود. این موضوع نتایج این تحقیق را مبنی بر اینکه در اوایل دوره رشد، بنه‌ها به‌عنوان منبع برگ‌ها محسوب می‌شوند و همبستگی بیشتری با طول برگ دارند، تأیید می‌کند. در ادامه دوره رشد در سال دوم نیز این برگ‌های بزرگ‌تر توان فتوسنتزی بیشتری داشته و بنه‌های بزرگ‌تری را تولید می‌نمایند لذا همبستگی بین برگ و بنه افزایش می‌یابد.



شکل ۳- تغییرات ضریب همبستگی بین طول برگ و وزن بنه (بنه‌های مادری در سال دوم)

Figure 3- The fluctuations of correlation coefficients between leaf lengths and corm weights (mother corms in the second year).

نتیجه‌گیری

بررسی رابطه منبع و مخزن بین برگ و بنه زعفران بر اساس مراحل مختلف رشدی برگ و تأثیر آن‌ها بر وزن نهایی بنه نشان داد که تا حدود ۴۰ روز پس از سبز شدن، برگ‌ها همچنان تا حدی از مواد غذایی ذخیره شده در بنه برای رشد خود استفاده کردند اما از این تاریخ به بعد به دلیل افزایش فتوسنتز و خودکفا شدن برگ‌ها، جریان انتقال مواد به سمت بنه دختری تغییر جهت داده و مازاد اندوخته‌غذایی بنه مادری به بنه دختری منتقل شد. از این زمان به بعد به تدریج با افزایش فتوسنتز برگ‌ها، میزان فتوسنتز برگ‌ها بیش از میزان نیاز آن‌ها شد و بخشی از

بر اساس نتایج این تحقیق مشخص شد که مصرف ورمی‌کمپوست به صورت ردیفی در زیر ردیف‌های کاشت به مقدار ۱۰ تن در هکتار توانست تأثیر مثبتی بر وزن بنه و عملکرد مزرعه زعفران داشته باشد. همچنین مصرف ۱۰ لیتر در هکتار هیومستر سفرون طی دو نوبت با توجه به تأثیرات مثبتی که در افزایش تحمل به تنش‌های محیطی از جمله گرما و کم آبی دارد می‌تواند به‌عنوان راهکار مناسبی برای افزایش سازگاری و توسعه کشت این گیاه در مناطق خشک و کویری مورد توجه قرار گیرد.

بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی را از همکاری بی‌دریغ حوزه معاونت پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، مسئولین و پرسنل محترم دانشگاه پیام نور استان یزد و به خصوص مدیریت محترم حراست این دانشگاه ابراز می‌داریم.

مواد فتوسنتزی خود را به بنه‌ها انتقال داد به طوری که از حدود ۸۰ روز پس از سبزشدن، سرعت انتقال مواد به بنه‌ها به شدت افزایش یافته و لذا بیشترین همبستگی بین طول برگ و وزن بنه‌های دختری از این تاریخ به بعد مشاهده شد.

سپاسگزاری

منابع

- Asadi, G.A., Rezvani Moghaddam, P., and Hassanzadeh Aval, F. 2014. Effects of soil and foliar applications of nutrients on corm growth and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.) in six year old farm. *Saffron Agronomy and Technology* 2 (1): 31-44. (In Persian with English Summary).
- Azizi Zohan, A.A., Kamgar Haghghi, A.A., and Sepaskhah, A.R. 2006. Effect of irrigation method and frequency on corm and saffron production (*Crocus sativus* L.). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 10 (1): 45-54. (In Persian with English Summary).
- Behdani, M. 2005. Ecological zoning and monitoring of saffron yield fluctuation in Khorasan. PhD dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).
- Behdani, M.A., Jami Al-Ahmadi, M., and Fallahi, H.R. 2016. Biomass partitioning during the life cycle of saffron (*Crocus sativus* L.) using regression models. *Journal of Crop Science and Biotechnology* 19 (1): 71-76.
- 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).
- Hassanzadeh Aval, F., Rezvani Moghaddam, P., Bannayan Aval, M., and Khorasani, R. 2013. Effects of maternal corm weight and different levels of cow manure on corm and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy and Technology* 1 (1): 22-39. (In Persian with English Summary).
- Kafi, M., Rashed Mohasel, M.H., Koocheki, A., and Mollafilabi, A. 2002. Saffron Production and Processing. Zaban and Adab Press, Mashhad. 280 p (In Persian).
- Kaya, C., Higgs, D., and Kirnak, H. 2001. The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* 27 (3-4): 47-59.
- Koocheki, A., Jahani, M., Tabrizi, L., and Mohammad Abadi, 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., Seyyedi, S.M., Azizi, H., and Shahriyari, R. 2014. The effects of mother corm size, organic fertilizers and micronutrient foliar application on corm yield and phosphorus uptake of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy and Technology* 2 (1): 3-17. (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.
- Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J.L., and Garcia Luice, A. 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae* 103: 361-379.
- 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).
- Rasouli, Z., Maleki Farahani, S., and Besharati, H. 2013. Some vegetative characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) by various fertilizers. *Iranian Journal of Soil Research* 27 (1): 35-46. (In Persian).
- Renau-Morata, B., Nebauer, S.G., Sanchez, M., and Molina, R.V. 2012. Effect of corm size, water stress and cultivation conditions on photosynthesis and biomass partitioning during the vegetative growth of saffron (*Crocus sativus* L.). *Industrial Crops and Products* 39: 40-46.
- Sabet Teimouri, M., Kafi, M., Avarseji, Z., and Orooji, K. 2010. Effect of drought stress, corm size and corm tunic on morphoecophysiological characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) in greenhouse conditions. *Journal of Agroecology* 2 (2): 323-334. (In Persian).
- Torabi, M., and Sadeghi, B. 1994. Assimilate variations in leaf and corm of saffron during growth season. In *Second Conference of Saffron and Drug Plants*, Gonabad, Iran, 8-9 November 1994. (In Persian).

Study of the relations of sink and source in saffron by means of correlation coefficients under different irrigation and fertilization levels

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

Submitted: 6 April, 2016

Accepted: 3 September, 2016

Gholami, M., Kafi, M., and Khazaei, H.R. 2017. Study of the relations of sink and source in saffron by means of correlation coefficients under different irrigation and fertilization levels. *Saffron Agronomy & Technology* 5(3):195-210.

Abstract

Saffron is the main medicinal plant of Iran. In order to study the relations of sink and source between saffron leaves and corms, a split plot experiment was conducted on the basis of complete randomized block design with three replications in a field in the Ashkezar city of Yazd province during 2013-2014. The main plots and sub plots were irrigated with three levels (100%, 75% and 50% of ETc) and the fertilization management methods including control (without any fertilizer or manure), applying 10 t/ha cow manure, 10 t/ha vermicompost by spreading, 10 t/ha vermicompost buried under planting corm rows, 5 t/ha vermicompost buried under planting corm rows, or spraying 10 l/ha Humaster Saffron fertilizer for 1 or 2 times after flowering. The Pearson correlation coefficients were calculated between leaf length in every measuring stage and the weight of biggest corm at the end of the first year (as daughter corm). The results showed that correlation coefficients were decreased until 40 days after emergence and then increased. The highest correlation coefficient reached around 80 days after emergence and followed until the end of the growth period. The best corm yield was reached for 10 t/ha vermicompost buried under planting corm rows. Also under different irrigation regimes, the best results were obtained through full irrigation treatment.

Keywords: Assimilates allocation, Corm weight, Humic acid, Leaf length, Vermicompost.

1 - Ph.D Student of Agronomy, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

2 - Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

(* - Corresponding author Email: m.kafi@um.ac.ir)

DOI: 10.22048/jsat.2017.51480.1156