

## اثر بنزیل آمینوپورین، کودهای زیستی حل‌کننده فسفات و وزن بنه مادری بر شاخص‌های کمی گل و بنه‌های دختری زعفران (*Crocus sativus* L.) در منطقه یاسوج

افسانه بخردیانی‌نسب<sup>۱</sup>، حمیدرضا بلوچی<sup>۲\*</sup>، محسن موحدی دهنوی<sup>۲</sup>، علی سروش‌زاده<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر دانشگاه یاسوج، ایران.

۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه یاسوج، ایران.

۳- دانشیار گروه زراعت دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

\*نویسنده مسئول: [balouchi@yu.ac.ir](mailto:balouchi@yu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۶/۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۹/۳۰

### چکیده

زعفران یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی و دارویی ایران است. این پژوهش به منظور بررسی تأثیر تیمار هورمون بنزیل آمینوپورین، کاربرد کودهای زیستی (فسفات بارور ۲ و میکوریزا) و وزن بنه مادری بر شاخص‌های کمی بنه‌های دختری زعفران و عملکرد گل به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، در منطقه یاسوج در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل بنه‌های بزرگ (۱-۷/۱۰ گرم) و کوچک (۴-۷ گرم)، پرایمینگ با بنزیل آمینوپورین با غلظت‌های صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و سطوح کود زیستی بدون کود، کاربرد میکوریزا (گلموس موسه<sup>آ</sup>) و فسفات بارور ۲ بودند. نتایج نشان داد که کلیه صفات کمی بنه زعفران تحت تأثیر معنی‌دار پرایمینگ هورمونی و وزن بنه (بجز وزن بنه دختری) قرار گرفتند؛ اما کود زیستی تنها بر تعداد بنه دختری و وزن خشک گل تأثیر معنی‌داری داشت. پرایمینگ هورمونی با غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تعداد و وزن بنه‌های دختری را به ترتیب ۳۰ و ۲۷ درصد و وزن خشک کلاله و پرچم را ۲۶ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد. همچنین کلیه اجزای گل و تعداد بنه دختری با استفاده از بنه‌های مادری بزرگتر نسبت به بنه‌های کوچک بطور معنی‌داری افزایش یافت. مصرف کودهای زیستی نیز نسبت به عدم مصرف کود باعث افزایش ۱۳ و ۵۹ درصدی به ترتیب در تعداد و وزن بنه‌های دختری شد. عناصر فسفر و روی در بنه‌های دختری تنها تحت تأثیر کاربرد کود میکوریزا افزایش یافت؛ در حالی‌که با کاربرد بنزیل آمینوپورین و کود زیستی میکوریزا میزان عنصر آهن را نسبت به شاهد دوبرابر افزایش داد. در کل کاربرد بنزیل آمینوپورین با غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر، هر دو نوع کود زیستی و بنه‌های بزرگ (۱-۷/۱۰ گرم) بر عمده صفات اندازه‌گیری شده تأثیر مثبت داشت.

واژه‌های کلیدی: سیتوکینین، تنظیم‌کننده رشد، فسفات بارور ۲، میکوریزا.

## مقدمه

رشد و جذب بیشتر عناصر در طی فصل رشدی باشد (Koocheki et al., 2014). بنابراین، بنه‌های با وزن بالاتر به دلیل داشتن اندوخته غذایی و تولید انرژی بیشتر، ضمن تولید ماده خشک بیشتر، مقدار ریشه بیشتری را در مقایسه با بنه‌های کوچک تولید می‌کنند (Renau-Morta et al., 2012).

بیشتر تحقیقاتی که روی بنه گیاه زعفران انجام گرفته در ارتباط با افزایش وزن بنه‌های زعفران بوده و تحقیقات اندکی روی افزایش تعداد بنه همراه با افزایش وزن بنه‌ها صورت گرفته است. به همین دلیل به کارگیری روش‌هایی برای افزایش تعداد و وزن بنه‌ها و افزایش توانایی سبز شدن امری ضروری است.

هورمون بنزیل آمینوپورین یکی از هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد گیاهی از گروه سیتوکینین‌ها است که از طریق کاهش غالبیت انتهایی باعث تحریک تشکیل ساقه نابجا و تأخیر در پیری می‌شود. سیتوکینین باعث تحریک رشد جوانه‌های جانبی نیز می‌شود (Tavakoli et al., 2012b). بنابراین احتمالاً سیتوکینین در افزایش تعداد بنه زعفران تأثیری مثبتی دارد. چون وجود تعداد زیاد جوانه‌های جانبی منجر به تولید بنه‌های دختری کوچک می‌شود و بعلاوه افزایش رقابت برای جذب عناصر غذایی و مصرف مواد رساندن بهتر مواد غذایی برای افزایش وزن بنه‌های دختری امری ضروری است (Tavakoli et al., 2013a). بر خلاف نیاز کودی کم این گیاه حدود ۱۶ تا ۸۰ درصد تغییرات عملکرد گل به متغیرهای مربوط به خاک از جمله میزان ماده آلی، فسفر قابل استفاده، نیتروژن معدنی و پتاسیم تبدالی وابسته است (Temperini et al., 2009).

همزیستی میکوریزایی باعث افزایش جذب مواد معدنی مانند روی، پتاسیم و به ویژه فسفر می‌شود (Ahmadi et al., 2016). شاید بتوان با فراهم کردن عناصر غذایی و مصرف کودهای مورد نیاز وزن بنه‌های دختری کوچک را افزایش داد. کود فسفات بارور ۲ حاوی دو نوع باکتری حل‌کننده فسفات می‌باشد که با استفاده از دو سازوکار ترشح اسیدهای آلی و اسیدفسفاتاز باعث تجزیه ترکیبات فسفری نامحلول و در نتیجه قابل جذب شدن آن برای گیاه می‌گردد (Khanlo et al., 2009). افزایش جذب فسفر توسط بنه‌های دختری در نتیجه استفاده از کودهای زیستی

در بین ۸۵ گونه شناخته شده از جنس کروتوس، زعفران زراعی با نام علمی *Crocus sativus L.* از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ایران بزرگترین تولیدکننده زعفران می‌باشد به طوری که، بالغ بر ۹۳/۷ درصد از زعفران جهان در ایران تولید می‌شود (Douglas et al., 2014). سطح کشت گیاه زعفران در ایران سال ۱۳۹۶ بالغ بر ۱۰۸۰۰۰ هکتار بود که بیش از ۱۰۲ هزار هکتار، به استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی و استان کرمان (به ترتیب ۲۷۵۰ هکتار، ۸۴ هزار هکتار، ۱۵ هزار هکتار و ۱۱۸۰ هکتار) اختصاص داشت. ایران در بین کشورهای تولیدکننده زعفران مقام نخست را از نظر سطح زیرکشت و میزان تولید سالیانه دارد (Ahmadi et al., 2018). میزان عملکرد گیاه زعفران در ایران در مقایسه با سایر کشورهای تولیدکننده بسیار پایین است؛ به طوری که متوسط عملکرد زعفران در ایران در سال اول کشت ۰/۲۳ کیلوگرم در هکتار می‌باشد، اما در کشور اسپانیا متوسط عملکرد در سال اول ۴-۶ کیلوگرم در هکتار است که علت افزایش عملکرد را می‌توان استفاده از بنه‌های درشت به عنوان بذر در این کشور مربوط دانست (Sadeghi et al., 2010).

بقای نسل گیاه زعفران تنها از طریق کشت مجدد بنه‌های دختری و جانبی میسر است؛ لیکن اندازه بنه اصلی ظرفیت گلدهی سالانه را تعیین می‌نماید چرا که گل زعفران پس از خواب بنه و پیش از رویش برگ ظاهر شده و از ذخایر قبلی بنه بهره می‌برد (Rasooli et al., 2014). در واقع، بین وزن بنه‌های زعفران و میزان گلدهی بخصوص در سال اول رابطه مستقیمی وجود دارد (Mashayekh et al., 2006). کاشت بنه‌های سنگین و بزرگ باعث توسعه رشد رویشی و زایشی، افزایش دوره بهره‌برداری از یک نوبت کشت و کاهش طول دوره بین کاشت تا اقتصادی شدن محصول می‌شود (Cavusoglu & Erkel, 2005).

افزایش وزن بنه‌ها با توجه به اینکه گیاه زعفران در اولین سال پس از کشت از مواد ذخیره‌ای موجود در بنه استفاده می‌کند، بسیار حیاتی است (Rasooli et al., 2014). بیشترین تعداد و عملکرد بنه دختری در نتیجه کاشت بنه‌های مادری با وزن بالا به دست آمده است که افزایش رشد و تولید بنه‌های دختری می‌تواند به دلیل ذخیره بیشتر عناصر غذایی در ابتدای دوره و نیز سرعت

در همین راستا، هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر تیمار بنزیل‌آمینوپورین و کاربرد کودهای زیستی (فسفات بارور ۲ و میکوریزا) و وزن بنه‌های مادری بر صفات کمی و کیفی بنه زعفران به خصوص در سال اول رشد گیاه زعفران است.

### مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شمال شهر یاسوج (۳۰ درجه و ۴۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۹ دقیقه طول شرقی) در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. عامل‌های آزمایش شامل بنزیل‌آمینوپورین در سه سطح (صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، کود زیستی در سه سطح (بدون کود، کاربرد میکوریزا و کاربرد فسفات بارور ۲) و وزن بنه مادری در دو سطح (۴-۷ و ۱۰-۱۱/۷ گرم) بود. به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، قبل از اجرای آزمایش نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری تهیه و بر اساس نتایج آن، مقدار کودهای مورد نیاز به زمین داده شد (جدول ۱).

می‌تواند در نهایت، منجر به افزایش تولید ریشه و همچنین ماده خشک در طی دوره رویش شود (Renau-Morta et al., 2012). این ذخیره بیشتر فسفر در بنه‌های دختری می‌تواند عملکرد بیشتر گل زعفران را امکان‌پذیر کند (Koocheki et al., 2014). فعلی و همکاران (Feli et al., 2014) بیان نمودند کاربرد کود زیستی فسفات بر عملکرد کلانه و گل زعفران معنی‌دار بود. دلایل افزایش عملکرد را می‌توان این‌گونه توضیح داد که با توجه به این که تولید اندام‌های هوایی و زایشی تحت تأثیر فعالیت‌های مربوط به جذب ریشه، میزان انتقال آب و مواد غذایی و فتوسنتز قرار دارد، لذا کود زیستی توسط آزادسازی و جذب بیشتر فسفر و سایر عناصر غذایی موجب افزایش میزان فتوسنتز و در نتیجه بهبود عملکرد گردیده است. امینی و همکاران (Amini et al., 2014) اظهار کردند که کاربرد کود زیستی فسفره حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفر حاوی سودوموناس و باسیلوس سبب افزایش معنی‌دار عملکرد زعفران شد.

### جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

Table 1. Physical and chemical traits of farm soil

بافت Texture	شاخص واکنش pH	نیترژن قابل دسترس Available N (mg.kg <sup>-1</sup> )	فسفر قابل دسترس Available P (mg.kg <sup>-1</sup> )	پتاسیم قابل دسترس Available K (mg.kg <sup>-1</sup> )	هدایت الکتریکی EC (dS.m <sup>-1</sup> )	ماده آلی Organic matter (%)
لومی رسی Clay loam	7.78	0.03	51.3	163.14	0.5	0.3

سپس زمین مورد نظر به عمق ۲۵-۲۰ سانتی‌متر شخم خورد و استفاده از کودهای زیستی میکوریزا با توجه به روش توصیه شده توسط شرکت سازنده (شرکت تولیدی زراعی ارگانیک همدان به میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار و فسفات بارور ۲ از شرکت زیست فناوران سبز به میزان ۱۰۰ گرم در هکتار) قبل از کاشت با خاک اضافه شد. طبق نتیجه آزمایش خاک میزان فسفر خاک مورد نظر ۵۱/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود که به دلیل ازدیاد آن در خاک کود شیمیایی فسفره مورد استفاده قرار نگرفت. ابعاد هر کرت ۱×۲ متر بود و به صورت ردیفی در چهار ردیف و فاصله ردیف‌های کاشت از یکدیگر ۲۵ سانتی‌متر (Mardani Asl et al., 2017) و فاصله بین بنه‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر

بنه‌های ده ساله از توده فردوس خراسان جنوبی توسط شرکت نگین زعفران دنا در یاسوج خریداری شد. تمام بنه‌های مورد استفاده پیش از کاشت با ترازوی آزمایشگاهی به دقت توزین و به دو گروه بنه‌های ۴-۷ و ۱۰-۱۱/۷ گرم تفکیک شد. بنه‌ها تا زمان کشت در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در انبار نگهداری شد. برای اعمال تیمار قبل از کاشت بنه‌ها پس از پاک شدن (حذف غلاف‌های قهوه‌ای روی بنه‌ها) به مدت یک ساعت در محلول هورمونی بنزیل‌آمینوپورین پرایم و پس از خارج شدن از محلول پرایمینگ در دمای اتاق به مدت ۴۸ ساعت تا رسیدن به رطوبت اولیه خشک شدند (Tavakoli et al., 2012c; Azarnia et al., 2016).

بنه‌های دخترتاری معنی‌دار بود؛ در حالی که اثر متقابل آنها اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲).

کاربرد بنزیل آمینوپورین با غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب (۱۶ و ۳۰ درصد) نسبت به ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و شاهد تعداد بنه‌های دخترتاری را افزایش دادند (جدول ۳). همچنین استفاده از بنه‌های مادری بزرگتر با وزن (۱۰-۷/۱ گرم)، نسبت به بنه‌های کوچک با وزن (۴-۷ گرم)، ۲۲ درصد تعداد بنه دخترتاری را افزایش دادند (جدول ۴). مصرف کودهای زیستی نیز نسبت به عدم مصرف کود باعث افزایش ۱۳ درصدی تعداد بنه‌های دخترتاری شد (جدول ۵).

نتایج علی‌پور و همکاران (Alipoor et al., 2015) نشان داد که اثر ساده کاربرد بنزیل آمینوپورین و اندازه بنه بزرگ در سطح احتمال یک درصد بر تعداد بنه‌های دخترتاری معنی‌دار بود؛ در حالی که اثر متقابل آنها اختلاف معنی‌داری نداشت. همچنین این محقق اظهار داشت در تیمارهای تنظیم‌کننده رشد گیاهی سیتوکینین و جیبرلین بیش‌ترین تعداد بنه دخترتاری در کاربرد تیمارهای بنزیل آمینوپورین تولید شد که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. تأثیر مثبت کود زیستی در فراهم‌آوری ترکیبات متعدد برای ریشه می‌تواند موجب افزایش تعداد بنه زعفران گردد (2015 Alipoor et al.,). در تحقیقاتی دیگر که نتایج آن‌ها با این آزمایش مطابقت داشت، مشخص شد که سیتوکینین می‌تواند رشد بنه‌های دخترتاری را بهبود بخشد؛ به طوری که کاربرد سیتوکینین با تأثیر بر تقسیم سلولی، اندازه و همچنین با تحریک رشد جوانه‌های جانبی تعداد بنه‌های دخترتاری را افزایش می‌دهد (Tavakoli et al., 2012c). همچنین نتایج آزمایشات حسینی‌فرد و همکاران (Hoseinifard et al., 2018) نشان داد کاربرد هورمون سیتوکینین و بنه بزرگ در مقایسه با شاهد بر تعداد بنه دخترتاری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و بیان نمودند که با افزایش وزن بنه مادری، سطح برگ و تولید ماده خشک زعفران در طی دوره رشد افزایش یافته و منجر به افزایش تعداد بنه‌های دخترتاری در انتهای فصل رشد می‌شود.

و در هر چاله یک بنه کاشته شد (Tavakoli et al., 2013a). اولین آبیاری بعد از کشت و سایر آبیاری‌ها بر حسب نیاز انجام گرفت. کود اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در سال اول استفاده شد. پس از اولین آبیاری بعد از گاو رو شدن زمین عملیات سله‌شکنی خاک توسط شن‌کش انجام گرفت که این عملیات موجبات تسریع رشد و جوانه‌زنی بنه زعفران را فراهم می‌کند.

بنه‌ها در اواسط اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۷ از دو ردیف وسط هر کرت و سطح نیم مترمربع برداشت و تعداد و وزن بنه دخترتاری، قطر و طول بنه دخترتاری میزان نیتروژن (به روش هضم توسط اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک، آب اکسیژنه و سلنیم) و میزان فسفر در بنه‌ها با روش کالریمتری (رنگ زرد مولبیدات- وانادات) و دستگاه اسپکتوفتومتر (Emami, 1996)، مقادیر پتاسیم به روش نشر شعله‌ای با دستگاه فلیم‌فتومتر، میزان روی و آهن بنه‌های دخترتاری به روش جذب اتمی (Emami, 1996) اندازه‌گیری شد. گل‌های زعفران در اولین ساعات صبح از اواسط آبان ماه تا اواسط آذر ماه، دو ماه پس از کشت با حذف اثر حاشیه‌ای (نیم متر فاصله با هر ضلع کرت) از مساحت یک متر مربع در هر کرت (دو ردیف وسط هر کرت) برداشت و شمارش شدند (Heidari et al., 2014). همچنین برای اندازه‌گیری گل و اجزای گل زعفران پس از تفکیک و خشک کردن در سایه (Heidari et al., 2014)، از تراواری دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ استفاده و در آخر میانگین وزنی گرفته شد.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (V. 9.1) و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون LSD (کمترین اختلاف معنی‌دار) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

## نتایج و بحث

### تعداد بنه‌های دخترتاری از هر بنه مادری

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده کاربرد تنظیم‌کننده رشد گیاهی بنزیل آمینوپورین و وزن بنه بر تعداد بنه‌های دخترتاری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر ساده مصرف کودهای زیستی میکوریزا و فسفات بارور دو در سطح احتمال پنج درصد بر تعداد

جدول ۲. تجزیه واریانس تاثیر اندازه بنه و هورمون بنزیل آمینوپورین و کاربرد کود زیستی بر صفات کمی بنه زعفران  
 Table 2. Analysis of variance of the effect of corm size, benzyl aminopurine and bio-fertilizer application on quantitative traits of saffron corm

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares					
		تعداد بنه دختری Number of daughter corms	متوسط وزن بنه‌های دختری Mean weight of daughter corms	وزن خشک کلاله Dried weight of stigma	متوسط وزن خشک پرچم Dried weight of stamen	وزن خشک خامه Dried weight of style	وزن خشک گل Dried weight of flower
تکرار Replication	2	0.078 <sup>ns</sup>	0.138 <sup>ns</sup>	1.28*	8.17 <sup>ns</sup>	3.89 <sup>ns</sup>	0.0049 <sup>ns</sup>
بنزیل آمینوپورین Benzyl aminopurine (A)	2	10.41**	0.547*	3.11**	2.76**	7.10**	0.11**
کود زیستی Biofertilizer (B)	2	2.61*	0.319 <sup>ns</sup>	2.74 <sup>ns</sup>	1.62 <sup>ns</sup>	1.25 <sup>ns</sup>	0.033*
وزن بنه Corm weight (W)	1	18.13**	0.019 <sup>ns</sup>	2.00*	3.58**	1.43**	0.12**
A×B	4	0.121 <sup>ns</sup>	0.179 <sup>ns</sup>	1.32 <sup>ns</sup>	7.42 <sup>ns</sup>	5.56 <sup>ns</sup>	0.00092 <sup>ns</sup>
B×W	2	0.974 <sup>ns</sup>	0.909*	3.51 <sup>ns</sup>	3.13 <sup>ns</sup>	1.30 <sup>ns</sup>	0.0048 <sup>ns</sup>
A×W	2	1.13 <sup>ns</sup>	0.173 <sup>ns</sup>	1.61 <sup>ns</sup>	1.41 <sup>ns</sup>	8.69 <sup>ns</sup>	0.0017 <sup>ns</sup>
A×B×W	4	1.48 <sup>ns</sup>	0.157 <sup>ns</sup>	3.57 <sup>ns</sup>	6.38 <sup>ns</sup>	3.24 <sup>ns</sup>	0.0043 <sup>ns</sup>
خطا Error	34	0.601	0.210	0.00000033	0.00000039	8.70	0.011
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		13.28	29.67	16.48	17.92	23.91	12.83

ns, \*\* and \*: indicate no significant and significant differences at 1% and 5% probability levels, respectively.

جدول ۲. ادامه

Table 2. Continued

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares				
		غلظت فسفر بنه P concentration of corm	غلظت نیتروژن بنه N concentration of corm	غلظت پتاسیم بنه K concentration of corm	غلظت روی بنه Zn concentration of corm	غلظت آهن بنه Fe concentration of corm
تکرار Replication	2	0.0029 <sup>ns</sup>	0.175 <sup>ns</sup>	0.013 <sup>ns</sup>	0.021 <sup>ns</sup>	0.012**
بنزیل آمینوپورین (BAP) Benzyl aminopurine (BAP)	2	0.0009 <sup>ns</sup>	0.573 <sup>ns</sup>	0.472**	0.017 <sup>ns</sup>	0.003 <sup>ns</sup>
کود زیستی (B) Biofertilizer (B)	2	0.295**	0.171 <sup>ns</sup>	0.298**	0.035*	0.113**
وزن بنه (C) Corm weight (C)	1	0.0012 <sup>ns</sup>	0.564 <sup>ns</sup>	0.690**	0.002 <sup>ns</sup>	0.00092 <sup>ns</sup>
BAP×B	4	0.011 <sup>ns</sup>	0.290 <sup>ns</sup>	0.066 <sup>ns</sup>	0.014 <sup>ns</sup>	0.007*
B×C	2	0.007 <sup>ns</sup>	0.391 <sup>ns</sup>	0.087 <sup>ns</sup>	0.003 <sup>ns</sup>	0.00046 <sup>ns</sup>
BAP×C	2	0.0004 <sup>ns</sup>	0.996*	0.010 <sup>ns</sup>	0.003 <sup>ns</sup>	0.0038 <sup>ns</sup>
B×BAP×C	4	0.0049 <sup>ns</sup>	0.220 <sup>ns</sup>	0.364**	0.002 <sup>ns</sup>	0.0014 <sup>ns</sup>
خطا Error	34	0.0051	0.319	0.045	0.007	0.0020
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		5.44	18.74	6.33	18.29	81.23

ns, \*\* and \*: indicate no significant and significant differences at 1% and 5% probability levels, respectively.

جدول ۳. مقایسه میانگین تاثیر غلظت‌های مختلف بنزیل آمینوپورین بر صفات کمی بنه زعفران

Table 3. Mean comparisons for the effect of different concentrations of benzyl aminopurine on the quantitative traits of saffron corm

بنزیل آمینوپورین (میلی گرم در لیتر) Benzyl aminopurine (mg.l <sup>-1</sup> )	وزن خشک خامه (میلی گرم) Dried weight of style (mg)	متوسط وزن خشک پرچم (میلی گرم) Dried weight of stamen (mg)	وزن خشک کلاله (میلی گرم) Dried weight of stigma (mg)	متوسط وزن بنه‌های دختری Mean weight of daughter corm (g)	تعداد بنه دختری از هر بنه مادری Number of daughter corms from main corms	وزن خشک گل (میلی گرم) Dried weight of Flower (mg)
0	1.0 <sup>b*</sup>	3.1 <sup>b</sup>	3.0 <sup>b</sup>	1.40 <sup>b</sup>	5.06 <sup>c</sup>	22.5 <sup>b</sup>
250	1.4 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	1.74 <sup>a</sup>	6.57 <sup>a</sup>	27.4 <sup>a</sup>
500	1.2 <sup>b</sup>	3.5 <sup>ab</sup>	3.6 <sup>a</sup>	1.50 <sup>ab</sup>	5.89 <sup>b</sup>	26.0 <sup>a</sup>

\*در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

\*In each column similar letters showed no significant difference based on LSD test at 5% probability level.

بنه‌های دختری حاصل از بنه مادری مسئول شکل‌گیری رشد زایشی و عملکرد در فصل بعد هستند (Renau et al., 2012)، در نتیجه با کاربرد بنزیل آمینوپورین به همراه بنه مادری بزرگ و مصرف کودهای زیستی تعداد بنه دختری افزایش یافته و در نهایت، عملکرد زعفران در سال‌های بعد افزایش می‌یابد.

جدول ۴. مقایسه میانگین تاثیر وزن بنه بر صفات کمی بنه و عملکرد گل زعفران

Table 4. Comparison of the effect of corm weight on quantitative traits of daughter corms and flower yield of saffron corm

وزن بنه (گرم) Corm weight (g)	وزن خشک خامه (میلی گرم) Dried weight of style (mg)	متوسط وزن خشک پرچم (میلی گرم) Dry weight of stamen (mg)	وزن خشک کلاله (میلی گرم) Dried weight of stigma (mg)	تعداد بنه دختری از هر بنه مادری Number of daughter corms from main corms	وزن خشک گل (میلی گرم) Dried weight of flower (mg)
7.1-10	1.4 <sup>a*</sup>	3.8 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	6.42 <sup>a</sup>	26.8 <sup>a</sup>
4-7	1.1 <sup>b</sup>	3.2 <sup>b</sup>	3.3 <sup>b</sup>	5.26 <sup>b</sup>	23.9 <sup>b</sup>

\*در هر تیمار حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

\*In each treatment similar letters showed no significant difference based on LSD test at 5% level.

جدول ۵. مقایسه میانگین تاثیر کود زیستی بر وزن خشک گل، تعداد بنه دختری و میزان فسفر و روی بنه زعفران

Table 5. Mean comparisons of the effect of biofertilizer on flower dried weight, number of daughter corms and P and Zn concentrations of saffron corm

کود زیستی Bio-fertilizer	غلظت فسفر (میلی گرم بر گرم) P concentration P (mg.g <sup>-1</sup> )	غلظت روی (میلی گرم بر گرم) Zn concentration (mg.g <sup>-1</sup> )	تعداد بنه دختری از هر بنه مادری Number of daughter corms from main corms	وزن خشک گل (میلی گرم) Dried weight of flower (mg)
شاهد Control	0.495 <sup>b*</sup>	0.186 <sup>b</sup>	5.41 <sup>b</sup>	23.9 <sup>b</sup>
فسفات باور ۲ Phosphate Barvar2	1.12 <sup>a</sup>	0.215 <sup>ab</sup>	6.13 <sup>a</sup>	26.6 <sup>a</sup>
میکوریزا mycorrhiza	0.559 <sup>b</sup>	0.264 <sup>a</sup>	5.98 <sup>a</sup>	25.5 <sup>ab</sup>

\*در هر تیمار حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

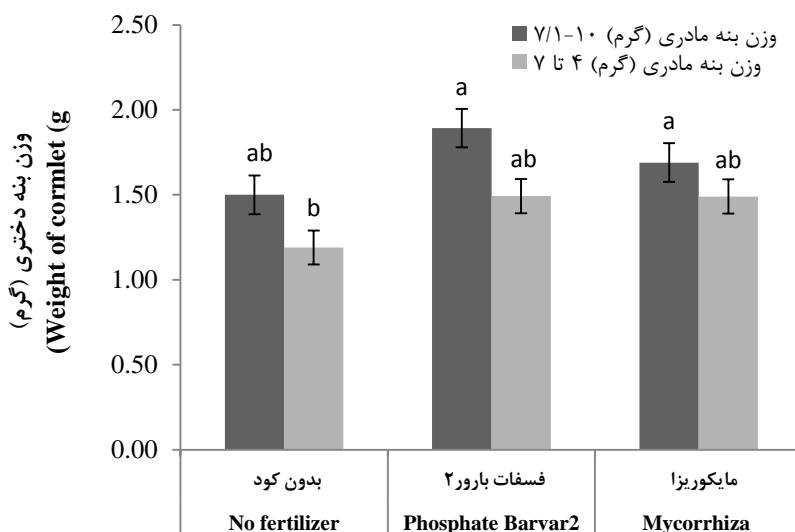
\*In each treatment similar letters showed no significant difference based on LSD test at 5% probability level.

### متوسط وزن بانه‌های دختر

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد تنظیم‌کننده رشد گیاهی بنزیل‌آمینوپورین و برهمکنش کاربرد کود زیستی و وزن بانه در سطح احتمال پنج درصد بر متوسط وزن بانه‌های دختر معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد بنزیل‌آمینوپورین با غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش ۲۴ درصدی متوسط وزن بانه‌های دختر نسبت به شاهد شد؛ در حالی که با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۳). همچنین نتایج نشان داد تلفیق کودهای زیستی (فسفات بارور ۲ و میکوریزا) و بانه بزرگ نسبت به شاهد (عدم استفاده از کود و کاربرد بانه کوچک) به ترتیب باعث افزایش ۵۹ و ۴۲ درصدی متوسط وزن بانه‌های دختر شد (شکل ۱).

یکی از عوامل مؤثر بر وزن بانه‌های دختر اندازه و ذخائر بانه‌هایی است که به عنوان بانه کشت می‌شوند. بانه‌های بزرگتر و کاربرد تنظیم‌کننده رشد گیاهی در مراحل اولیه رشد باعث افزایش توانایی جوانه‌زنی و ریشه‌زایی می‌شوند که در نتیجه این گسترش ریشه طول دوره جذب آب و مواد غذایی از خاک افزایش می‌یابد. این امر موجب افزایش وزن بانه‌های دختر می‌شوند که به عنوان بذر گیاه در سال دوم محسوب می‌شوند و بانه‌های تولید شده جدید

نیز به صورت تسلسل عملکرد سال‌های بعد را متأثر می‌کند (Tavakoli et al., 2012b). گل زعفران پس از خواب بانه و پیش از رویش برگ‌ها ظاهر شده و از ذخایر قبلی بانه بهره می‌برد، بنابراین آسیمیلات مازاد بر تنفس صرف تشکیل بانه‌های جدید برای سال‌های آتی خواهد شد (Kafi et al., 2002). از آنجا که در زعفران مرحله رشد زایشی قبل از رشد رویشی رخ می‌دهد مشخص است که ذخیره بانه می‌تواند نقش مؤثری بر گلدهی و عملکرد داشته باشد. با افزایش اندازه بانه مادری، سطح برگ و تولید ماده خشک زعفران در طی دوره رشد افزایش یافته و منجر به تولید بانه‌های دختر بزرگتر و بیشتر در انتهای فصل رشد می‌شود (Koocheki et al., 2014). از طرفی در انتهای سال زراعی با تحلیل ریشه و بانه اصلی، نیاز سایر بانه‌ها از طریق انتقال محتویات بانه اصلی و فتوسنتز برگ تأمین می‌شود، در این شرایط بانه‌های بزرگتر امکان دسترسی به مواد فتوسنتزی بیشتر، تسریع تقسیم سلولی، برگ‌آوری زودتر، ارتقای تعداد و وزن برگ، تعداد و وزن ریشه را فراهم می‌آورند (Alipoor et al., 2016). کودهای زیستی جذب عناصر معدنی از خاک را توسط بانه بهبود می‌بخشد که این امر سبب افزایش وزن بانه‌های دختر شده است.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل کودهای زیستی و وزن بانه مادری برای متوسط وزن بانه‌های دختر زعفران

Fig. 1. Mean comparisons for the interaction of bio-fertilizers and maternal corm weight for daughter corm weight of saffron

بیشتر و در نتیجه عملکرد بیشتر گل، استفاده گردد. کود زیستی فسفات بارور دو افزایش ۲/۷ میلی‌گرم وزن خشک گل را نسبت به شاهد موجب شد (جدول ۵) که علت آن را می‌توان به آزادسازی و جذب بیشتر فسفر و سایر عناصر غذایی مربوط دانست. چون که فسفر یکی از مهمترین عناصر در تغذیه گیاهی است که نقش مؤثری در شکل‌گیری فرآیند زایشی گیاهان دارد. گزارش شده است که تشکیل گل در گیاه زعفران رابطه مستقیم با وزن بنه دارد. بر این اساس به نظر می‌رسد عملکرد بالاتر گل در گروه‌های وزنی بالاتر به توانایی بیشتر این بنه‌ها در تولید جوانه‌های زایشی در نتیجه وجود ذخایر بیشتر مربوط باشد (Nassiri Mahallati et al., 2007). نتایج تحقیقات کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014) نشان داد استفاده از انواع کود زیستی و دامی تأثیر معنی‌داری بر تمامی شاخص‌های کمی و کیفی گل زعفران داشت که می‌توان به نقش مؤثر کاربرد کود زیستی در سال اول پس از کشت بنه‌ها جهت بهبود شرایط تغذیه‌ای بنه‌ها و در نتیجه بهبود عملکرد بنه و گل اشاره کرد.

نقدی‌بادی و همکاران (Naghdbadi et al., 2011) با بررسی اثر کود زیستی بر عملکرد کمی و کیفی زعفران بیان کردند که عملکرد کلاله و خامه زعفران با کاربرد کود زیستی به طور معنی‌داری افزایش یافت و بالاترین عملکرد کود در تیمار تلفیقی کود زیستی و شیمیایی اوره بدست آمد.

#### غلظت فسفر، نیتروژن، پتاسیم، روی و آهن بنه

اثر ساده کاربرد کود زیستی بر فسفر موجود در بنه‌های دختری زعفران در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها افزایش غلظت فسفر در تیمار کاربرد کود زیستی فسفات بارور دو نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۵). به طوری‌که غلظت فسفر در کاربرد کود زیستی نسبت به شاهد ۰/۶۹۵ میلی‌گرم بر گرم بنه دختری افزایش نشان داد. در این رابطه می‌توان به کارایی بالاتر باکتری‌های سودوموناس پوتیدا و پانتوا آگلومرانس در انحلال فسفر از ترکیبات آلی و معدنی اشاره کرد (Aalizadehet et al., 2018).

امینی و همکاران (Amini et al., 2014) گزارش کردند که کاربرد کود زیستی فسفات بارور دو حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفر با کمک به جذب بیشتر ترکیبات آلی و

نتایج تحقیقات علی‌پور و همکاران (Alipoor et al., 2016) نشان داد کاربرد تنظیم‌کننده رشد گیاهی بنزیل آمینوپورین و اندازه بنه و اثر متقابل این دو بر وزن بنه‌های دختری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. با توجه به یافته‌های فوق که با پژوهش حاضر مطابقت دارد کاربرد تنظیم‌کننده رشد بنزیل آمینوپورین به همراه بنه بزرگ و مصرف کودهای زیستی منجر به تولید بنه‌های دختری بزرگتر و رسیدن به عملکرد بهتر در سال‌های بعد می‌شود.

#### وزن خشک کلاله، پرچم، خامه و گل

اثر کاربرد تنظیم‌کننده رشد گیاهی بنزیل آمینوپورین بر وزن خشک کلاله، پرچم، خامه و گل زعفران در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین وزن بنه مادری کشت شده بر وزن خشک کلاله در سطح احتمال پنج درصد و بر وزن خشک پرچم، خامه و گل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در حالی‌که کاربرد کودهای زیستی و اثرات متقابل آن‌ها بر وزن خشک کلاله، خامه و پرچم معنی‌دار نشد؛ ولی بر وزن خشک گل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

پرایمینگ بنزیل آمینوپورین نسبت به شاهد به ترتیب باعث افزایش ۲۶، ۲۷، ۴۰ و ۲۲ درصدی وزن خشک کلاله، پرچم، خامه و گل شد (جدول ۳). همچنین بنه‌های مادری با وزن (۷/۱ تا ۱۰ گرم) نسبت به بنه‌های کوچک با وزن (۴ تا هفت گرم) به ترتیب باعث افزایش (۱۲، ۱۹، ۲۷ و ۱۳ درصدی) وزن خشک کلاله، پرچم، خامه و گل شد (جدول ۴). نتایج تحقیقات حسینی‌فرد و همکاران (Hoseinifard et al., 2018) حاکی از آن است که استفاده از بنه بزرگ به همراه پرایمینگ هورمونی بنزیل آمینوپورین عملکرد بنه و گل زعفران را بهبود بخشید. با تحلیل رفتن بنه‌های مادری در فصل رشد، بنه‌های دختری تشکیل می‌گردند که این بنه‌ها باعث شکل‌گیری رشد زایشی و عملکرد در فصل بعدی می‌شوند (Renau-Morta et al., 2012). نتایج حسن‌زاده اول و همکاران (Hassanzadeh Aval et al., 2014) نشان داد افزایش وزن بنه مادری سبب افزایش تعداد و وزن کل بنه در واحد سطح و در نتیجه افزایش تعداد و وزن گل، کلاله، پرچم و خامه در واحد سطح شد. عالی‌زاده و همکاران (Aalizadeh et al., 2018) اظهار کردند کود زیستی بارور ۲ موجب افزایش تولید گل شد. آنها همچنین توصیه کردند کود زیستی به جای کود شیمیایی به دلیل جذب عناصر



تیمار استفاده از بنه بزرگ، کاربرد بنزیل آمینوپورین با غلظت ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر و کاربرد کود میکوریزا است و کمترین غلظت پتاسیم (۲/۸۸ میلی گرم بر گرم) مربوط به تیمار شاهد استفاده از بنه کوچک و عدم کاربرد بنزیل آمینوپورین و کود زیستی می باشد (شکل ۳).

در رابطه با عنصر روی نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که کاربرد کودهای زیستی در سطح احتمال پنج درصد بر غلظت عنصر روی بنه های دختری مؤثر بود؛ در حالی که کاربرد بنزیل آمینوپورین و وزن بنه و اثر متقابل آن ها معنی دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده ها مشخص کرد کاربرد کود میکوریزا افزایش ۴۲ درصدی غلظت روی بنه های دختری نسبت به عدم کاربرد کود را نشان داد (جدول ۵).

در رابطه با عنصر آهن نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل بنزیل آمینوپورین و کود در سطح احتمال پنج درصد بر غلظت آهن در بنه دختری معنی دار شد؛ در حالی که تنها اثر ساده کود زیستی در سطح احتمال یک درصد بر غلظت آهن معنی دار شد (جدول ۲). همانطور که در جدول ۶ ملاحظه می گردد افزایش معنی داری در برهمکنش کاربرد بنزیل آمینوپورین و کود زیستی میکوریزا با غلظت آهن ۰/۳۰۹ میلی گرم بر گرم نسبت به شاهد با غلظت آهن ۰/۱۳۰ میلی گرم بر گرم وجود دارد.

معدنی سبب افزایش معنی دار عملکرد زعفران شد. همچنین پارای و همکاران (Parray et al., 2013) در آزمایشی بر روی گیاه زعفران بیان نمودند که کاربرد کودهای زیستی حاوی باکتری سودوموناس از طریق فراهم آوری عناصر مورد نیاز موجب رشد و بزرگ کردن بنه ها و در نتیجه افزایش عملکرد زعفران شد.

اثر متقابل بنزیل آمینوپورین و وزن بنه بر نیتروژن موجود در بنه دختری در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۲). همانطور که در شکل ۲ ملاحظه می گردد، در رابطه با نیتروژن موجود در بنه های دختری اثر متقابل کاربرد بنزیل آمینوپورین با غلظت ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر و بنه کوچک با غلظت نیتروژن ۳/۲۵ میلی گرم بر گرم و کاربرد بنزیل آمینوپورین با غلظت ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر و بنه بزرگ با غلظت نیتروژن ۳/۳۹ میلی گرم بر گرم اختلاف معنی دار نداشت در حالی که نسبت به شاهد (عدم استفاده از کود و بنه کوچک) با غلظت نیتروژن ۲/۵۷ میلی گرم بر گرم افزایش معنی داری را نشان داد (شکل ۲).

همچنین نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد اثر متقابل بنزیل آمینوپورین، وزن بنه و کود زیستی بر مقدار پتاسیم بنه دختری در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده ها حاکی از آن است که بالاترین غلظت پتاسیم (۴/۰۶ میلی گرم بر گرم) مربوط به

جدول ۶. مقایسه میانگین برهمکنش کود و بنزیل آمینوپورین بر میزان عناصر بنه زعفران

Table 6. Mean comparisons for interaction of fertilizer and benzyl aminopurine on the nutrient amounts of saffron corms

غلظت آهن بنه دختری (میلی گرم بر گرم) Fe concentration (mg.g <sup>-1</sup> )	بنزیل آمینوپورین (میلی گرم در لیتر) Benzyl aminopurine (mg.l <sup>-1</sup> )	کود زیستی Bio-fertilizer
0.130 <sup>c*</sup>	0	شاهد
0.145 <sup>c</sup>	250	Control
0.128 <sup>d</sup>	500	
0.140 <sup>c</sup>	0	فسفات بارور ۲ Phosphate Barvar 2
0.142 <sup>c</sup>	250	
0.159 <sup>c</sup>	500	میکوریزا (گولوموس موسه آ) Mycorrhiza (Glomus mosseae)
0.219 <sup>b</sup>	0	
0.304 <sup>a</sup>	250	
0.309 <sup>a</sup>	500	

\*در هر تیمار حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می باشد.

\*In each treatment similar letters showed no significant difference based on LSD test at 5 % probability level.

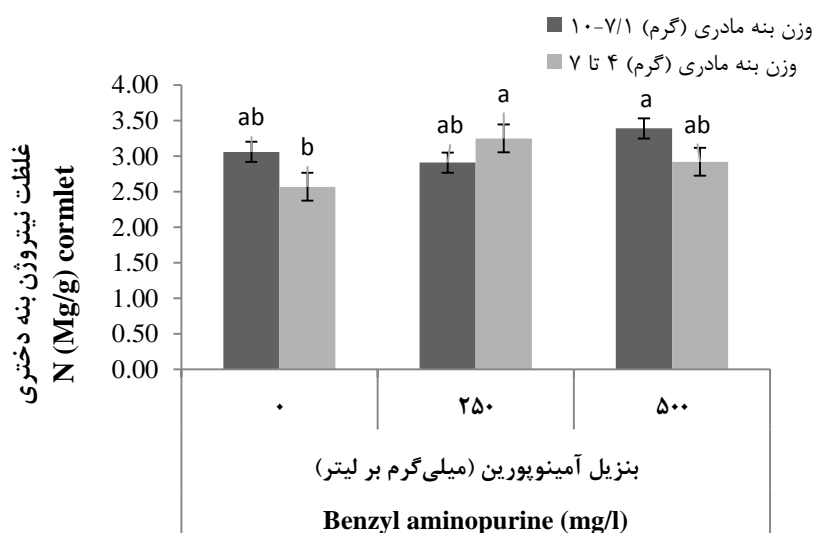
نسبت به شاهد را نشان داد. در این مطالعه افزایش قابل ملاحظه ای در مقدار و درصد عناصر به ویژه فسفر قابل جذب خاک دیده شد. این افزایش جذب فسفر حاکی از آن

نتایج بررسی زند و همکاران (Zand et al., 2014) افزایش جذب عناصر معدنی فسفر، پتاسیم، نیتروژن، آهن، روی، منگنز و مس در خاک تیمار شده با کود میکوریزا

افزایش جذب سایر عناصر از خاک می‌شود (Simpson et al., 2011). فراهمی نیتروژن در خاک باعث افزایش تعداد بنه و فراهمی فسفر باعث افزایش وزن بنه‌ها در زعفران می‌شود (Chaji et al., 2013). نقدی بادی و همکاران (Naghdbadi et al., 2011) بیان نمودند مصرف کودهای شیمیایی فسفر و کود زیستی بارور ۲ به میزان ۱۰۰ گرم در هکتار عملکرد کلاله و خامه زعفران را افزایش داد.

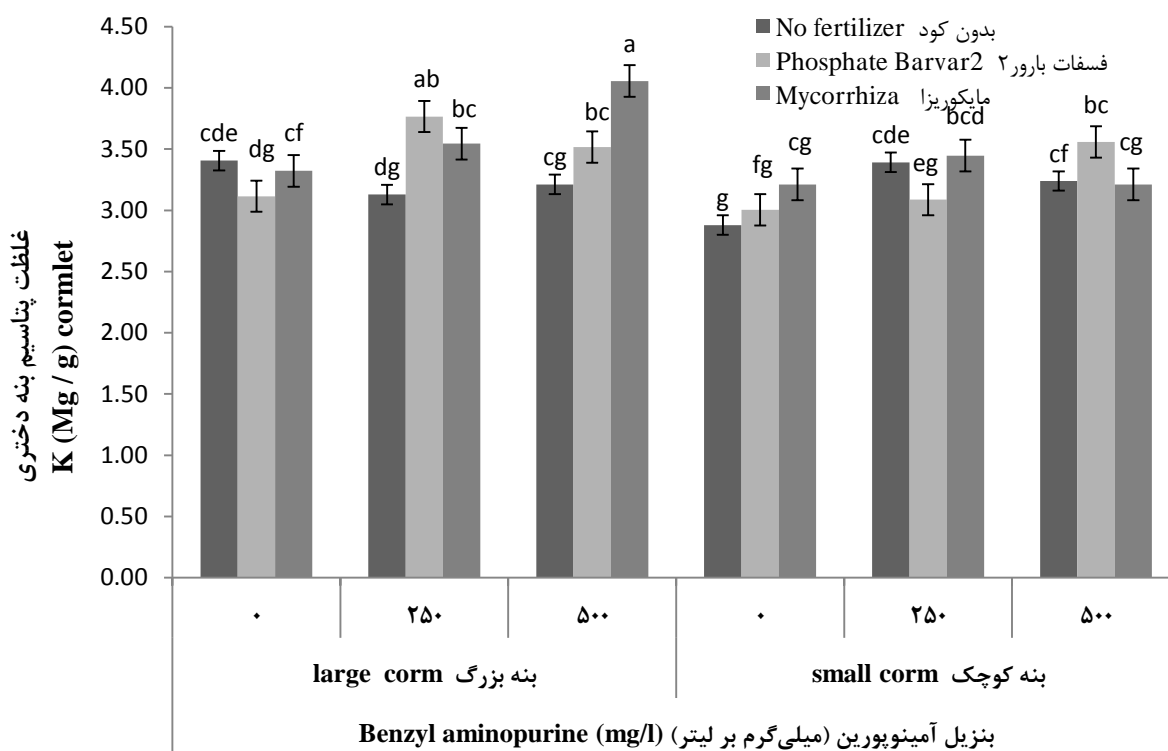
در این رابطه هان و همکاران (Han et al., 2006) بیان نمود با استفاده از کودهای زیستی، خاک حاصلخیز گردیده و به دنبال آن محصول گیاه افزایش می‌یابد. از طرفی، کودهای زیستی به طور طبیعی میکروارگانیسم‌های موجود در خاک را فعال می‌کنند. همچنین رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2013) اظهار داشتند که مصرف انواع کودهای آلی و زیستی در سال‌های ابتدایی پس از کاشت بنه زعفران بطور عمده باعث افزایش تعداد بنه‌های دختری در واحد سطح می‌شود. مدنی و همکاران (Madani et al., 2004) در تحقیق تأثیر کود زیستی بارور ۲ بر عملکرد و سایر خصوصیات زراعی سیب‌زمینی رقم آگریا دریافتند که به کارگیری باکتری‌های حل‌کننده فسفات برای بهبود جذب فسفر و کاهش مصرف کودهای فسفره یکی از راه‌کارهای اساسی برای جبران کمبود فسفر مورد نیاز است.

است که کود میکوریزا زمینه لازم برای جذب بهتر و بالاتر این عناصر را فراهم کرده و تأییدی بر کمک قارچ میکوریزایی به رشد گیاه میزبان به دنبال آن بهبود جذب این عناصر باشد. نتایج کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014) حاکی از آن است که در زعفران در کنار اندازه بنه مادری، مقدار فسفر بنه نیز از عوامل مؤثر در افزایش گلدهی زعفران است. همچنین ضمن مشاهده افزایش تعداد و وزن بنه‌های زعفران در نتیجه کاربرد کمپوست بستر قارچ، این افزایش را تحت تأثیر فراهمی بیشتر عناصر به ویژه فسفر و بهبود خصوصیات فیزیکی و زیستی خاک دانستند. براساس این نتایج ذخیره فسفر در بنه‌های دختری می‌تواند عملکرد بیشتر گل زعفران در سال دوم کشت را امکان‌پذیر کند. همچنین براساس نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که جذب بیشتر فسفر توسط بنه‌های دختری از جمله دلایل تولید بیشتر بنه‌های دختری زعفران می‌باشد. همچنین نارولا و همکاران (Narula et al., 2000) و ساهو و جانا (Sahu & Jana, 2000) اعلام کردند که کودهای زیستی در برگ‌برنده گروهی از باکتری‌ها و قارچ‌ها هستند که توانایی تثبیت زیستی نیتروژن و افزایش قابلیت جذب فسفر موجود در خاک توسط گیاه را دارند. فسفر نقش چشمگیری در بسیاری از واکنش‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهان دارد (Fageria et al., 2013). مصرف فسفر و جذب آن توسط گیاه می‌تواند از طریق تحریک رشد گیاه، باعث



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ بنزیل آمینوپورین و وزن بنه بر غلظت نیتروژن بنه دختری زعفران

Fig. 2. Mean comparisons for the interaction of priming of benzyl aminopurine and corm weight on N concentration of daughter corm saffron



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ بنزیل آمینوپورین، وزن بنه و کود بر غلظت پتاسیم بنه دختری زعفران

Fig. 3. Mean comparisons for the interaction of priming of benzyl aminopurine, corm weight and fertilizer on K concentration of saffron daughter corm

### نتیجه گیری

توسط بنه دختری را افزایش داد که می توان به نقش مؤثر کودهای زیستی در فراهم آوردن عناصر معدنی مانند نیتروژن، پتاسیم، آهن، روی و فسفر مورد نیاز در فرایندهای زیستی اشاره کرد. به طور کلی، کاربرد تنظیم کننده رشد گیاهی بنزیل آمینوپورین و کاربرد کود زیستی بر بهبود صفات کمی و کیفی بنه زعفران مؤثر واقع شد. اعمال تیمارهای کود زیستی باعث بهبود صفات کمی و کیفی زعفران شد که می توان به نقش مؤثر این کودها در عملکرد زعفران و بهبود ویژگی های خاک در راستای کشاورزی پایدار و کاهش آلودگی های زیست محیطی استفاده از این نوع کودها را برای کشت بنه زعفران توصیه نمود.

نتایج این تحقیق حاکی از آن است که کاربرد تنظیم کننده رشد گیاهی بنزیل آمینوپورین به صورت پرایمینگ و با غلظت ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر، استفاده از بنه های با وزن بالای هفت گرم و کاربرد کود زیستی فسفات بارور دو باعث افزایش تعداد و وزن بنه دختری و عملکرد گل زعفران شد. همچنین کاربرد تنظیم کننده رشد گیاهی بنزیل آمینوپورین به صورت پرایمینگ و با غلظت ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر، استفاده از بنه های با وزن بالا و کاربرد بنزیل آمینوپورین با غلظت ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر و کاربرد کود میکوریزا گولوموس (موسه آ) در هر دو صورت جذب عناصر معدنی

### منابع

Aalizadeh, M.B., Makarian, H., Ebadi, A., Eizadi Darbandi, E., and Gholami, A., 2018. Effect of biological and chemical fertilizers on stigma yield and quality of saffron (*Crocus sativus* L.) in climatic conditions of Ardabil. *Iran. J. Crop Sci.*

20(1), 16-29. [in Persian with English Summary].

Ahmadi, A., and Nazari Alam, J., 2015. Effect of biological and chemical fertilizers on saffron yield (*Crocus sativus* L.) at different planting densities. *J. Saffron Res.*

- 3(1), 63-51. [in Persian with English Summary].
- Ahmadi, K., Ebadzadeh, H., Hatami, F., Hoseinpour, R., and Abdshah, A., 2018. *Agricultural Statistics Year 2018, Volume II: Horticultural products*. Press by Ministry of Jihad-e-Agriculture, Deputy of Planning and Economics, ICT Center. 233 p. [in Persian].
- Alipoor, Z., Mahmoudi, S., Behdani, M., and Sayyari, M., 2015. Influence of biological, animal and chemical fertilizers and maternal corm size on saffron corm characteristics. *Plant Prod. Technol.* 15(2), 24-13. [in Persian with English Summary].
- Amini, S., Maleki Farahani, S., Sharghi, Y., and Zahedi, H., 2014. Influence of vermicompost and bacterium of *Bacillus* and *Pseudomonas* on growth, yield and morphological traits of saffron. *Appl. Sci. Agric.* 9(3), 933-941.
- Amini, S., Maleki Farahani, S., Sharghi, Y., and Zahedi, H., 2014. Influence of vermicompost and bacterium of *Bacillus* and *Pseudomonas* on growth, yield and morphological traits of saffron. *Agron. Applied Sci. Agric.* 9(3), 933-941.
- Azarnia, M., Biabani, A., Eisund, H. R., Gholamali Pur Alamdari, A., and Safi Khani, S., 2017. Effect of seed priming with gibberellic acid and salicylic acid on germination characteristic and seed and seedlings physiological quality of lentil (*Lens culinaris*). *Iran. J. Seed Res.* 3(1), 73-59. [in Persian with English Summary].
- Cavusoglu, A., and Erkel, E.I., 2005. The effect of different planting areas and corm size on yield and harvest period of saffron (*Crocus Sativus L.*) in Kocaeli Province. *Agron. Akdeniz Univ. Fac. Agric.* 18, 179-184.
- 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. *J. Saffron Res.* 1(1), 1-12. [in Persian with English Summary].
- Douglas, M., Smallfield, B., Wallace, A., and McGimpsey, J., 2014. Saffron (*Crocus sativus L.*): The effect of mother corm size on progeny multiplication, flower and stigma production. *Sci. Hortic.* 166, 50-58.
- Emami, A.S., 1996. Methods of plant decomposition. *Technical Agronomy of Water and Soil Science, Food Organization, Train. Agric. Promotion.* 982(1), 58-28.
- Fageria, N.K., Moreira, A., and Dos Santos, A.B., 2013. Phosphorus uptake and use efficiency in field crops. *Agron. Plant Nutri.* 36, 2013-2022.
- Feli, A., Maleki Farahani, S., and Besharati, H., 2018. Effect of urea fertilizer and different organic and biological fertilizers on qualitative and quantitative yield and some soil properties in saffron (*Crocus sativus L.*) culture. *Agron. Agric. Prod.* 20(2): 356-345.
- Han, H.S., Supanjani, S., and Lee, K.D., 2006. Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Plant Soil. Environ.* 52(3), 6-130.
- Hassanzadeh Aval, F., Rezvani Moghaddam, P., Bannayan Aval, M., and Khorasani, R., 2014. Effects of maternal corm weight and foliar application on replacement corm characteristics and flower yield of saffron (*Crocus sativus L.*) in the first year. *J. Saffron Res.* 2(1), 73-84. [in Persian with English Summary].
- Heidari, Z., Besharati, H., and Maleki Farahani, S., 2014. Effect of some chemical fertilizer and biofertilizer on quantitative and qualitative characteristics of Saffron. *Saffron Agron. Technol.* 3 (2), 177-189. [in Persian with English Summary].
- Hoseinifard, M.S., Ghorbani Javid, M., Allahdadi, I., and Soltani, E., 2018. The Effect of hormone priming and corm weight on the yield of flowers and characteristics of daughter corms of saffron in the first year. *Saffron Agron. & Technol.* 6(1), 3-15. [in Persian with English Summary].
- Kafi, M., Koocheki, A., Rashed, M.H., Nassiri, M.H., 2002. *Saffron (Crocus sativus L.): Production and Processing*. Ferdowsi University of Mashhad, Iran. 276 pp. [in Persian].
- Khanlo, Z., Nasrollahzadeh Asl, A.H., Alizadeh, A., and Haji Hassani Asl, N., 2009. Effect of fertilized phosphate 2 fertilizer on yield and yield components of potato cultivars in Chaldaran region. *Agron. Res. Crop Sci.*

- 3(1), 13-1. [in Persian with English Summary].
- Koocheki, A., Seyyedi, S.M., Azizi, H., and Shahriari, R., 2014. The role of maternal corm size, organic fertilizers and nutrient spraying on corm behavior and phosphorus uptake in saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agron. & Technol.* 2(1), 16-3. [in Persian with English Summary].
- Madani, H., Malboobi, A., and Hassan Abadi, H. 2004. Influence of fertilizer phosphate biofertilizer 2 on yield and other agronomic traits of potato (*Agria* cultivar). Faculty of Agriculture and Natural Resources Islamic Azad University, Arak Branch, Iran. [in Persian with English Summary].
- Mardani Asl, S.A., 2017. Effect of corm weight and planting density on saffron yield and female corm characteristics under cultivation conditions between rows of apple trees in Firouzabad village, Yasouj. Master of Science Degree in Agricultural Sciences, Iran. [in Persian with English Summary].
- Mashayekhi, K., Kamkar, B., and Soltani, A., 2006. Effect of corm weight and environmental temperature on saffron agronomic behavior. *Second International Conference on Saffron Biology and Biotechnology*, 28-30. [in Persian with English Summary].
- Nadian, H., Heydari, M., Karineh, M.H., and Daneshvar, M.H., 2013. Effect of different levels of sodium chloride and mycorrhizal colonization on the growth and uptake of phosphorus, potassium and sodium by saffron (*Crocus sativus* L.). *Crop Prod. (Agric. J.)* 36(2), 59-49. [in Persian with English Summary].
- Naghdbadi, H., Omidi, H., Golzad, A., Torabi, H., and Fotokian, M.E., 2011. Changes in crocin, picrocinn and safranal levels and agronomic properties of saffron (*Crocus sativus* L.) under the influence of phosphorus and chemical fertilizers. *J. Medic. Plants.* 1(1), 1-3. [in Persian with English Summary].
- Narula, N., Kumar, V., Behl, R.K., Deubel, A., Gransee, A., and Merbach, W., 2000. Effect of Psolubilizing *Azotobacter chroococcum* on N, P, and K uptake in P-responsive wheat genotypes grown under greenhouse conditions. *J. Plant Nutri. Soil Sci.* 163, 393-398.
- Nassiri Mahallati, M., Koocheki A., Boroomandzadeh, 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.). *Iran. Agron. Crop Res.* 5(1), 166-155. [in Persian with English Summary].
- Novozamsky, I., van Eck, R., van Schouwenburg, J.C., and Walinga, I., 1974. Total nitrogen determination in plant material by means of the indophenol blue method. *Netherland Agron. Agric. Sci.* 22, 3-5.
- Parray, J.A., Kamili, A.N., Reshi, Z.A., Hamid, R., and Qadri, R.A., 2013. Screening of beneficial properties of rhizobacteria isolated from saffron (*Crocus sativus* L) rhizosphere. *Afric. J. Microbiol. Res.* 7(23), 2905-2910.
- Rasouli, Z., Maleki Farahani, S.A., and Evangelism, H., 2014. Investigation of trend changes in saffron underground organic application of organic, biological and chemical fertilizers. *Agron. Soil Res. (Soil and Water Sci.)* 28(2), 312-295.
- Renau-Morata, B., Nebauer, S.G., Sánchez, 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.). *Ind. Crops. Prod.* 39, 40-46.
- 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. *J. Saffron Res.* 1(1), 13-26. [in Persian with English Summary].
- Sadeghi, B., Negari, K., and Hatami, M., 2010. Influence of planting time on saffron flower collection. *Proceedings of the Third National Saffron Conference. Ferdowsi University of Mashhad, Iran*, 517 pp. [in Persian with English Summary].
- Sahu, S.N., and Jana, B.B., 2000. Enhancement of the fertilizer value of rock phosphate engineered through phosphate-solubilizing bacteria. *Ecol. Engin.* 15, 27-39.
- Simpson, R.J., Oberson, A., Culvenor, R.A., Ryan, M.H., Veneklaas, E.J., Lambers, H., Lynch, J.P., Ryan, P.R., Delhaize, E.,

- Smith, F.A., Smith, S.E., Harvey, P.R., and Richardson, A.E., 2011. Strategies and agronomic interventions to improve the phosphorus-use efficiency of farming systems. *Plant. Soil.* 349, 89-120.
- Tavakoli, A., Sorooshzadeh, A., and Ghorbani Javid, M., 2013a. Effect of bud removal and corm size on growth traits and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agron. Agric. Technol.* 2(1), 84-69. [in Persian with English Summary].
- Tavakoli, A., Sorooshzadeh, A., and Ghorbani Javid, M., 2012b. Effect of buds removing and corm size on growth characteristics and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). 2<sup>nd</sup> National Congress of Hydroponics and Greenhouse Production of Isfahan, University of Technology, Iran, September 14<sup>th</sup>-16<sup>th</sup>, p. 244-243. [in Persian with English Summary].
- Tavakoli, A., Sorooshzadeh, A., and Ghorbani Javid, M., 2012c. Effect of foliar application of cytokine and auxin growth regulators on vegetative traits of saffron (*Crocus sativus* L.). 2<sup>nd</sup> National Congress of Hydroponics and Greenhouse Production of Isfahan University of Technology, Iran, September 14<sup>th</sup>-16<sup>th</sup>, p. 246-245. [in Persian].
- Temperini O., Rea R., Temperini A., Colla G., and Rouphael Y., 2009. Evaluation of saffron (*Crocus sativus* L.) production in Italy: Effects of the age of saffron fields and plant density. *Food, Agric. Environ.* 7(1), 19-23.
- Zand, A., Riahi, H., Zanganeh, S., and Shariatmadari, Z., 2014. Effect of coexistence with mycorrhizal fungi (*Funneliformis mosseae*) on the growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Res. Agron.* 2(2), 151-141. [in Persian with English Summary].



Original Article:

## Effects of Benzyl Aminopurine, Phosphate Solubilizing Bio-Fertilizers and Maternal Corm Weight on the Qualitative Indices of Saffron (*Crocus sativus* L.) Flowers and Daughter Corms in Yasouj Region

Afsaneh Bekhradyani Nasab<sup>1</sup>, Hamidreza Balouchi<sup>2\*</sup>, Mohsen Movahhedi Dehnavi<sup>2</sup>, Ali Sorooshzadeh<sup>3</sup>

1- M.Sc. student of Seed Science and Technology of Yasouj University, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Agriculture and Plant Breeding, Yasouj University, Iran.

3- Assistant Professor, Department of Agronomy, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran.

\*Corresponding author Email: [balouchi@yu.ac.ir](mailto:balouchi@yu.ac.ir)

Received 24 August 2019; Accepted 21 December 2019

### Abstract

Saffron is one of the most important crops and medicinal plants in Iran. The research was accomplished in order to investigate the effects of Benzyl aminopurine hormone, bio-fertilizers (Phosphate Barvar 2 and mycorrhiza) and mother corm weights on quantitative indices of saffron such as daughter corms and flowers yield as factorial layout based on a randomized complete block design with three replications in Yasouj region. Experimental treatments consisted of large (7.1-10 g) and small (4-7 g) mother corms, priming with benzyl aminopurine at three concentrations of 0, 250 and 500 mg.l<sup>-1</sup> and three levels of biofertilizer (control, mycorrhiza (*Glomus mosseae*) and fertilizer, Phosphate Barvar 2). The results showed that all quantitative traits of daughter corm were significantly affected by hormonal priming and mother corm weight (except for daughter corm weight); but biofertilizer had only significant effect on daughter corm number and flower dried weight. Hormonal priming at concentration of 250 mg.l<sup>-1</sup> was increased the number and weight of daughter corms up to 30 and 27%, respectively, and dried weight of stigma and stamen up to 26% compared to control. Also, all flower components and number of daughter corms were significantly increased by using larger mother corms than small size. The use of biofertilizers was enhanced daughter corm number and weight up to 13 and 59% compared to control, respectively. Phosphorus and zinc concentrations in daughter corms was increased only under the influence of mycorrhiza symbiosis. Whereas, with the use of benzyl aminopurine and mycorrhiza symbiosis, the iron concentration was increased twice as much as the control. Generally, the highest value for most traits was observed for 250 mg.l<sup>-1</sup> application of benzyl aminopurine, biofertilizers and larger mother corms (7.1-10 g).

**Keywords:** Cytokinin, Mycorrhiza, Plant growth regulator, Phosphate Barvar 2.