



Evaluation of Fulzyme Plus-SP Biological Fertilizer and Aminofol Biostimulant on Some Vegetative and Reproductive Traits of Saffron (*Crocus sativus* L.)

Mina Gholampour¹, Hossein Sadeghi² and Vahid Akbarpour^{3*}

Article type:

Research Article

Article history:

Submitted: 29 June 2024

Revised: 11 October 2024

Accepted: 8 December 2024

Available Online: 8 December 2024

How to cite this article:

Gholampour, M., Sadeghi, H., Akbarpour, V. 2024. Evaluation of Fulzyme Plus-SP Biological Fertilizer and Aminofol Biostimulant on Some Vegetative and Reproductive Traits of Saffron (*Crocus sativus* L.). Saffron Agronomy & Technology, 12(3), 305-326.

DOI: 10.22048/jsat.2024.465316.1534

Abstract

Saffron Yield and flowering depend on several factors, including the size of the corms. The production of daughter corms and the yield of flowers depend on the size of the mother corms. Large corms produce more corms and flowers per unit surface. In this investigation, the effect of Aminofol and Fulzyme Plus-Sp fertilizers simultaneously on the size of the corms and the yield of stigmas were studied. This experiment was conducted in 2018- 2019 on a saffron farm in Farim city 65 kilometers away from Sari city, with an altitude of 818 meters above sea level in a factorial form based on a randomized complete block design with nine treatments and three replications. In this research, saffron corms were prepared from Torbat- Jam landrace. Study treatments included Aminofol biostimulant (0, 125 and 250 mL.L⁻¹) and Fulzyme Plus-SP biological fertilizer (0, 2.5 and 5 g.L⁻¹). The results showed that the interaction effect of aminofol foliar and application of Fulzyme plus-SP biofertilizer on the fresh weight of the leaf was significant at $p < 0.01$, although the effect of these treatments on the number of leaves, dry weight of leaf, fresh weight of the daughter corms, the diameter of the daughter corms, fresh weight of flower and petals were significant at $p < 0.05$. The maximum number of leaves, fresh weight of leaves and dry weight of leaves were observed using Fulzyme Plus-SP biological fertilizer and Aminofol biostimulant (A2F2). Also, the highest fresh weight of daughter corms and diameter of daughter corms after usage of Fulzyme Plus-SP biofertilizer and biostimulant Aminofol (A2F1) 57.71% and 22.56% respectively increased compared to the control one. The maximum fresh weight of flowers and petals was discovered with the application of Fulzyme Plus-SP and biostimulant Aminofol (A2F1 biological fertilizers. Moreover, these biological fertilizers had a positive impact on the morphological characteristics of saffron leaves and corms, causing an increasing the photosynthetic organs and growth of daughter corms. Therefore, the using of these two

¹ Former M.Sc. Student of Medicinal Plants, Department of Horticultural Sciences and Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari

² Associated Professor of Horticultural Sciences and Engineering Department, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari

³ Assistant Professor of Horticultural Sciences and Engineering Department, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari

Corresponding author email: v.akbarpour@sanru.ac.ir



compounds led to an increase in corms weighing more than 20 grams. Also, these fertilizers increased the flowers and stigmas of saffron by more than 30% compared to not using them in the next year by increasing the number and size of saffron corms.

Keywords: Amino acid, Foliar nutrition, Saffron, Stigma Yield, Biostimulant

مقاله پژوهشی

ارزیابی کاربرد کود بیولوژیک فولزایم پلاس اس پی و اسید آمینه آمینوفول بر برخی صفات رویشی و زایشی زعفران

مینا غلامپور^۱، حسین صادقی^۲ و وحید اکبرپور^{۳*}

تاریخ دریافت: ۹ تیر ۱۴۰۳

تاریخ بازنگری: ۲۰ مهر ۱۴۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۸ آذر ۱۴۰۳

غلامپور، م.، صادقی، ح.، و اکبرپور، و. ۱۴۰۳. ارزیابی کاربرد کود بیولوژیک فولزایم پلاس اس پی و اسید آمینه آمینوفول بر برخی صفات رویشی و زایشی زعفران. زراعت و فناوری زعفران، ۱۲(۳): ۳۰۵-۳۲۶.

چکیده

عملکرد و گلدهی گیاه زعفران به عوامل متعددی از جمله اندازه بنه‌ها بستگی دارد. تولید بنه‌های دختر و عملکرد گل به اندازه بنه‌های مادری بستگی دارد. بنه‌های بزرگ تعداد بنه دختر و گل بیشتری در واحد سطح تولید می‌کنند. در این پژوهش تأثیر تغذیه اسید آمینه آمینوفول و کود بیولوژیک فولزایم پلاس اس پی به‌طور همزمان بر اندازه بنه‌ها و عملکرد کلاله‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. این پژوهش در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در شهر فریم واقع در ۶۵ کیلومتری جنوب شهرستان ساری با ارتفاع ۸۱۸ متری از سطح دریا به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نه تیمار و سه تکرار انجام شد. در این پژوهش، بنه‌های زعفران از توده تربت جام تهیه شد. تیمارهای آزمایشی عبارتند از: محرک زیستی اسید آمینه آمینوفول (صفر، ۱۲۵ و ۲۵۰ میلی‌لیتر در لیتر) و کود بیولوژیک فولزایم پلاس اس پی (صفر، ۲/۵ و پنج گرم در لیتر). نتایج نشان داده است که برهمکنش محلول پاشی آمینوفول و کاربرد فولزایم پلاس اس پی بر وزن تر برگ در سطح احتمال یک درصد و بر تعداد برگ، وزن خشک برگ، وزن تر بنه دختر، قطر بنه دختر، وزن تر گل و گلبرگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. بیشترین تعداد برگ در بوته، وزن تر برگ در بوته، وزن خشک برگ در بوته با کاربرد همزمان کود بیولوژیک فولزایم پلاس اس پی و محرک زیستی آمینوفول (A2F2) به دست آمد. برهمکنش کود بیولوژیک فولزایم پلاس اس پی و محرک زیستی آمینوفول (A2F1) بیشترین وزن تر بنه دختر و قطر بنه دختر را نشان داد، به طوری که صفات وزن تر بنه دختر و قطر بنه دختر به ترتیب افزایش ۵۷/۷۱ درصدی و ۲۲/۵۶ درصدی نسبت به شاهد داشت. بیشترین وزن تر گل و وزن تر گلبرگ با کاربرد همزمان کود بیولوژیک فولزایم پلاس اس پی و محرک زیستی آمینوفول (A2F1) حاصل شد. کاربرد کودهای زیستی و بیولوژیک بر صفات مورفولوژیکی برگ و بنه زعفران اثرات مثبت و افزایش‌دهنده داشت و سبب توسعه اندام فتوسنتزکننده و افزایش رشد بنه‌های دختر شد به گونه‌ای که کاربرد توأم این دو ترکیب سبب تولید بنه‌های دختر با وزن بیش از ۲۰ گرم شد. این کودها با تأثیر بر بنه‌های زعفران و افزایش اندازه آن سبب افزایش عملکرد گل و کلاله زعفران بیش از ۳۰ درصد نسبت به عدم استفاده در سال بعد شد.

کلمات کلیدی: اسید آمینه، تغذیه برگ، زعفران، عملکرد کلاله، محرک زیستی.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- استادیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(*) نویسنده مسئول: v.akbarpour@sanru.ac.ir

مقدمه

زعفران (*Crocus sativus* L.) با نام عمومی Saffron از خانواده زنبقیان (Iridaceae)، گیاهی تک لپه‌ای، یکساله و به صورت پیازی می‌باشد. این گیاه به دلیل تریپلوئید بودن ($2n=3x=24$)، عقیم است و تکثیر آن به صورت رویشی و صرفاً توسط بنه انجام می‌شود (Kafi et al., 2002). این گیاه، یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی، جایگاه ارزشمندی میان محصولات صادراتی ایران دارد. بر اساس آخرین آمار رسمی وزارت جهاد کشاورزی سطح زیر کشت زعفران ۱۲۱۲۵۰ هکتار و میزان تولید آن بیش از ۴۳۰ تن در سال ۱۳۹۹ بود (Agricultural statistics., 2019). عملکرد و گلدهی زعفران به عوامل متعددی از جمله اندازه بنه‌ها بستگی دارد؛ به طوری که بنه‌های کوچک فقط رشد رویشی داشته و برگ تولید می‌کنند (Rees, 1988). رابطه نزدیکی میان اندازه بنه و گلدهی زعفران وجود دارد. تولید بنه‌های دختری و میزان عملکرد گل به اندازه بنه‌های مادری بستگی دارد (Kaushal & Upadhyay, 2002). بنه‌های بزرگ به دلیل دارا بودن ذخیره غذایی بیشتر و سیستم ریشه‌ای گسترده‌تر، تعداد جوانه‌های بیشتری دارند. بنابراین می‌توانند تعداد بنه و گل بیشتری در واحد سطح تولید کنند (Koocheki & Seyyedi, 2015). بنه‌های درشت با تولید بنه‌های دختری بیشتر با وزن مطلوب، ظرفیت گل‌آوری مزرعه را در سال‌های بعد افزایش می‌دهند (Ghasemi-Rooshnavand et al, 2009). بنه‌های با وزن بیش از هشت گرم و قطر بیش از سه سانتی‌متر توان گلدهی بسیار بیشتری به ویژه در سه سال اول پس از کشت دارند (Mollafilabi, 2004)؛ به طوری که بیشترین گلدهی در بنه‌های بیش از بیست گرم مشاهده شد (Mashayekhi et al., 2006). نتایج مطالعه کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2006) نشان داد با افزایش وزن بنه، خصوصیات رشدی نظیر فاصله زمانی تا ظهور

اندام‌های هوایی، زیست‌توده اندام‌های هوایی، وزن خشک ریشه و تعداد جوانه‌های فعال در هر بنه به طور معنی‌داری افزایش یافت. علیزاده سالطه (Alizadeh-Salteh, 2015) با بررسی تأثیر چهار گروه وزنی بنه‌های مادری زعفران بر عملکرد بنه زعفران، اظهار داشت که این صفات به طور معنی‌داری تحت تأثیر وزن بنه مادری قرار گرفتند.

سطح برگ گیاه یکی از عوامل مهم برای دریافت تشعشع و فتوسنتز می‌باشد. میزان مواد حاصل از فتوسنتز که به بنه‌ها و ریشه‌ها منتقل می‌شود به سطح فتوسنتزکننده و کارایی فتوسنتز در واحد سطح بستگی دارد (Behnia & Mokhtari, 2010). نحوه استقرار برگ زعفران در طی فصل رشد به گونه‌ای است که از نظر فیزیولوژیکی راندمان فتوسنتزی بالایی ندارد. بنابراین محلول‌پاشی به منظور رشد بیشتر اندام هوایی و تغذیه بنه‌ها در طول زمستان می‌تواند مطلوب باشد. محلول‌پاشی برگ می‌تواند تأثیر فراوانی بر رشد و افزایش ذخایر بنه‌ها داشته باشد (Kafi et al., 2002). مولینا و همکاران (Molina et al., 2005) نتیجه گرفتند رشد و نمو زودتر برگ‌ها تحت تأثیر تغذیه مناسب، امکان استفاده بهتر از شرایط محیطی، افزایش تولید مواد فتوسنتزی و بهبود شرایط رشدی را برای بنه به همراه دارد. این امر در نهایت سبب تشکیل بنه‌های بزرگ‌تر در پایان فصل رشد خواهد شد. پارای و همکاران (Parray et al., 2013) گزارش کردند کاربرد کودهای زیستی به دلیل افزایش رشد و درشت کردن بنه‌های زعفران، سبب افزایش عملکرد می‌شود. در مطالعات اخیر استفاده از اسیدهای آمینه در تغذیه گیاهی توسعه فراوانی یافته است. اسیدهای آمینه می‌توانند با افزایش جذب مواد غذایی و آب، افزایش سرعت فتوسنتز و در نهایت افزایش ماده خشک، عملکرد و کیفیت محصولات را افزایش دهند. در مناطق سرد و یا مناطقی که خاک آن‌ها از نظر نیتروژن فقیر باشد، اسیدهای آمینه می‌توانند به عنوان منبع مهمی از نیتروژن در اختیار گیاه

قرار گیرند (Owen & Jones, 2001). در پژوهشی توسط قوی و صدرآبادی حقیقی (Ghavi & Sadrabadi Haghighi, 2015) بر روی زعفران، مشخص شد کود زیستی حاوی اسیدهای آمینه نسبت به سایر کودها موجب افزایش عملکرد کلاله زعفران و تولید بنه‌های بیشتر از هشت گرم شد. نتایج پژوهش خندان ده‌آرباب و همکاران (Khandan Deh Arbab et al., 2020) نشان می‌دهد به کارگیری محرک زیستی نوافل حاوی اسیدهای آمینه سبب افزایش معنی‌دار صفات تعداد گل، عملکرد گل، عملکرد کلاله و محتوای کلروفیل نسبت به عدم کاربرد این ترکیب شد. در این پژوهش استفاده از اسیدهای آمینه رشد رویشی و زایشی گیاه زعفران را افزایش داد. امامی و همکاران (Emami et al., 2018) اظهار داشتند استفاده از ترکیب کودی حاوی اسیدهای آمینه به همراه کود کامل سبب تولید بیشترین تعداد گل در متر مربع، میانگین طول کلاله، عملکرد تر گل، عملکرد کلاله + خامه و عملکرد کلاله در گیاه زعفران شد. کاربرد ترکیبات دارای اسیدهای آمینه آزاد با افزایش درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجب افزایش پروتئین دانه نخود گردید (Mahmoudi & Alizadeh, 2012).

از منابع جدید کودی که برای تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاهان استفاده می‌شود، می‌توان به کودهای بیولوژیک اشاره کرد که از مؤثرترین شیوه‌های مدیریتی برای حفظ کیفیت خاک محسوب می‌شود (Fallahi et al., 2009). دسته‌ای از کودهای بیولوژیک شامل ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه یا اصطلاحاً PGPR با تشکیل کلونی در ناحیه ریزوسفر و یا در بخش‌های داخلی گیاه، سبب متحرک‌سازی عناصر غذایی موجود در خاک می‌شوند. این باکتری‌ها با استقرار در اطراف ریشه، عناصر غذایی را از شکل غیرقابل دسترس به شکل قابل دسترس برای گیاه زراعی تبدیل می‌کنند (Chen, 2006). پارای و همکاران (Parray et al., 2013) گزارش کرده‌اند که کاربرد کود زیستی

۴ Plant Growth Promoting Rhizobacteria

PGPR حاوی باکتری‌های باسیلوس و سودوموناس از طریق افزایش وزن بنه‌ها، سبب افزایش عملکرد زعفران شد. امینی و همکاران (Amini et al., 2014) در آزمایشی گزارش نمودند که کاربرد کود زیستی فسفره حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفر (سودوموناس و باسیلوس) عملکرد زعفران را به طور معنی‌داری افزایش داد. در مطالعه دیگری تیمار باکتری باسیلوس سوبتیلیس عملکرد کلاله خشک را ۱۲ درصد افزایش داد (Sharaf-Eldin et al., 2008). در پژوهشی توسط حیدری و همکاران (Heydari et al., 2014)، خصوصیات کمی و کیفی زعفران را با مصرف کود شیمیایی نیتروژن و تلقیح بنه‌ها با کود زیستی حاوی سودوموناس پوتیدا و باسیلوس لتوس مورد بررسی قرار گرفت. آن‌ها دریافتند که کود زیستی همراه با ۵۰ کیلوگرم نیتروژن باعث افزایش ۲۱۷ درصدی عملکرد خشک کلاله نسبت به شاهد شد. همچنین سبب افزایش خصوصیات کیفی برگ زعفران شد؛ به طوری که مقدار فسفر، روی و مس را نسبت به شاهد افزایش داد. با توجه به این که اندازه بنه یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده گل‌آغازی (Dole et al., 1999)، فعال شدن جوانه‌های موجود بر روی بنه‌ها و تعداد برگ‌ها می‌باشد (Pandey et al., 1979)، تولید بنه‌های درشت از اهمیت زیادی برخوردار است. نتایج مطالعات انجام شده به خوبی تأثیر اسیدهای آمینه، کودهای شیمیایی و زیستی را بر افزایش وزن بنه نشان می‌دهد، اما تأثیر کاربرد همزمان آن‌ها کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. بنابراین در این پژوهش تأثیر محلول‌پاشی آمینوفول و کود آبیاری فولزایم پلاس اس پی به طور همزمان بر اندازه بنه‌ها و عملکرد کلاله‌ها مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای آزمایش

این آزمایش در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در یک مزرعه یک

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک بستر کشت

Table 1- The results of the physicochemical analysis of the soil

عمیق (سانتی متر) Depth (cm)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) Electrical conductivity (dS.m ⁻¹)	اسیدیته کل السیع pH	کربن آلی Organic carbon (%)	مواد آلی Organic materials (%)	فسفر (میلی گرم در کیلوگرم) Phosphorus (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم (میلی گرم در کیلوگرم) Potassium (mg.kg ⁻¹)	ماسه Clay (%)	لای Silt (%)	ریس Sand (%)
0-30	6.5	7.5	2.1	3.6	7.5	201	38	32	30

ساله در شهر فریم واقع در ۶۵ کیلومتری جنوب شهرستان ساری با عرض جغرافیائی ۳۶ درجه و نه دقیقه و ۳/۵۱ ثانیه شمالی و طول جغرافیائی ۵۳ درجه و ۲۰ دقیقه و ۴۰/۸۵ ثانیه شرقی و ارتفاع ۸۱۸ متری از سطح دریا انجام شد. این منطقه در اقلیم معتدل و مرطوب کوهستانی قرار می گیرد. عمده نزولات زمستانه آن به صورت برف و متوسط بارندگی آن ۶۰۰-۷۰۰ میلی متر است. خاک این منطقه دارای بافت سبک یا سیلتی-لومی تا کمی سنگین یا رسی-لومی است. پیش از انجام عملیات آماده سازی و اجرای آزمایش، به منظور تعیین وضعیت عناصر غذایی خاک مزرعه از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متری خاک سه نمونه به صورت مخلوط تهیه شد. برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی بررسی شده در جدول ۱ ارائه شده است.

نحوه انجام آزمایش

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با نه ترکیب تیماری و سه تکرار انجام شد. فاکتور اول محلول پاشی محرک زیستی آمینو فول حاوی اسیدهای آمینه در سه سطح (A0: صفر، A1: ۱۲۵ میلی لیتر در لیتر و A2: ۲۵۰ میلی لیتر در لیتر) و فاکتور دوم کود بیولوژیک فولزایم پلاس اس پی در سه سطح (F0: صفر، F1: ۲/۵ گرم در لیتر و F2: پنج گرم در لیتر) بود. اسید آمینه مورد استفاده در این پژوهش، اسید آمینه آمینو فول ساخت شرکت گرین ایتالیا حاوی پنج درصد ان-استیل-تیا زولیدین-چهار-کربوکسیلیک اسید، ۰/۱ درصد فولیک اسید و ۹۴/۹ درصد رقیق کننده ها و مواد افزودنی می باشد. فولزایم پلاس اس پی ساخت شرکت JH biotech آمریکا حاوی ۲۰ درصد اسید آمینه، ۶۷ درصد قند و اسید سیتریک، باکتری های مفید خاکزی باسیلوس سوتیلیس و سودوموناس پوتیدا با غلظت دو 10^{10} کلونی در هر گرم، یک درصد تخمیر عصاره تریکودرما، دو درصد بیوماس باکتریایی در هر گرم و کمپلکس آنزیمی (پروتاز، آمیلاز، کیتیناز و لیپاز) بود.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات رویشی مورد مطالعه زعفران
Table 2- Analysis of variance (mean square) of some vegetative traits studied in saffron

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد برگ Number of leaves	میانگین طول برگ Average length of leaves	وزن تر برگ Fresh weight of leaves	وزن خشک برگ Dry weight of leaves	تعداد پشته‌های دختری Number of daughter corms	وزن تر پشته دختری Fresh weight of daughter corms	وزن خشک پشته دختری Dry weight of daughter corms	قطر پشته دختری Diameter of daughter corms
تکرار Rep	2	8.89 ^{ns}	12.14 ^{ns}	1.68 ^{ns}	0.37 ^{ns}	0.15 ^{ns}	6.35 ^{ns}	1.03 ^{ns}	4.66 ^{ns}
فولزایم پلاس اسپی Fulzime Plus- SP	2	18.30 ^{ns}	89.55 ^{**}	6.25 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.12 ^{ns}	4.21 ^{ns}	0.049 ^{ns}	11.12 ^{ns}
آمینوفول Aminofol فولزایم پلاس اسپی * آمینوفول Fulzime Plus- SP * Aminofol	2	49.34 [*]	13.29 ^{ns}	3.55 ^{ns}	0.32 ^{ns}	0.23 ^{ns}	124.03 ^{**}	13.82 ^{**}	93.41 ^{**}
خطا Error	4	48.89 [*]	10.75 ^{ns}	9.84 ^{**}	0.65 [*]	0.078 ^{ns}	28.48 [*]	2.83 ^{ns}	16.73 [*]
ضریب تغییرات (%) C.V. (%)	16	12	9.12	1.95	0.14	0.09	6.04	1.79	4.42
	-	19.25	5.97	13.24	19.98	18.44	13.62	20.83	6.57

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

ns, * and ** non-significant and significant at the 5% and 1% probability level, respectively.

Aminofol (A0, A1, A2) Fulzime Plus SP (F0, F1, F2)

آماده‌سازی زمین شامل شخم، تسطیح و کوددهی به عمق ۳۰-۴۰ سانتی‌متری، اواخر بهار و اوایل تابستان سال ۱۳۹۷ انجام شد. پیش از کاشت، کودهای پایه حاوی فسفر و پتاسیم به مزرعه افزوده شد. بنه‌ها اواسط تابستان سال ۱۳۹۷ به صورت ردیفی و با فاصله ۳۰ سانتی‌متری بین ردیف و با عمق ۱۵-۲۰ سانتی‌متری کاشته شد. بدین صورت که ابتدا شیاری به عمق ۲۰ سانتی‌متر در زمین ایجاد شده و بنه‌ها با فاصله سه سانتی‌متری از یکدیگر درون شیار قرار گرفت. در زمان کاشت از بنه‌هایی با میانگین وزنی هشت تا ۱۰ گرم از توده تربت جام استفاده شد که در ۲۷ کرت با ابعاد ۱۰۵ در دو متر کاشته شد. فاصله بین کرت‌ها ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کشت به صورت دیم و وابسته به باران بود. بعد از اتمام گلدهی در پاییز ۱۳۹۷ و با شروع رشد رویشی گیاه زعفران، تغذیه برگ‌گی اسیدآمینو آمینوفول در سه نوبت در مرحله رشد رویشی در هفته سوم ماه‌های بهمن، اسفند و فروردین در روزهای نسبتاً آفتابی و بدون باد، زمانی که میزان شبنم صبح‌گاهی موجود روی برگ‌ها کاهش یافت، با فشار ثابت صورت گرفت. کود بیولوژیک فولزایم پلاس اس‌پی در دو مرحله (مرحله اول بعد از اتمام گلدهی در پاییز ۱۳۹۷ و مرحله دوم ۳۰ روز بعد از مرحله اول) به صورت کود آبیاری در بستر کاشت بنه‌ها به خاک افزوده شد.

اندازه‌گیری صفات رویشی زعفران

به فاصله دو هفته بعد از آخرین مرحله محلول‌پاشی، برگ‌های پنج بوته از محل خروج از خاک به طور تصادفی از هر ردیف در هر کرت برداشت و برای اندازه‌گیری صفات به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه ابتدا تعداد برگ‌ها شمارش و با استفاده از خط‌کش میانگین طول برگ‌ها اندازه‌گیری شد. سپس برگ‌ها برای تعیین وزن خشک به مدت ۷۲ ساعت با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شد. برای مطالعه اثر

تیمارهای اعمال شده بر عملکرد بنه‌های دختری در نیمه خرداد ۱۳۹۸ پس از زرد شدن کامل اندام‌های هوایی و زمانی که بنه‌ها در خواب بودند، از ردیف‌های میانی هر کرت با ابعاد ۱۰۰×۳۰ سانتی‌متری، تعدادی بوته به صورت تخریبی و به طور تصادفی از خاک خارج و برای اندازه‌گیری صفات به آزمایشگاه منتقل شد. بنه‌های جمع‌آوری شده پس از تمیز شدن از خاک به همراه فلس‌های پوششی روی آن‌ها وزن شدند. بنه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد درون آون قرار گرفتند و سپس وزن خشک آن‌ها تعیین شد. برای اندازه‌گیری وزن و قطر بنه‌ها به ترتیب از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم و کولیس دیجیتالی استفاده شد.

اندازه‌گیری صفات زایشی زعفران

گلدهی زعفران اواخر مهرماه ۱۳۹۸ شروع شد و به مدت یک ماه ادامه داشت. گل‌ها اوایل صبح به صورت روزانه با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای از کل سطح کرت‌ها برداشت و وزن تر آن‌ها اندازه‌گیری شد. تعداد گل‌ها در واحد سطح، از طریق شمارش تعداد گل‌های برداشت شده محاسبه شد. برای تعیین میانگین طول کلاله و طول گل، تعدادی گل به صورت تصادفی برداشت و اندازه‌گیری شد. کلاله‌های جدا شده در محیط اتاق در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت چهار تا شش روز در محیط تاریک تا خشک شدن کامل قرار گرفت. برای تعیین وزن گل و کلاله، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و وزن خشک آن‌ها با ترازوی حساس اندازه‌گیری شد. کلاله‌ها و گل‌های خشک شده در ظروف تیره با درب بسته، تا انجام آزمون‌های بعدی در یخچال نگهداری شدند. پس از جمع‌آوری کلیه داده‌ها، آنالیز آماری داده‌ها توسط نرم افزار sas انجام شد. مقایسه میانگین به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. اشکال و نمودارها نیز با نرم افزار Excel رسم گردید.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات زایشی مورد مطالعه زعفران

Table 3-Analysis of variance (mean square) of some reproductive traits studied in saffron

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد گل Number of flowers	وزن تر گل Fresh weight of flower	طول گل Length of flower	طول کلاله Length of stigma	وزن تر گلبرگ Fresh weight of petal	وزن خشک گلبرگ Dry weight of petal	وزن خشک کلاله Dry weight of stigma
تکرار Rep	2	2362.33 ^{ns}	503.87 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.003 ^{ns}	149.46 ^{ns}	1.08 ^{ns}	0.11 ^{ns}
فولزایم پلاس اس بی Fulzyme Plus- SP	2	9320.33 ^{ns}	3941.92*	0.20 ^{ns}	0.12*	3330.27*	40.36*	0.35*
آمینوفول Aminofol	2	2155.44 ^{ns}	840.46 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.013 ^{ns}	1166.69 ^{ns}	29.25 ^{ns}	0.16 ^{ns}
فولزایم پلاس اس بی # آمینوفول Fulzyme Plus- SP * Aminofol	4	4090.44 ^{ns}	2346.21*	0.35 ^{ns}	0.007 ^{ns}	2428.21*	10.48 ^{ns}	0.12 ^{ns}
خطا Error	16	4112.41	772.76	0.8	0.03	640.55	8.22	0.07
ضریب تغییرات (%) C.V. (%)	-	26.78	23.98	10.95	4.64	24.09	24.92	19.24

ns, * and ** non-significant and significant at the 5% and 1% probability level, respectively.

ns, * and ** non-significant and significant at the 5% and 1% probability level, respectively.

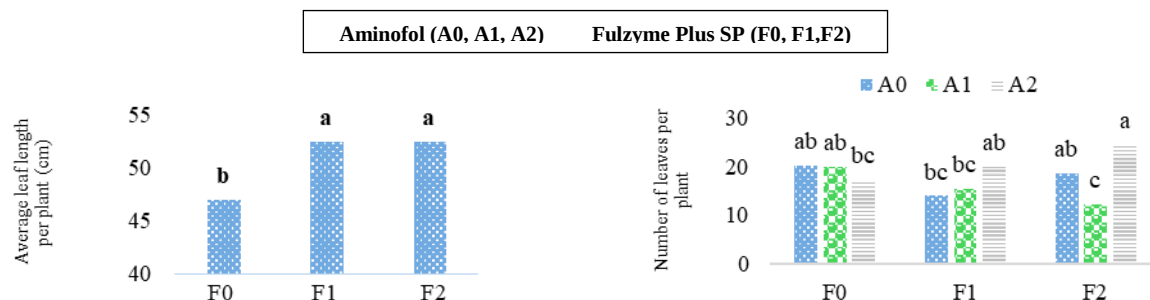
نتایج و بحث

صفات رویشی زعفران

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد برهمکنش تیمارهای آزمایشی بر صفت وزن تر برگ در سطح احتمال یک درصد و بر صفات تعداد برگ در بوته، وزن خشک برگ در بوته، وزن تر بنه دختری و قطر بنه دختری در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. اثر ساده تیمار فولزایم پلاس اس پی بر صفت میانگین طول برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر ساده تیمار اسیدآمینو آمینوفول بر صفت وزن خشک بنه دختری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. تعداد بنه‌های دختری

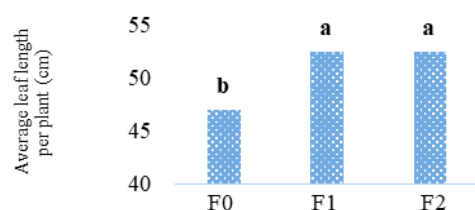
تحت تأثیر هیچ یک از تیمارها قرار نگرفت (جدول ۲).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داده است که بیشترین تعداد برگ (۲۴ برگ در بوته) مربوط به تیمار آزمایشی A2F2 می‌باشد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای A0F0، A1F0، A2F1 و A0F2 نداشت. کمترین تعداد برگ (۱۲ برگ در بوته) در تیمار A1F2 مشاهده شد (شکل ۱). بیشترین میانگین طول برگ (۵۲/۳ سانتی‌متر) مربوط به تیمار A0F1 می‌باشد که تفاوت معنی‌داری با تیمار A0F2 نداشت. کمترین میانگین طول برگ در تیمار شاهد (۴۶/۹۱ سانتی‌متر) به دست آمد (شکل ۲).



شکل ۱- برهمکنش آمینوفول و فولزایم پلاس اس پی بر تعداد برگ در بوته

Figure 1- Aminofol and Fulzyme Plus SP interaction on the number of leaves per plant.



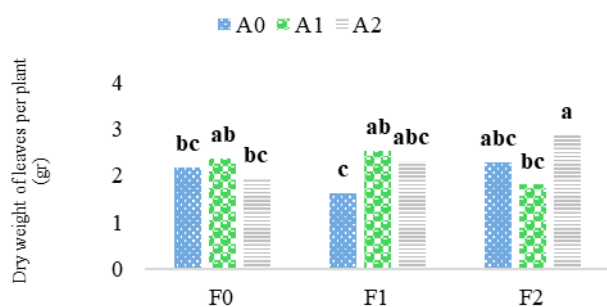
شکل ۲- اثر ساده فولزایم پلاس اس پی بر میانگین طول برگ در بوته

Figure 2- Simple effect of Fulzyme Plus SP on average leaf length per plant.

(۲۴/۸۴ گرم) در تیمار A2F1 مشاهده شد که افزایش ۵۷/۷۱ درصدی نسبت به شاهد نشان داد؛ گرچه میان این تیمار با تیمار A2F0 اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین وزن تر بنه دختری در تیمار A0F1 مشاهده شد که با تمامی تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌دار داشت (شکل ۵). بر اساس مقایسه میانگین‌ها بیشترین وزن خشک بنه دختری (۷/۷۹ گرم) مربوط به تیمار A2F0 می‌باشد که اختلاف معنی‌داری با دو سطح دیگر آمینوفول داشت. کمترین وزن خشک بنه دختری (۵/۳۹ گرم) در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۶).

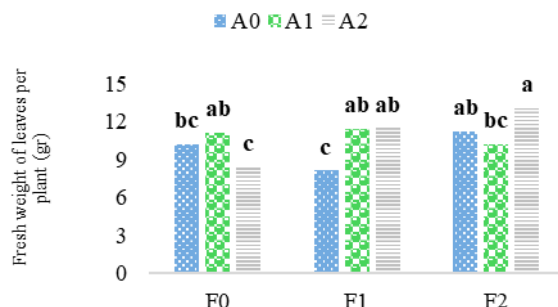
بر اساس نتایج مقایسه میانگین بیشترین وزن تر برگ در بوته (۱۳/۰۳ گرم) در تیمار A2F2 مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد داشت. کمترین وزن تر برگ در بوته (۸/۱۰ گرم) در تیمار A0F1 مشاهده شد (شکل ۳). نتایج نشان می‌دهد که بیشترین وزن خشک برگ در بوته (۲/۸۷ گرم) مربوط به تیمار آزمایشی A2F2 می‌باشد که اختلاف معنی‌داری با شاهد داشت. کمترین وزن خشک برگ در بوته (۱/۶۳ گرم) در نتیجه کاربرد تیمار آزمایشی A0F1 حاصل شد که نسبت به تیمار برتر تفاوت معنی‌داری داشت (شکل ۴).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین بیشترین وزن تر بنه دختری



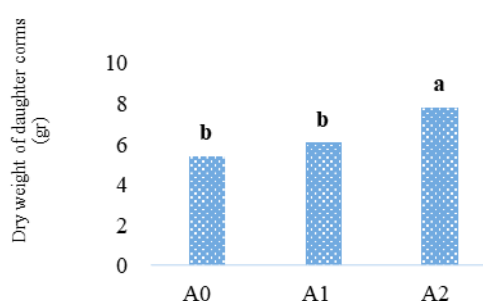
شکل ۴- برهمکنش آمینوفول و فولزایم پلاس اس پی بر وزن خشک برگ در بوته

Figure 4- Aminofol and Fulzyme Plus SP interaction on the dry weight of leaves per plant.



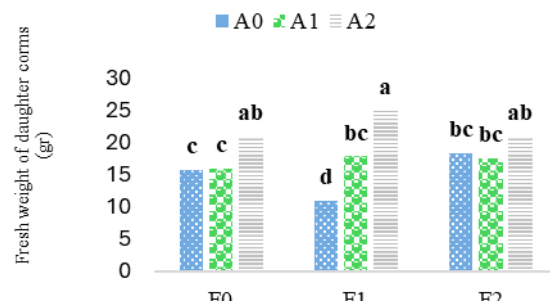
شکل ۳- برهمکنش آمینوفول و فولزایم پلاس اس پی بر وزن تر برگ در بوته

Figure 3- Aminofol and Fulzyme Plus SP interaction on the fresh weight of leaves per plant.



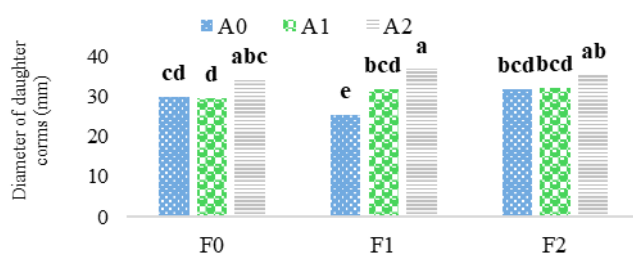
شکل ۶- اثر ساده آمینوفول بر وزن خشک بنه دختری

Figure 6- Simple effect of Aminofol on the dry weight of daughter corm.



شکل ۵- برهمکنش آمینوفول و فولزایم پلاس اس پی بر وزن تر بنه دختری

Figure 5- Aminofol and Fulzyme Plus SP interaction on The weight of daughter corm.



شکل ۷- برهمکنش آمینوفول و فولزایم پلاس اس پی بر قطر بنه های دختری

Figure 7- Aminofol and Fulzyme Plus SP interaction on the diameter of daughter corm.

برگ ها اندام اصلی دریافت کننده انرژی نورانی خورشید و مهم ترین محل انجام فتوسنتز در گیاهان هستند. با افزایش سطح برگ، میزان دریافت تشعشع افزایش می یابد. برگ ها به عنوان اندام تولیدکننده ترکیبات فتوسنتزی در مرحله رشد رویشی زعفران که طولانی ترین مرحله فنولوژیکی آن محسوب

نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که با اعمال تیمار A2F1 بیشترین قطر بنه دختری (۳۶/۹۴ میلی متر) حاصل شد که نسبت به شاهد (۳۰/۱۴ میلی متر) افزایش ۲۲/۵۶ درصدی داشت. کمترین قطر بنه دختری (۲۵/۵۷ میلی متر) در تیمار A0F1 مشاهده شد (شکل ۷).

می‌شود، مواد پرورده مورد نیاز برای رشد بنه‌ها و ریشه گیاه را فراهم می‌کنند و به آن‌ها انتقال می‌دهند (Kafi et al., 2002). میزان این ترکیبات به سطح فتوسنتزکننده و راندمان فتوسنتز در واحد سطح برگ گیاه زعفران بستگی دارد. سطح برگ بیشتر شرایط را برای استفاده بهینه از نهاده‌ها فراهم می‌آورد تا با تولید ترکیبات فتوسنتزی بیشتر، بنه‌های با وزن بیشتر در پایان فصل رشد تولید کند. تفاوت وزن برگ‌ها در فاصله زمانی بهمن تا اردیبهشت که زمان تکمیل رشد بنه‌های دختری زعفران است، نشان‌دهنده این است که احتمالاً افزایش در رشد رویشی برگ‌ها در این فاصله زمانی بر عملکرد بنه‌های دختری تأثیرگذار است و میزان مواد انتقال یافته به اندام‌های زیرزمینی و ریشه به سطح فتوسنتزکننده برگ‌های گیاه زعفران بستگی دارد (Chaji et al., 2013). عامل مهم تعیین‌کننده ظرفیت فتوسنتزی گیاه، سطح فتوسنتزکننده کل گیاه می‌باشد که در گیاه زعفران تحت تأثیر طول برگ، تعداد برگ و وزن خشک اندام هوایی می‌باشد (Kafi et al., 2002). بخش اعظم اندوخته بنه‌ها ناشی از فعالیت فتوسنتزی برگ‌ها و انتقال آسیمیلات‌ها در طول دوره رشد رویشی برگ‌ها است (Renau-Morata et al., 2012). نتایج این تحقیق نشان داد کاربرد ترکیبات بیولوژیک و محرک رشد بر تعداد برگ در بوته از نظر آماری معنی‌دار بود و برهمکنش این ترکیبات، اثر افزایش‌دهی بر تعداد برگ در بوته داشت. کاربرد کود بیولوژیک حاوی باکتری‌های باسیلوس و سودوموناس سبب افزایش میانگین طول برگ بیش از ۵۰ سانتی‌متر شد. باکتری سودوموناس از جمله باکتری‌های محرک رشد گیاهان، با افزایش فراهمی عناصری نظیر فسفر (انحلال فسفات نامحلول) و آهن (تولید سیدروفور) و تولید ترکیباتی نظیر جیبرلیک اسید فعال (Omidi et al., 2009) سبب افزایش رشد گیاه می‌شود. رشد گیاهان و توسعه سیستم ریشه‌ای در خاک، سبب افزایش جذب عناصر غذایی نظیر فسفر و نیتروژن می‌شود که به تبع افزایش رشد اندام‌های هوایی را به همراه دارد (Khatami et al., 2014). گونه‌هایی از باکتری باسیلوس با تولید جیبرلیک اسید، تأثیر مثبتی بر رشد ریشه و اندام‌های هوایی گیاه میزبان داشته‌اند (Gutierrez-Manero et al., 2001). نتایج تحقیقات خاتمی و همکاران (Khatami et al., 2014) نشان داد که افزایش رشد توسعه ریشه در گیاهانی که توسط باکتری‌های محرک رشد تلقیح شده‌اند، با جذب بهتر آب و ترکیبات غذایی از خاک سبب افزایش عملکرد و صفات کمی گیاه ترخون می‌گردد. با توجه به عرض کم برگ‌های زعفران، رشد طولی برگ‌ها بیشترین تأثیر را بر سطح برگ این گیاه دارد؛ لذا با توجه به عدم استقرار مناسب و حالت افقی برگ‌ها بر روی خاک و کاهش شدت و مدت تابش خورشید در طول فصل رویش گیاه در زمستان (Chaji et al., 2013) هرچه دوره رشد بیشتر و شرایط تغذیه بوته‌ها بهتر باشد، گیاه زعفران، سطح برگ بیشتری ایجاد نموده و با افزایش سطح برگ، میزان تولید و تخصیص ترکیبات فتوسنتزی به بنه‌ها افزایش می‌یابد (Hassanzadeh Aval et al., 2013). در این پژوهش بیشترین وزن تر و خشک برگ با کاربرد ۲۵۰ میلی‌لیتر در لیتر آمینوفول و پنج گرم در لیتر فولزایم پلاس اس‌پی به دست آمد. مطالعات نشان داده است که بخشی از محتوای نیتروژن برگ، منبع تولید پروتئین‌ها به خصوص پروتئین فتوسنتزی مانند آنزیم رویسکو است. به طوری که با تأثیر بر ساخت پروتئین‌های موجود در تیلاکوئید سلول‌های برگ و افزایش مقدار استروما، رشد و بهبود عملکرد گیاه را سبب می‌شود (Kheiry et al., 2018). اسیدهای آمینه پیش‌ماده ساخت پروتئین می‌باشند. نتایج تحقیقات رضاخانی و حاج سیدهدادی (Rezakhani & Haj Seyed Hadi, 2017) نشان داد که محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در کنار کود دامی نقش مؤثری در افزایش عملکرد زیست توده، عملکرد دانه و درصد اسانس گیاه دارویی گشنیز داشت. نتایج دیگر تحقیقات نشان می‌دهد ترشح هورمون‌هایی نظیر جیبرلین (Probanza et al., 2002)، سیتوکینین (Nieto & Frankenberger, 1989)، اکسین

می‌شود، مواد پرورده مورد نیاز برای رشد بنه‌ها و ریشه گیاه را فراهم می‌کنند و به آن‌ها انتقال می‌دهند (Kafi et al., 2002). میزان این ترکیبات به سطح فتوسنتزکننده و راندمان فتوسنتز در واحد سطح برگ گیاه زعفران بستگی دارد. سطح برگ بیشتر شرایط را برای استفاده بهینه از نهاده‌ها فراهم می‌آورد تا با تولید ترکیبات فتوسنتزی بیشتر، بنه‌های با وزن بیشتر در پایان فصل رشد تولید کند. تفاوت وزن برگ‌ها در فاصله زمانی بهمن تا اردیبهشت که زمان تکمیل رشد بنه‌های دختری زعفران است، نشان‌دهنده این است که احتمالاً افزایش در رشد رویشی برگ‌ها در این فاصله زمانی بر عملکرد بنه‌های دختری تأثیرگذار است و میزان مواد انتقال یافته به اندام‌های زیرزمینی و ریشه به سطح فتوسنتزکننده برگ‌های گیاه زعفران بستگی دارد (Chaji et al., 2013). عامل مهم تعیین‌کننده ظرفیت فتوسنتزی گیاه، سطح فتوسنتزکننده کل گیاه می‌باشد که در گیاه زعفران تحت تأثیر طول برگ، تعداد برگ و وزن خشک اندام هوایی می‌باشد (Kafi et al., 2002). بخش اعظم اندوخته بنه‌ها ناشی از فعالیت فتوسنتزی برگ‌ها و انتقال آسیمیلات‌ها در طول دوره رشد رویشی برگ‌ها است (Renau-Morata et al., 2012). نتایج این تحقیق نشان داد کاربرد ترکیبات بیولوژیک و محرک رشد بر تعداد برگ در بوته از نظر آماری معنی‌دار بود و برهمکنش این ترکیبات، اثر افزایش‌دهی بر تعداد برگ در بوته داشت. کاربرد کود بیولوژیک حاوی باکتری‌های باسیلوس و سودوموناس سبب افزایش میانگین طول برگ بیش از ۵۰ سانتی‌متر شد. باکتری سودوموناس از جمله باکتری‌های محرک رشد گیاهان، با افزایش فراهمی عناصری نظیر فسفر (انحلال فسفات نامحلول) و آهن (تولید سیدروفور) و تولید ترکیباتی نظیر جیبرلیک اسید فعال (Omidi et al., 2009) سبب افزایش رشد گیاه می‌شود. رشد گیاهان و توسعه سیستم ریشه‌ای در خاک، سبب افزایش جذب عناصر غذایی نظیر فسفر و نیتروژن می‌شود که به تبع افزایش رشد اندام‌های هوایی را به همراه دارد (Khatami et al., 2014). گونه‌هایی از باکتری باسیلوس با تولید جیبرلیک اسید، تأثیر مثبتی بر رشد ریشه و اندام‌های هوایی گیاه میزبان داشته‌اند (Gutierrez-Manero et al., 2001). نتایج تحقیقات خاتمی و همکاران (Khatami et al., 2014) نشان داد که افزایش رشد توسعه ریشه در گیاهانی که توسط باکتری‌های محرک رشد تلقیح شده‌اند، با جذب بهتر آب و ترکیبات غذایی از خاک سبب افزایش عملکرد و صفات کمی گیاه ترخون می‌گردد. با توجه به عرض کم برگ‌های زعفران، رشد طولی برگ‌ها بیشترین تأثیر را بر سطح برگ این گیاه دارد؛ لذا با توجه به عدم استقرار مناسب و حالت افقی برگ‌ها بر روی خاک و کاهش شدت و مدت تابش خورشید در طول فصل رویش گیاه در زمستان (Chaji et al., 2013) هرچه دوره رشد بیشتر و شرایط تغذیه بوته‌ها بهتر باشد، گیاه زعفران، سطح برگ بیشتری ایجاد نموده و با افزایش سطح برگ، میزان تولید و تخصیص ترکیبات فتوسنتزی به بنه‌ها افزایش می‌یابد (Hassanzadeh Aval et al., 2013). در این پژوهش بیشترین وزن تر و خشک برگ با کاربرد ۲۵۰ میلی‌لیتر در لیتر آمینوفول و پنج گرم در لیتر فولزایم پلاس اس‌پی به دست آمد. مطالعات نشان داده است که بخشی از محتوای نیتروژن برگ، منبع تولید پروتئین‌ها به خصوص پروتئین فتوسنتزی مانند آنزیم رویسکو است. به طوری که با تأثیر بر ساخت پروتئین‌های موجود در تیلاکوئید سلول‌های برگ و افزایش مقدار استروما، رشد و بهبود عملکرد گیاه را سبب می‌شود (Kheiry et al., 2018). اسیدهای آمینه پیش‌ماده ساخت پروتئین می‌باشند. نتایج تحقیقات رضاخانی و حاج سیدهدادی (Rezakhani & Haj Seyed Hadi, 2017) نشان داد که محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در کنار کود دامی نقش مؤثری در افزایش عملکرد زیست توده، عملکرد دانه و درصد اسانس گیاه دارویی گشنیز داشت. نتایج دیگر تحقیقات نشان می‌دهد ترشح هورمون‌هایی نظیر جیبرلین (Probanza et al., 2002)، سیتوکینین (Nieto & Frankenberger, 1989)، اکسین

(Muscolo et al., 1999) توسط باکتری‌های باسیلوس می‌تواند سبب افزایش رشد و تقسیم سلولی شود. نتایج تحقیق قوی و صدرآبادی حقیقی (Ghavi & Sadrabadi Haghighi, 2015) نشان‌دهنده تأثیر بیشتر محرک‌های رشدی حاوی اسیدهای آمینه بر صفاتی نظیر طول برگ، وزن تر و خشک برگ زعفران بود. در این پژوهش برهمکنش محرک زیستی اسیدآمینه و کود بیولوژیک حاوی باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش وزن تر و خشک برگ زعفران شد. این افزایش اندام رویشی را می‌توان تأثیر هورمون‌های رشدی تولید شده توسط باکتری‌های موجود در این ترکیب کودی نسبت داد که با تأثیر بر رشد و توسعه ریشه‌های گیاه سبب افزایش جذب ترکیبات غذایی مورد نیاز گیاه و در نهایت رشد اندام‌های هوایی می‌شوند. در این آزمایش بیشترین میانگین وزن تر بنه دختری (۲۴/۸۴ گرم) در کاربرد تلفیقی ۲۵۰ میلی‌لیتر در لیتر آمینوفول و ۲/۵ گرم در لیتر فولزایم پلاس اس پی مشاهده شد. در میان تیمارهای آزمایشی، کاربرد ۲۵۰ میلی‌لیتر در لیتر آمینوفول به تنهایی و یا همراه با کود بیولوژیک فولزایم پلاس اس پی سبب تولید بنه‌های دختری با وزن بیش از ۲۰ گرم شد. بنه زعفران به عنوان منبع ذخیره ترکیبات فتوسنتزی و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در گلدهی می‌باشد. ترکیبات آمینواسیدی به عنوان تنظیم‌کننده‌های رشد، بر روی ترکیبات بیوشیمیایی گیاه اثر می‌گذارند و سبب تولید ترکیباتی نظیر پروتئین‌ها، آمین‌ها، پورین‌ها، ویتامین‌ها و آنزیم‌ها می‌شوند. این ترکیبات به عنوان منبع انرژی و کربن موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شوند (Karima et al., 2005). گیاهان از این ترکیبات به عنوان منبع ارگانیک نیتروژن استفاده می‌کنند. در واقع نیتروژن موجود در اسیدهای آمینه سبب افزایش تغذیه نیتروژنی گیاه می‌شود و به رشد اندام‌های رویشی گیاه کمک می‌کند (Salehi et al., 2013). نتایج دیگر تحقیقات نشان می‌دهد اسیدهای آمینه به عنوان منبع نیتروژن آلی در افزایش فرآورده‌های

فتوسنتزی و افزایش سرعت پر شدن دانه‌ها در گیاهان نقش مؤثری دارند (Haj Seyed Hadi & Rezaee Ghale, 2016). همچنین با تأثیر بر افزایش جذب عناصر دیگر نظیر فسفر و پتاسیم و عناصر کم مصرف در گیاهان سبب افزایش رشد و عملکرد می‌شوند (Faten et al., 2012). دیگر عنصر مؤثر در تغذیه گیاهان، فسفر است که تأثیر فراوانی بر انجام اغلب واکنش‌های زیستی همانند تقسیم سلولی، تنفس، فتوسنتز، انتقال انرژی و ساخت اسیدهای نوکلئیک، قندها و نشاسته دارد (Elser, 2012) و یکی از مؤثرترین عوامل در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت در گیاه زعفران شناخته شده است. به‌کارگیری باکتری‌های حل‌کننده فسفر سبب افزایش میزان جذب فسفر توسط گیاه می‌شود. کادویارووا و همکاران (Kudoyarova et al., 2017) گزارش کردند که باکتری‌های حل‌کننده عنصر فسفر با ترشح هورمون اکسین موجب افزایش رشد و توسعه ریشه در خاک و جذب فسفر در گیاه گندم شده است. این باکتری‌ها با استقرار در منطقه ریزوسفر، از ترشحات ریشه استفاده می‌کنند و با تغییر اسیدیته و یا ترشح آنزیم‌ها، فسفر نامحلول را به شکل قابل حل و استفاده برای گیاه فراهم می‌سازند. ترشح اسیدهای آلی مانند اسیدهای استیک، پروپیونیک، لاکتیک، گلیکولیک، فوماریک و سوکسینیک، از سازوکارهای تبدیل فسفات به شکل محلول و معدنی است. نقش این اسیدها، کاهش اسیدیته به صورت موقت و ترشح آنزیم‌های فسفاتاز توسط میکروارگانیسم‌ها و تجزیه ترکیبات فسفات آلی و معدنی است (Naghdi, Badi et al., 2016; Gull et al., 2004). از سویی دیگر، میان غلظت نیتروژن و فسفر در بنه‌های زعفران ارتباط مثبت وجود دارد. بر اساس نتایج تحقیق کوچکی و سیدی (Koocheki & Seyyedi, 2015) هر واحد افزایش در غلظت نیتروژن می‌تواند سبب افزایش غلظت فسفر در بنه‌های دختری شود. لذا استفاده از ترکیبات نیتروژنی با تحریک رشد رویشی بخش‌های هوایی و زمینی گیاه سبب توسعه ریشه در خاک

می‌شود که توانایی جذب عنصر فسفر از خاک توسط ریشه گیاه را افزایش می‌دهد (Seyyedi et al., 2015). بر این اساس کاربرد ترکیباتی نظیر اسیدهای آمینه به عنوان منبع نیتروژن و محرک رشد گیاه و به کارگیری باکتری‌های مؤثر در جذب عناصر غذایی می‌تواند تأثیر مهمی در افزایش رشد داشته باشد. این مساله موجب تولید بیشتر آسیمیلات‌ها و انتقال آن به اندام زیرزمینی زعفران می‌شود. اسیدهای آمینه آزاد می‌تواند یک منبع مهم برای تولید پروتئین در گیاهان باشد که سبب افزایش تولید و انتقال آسیمیلات‌ها به اندام‌های زیرزمینی زعفران می‌شود. 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، کودهای بیولوژیک فسفات به واسطه آزادسازی و جذب بیشتر فسفر و سایر عناصر غذایی موجب افزایش میزان فتوسنتز و در نتیجه بهبود عملکرد رویشی می‌شوند. بر اساس گزارش نصیری محلاتی و همکاران و همکاران (Nassiri Mahallati, 2008) میزان مواد انتقال یافته به بنه‌ها به سطح فتوسنتزکننده و راندمان فتوسنتز در واحد سطح برگ بستگی دارد. بنابراین می‌توان گفت که ارتباط مستقیمی میان سطح فتوسنتزکننده، میزان تولید فرآورده‌های فتوسنتزی، میزان ذخیره مواد فتوسنتزی در بنه و نهایتاً اندازه بنه وجود دارد.

صفات زایشی زعفران

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد برهمکنش تیمارهای آزمایشی بر صفات وزن تر گل و گلبرگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. اثر ساده تیمار فولزایم پلاس اس‌پی بر صفات طول کلاله، وزن خشک گلبرگ و وزن خشک کلاله در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. تعداد گل و طول گل تحت تأثیر هیچ یک از تیمارها قرار نگرفت (جدول ۳).

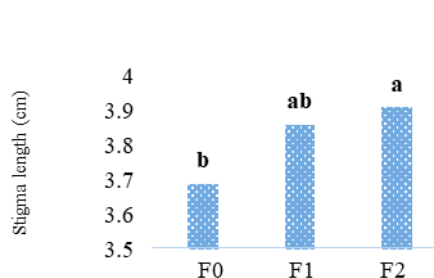
بیشترین وزن تر گل (۱۷۳/۲۶ گرم در متر مربع) در تیمار A2F1 به دست آمد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با تیمار

A1F1 (۱۳۷/۸۹ گرم در متر مربع) نداشت اما با تیمار شاهد (۱۰۹/۶۳ گرم در متر مربع) تفاوت معنی‌داری داشت. کمترین وزن تر گل (۷۰ گرم در متر مربع) در تیمار A2F0 مشاهده شد (شکل ۸). بر اساس نتایج مقایسه میانگین، بیشترین طول کلاله (۳/۹۱ سانتی‌متر) در تیمار A0F2 حاصل شد که با تیمار A0F1 اختلاف معنی‌داری نداشت اما با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار داشت (شکل ۹).

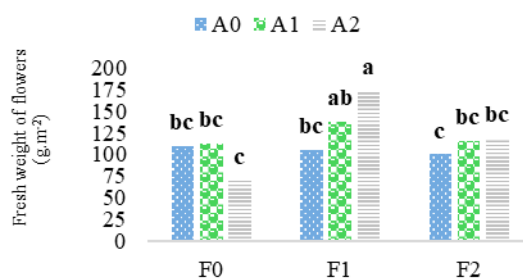
بر اساس نتایج مقایسه میانگین، بیشترین وزن تر گلبرگ (۱۵۱/۶۷ گرم در متر مربع) در تیمار A2F1 حاصل شد که با تیمار A1F1 اختلافی نداشت اما با تیمار شاهد (۱۰۰/۹۵ گرم در متر مربع) اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۱۰). بر اساس نتایج مقایسه میانگین بیشترین وزن خشک گلبرگ (۱۳/۸۶ گرم در متر مربع) با اعمال تیمار A0F1 به دست آمد که با دو تیمار دیگر A0F0 و A0F2 اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۱۱).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین، بیشترین عملکرد کلاله (۱/۵۸ گرم در متر مربع) در تیمار A0F1 حاصل شد که با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۱۲).

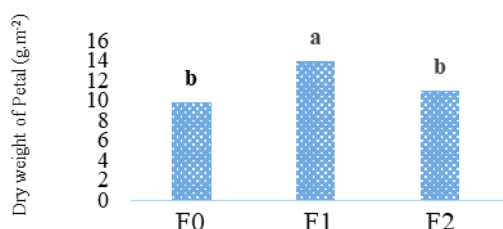
نتایج این پژوهش حاکی از آن است که کاربرد همزمان ۲/۵ گرم در لیتر فولزایم پلاس اس‌پی و ۲۵۰ میلی‌لیتر در لیتر محرک رشد آمینوفول سبب تولید بیشترین وزن گل در متر مربع شد. افزایش وزن گل و گلبرگ در واکنش به این دو منبع تغذیه می‌تواند به دلیل افزایش رشد بنه‌های دختری تحت تأثیر این دو ترکیب در سال زراعی قبل باشد. تغذیه مناسب بنه‌ها در زمستان بخصوص ماه اسفند، سبب جذب بهتر و تجمع فرآورده‌ها در پارانشیم ذخیره‌ای بنه‌ها می‌شود. افزایش فراهمی عناصر غذایی در طول فصل رشد و افزایش ذخیره مواد پرورده باعث تشکیل و تقویت بیشتر اندام‌های گل در مریستم انتهایی جوانه در مراحل تشدید میوز تابستانه و فعال شدن جوانه‌های بیشتر بر روی بنه‌های دختری درشت می‌شود و ظرفیت گل‌آوری مزرعه زعفران را افزایش می‌دهد (Asadi et al., 2019).



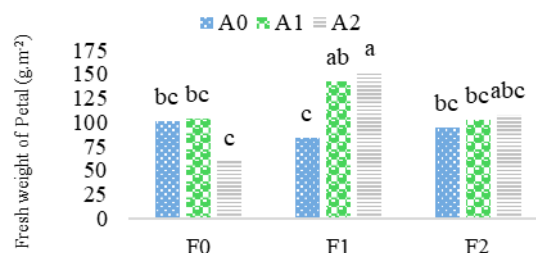
شکل ۹- اثر ساده فولزایم پلاس اس پی بر طول کلاله
Figure 9- Simple effect of Fulzyme Plus SP on stigma length



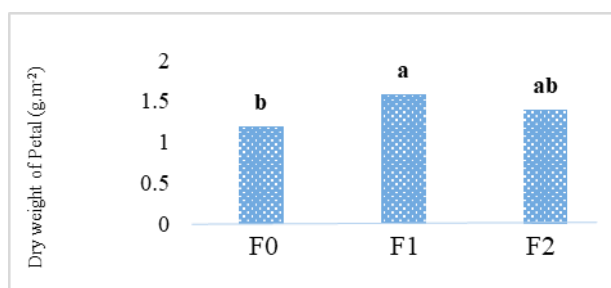
شکل ۸- برهمکنش آمینوفول و فولزایم پلاس اس پی بر وزن تر گل
Figure 8- Aminofol and Fulzyme Plus SP interaction on flower fresh weight



شکل ۱۱- اثر ساده فولزایم پلاس اس پی بر وزن خشک گلبرگ
Figure 11- Simple effect of Fulzyme Plus SP on petal dry weight.



شکل ۱۰- برهمکنش آمینوفول و فولزایم پلاس اس پی بر وزن تر گلبرگ
Figure 10- Aminofol and Fulzyme Plus SP interaction on petal fresh weight.



شکل ۱۲- اثر ساده فولزایم پلاس اس پی بر وزن خشک کلاله
Figure 12- Simple effect of Fulzyme Plus SP on stigma dry weight.

کیلوگرم در هکتار)، در نتیجه کاربرد توأم اسیدهای آمینه و کود کامل حاصل شد و نسبت به زمانی که کود کامل به تنهایی استفاده شد برتری داشت. در تحقیقاتی که بر روی تأثیر کاربرد ریزموجودات مختلف بر رشد و میزان عملکرد گیاه زعفران انجام شد مشخص شده است که ریزباکتری‌های موجود در کودهای بیولوژیک از طریق افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی در ناحیه ریزوسفر، بهبود هم‌زیستی با گیاه میزبان و افزایش سطح

اسیدهای آمینه با تأثیر بر رشد و نمو برگ و اندام رویشی سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی می‌شوند که با تولید مواد پرورده بیشتر، ترکیبات مورد نیاز اجزای زایشی را فراهم نموده و به دنبال آن سبب افزایش عملکرد گل می‌گردد (Pouryousef & Miandoab & Shahravan, 2014). نتایج این پژوهش مشابه نتایج آزمایش امامی و همکاران (Emami et al., 2018) بود. آن‌ها گزارش کردند که بیشترین عملکرد گل تر (۲۰۰/۶)

تماس ریشه، سبب افزایش عملکرد می‌شوند (Wani et al., 2016). کاربرد فولزایم پلاس اس‌پی سبب افزایش طول کلاله و عملکرد کلاله شد. دلایل افزایش عملکرد در استفاده از کودهای زیستی فسفات را می‌توان این‌چنین شرح داد که تولید اندام‌های رویشی و زایشی تحت تأثیر فعالیت‌های مربوط به جذب ریشه، میزان انتقال آب و مواد غذایی و فتوسنتز قرار دارد. بنابر نتایج آزمایش امید و همکاران (Omidi et al., 2009)، میکروارگانیزم‌های موجود در کودهای بیولوژیک با تولید هورمون‌های رشد به خصوص هورمون جیبرلین سبب افزایش معنی‌دار عملکرد کلاله زعفران می‌شوند. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2010) اثرات مثبت کودهای دارای میکروارگانیزم‌های محرک رشد را در افزایش رشد و عملکرد زعفران گزارش نمودند. به طور مشابه تأثیر مثبت باکتری باسیلوس سوبتلیس بر صفات رویشی و زایشی زعفران گزارش شده است، به طوری که این کود عملکرد کلاله خشک را ۱۲ درصد افزایش داد (Sharaf-Eldin et al., 2008).

همچنین در تحقیق دیگری تأثیر باکتری سودوموناس بر کمیت و کیفیت صفات رویشی و زایشی زعفران معنی‌دار بود (Fiori et al., 2007). بیشترین عملکرد خشک گلبرگ با کاربرد بیولوژیک فولزایم پلاس اس‌پی حاصل شد. باکتری‌های محرک رشد موجود در ریزوسفر اطراف بنه با افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی، افزایش سطح تماس ریشه و تأثیر مثبت بر هم‌زیستی مفید با گیاه میزبان در مراحل مختلف رشد، سبب افزایش سرعت تقسیم سلولی و رشد سلول‌ها می‌شوند و در نهایت رشد و عملکرد گیاه را افزایش می‌دهند (Fageria, 2007).

همبستگی میان برخی صفات رویشی و زایشی زعفران
نتایج ضرایب همبستگی نشان داد که اکثر صفات رویشی و زایشی زعفران همبستگی معنی‌داری با یکدیگر نشان دادند و از میان صفات مورد مطالعه، صفات میانگین طول برگ، وزن تر برگ و تعداد گل زعفران بیش‌ترین همبستگی مثبت و معنی‌داری با سایر صفات داشتند. در میان صفات رویشی، صفت تعداد برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری با وزن تر برگ (** $0/69$) و وزن خشک برگ (** $0/77$) داشت. میانگین طول برگ با تعداد گل (** $0/49$)، وزن تر گل (* $0/44$)، طول کلاله (* $0/42$)، وزن تر گلبرگ (* $0/44$)، وزن خشک گلبرگ (* $0/42$) و وزن خشک کلاله (** $0/56$) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. همچنین صفت وزن تر برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری با وزن خشک برگ (** $0/86$)، وزن تر گل (* $0/39$)، وزن تر گلبرگ (* $0/42$)، وزن خشک گلبرگ (* $0/40$) و وزن خشک کلاله (* $0/27$) داشت. بر اساس ضرایب همبستگی، وزن تر بنه دختری نیز ارتباطی قوی با وزن خشک بنه دختری (** $0/89$) و قطر بنه دختری (** $0/97$) داشت. همچنین وزن خشک بنه دختری همبستگی مثبت و معنی‌داری با قطر بنه دختری (** $0/84$) داشت. در میان صفات زایشی، صفت تعداد گل با وزن تر گل (* $0/86$)، وزن تر گلبرگ (** $0/84$)، وزن خشک گلبرگ (** $0/68$) و وزن خشک کلاله (** $0/76$) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. صفت وزن تر گل با صفات وزن تر گلبرگ (** $0/96$)، وزن خشک گلبرگ (** $0/71$) و وزن خشک کلاله (** $0/68$) بیشترین همبستگی را داشت. همچنین صفت وزن تر گلبرگ با وزن خشک گلبرگ (* $0/7$) و وزن خشک کلاله (** $0/65$) و صفت وزن خشک گلبرگ با وزن خشک کلاله (** $0/74$) همبستگی مثبت داشت (جدول ۴).

جدول ۴- ضرایب همبستگی میان برخی صفات رویشی و زایشی زعفران

Table 4- Correlation coefficients between some vegetative and reproductive traits of saffron

	تعداد برگ Number of leaves (1)	میانگین طول برگ Average length of leaves (2)	وزن تر برگ Fresh weight of leaves (3)	وزن خشک برگ Dry weight of leaves (4)	تعداد پشته‌های دختری Number of daughter corms (5)	وزن تر پشته دختری Fresh weight of daughter corms (6)	وزن خشک پشته دختری Dry weight of daughter corms (7)	قطر پشته دختری Diameter of daughter corms (8)	تعداد گل Numb er of flower s (9)	وزن تر گل Fresh weight of flowers (10)	طول گل Length of flowers (11)	طول کلاه Length of stigma (12)	وزن تر گلبرگ Fresh weight of petal (13)	وزن خشک گلبرگ Dry weight of petal (14)	وزن خشک کلاه Dry weight of stigma (15)
(1)	1														
(2)	-0.24	1													
(3)	0.69**	0.23 ^{ns}	1												
(4)	0.77**	0.11 ^{ns}	0.86**	1											
(5)	0.16 ^{ns}	-0.22 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.01 ^{ns}	1										
(6)	0.17 ^{ns}	0.35 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.20 ^{ns}	-0.3 ^{ns}	1									
(7)	0.15 ^{ns}	0.24 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.18 ^{ns}	-0.1 ^{ns}	0.89**	1								
(8)	0.20 ^{ns}	0.38 ^{ns}	0.25 ^{ns}	0.23 ^{ns}	-0.31 ^{ns}	0.97**	0.84**	1							
(9)	-0.11 ^{ns}	0.49**	0.26 ^{ns}	0.13 ^{ns}	-0.20 ^{ns}	0.04 ^{ns}	-0.006 ^{ns}	0.06 ^{ns}	1						
(10)	-0.02 ^{ns}	0.44*	0.39*	0.26 ^{ns}	-0.27 ^{ns}	0.28 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.27 ^{ns}	0.86**	1					
(11)	0.07 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.09 ^{ns}	-0.24 ^{ns}	0.21 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.27 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.20 ^{ns}	1				
(12)	-0.20 ^{ns}	0.42*	-0.06 ^{ns}	-0.15 ^{ns}	-0.07 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.10 ^{ns}	1			
(13)	-0.02 ^{ns}	0.44*	0.42*	0.27 ^{ns}	-0.23 ^{ns}	0.26 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.27 ^{ns}	0.84**	0.96**	0.36 ^{ns}	0.12 ^{ns}	1		
(14)	0.03 ^{ns}	0.42*	0.40*	0.29 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.19 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.68**	0.71**	0.10 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.70**	1	
(15)	-0.08 ^{ns}	0.56**	0.27*	0.16 ^{ns}	-0.22 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.76**	0.68**	0.08 ^{ns}	0.21 ^{ns}	0.65**	0.74**	1

ns, * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال 5% و 1% درصد

ns, * and ** non-significant and significant at the 5% and 1% probability level, respectively.

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد تلفیقی کود بیولوژیک و محرک زیستی بر صفات مورفولوژیکی برگ و بنه زعفران اثرات مثبت و افزایش دهنده داشت و سبب توسعه اندام فتوسنتزکننده و افزایش رشد بنه های دختری شد؛ به طوری که کاربرد توأم این دو ترکیب سبب تولید بنه های دختری با وزن بیش از ۲۰ گرم شد. بیشترین وزن تر بنه (۲۴/۸۴ گرم)، وزن خشک بنه (۸/۲۲ گرم) و قطر بنه (۳۶/۹۴ میلی متر) که نقش مهم و مستقیمی در افزایش گلدهی و عملکرد زعفران دارند، در تیمار تلفیقی آمینوفول (۲۵۰ میلی لیتر در لیتر) با فولزایم پلاس اس پی (۲/۵ گرم در لیتر) مشاهده شد که وزن تر بنه افزایش ۵۷/۷۱ درصدی و قطر بنه افزایش ۲۲/۵۶ درصدی نسبت به شاهد داشت. همچنین کاربرد کود بیولوژیک فولزایم پلاس اس پی و محرک

منابع

زیستی آمینوفول با تأثیر بر جذب عناصر غذایی توسط بنه های زعفران و افزایش فعالیت های فیزیولوژیکی گیاه، افزایش عملکرد گل و کلاله زعفران را به دنبال داشت. به نظر می رسد کاربرد تلفیقی کودهای زیستی ضمن کاهش آلودگی های زیست محیطی و کاهش استفاده از کودهای شیمیایی، می تواند سبب افزایش عملکرد کمی و کیفی زعفران شود. لذا می توان برای افزایش عملکرد زعفران، از کودهای زیستی و محرک رشد استفاده کرد. کاربرد این منابع کودی می تواند به عنوان گامی مؤثر در افزایش عملکرد این گیاه باشد. این کودها با تأثیر بر بنه های زعفران و افزایش اندازه آن سبب افزایش عملکرد گل و کلاله زعفران بیش از ۳۰ درصد نسبت به عدم استفاده در سال بعد شد.

Agricultural statistics (Horticultural products), (2019). Ministry of Agricultural Jihad.

Alizadeh-Salteh, S. (2015). Evaluation of the effect of maternal corm and planting methods on flower and replacement corms yield of two ecotypes of saffron (*Crocus sativus* L.) in Tabriz. *Saffron Agronomy & Technology*, 3 (4), 251-259. (In Persian with English Abstract) <https://doi.org/10.22048/jsat.2016.11762>

Amini, S., Maleki Farahani, S., Sharghi, Y., & Zahedi, H. (2014). Influence of vermicompost and bacterium of *Bacillus* and *Pseudomonas* on growth, yield and morphological traits of saffron. *Applied Science & Agriculture*, 9 (3), 933-941.

<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2571.1849>

Asadi, G. A., Khorramdel, S., Ghorbani, R., & Bicharanlou, B. (2019). Evaluation of the effect

of soil fertilizers and summer irrigation on corm and flower yield of saffron. *Saffron Agronomy & Technology*, 6 (4), 393-414. (In Persian with English Abstract)

<https://doi.org/10.22048/jsat.2018.70724.1205>

Behdani, M. A., Koocheki, A., Nassiri, M., & Rezvani, P. (2005). Evaluation of quantitative relationships between saffron yield and nutrition (on farm trial). *Iranian Journal of Field Crops Researches*, 3 (1), 1-14. (In Persian with English Abstract) <https://doi.org/10.22067/GSC.V3I1.1287>

Behnia, M.R., & Mokhtari, M. (2009). Effect of planting methods and corm density in saffron (*Crocus sativus* L.) yield. *Acta Horticulturae*, 850, 131-136.

<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.850.20>

Chaji, N., Khorassani, R., Astaraei, A.R., & 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 Abstract) <https://doi.org/10.22077/jsr.2013.352>
- Chen, J. (2006). The combined use of chemical and organic fertilizers and or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. October, 16-20. Thailand. 11p.
- Dole, J. M., & Wilkins, H. F. (1999). Floriculture principles and species. *Prentice Hall*, 537-545.
- Elser, J. J. (2012). Phosphorus: a limiting nutrient for humanity. *Current Opinion in Biotechnology*, 23, 833-838. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2012.03.001>
- Emami, M., Armin, M., & Jamimoeini, M. (2018). The effect of foliar application time of organic and chemical fertilizers on yield and yield components of saffron. *Saffron Agronomy & Technology*, 6 (2), 167-179. (In Persian with English Abstract) <https://doi.org/10.22048/jsat.2017.72599.1211>
- Fageria, N. K. (2007). Yield physiology of rice. *Journal of Plant Nutrition*, 30, 843-879. <https://doi.org/10.1080/15226510701374831>
- Fallahi, J., Koocheki, A.R., & Rezvani Moghaddam, P. (2009). Effects of biofertilizers on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria recutita*) as a medicinal plant. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 7 (1), 127-135. (In Persian with English Abstract) <https://doi.org/20.1001.1.20081472.1388.7.1.13.1>
- Faten, S. A., Shaheen, A. M., Ahmad, A. A., & Mahmoud, A. R. (2010). Effect of foliar application of amino acids as antioxidants on growth, yield and characteristics of squash. *Research Journal of Agriculture & Biological Science*, 6 (5), 583-588.
- Fiori, M., Falchi, G., Quaglia, M., & Cappelli, C. (2007). Saffron (*Crocus sativus* L.) diseases in Italy. *Plant Pathology*, 89, 27-68. <https://doi.org/10.22059/IJHS.2021.319185.1898>
- Ghasemi-Rooshnavand, R., Hashemiyeh, M., & Afzalian, M. (2009). Planting, conservation and harvesting stages of saffron. *Yazd Agriculture Organization*, P33. (In Persian with English Abstract)
- Ghavi, M., & Sadrabadi Haghighi, R. (2015). Effect of the foliar application of biological, biostimulation, and chemical fertilizers on growth characteristics and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Crop Production*, 8 (3), 139-158. (In Persian with English Abstract) <https://doi.org/20.1001.1.2008739.1394.8.3.8.2>
- Gholami, A., Shahsavani, S., & Nezarat, S. (2009). The effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. *International Journal of Biological & Life Science*, 1 (1), 35-40. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1083384>
- Gholami, M., Kafi, M., & 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. (In Persian with English Abstract) <https://doi.org/10.22048/jsat.2017.51480.1156>
- Gull, M., Hafee, F.Y., Saleem, M., & Malik, K. (2004). Phosphorus uptake and growth promotion of chickpea by co- inoculation of mineral phosphate solubilising bacteria and mixed rhizobial culture. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44, 623-628. <https://doi.org/10.1071/EA02218>
- Gutierrez-Manero F.J., Ramos-Solano, B., Probanza, A., Mehouchi, J., Tadeo, F.R., & Talon, M. (2001). The plant-growth promoting rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *Bacillus licheniformis* produce high amounts of physiologically active gibberellins. *Physiologia Plantarum*, 111, 206-211. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2001.1110211.x>

- Haj Seyed Hadi, M. R., & Rezaee Ghale, H. (2016). Effects of vermicompost and foliar application of amino acids and urea on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Medicinal & Aromatic Plants*, 31 (6), 1058-1070. (In Persian with English Abstract) <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2016.105894>
- Hassanzadeh Aval, F., Rezvani Moghaddam, P., Bannayan aval, M., & Khorasani, R. (2013). Effects of maternal corm weight and different levels of cow manure on corm and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy & Technology*, 1 (1), 22-39. (In Persian with English Abstract) <https://doi.org/10.22048/jsat.2013.4809>
- Khatami, F., Esmailpour, B., Hadian, J., Khavazi, K., Soltani, A., & Abbaszadeh-dahaji, P. (2014). Effects of Biofertilizers on Morphological Traits of Tarragon. *Journal of Soil Biology*, 1 (2), 56-63. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22092/SBJ.2014.100091>
- Heydari, Z., Besharati, H., & Maleki Farahani, S. (2014). Effect of some chemical fertilizer and biofertilizer on quantitative and qualitative characteristics of Saffron. *Journal of Saffron Agronomy & Technology*, 2 (3), 177-189. (In Persian with English Abstract).
- Kafi, M., Rashed Mohassel, M. H., Koocheki, A., & Mollafilabi, A. (2002). Saffron Production and Processing. Zaban va Adab Press, Iran.
- Karima, M., Gamal EL-Din, M., & Abdel-Wahed, M. S. A. (2005). Effect of some amino acids on growth and essential oil content of chamomile plant. *International Journal of Agriculture & Biology*, 3, 376-380.
- Kaushal, S.K., & Upadhyay, R.G. (2002). Studies on variation in corm size and its effect on corm production and flowering in *Crocus sativus* L. under mid hill conditions of HP. *Research on Crops*, 3 (1), 126-128.
- Khandan Deh Arbab, S., Aminifard, M. H., Fallahi, H. R., & Kaveh, H. (2020). Effect of different levels of novafol bio-fertilizer and mother corm weight on vegetative growth, flowering and chlorophyll content of saffron. *Saffron Agronomy & Technology*, 7 (4), 441-455. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22048/jsat.2019.133954.1303>
- Kheiry, A., Parsa, H., Sani Khani, M., & Razavi, F. (2018). Effect of bio-fertilizers and nitrogen on quantitative and qualitative characteristics of petal in saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy & Technology*, 6 (3), 309-322. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22048/jsat.2017.92549.1246>
- Koocheki, A., Ganjeali, A., & Abbassi, F. (2006). The effect of duration and condition of incubation, weight of mother corms and photoperiod on corm and shoot characteristics of saffron plant (*Crocus sativus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Researches*, 4 (2), 331-315 (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/GSC.V4I2.1271>
- Koocheki, A., Nassiri, M., Alizadeh, A., & Ganjeali, A. (2010). Modelling the impact of climate change on flowering behaviour of Saffron (*Crocus sativus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Researches*, 7 (2), 583-594. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/20.1001.1.20081472.1388.7.2.25.5>
- Koocheki, A., & Seyyedi, S. M. (2015). Relationship between nitrogen and phosphorus use efficiency in saffron (*Crocus sativus* L.) as affected by mother corm size and fertilization. *Industrial Crops & Products*, 71, 128-137. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.03.085>
- Kudoyarova, G. R., Vysotskaya, L. B., Arkhipova, T. N., Kuzmina, L. Y., Galimsyanova, N. F., Sidorova, L. V., Gabbasova, I. M., Melentiev, A. I., & Veselov, S. Y. (2017). Effect of auxin producing and phosphate solubilizing bacteria on mobility of soil phosphorus, growth rate, and P acquisition by wheat plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, 39, 253.

- <https://doi.org/10.1007/s11738-017-2556-9>
- Loper, J.E., & Schroth, M. N. (1986). Influence of bacterial sources of indole-3-acetic acid on root elongation of sugar beet. *Physiology & Biochemistry*, 76, 386-389. <https://doi.org/10.1094/Phyto-76-386>
- Mahmoudi, H., & Alizadeh, Kh. (2012). Investigation of the effects of foliar application of free amino acids on quantitative and qualitative yield of chickpea (Jam cultivar) in dryland conditions. National Rainfed Agricultural Research Institute, 41 p. (In Persian)
- Marulanda, A., Barea, J. M., & Azcon, R. (2009). Stimulation of plant growth and drought tolerance by native microorganisms (AM fungi and bacteria) from dry environments: mechanisms related to bacterial effectiveness. *Plant Growth Regulation*, 28, 115-124. <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9079-6>
- Mashayekhi, K., Soltani, A., & Kamkar, B. (2006). The relationship between corm weight and total flower and leaf numbers in saffron. Proceedings of the 2nd International Symposium on Saffron Biology and Technology. Mashhad, Iran 28-30 October, 93-96. (In Persian with English Abstract) <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.739.11>
- Molina, R. V., Valerro, M., Navarro, Y., Guardiola, J. L. and Garcia-Luis, A. (2005). Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Science Horticulture*, 103 (3), 361-379. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2004.06.005>
- Mollafilabi, A. (2004). Experimental finding of production and ecophysiological aspects of saffron (*Crocus sativus* L.). *Acta Horticulture*, 650, 195-200. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.650.20>
- Muscolo, A., Bovalò, F., Gionfriddo, F., & Nardi, F. (1999). Earthworm humic matter produces auxin-like effects on *Daucus carota* cell growth and nitrate metabolism. *Soil Biology & Biochemistry*, 31, 1303-1311. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(99\)00049-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00049-8)
- Naghdi Badi, H., Omid, H., Golzad, A., Torabi, H., & Fotookian, M. H. (2011). Change in crocin, safranal and picrocrocin content and agronomical characters of saffron (*Crocus sativus* L.) under biological and chemical of phosphorous fertilizers. *Journal of Medicinal Plants*, 10 (40), 58-68. (In Persian with English Abstract) <https://doi.org/20.1001.1.2717204.2011.10.40.7.4>
- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Boroumand Rezazadeh, Z., & Tabrizi, L. (2008). Effects of corm size and storage period on allocation of assimilates in different parts of saffron plant (*Crocus sativus* L.). *Agricultural Research of Iran*, 5 (1), 155-166. (In Persian with English Abstract)
- Nieto, K. F., & Frankenberger, W. T. (1989). Biosynthesis of cytokinins in soil. *Soil Science Society of America Journal*, 53, 735-740. <https://doi.org/10.2136/sssaj1989.03615995005300030016x>
- Omid, H., Naghdi Badi, H., Golzad, A., Torabi, H., & Footoukian, M. (2009). The effect of chemical and bio-fertilizer sources of nitrogen on qualitative and quantitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Medicinal Plants*, 8 (30), 98-109. (In Persian with English Abstract) <https://doi.org/20.1001.1.2717204.2009.8.30.11.4>
- Owen, A. G., & D. L. Jones. (2001). Competition for amino acids between wheat roots and rhizosphere microorganisms and the role of amino acids in plant N acquisition. *Soil Biology & Biochemistry*, 33, 651-657. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00209-1](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00209-1)
- Pandey, D., Pandey, V. S., & Srivastava, R. P. (1979). A note on the effect of the size of corms on the sprouting and flowering of saffron. *Progressive Horticulture*, 6, 89-92.
- Parray, J. A., Kamili, A. N., Reshi, Z. A., Hamid, R., & Qadri, R. A. (2013). Screening of beneficial properties of rhizobacteria isolated

- from Saffron (*Crocus sativus* L.) rhizosphere. *African Journal of Microbiology Research*, 7 (23), 2905-2910. <https://doi.org/10.5897/AJMR12.2194>
- Pouryousef Miandoab, M. and Shahravan, N. (2014). Effect of foliar application of Amino Acids at different times on yield and yield components of maize. *Crop Physiology Journal*, 6, 21-32. (In Persian with English Abstract) <https://doi.org/20.1001.1.2008403.1393.6.23.2.6>
- Probanza, A., Lucas-Garcia, J. A., Ruiz Palomino, M., Ramos, B., & Gutierrez-Manero, F. J. (2002). *Pinus pinea* L. seedlings growth and bacterial rhizosphere structure after inoculation with PGPR *Bacillus* (*B. licheniformis* CECT 5106 and *B. pumilus* CECT 5105). *Applied Soil Ecology*, 20, 75-84. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(02\)00007-0](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(02)00007-0)
- Rees, A. R. (1988). Saffron- an expensive plant product. *The Plantsman*, 9 (4), 210-217.
- Renau-Morata, B., Nebauer, S. G., Sanchez, M., & 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 Product*, 39, 40-46. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.02.009>
- Rezakhani, A., & Haj Seyed Hadi, M. (2017). Effect of manure and foliar application of amino acids on growth characteristics, seed yield and essential oil of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 48 (3), 777-786. (In Persian with English Abstract) <https://doi.org/10.22059/IJFCS.2017.210745.654144>
- Salehi, M., Abutalebi, A.H., & Mohammadi, A.H. (2013). Effect of foliar application of amino calcium on fruit firmness and storage life of Golden Delicious apples. *Life Sciences Journal*, 10, 140-142. <https://doi.org/10.15547/tjs.2017.01.003>
- Seyyedi, M., Khajeh-Hosseini, M., Rezvani Moghaddam, P., & Shahandeh, H. (2015). Relation between the increasing soluble phosphorus and nitrogen uptake and its effects on phosphorus harvest index of black seed. *Iranian Journal of Field Crops Sciences*, 46 (1), 25-36. (In Persian with English Abstract) <https://doi.org/10.22059/IJFCS.2015.54043>
- Sharaf-Eldin, M. A., Elkholy, S., Fernandez, J. A., Junge, H., Cheetham, R. D., Guardiola, J. L., & Weathers, P. J. (2008). The effect of *Bacillus subtilis* FZB24 on flowers quantity and quality of saffron (*Crocus sativus* L.). *Planta Medica*, 74, 1316-1320. <https://doi.org/10.1055/s-2007-987387>
- Wani, S. A., Chand, S., Wani, M. A., Ramzan, M., & Hakeem, K. R. (2016). *Azotobacter chroococcum*—A Potential Biofertilizer in Agriculture: An Overview. In *Soil Science: Agricultural & Environmental Prospectives*, 333-348. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-34451-5>