نشریه زراعت و فناوری زعفران
جلد ۷، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸ ص. ۴۵۵-۴۴۱

Saffron Agronomy & Technology
Vol. 7, No. 4, Winter 2020, P. 441-455

Archive of SID

تأثیر سطوح مختلف کود محرک زیستی نوافل و وزن بنه مادری بر رشد رویشی، گلدهی و محتوای کلروفیل زعفران

سکینه خندان ده‌ارباب[۱]، محمدحسین امینی‌فرد[۲*]، حمیدرضا فلاحی[۳] و حامد کاوه[۴]

تاریخ دریافت: ۸ خرداد ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: ٤ اردیبهشت ۱۳۹۸

خندان ده ارباب، س.، امینی‌فرد، م. ح.، فلاحی، ح. ر.، و کاوه، ح. ۱۳۹۸. تأثیر سطوح مختلف کود محرک زیستی نوافل و وزن بنه مادری بر رشد رویشی، گلدهی و محتوای کلروفیل زعفران. زراعت و فناوری زعفران، ۷(۴): ۴۵۵-۴۴۱.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر وزن بنه مادری و مصرف کود محرک زیستی نوافل بر رشد برگ‌ها، محتوای کلروفیل و عملکرد گل و کلاله زعفران (*Crocus sativus* L.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۶- ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام شد. عوامل آزمایشی شامل کود زیستی نوافل (به‌صورت مایع با نام تجاری Novafol و حاوی ۲۸ درصد اسید آمینه، با مقادیر صفر، ۲ و ۴ لیتر در هکتار به‌صورت غوطه‌وری بنه و مصرف در آب آبیاری) و وزن بنه مادری (۴-۱/۰، ۸-۴/۱ و۱۲-۸/۱ گرم به‌ترتیب به‌عنوان بنه‌های ریز، متوسط و درشت) بودند. مصرف کود زیستی نوافل بر صفات تعداد گل، عملکرد گل، عملکرد کلاله و محتوای کلروفیل a تأثیر معنی‌داری داشت. بیشترین تعداد گل (۱۶/۵ عدد در مترمربع)، عملکرد گل‌تر (۵/۶۳ گرم در مترمربع)، عملکرد کلاله خشک (۱۰۸ میلی‌گرم در مترمربع) و غلظت کلروفیل a (۱/۰۹ میلی‌گرم در گرم وزن-تر برگ) از تیمار کاربرد ۴ لیتر در هکتار و کمترین مقادیر مربوط به صفات تعداد گل (۱۴/۲۲ در مترمربع)، عملکرد گل (۴/۵۵ گرم در متر-مربع)، عملکرد کلاله خشک (۸۵ میلی‌گرم در مترمربع) و کلروفیل a (۰/۹۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در شاهد (عدم مصرف کود زیستی نوافل) به دست آمد، اما از حیث صفات مذکور تفاوت آماری معنی‌داری بین سطوح ۲ و ۴ لیتر در هکتار کود زیستی نوافل یافت نشد. وزن بنه‌های مادری نیز تمامی صفات مورد مطالعه را بطور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. بیشترین مقدار طول کلاله (۲۵/۱ میلی‌متر)، عملکرد گل (۱۰/۴ گرم در مترمربع)، طول برگ (۳۱/۴۲) و متوسط وزن تر و خشک برگ (به ترتیب ۰/۲۹ و ۰/۰۸۳ گرم در بوته) از بنه‌های درشت (۱۲-۸/۱ گرم) و کمترین مقدار آن‌ها از بنه‌های ریز (کمتر از ۴ گرم) به‌دست آمد. برهم‌کنش وزن بنه مادری و مصرف کود محرک زیستی نوافل نیز بر محتوای کلروفیل b و کلروفیل کل و نیز تعداد برگ در بوته معنی‌دار شد. بیشترین غلظت کلروفیل b و کلروفیل کل (به ترتیب ۱/۷۷ و ۲/۹۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) و تعداد برگ (۷/۵۸ عدد در بوته) از تیمار مصرف ۴ لیتر در هکتار کود محرک زیستی نوافل و بنه‌های درشت بدست آمد. در مجموع، استفاده از کود محرک زیستی نوافل به میزان ۴ لیتر در هکتار رشد رویشی و زایشی گیاه را بهبود بخشید. کاشت بنه‌های مادری درشت نیز نقش مؤثری در افزایش رشد و عملکرد زعفران داشت.

کلمات کلیدی: اسیدآمینه، رنگدانه‌های فتوسنتزی، عملکرد گل، کلاله، مدیریت تغذیه.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم باغبانی، گرایش گیاهان دارویی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
۲- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
۴- استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشگاه تربت حیدریه و پژوهشگر پژوهشکده زعفران، تربت‌حیدریه، ایران
(*- نویسنده مسئول: mh.aminifard@birjand.ac.ir)

DOI: 10.22048/jsat.2019.133954.1303

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

گیاه دارویی زعفران زراعی (*Crocus sativus* L.) متعلق به‌خانواده زنبقیان، از ردۀ تک‌لپه‌ای‌ها و ژئوفیت است که گلدهی آن در پاییز صورت می‌گیرد (Molina et al., 2005; Fallahi & Mahmoodi, 2018a). این گیاه در صنایع‌غذایی به‌عنوان طعم‌دهنده و در صنایع داروسازی به‌عنوان آرام‌بخش، ضد اسپاسم، اشتهاآور و مقوی معده استفاده می‌شود. مهم‌ترین ترکیبات موجود در کلاله زعفران شامل کروسین، پیکروکروسین، سافرانال، چربی، ویتامین‌ها و ترکیبات معدنی هستند (Ebrahimzadeh, 2000). در حال حاضر، ایران بزرگ‌ترین تولید کننده و صادر کنندۀ زعفران در جهان می‌باشد که حدود ۹۰ درصد تولید جهانی این محصول گران‌بها را در اختیار دارد (Koocheki, 2013). ویژگی‌های خاص این محصول از جمله امکان بهره‌برداری چندساله در یک نوبت کاشت، نیاز آبیِ کم، آبیاری در زمان‌های غیر بحرانیِ نیاز آبی سایر گیاهان و نیز بازار فروش داخلی و خارجی مناسب، زعفران را به‌عنوان انتخاب نخست کشاورزان خصوصاً در استان‌های خراسان مطرح کرده است (Behdani & Fallahi, 2015).

در سال‌های اخیر، افزایش بی‌رویه مصرف کودها و مواد شیمیایی در تولید محصولات کشاورزی، سلامت خاک، آب، هوا و همچنین محصولات تولیدی را به خطر انداخته و نگرانی‌های روزافزونی را برای محیط زیست و سلامت بشر به‌وجود آورده است. در همین راستا، بحث کشاورزی ارگانیک و توسعه کشاورزی پایدار و بوم‌سازگار جهت مقابله با معضلات مذکور در سراسر جهان مطرح شده و اهمیت فزآینده‌ای یافته است. بحث کشاورزی ارگانیک و تولید محصولات سالم در کشور ما نیز از دهۀ پیش آغاز شده و در چند سال اخیر با توجه بیش‌تری دنبال می‌شود (Behdani & Fallahi, 2015). مدیریت مصرف کود یک عامل مهم در موفقیت کشت گیاهان می‌باشد و در این بین، شناسایی کودهای‌آلی و سازگار با طبیعت و مناسب برای رشد و نمو گیاهان می‌تواند اثرات مطلوبی بر شاخص‌های کمی و کیفی گیاهان داشته باشند (Renato et al., 2003).

یکی از کودهای آلیِ سازگار با محیط و مناسب برای بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی اسیدهای‌آمینه می‌باشند. اسیدهای‌آمینه فرم ارگانیک نیتروژن هستند (Cerdan et al., 2009) که به‌عنوان ترکیب‌های محرک رشد گیاه فعالیت می‌کنند. این ترکیب‌ها در بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه و ترکیبات هورمونی نقش مهمی دارند (Gawronak, 2008). تأثیر مثبت این محرک‌های زیستی با قابلیت جذب بالا از راه برگ و ریشه در فرآیندهای مختلف رشد و نموی گیاهان و مقاومت در برابر تنش‌ها و شرایط نامناسب محیطی به اثبات رسیده است (Thomas et al., 2009). مطالعات نشان داده‌اند که اسیدهای آمینه به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیک، رشد و نمو گیاهان مؤثر واقع می‌شود (Faten, 2010). قوی و صدرآبادی (Ghavi & Sadrabadi, 2012) در پژوهشی بیان داشتند که بیش‌ترین تعداد و عملکرد گل زعفران در شرایط مصرف کود بیوآمینوپالیس (حاوی اسید آمینه) به‌دست آمد. امامی و همکاران (Emami et al., 2018) در مطالعه‌ای نشان دادند که در شرایط مصرف کود کامل و اسیدآمینه عملکرد گل و کلاله زعفران به طور قابل توجهی افزایش یافت. در تحقیق دیگری نیز اثرات مصرف کودهای زیستی بر رشد رویشی و زایشی زعفران مفید ارزیابی شد (Ghavi & Sadrabadi Haghighi, 2015).

در کنار مدیریت عناصر غذایی، وزن بنۀ مادری نیز از عوامل مهمی است که ظرفیت گیاه را برای گل‌دهی خصوصاً در اولین سال بهره‌برداری از زمین تعیین می‌کند (Nassiri Mahallati et al., 2007). میزان عملکرد زعفران در سال اول به شدت متأثر از اندازه و ذخایر بنه‌هایی است که به‌عنوان بذر کشت می-

www.SID.ir

Archive of SID

شوند و این بنه‌ها با رشد و نمو خود در سال اول (از زمان کاشت تا پایان دوره رشد) سبب به‌وجود آمدن بنه‌های دختری می‌شوند که به‌عنوان بذر گیاه در سال دوم محسوب خواهند شد. بنه‌های تولید شدهٔ جدید نیز عملکرد سال‌های بعد را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Amirshekari et al., 2007)، بنابراین افزایش عملکرد زعفران وابستگی شدیدی به استفاده از بنه‌های مرغوب و درشت در سال اول دارد. حسن‌زاده‌اول و همکاران (Hassanzade Aval et al., 2014) نشان دادند که افزایش وزن بنهٔ مادری کشت شده سبب افزایش تعداد گل، وزن‌تر گل و عملکرد کلالهٔ زعفران در سال اول گل‌دهی شد. یافته‌های مونشی و همکاران (Munshi et al., 2003) و کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2013) نیز مؤید اثر مثبت افزایش وزن بنه بر رشد و گلدهی زعفران می‌باشد. نتایج حاصل از بررسی اثر وزن بنه نشان داد که با افزایش اندازه بنه، میزان سطح برگ و تولید ماده خشک در طی دوره رشد زعفران افزایش یافت (Renau-Morata et al., 2012).

با توجه به اهمیت تولید ارگانیک گیاه دارویی زعفران و نیز مصارف گستردهٔ آن در صنایع‌غذایی و دارویی، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر کاربرد کود محرک زیستی نوافل در سطوح مختلف وزن بنه بر عملکرد گل، رشد رویشی و محتوای کلروفیل این گیاه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال زراعی ۹۶- ۱۳۹۵ انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل وزن بنهٔ مادری [ریز (۴- ۰/۱گرم)، متوسط (۸- ۴/۱) و درشت (۱۲- ۸/۱ گرم)] و مصرف کود محرک زیستی نوافل (صفر، ۲ و ۴ لیتر در هکتار) بودند. کود مصرفی مورد استفاده به‌صورت مایع با نام تجاری نوافل (Novafol) و ساخت شرکت نوآگرو (Novagro) کشور ایتالیا بود که خصوصیات شیمیایی آن بر اساس اطلاعات ارائه شده توسط شرکت سازنده در جدول ۱ ارائه شده است. قبل از کشت، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری گردید (جدول ۲). پس از عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم اولیه، دیسک و تسطیح زمین، کرت‌هایی به ابعاد ۲×۲ متر (چهار مترمربع) ایجاد شد. فاصله بین کرت‌ها ۱ متر و فاصله بین بلوک‌ها ۲ متر در نظر گرفته شد. هم‌زمان با آماده‌سازی کرت‌ها، به‌منظور اجتناب از مخلوط شدن آب کرت‌ها با یکدیگر، برای هر تکرار جوی آبیاری جداگانه‌ای در نظر گرفته شد و آبیاری به‌صورت سیفونی انجام گرفت.

از آنجا که انتخاب بنه مرغوب در ایجاد عملکرد مطلوب دارای اهمیت است، بنه‌های سالم و بدون زخم و خراشیدگی و عاری از هر نوع بیماری از شهرستان قائن برای کشت تهیه شد. پس از جداسازیِ مقداری از پوشینه‌های فیبریِ سطح بنه‌ها، عمل توزین و گروه‌بندیِ وزنی آن‌ها بر طبق تیمارهای مربوط به وزن بنه صورت گرفت.

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی کود محرک زیستی نوافل مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Chemical properties of novafol bio-fertilizer used in expriment

شاخص واکنش pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	نیتروژن کل Total N (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	اسید آمینه کل* Total amino acid (%)
5.8	3.2	5%	19%	28%

* نوع و درصد اسیدآمینه‌ها در اطلاعات ارایه شده توسط شرکت سازنده موجود نمی باشد.

There is no information on the type and percentage of aminoacides based on data presented by company.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش
Table 2- Physical and chemical properties of soil used in experiment

بافت Texture	شاخص واکنش pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	مواد آلی Organic matter (%)	نیتروژن کل Total N (%)	پتاسیم قابل دسترس Available K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل دسترس Available P ($mg.kg^{-1}$)
لومی Loam	7.7	3.4	0.68	0. 08	230	40

کاشت بنه‌ها در ۱۵ مهرماه سال ۱۳۹۵ بر اساس نقشه طرح در شیارهایی با عمق ۲۰ سانتی‌متر، فاصله بین‌ردیفیِ ۲۰ سانتی-متر و فاصله روی‌ردیفیِ ۱۰ سانتی‌متر انجام شد. کود محرک زیستی نوافل به دو صورتِ پیش‌تیمار بنه قبل از کاشت و نیز کاربرد در آب آبیاری در مرحله پس از کاشت مورد استفاده قرار گرفت. قبل از کاشت کود نوافل، به‌صورت غوطه‌وری بنه‌ها در دمای محیط (به مدت ۱۰ دقیقه در محلول‌های ۲ و ۴ در هزار به‌ترتیب برای سطوح ۲ و ۴ لیتر در هکتار) مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله پس از کاشت نیز این کود همراه با آب آبیاری در ماه‌های آبان، دی و اسفندماه به مقدار ۲ و ۴ لیتر در هکتار، زمانی که کرت‌های آزمایشی به‌صورت یکسان غرقاب شدند مصرف شد. بنابراین سطوح عامل مصرف کود زیستی به این صورت تعریف گردید: ۱- پیش‌تیمار بنه با غلظت ۲ در هزار + کاربرد در آب آبیاری به مقدار ۲ لیتر در هکتار در سه نوبت، ۲- پیش‌تیمار بنه با غلظت ۴ در هزار + کاربرد در آب آبیاری به مقدار ۴ لیتر در هکتار در سه نوبت و ۳- تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ نوع ماده تغذیه‌ای چه به‌صورت پیش‌تیمار بنه و چه به‌صورت مصرف در آب آبیاری). بنابراین، شاخص‌های گلدهی زعفران تنها از پیش‌تیمار بنه متأثر شدند، در حالی که شاخص-های مربوط به رشد رویشی و محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی تحت تأثیر هر دو نوع روش مصرف کود نوافل واقع شدند. ضمناً به دلیل سالم بودن بنه‌ها، از ضدعفونی آن‌ها در مرحله قبل از کاشت اجتناب شد.

بعد از اتمام کاشت بنه‌های زعفران، اولین آبیاری در اوایل آبان ماه انجام شد. به منظور سهولت خروج جوانه‌های گل و برگ زعفران از خاک، عملیات سله‌شکنی بعد از اولین آبیاری صورت گرفت. پس از آبیاری اول به فاصله دو هفته گل‌های زعفران ظاهر شدند. برداشت گل‌های زعفران به‌مدت سه هفته در اولین ساعات صبح از نیمه آبان تا اوایل آذرماه، با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای (دو ردیف کناری و ۲۵ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت) از سطح یک و نیم مترمربع باقی مانده در هر کرت به‌صورت روزانه صورت گرفت. در هر تاریخ برداشت، پس از شمارش و توزین گل‌های مربوط به هر کرت، قسمت‌های مختلف گل در آون الکتریکی در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد به-مدت ۲۴ ساعت خشک شد و سپس با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن گردید.

با توجه به اینکه رشد سریع برگ‌های زعفران تا حدود اسفندماه ادامه دارد و بعد از این تاریخ به دلیل آغاز مرحله رشد سریع بنه‌های دختری از رشد اندام‌های سبزینه‌ای به شدت کاسته می‌شود (Fallahi & Mahmoodi, 2018b). لذا اندازه‌گیری اجزاء رویشی گیاه شامل متوسط تعداد برگ در هر بوته، طول و وزن برگ در تاریخ ۲۰ اسفند ۱۳۹۵ صورت گرفت. برای این منظور سه بوته به طور تصادفی از هر کرت انتخاب و متوسط وزن‌برگ، تعداد برگ هر بوته و طول برگ‌ها محاسبه گردید. جهت اندازه‌گیری وزن برگ از ترازوی دیجیتالی و برای اندازه‌گیری طول برگ از خط‌کش استفاده شد. سنجش غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل) نیز با کمک روش آرنون (Arnon, 1967) در طی رشد رویشی

www.SID.ir

Archive of SID

گیاه (اواسط اسفند) و با استفاده از برگ‌های جوانِ توسعه‌یافته انجام شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش از نرم‌افزار SAS 9.1 استفاده شد. میانگین‌ها نیز بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تعداد گل

نتایج به‌دست آمده حاکی از تأثیر معنی‌دار مصرف کود محرک زیستی نوافل و وزن بنهٔ مادری بر متوسط تعداد گل زعفران بود، اما برای اثر متقابل این دو عامل تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کم‌ترین تعداد گل در تیمار شاهد (عدم مصرف کود محرک زیستی نوافل) و بیش‌ترین آن از تیمار کاربرد ۴ لیتر در هکتار کود محرک زیستی نوافل به‌دست آمد که بین تیمار برتر و شاهد ۱۶ درصد تفاوت وجود داشت. با این وجود، بین سطوح مصرف ۲ و ۴ لیتر در هکتار کود محرک زیستی نوافل تفاوت معنی‌داری از نظر صفت تعداد گل مشاهده نشد (جدول ۴). مشابه نتایج پژوهش حاضر، محققین در پژوهشی با بررسی اثر کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر روی اجزای عملکرد زعفران دریافتند که مصرف اسید آمینه (بیوآمینوپالیس) سبب افزایش تعداد گل زعفران شد (Ghavi & Sadrabadi., 2012). در تحقیق دیگری مصرف کودهای حاوی اسید آمینه با نام تجاری بیوآمینوپالیس و آمینول‌فورته به ترتیب ۱۹ و ۴ درصد در سال اول و ۱۱۰ و ۱۲۵ درصد در سال دوم سبب افزایش تعداد گل تولیدیِ زعفران نسبت به شاهد گردید (MollaFilabi, 2014). کاربرد اسیدهای آمینه با محتوای نیتروژن آلی موجب فراهمیِ برخی مواد معدنی و مغذی برای گیاه می‌شود (Cerdna et al., 2009).

جدول ۳- میانگین مربعات مربوط به اثر وزن بنه مادری و مصرف کود محرک زیستی نوافل بر رشد زایشی زعفران

Table 3- Mean of squares for the effect of mother corms weight and novafol bio fertilizer application on flowering traits of saffron

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد گل تر Fresh flower yield	عملکرد تر کلاله Fresh yield of stigma	متوسط وزن تر تک‌گل Mean weight of flower	تعداد گل Number of flower	متوسط طول کلاله Average length of stigma	عملکرد خشک کلاله Dry yield of stigma
بلوک Block	2	0.676^{ns}	0.0083^{ns}	0.00027^{ns}	1.44^{ns}	0.504^{ns}	0.00061^{ns}
کود محرک زیستی نوافل Novafol bio fertilizer	2	2.580*	0.015*	0.00071*	12.33*	3.15^{ns}	0.00129**
وزن بنه Corm weight	2	203.79**	0.207**	0.0065**	1460.33**	18.70**	0.066 **
وزن بنه× کود محرک زیستی نوافل Corm weight × Novafol bio fertilizer	4	0.692^{ns}	0.0017^{ns}	0.00031^{ns}	5.33^{ns}	2.01^{ns}	0.00072^{ns}
خطا Error	16	0.52	0.0039	0.00017	2.69	1.47	0.0003

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

* and ** are significant at 5 and 1% probability levels and ns: is non-significant, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر ساده مصرف کود محرک زیستی نوافل بر برخی صفات مرتبط با رشد زایشی زعفران

Table 4- Mean comparisons for simple effects of novafol bio fertilizer on some flowering traits of saffron

کود محرک زیستی نوافل Novafol bio fertilizer (l ha^{-1})	عملکرد گل تر Fresh yield of flower ($g.m^{-2}$)	عملکرد تر کلاله Fresh yield of stigma ($g.m^{-2}$)	متوسط وزن تر تک‌گل Mean fresh weight of flower (g)	تعداد گل در متر مربع Number of flower per m^{-2}	متوسط طول کلاله Average length of stigma (mm)	عملکرد خشک کلاله Dry yield of stigma ($mg.m^{-2}$)
0	4.55^{b}	0.168^{b}	0.322^{b}	14.22^{b}	23.24^{a}	85^{b}
2	5.17^{ab}	0.197^{b}	0.332^{ab}	15.55^{ab}	24.05^{a}	91^{ab}
4	5.63^{a}	0.249^{a}	0.340^{a}	16.55^{a}	24.4^{a}	108^{a}

در هر ستون میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

In each column, means with the same letter are not significantly different at 5% probability level.

کودهای حاوی اسید آمینه از طریق افزایش محتوای عناصر غذایی و تحریک متابولیسم اثرات مثبتی بر رشد، گل‌دهی و کیفیت گل‌ها دارد. افزایش جذب آب و عناصر غذایی و تأمین نیتروژن آلی از طریق افزایش محتوای کلروفیل و در نتیجه افزایش فتوسنتز موجب تقویت فرآیند تخصیص مواد آلی و بهبود رشد رویشی و زایشی گیاه می‌گردد (Oraghi Ardebili et al., 2011).

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش وزن بنه مادری کشت شده از محدودهٔ وزنیِ ۴-۰/۱ گرم (بنه‌های ریز) به ۱۲-۸/۱ گرم (بنه‌های درشت)، متوسط تعداد گل در سال اولِ گلدهی ۸/۲ برابر افزایش یافت (جدول ۵). تحقیقات نشان داده است که بین وزن بنه و میزان گلدهی زعفران همبستگی مثبت و بالایی وجود دارد (Pandey & Srivastav, 1979) و با بیشتر شدن وزن بنه زعفران، تعداد گل و عملکرد اقتصادی در سال اول کشت بیش‌تر می‌شود (Kumar et al., 2009). نصیری محلاتی و همکاران (Nassiri Mahallati et al., 2007) در تحقیقی اعلام کردند گروه‌های وزنی ۱۲-۹ و ۱۵-۱۲ گرم از نظر تعداد گل نسبت به گروه‌های وزنی کمتر شامل ۶-۳ و ۹-۶ گرم برتری داشتند. ملافیلابی و شوریده (Mollafilabi & Shoorideh, 2009) دلیل این امر را به ذخیره مواد غذایی بیش‌تر در بنه‌های درشت نسبت دادند. این ذخیره، منبع مواد فتوسنتزی مورد نیاز گیاه را بعد از مرحلهٔ خواب بنه و در مراحل اولیهٔ رشد تأمین می‌نماید.

جدول ٥- مقایسه میانگین مربوط به اثر ساده وزن بنه مادری بر صفات مرتبط با رشد زایشی زعفران

Table 5- Mean comparisons for simple effects of mother corm weight on some flowering traits in saffron

وزن بنه مادری Mother corm weight (g)	عملکرد گل تر Fresh yield of flower ($g.m^{-2}$)	عملکرد تر کلاله Fresh weight of stigma ($g.m^{-2}$)	متوسط وزن تر تک‌گل Mean fresh weight of flower (g)	تعداد گل در متر مربع Number of flower per m^{-2}	متوسط طول کلاله Average length of stigma (mm)	عملکرد کلاله خشک Dry yield of stigma ($mg.m^{-2}$)
0.1 - 4	1.1^{c}	0.07^{c}	0.312^{b}	3.5^{c}	22.3^{b}	20^{c}
4.1 - 8	4.4^{b}	0.16^{b}	0.319^{b}	13.8^{b}	24.3^{a}	70^{b}
8.1 - 12	10.4^{a}	0.37^{a}	0.365^{a}	28.8^{a}	25.1^{a}	180^{a}

در هر ستون میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

In each column, means with the same letter are not significantly different at 5% probability level.

www.SID.ir

Archive of SID

متوسط وزن و عملکرد گل

مصرف کود محرک زیستی نوافل و وزن بنهٔ مادری بر متوسط وزن هر گل و عملکرد گل زعفران اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۳). کمترین مقادیر متوسط وزن تر و عملکرد گل‌تر در شرایط عدم مصرف کود زیستی نوافل (شاهد) و بیش‌ترین مقادیر آن‌ها از تیمار مصرف ۴ لیتر در هکتار کود نوافل به‌دست آمد. بر این اساس، کاربرد کود زیستی عملکرد گل را ۲۳/۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. از حیث صفات مذکور بین تیمارهای مصرف ۲ و ۴ لیتر در هکتار کود زیستی نوافل تفاوت آماری مشاهده نشد (جدول ۴). مشابه این نتایج، امامی و همکاران (Emami et al., 2018) نشان دادند که مصرف کود کامل و اسید آمینه سبب افزایش تعداد گل و عملکرد گل در زعفران شد. اسلاویک (Slawik, 2005) بیان کرد مصرف اسیدهای آمینه در عملکرد گیاهان تأثیر مثبت دارد. این تأثیر ناشی از افزایش نسخه‌برداری mRNA تا میزان ۲/۵ برابر، فعال‌سازی هورمون‌های مؤثر در رشد زایشی، تشکیل کربوهیدارت‌ها و افزایش جذب و انتقال عناصر غذایی می‌باشد (Thomas et al., 2009).

در خصوص وزن بنه مادری، بیش‌ترین و کمترین وزن تر تک‌گل و عملکرد گل‌تر به‌ترتیب از کاشت بنه‌های درشت و ریز حاصل شد (جدول ۵). افزایش عملکرد گل زعفران در صورت استفاده از بنه‌های درشت مورد تأیید بسیاری از محققین قرار گرفته است. به‌عنوان مثال در پژوهشی، اعلام شد که بنه‌های با وزن بیش از ۸ گرم نقش اصلی را در گل‌دهی ایفا می‌کنند (Azizi Zohan et al., 2008). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2016) نیز نشان دادند که استفاده از بنه‌های مادری با وزن بیش از ۹ گرم در مقایسه با بنه‌های زیر ۵ گرم، عملکرد گل زعفران را ۶۶ درصد افزایش داد. در مطالعهٔ دیگر همتی کاخکی (Hemmati Kakhki, 2003) بیان داشت که بنه‌های درشت نه‌تنها در همان سال اول عملکرد مزرعه را بالا می‌برند، بلکه از طریق تولید بنه‌های بیش‌تر و درشت‌تر ظرفیت گل‌آوری و عملکرد مزرعه را برای سال‌های بعد نیز بیش‌تر می‌کنند. بنه‌های بزرگ‌تر با ذخایر غذایی بالاتر و فراهم‌سازی بیش‌تر عناصر غذایی برای گیاه و حداکثر اختصاص مواد فتوسنتزی به جوانه‌های رویشی و زایشی، عملکرد و اجزای عملکرد زعفران را افزایش می‌دهند (Nassiri Mahallati et al., 2007). بر اساس نتایج حاصله کاشت بنه‌های درشت با تولید عملکرد ۹ برابری (جدول ۵) در مقایسه با بنه‌های ریز، می‌تواند در همان سال اول هزینه‌های بالاتر ناشی از خرید این نوع بنه‌ها را جبران نماید. عملکرد گل زعفران در آزمایش کنونی حتی در شرایط استفاده از بنه‌های مادری درشت حدود ۱۰۵ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۵) که مقداری کمتر از حد انتظار می‌باشد. این موضوع می‌تواند ناشی از کاشت دیرهنگام بنه‌ها در آزمایش کنونی باشد (۱۵ مهرماه)، این در حالی است که بهترین زمان کاشت زعفران در دوره استراحت حقیقی بنه در اواخر بهار می‌باشد (Behdani & Fallahi, 2015).

طول کلاله

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنها اثر ساده وزن بنهٔ مادری در سطح احتمال یک درصد بر متوسط طول کلاله معنی‌دار بود و کود محرک زیستی نوافل و اثر متقابل این دو عامل نتوانستند تأثیر معنی‌داری بر این صفت نشان دهند (جدول ۳). استفاده از بنه‌های درشت مقدار این صفت را در مقایسه با بنه‌های ریز ۱۲ درصد افزایش داد (جدول ۵). در تحقیقات مشابهی افزایش اندازه بنه زعفران به دلیل فراهم‌سازی ذخایر غذایی کافی، تأثیر مثبتی بر طول کلاله داشت (Munshi et al., 2003; Alipoor Miandehi et al., 2013; 2015).

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد کلاله

عملکرد تر و خشک کلاله تحت تأثیر معنی‌دار مصرف کود محرک زیستی نوافل و وزن بنه مادری قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، کم‌ترین عملکرد تر و خشک کلاله در تیمار شاهد و بیش‌ترین آن از تیمار کاربرد ۴ لیتر در هکتار کود زیستی به‌دست آمد، اما بین دو سطح کود مصرفی از حیث این صفات تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. میزان تفاوت بین تیمار برتر با شاهد از حیث صفت عملکرد خشک کلاله ۲۷ درصد بود (جدول ۴). در تأیید این یافته‌ها، در تحقیق دیگری نیز کاربرد کودهای حاوی اسیدآمینه عملکرد کلاله خشک زعفران را ۲۶/۴ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. تحقیقات نشان داده است که بین ماده آلی خاک و عملکرد زعفران همبستگی مثبت و بالایی وجود دارد (Rashed Mohassel et al., 2006). مواد آلی به‌عنوان نگهدارنده موادغذایی و آب در خاک عمل می‌کنند و با بهبود ساختمان خاک به کاهش تراکم خاک و افزایش تهویه آن کمک می‌کنند (Behdani & Fallahi, 2015). افزودن این مواد (اسیدهای آمینه) به‌خاک فعالیت‌های میکروبی خاک را هم تقویت کرده و بدین‌وسیله موجب تسهیل جذب برخی عناصر غذایی و در نهایت افزایش رشد و بهبود عملکرد گیاه می‌شود (Cao et al., 2010). مشابه با یافته‌های این تحقیق، ملافیلابی (MollaFilabi, 2014) نیز گزارش کرد که تغذیه برگی با کودهای محرک بیوآمینوپالیس و آمینول‌فورته، وزن خشک کلاله را در سال اول به‌ترتیب ۷۱ و ۱۷۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد.

با افزایش وزن بنهٔ مادری بر عملکرد کلاله خشک افزوده شد، به‌طوری‌که عملکرد سال اول کلاله خشک در شرایط مصرف بنه‌های درشت حدود ۸۰۰ درصد بیشتر از تیمار استفاده از بنه‌های ریز بود (جدول ۵). یکی از عوامل مهم افزایش عملکرد در مزارع یک سالهٔ زعفران اندازه بنه مصرفی می‌باشد (Behdani & Fallahi, 2015; Fallahi et al., 2017). یافته‌های مشابه با نتایج آزمایش کنونی توسط محققان دیگری (Mollafilabi et al., 2013; Hassanzade Aval et al., 2014; Koocheki et al., 2015) نیز گزارش شده و این افزایش به عواملی مانند اندوخته غذایی بیشتر، رشد سریع‌تر ریشه‌ها و نیز رشد و استقرار زودتر بنه در خاک در شرایط استفاده از بنه‌های مادری درشت نسبت داده شده است. نتایج پژوهشی حاکی از آن است که با وجود اینکه در تیمار کاشت بنه‌های مادری ریز (کمتر از ۴ گرم)، در سال اول عملکرد کلاله تقریباً صفر بود، استفاده از بنه‌های درشت (۸ تا ۱۲ گرم) بیش از ۱/۶ کیلوگرم کلاله تولید کرد. در سال دوم نیز عملکرد کلاله در تیمار بکارگیری بنه‌های مادری درشت به‌ترتیب ۲۰ و ۶۹ درصد بیشتر از بنه‌های مادری متوسط (۴ تا ۸ گرم) و ریز بود. با این وجود، بنه‌های مادری ریز که در سال اول قادر به تولید کلاله نبودند، در ابتدای سال دوم و تحت تأثیر عملیات زراعیِ طی اولین فصل رشد، افزایش وزن داده و در ابتدای سال دوم ۱/۲۷ کیلوگرم در هکتار کلاله خشک تولید کردند (Fallahi et al., 2018). در بین عوامل مؤثر بر افزایش عملکرد کلاله، شاخص طول کلاله کمترین تأثیر را برجاگذاشت؛ به طوری‌که صفات طول کلاله، متوسط وزن هر گل و تعداد گل تولیدیِ در واحد سطح در شرایط کاربرد بنه‌های مادری درشت به‌ترتیب ۱۲، ۱۶ و ۷۲۲ درصد در قیاس با کاربرد بنه‌های مادری ریز بهبود یافتند (جدول ۵).

طول برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنها اثر ساده وزن بنهٔ مادری بر متوسط طول برگ زعفران معنی‌دار بود و کاربرد کود محرک زیستی نوافل و اثر متقابل این دو عامل نتوانستند اثر معنی‌داری بر این صفت داشته باشند (جدول ۶). مقدار این صفت در بنه‌های مادری درشت ۲۵ درصد بیشتر از گیاهان حاصل از بنه‌های مادری ریز بود (جدول ۷). مشابه این نتایج، محققین

www.SID.ir

Archive of SID

دیگری (Nassiri Mahallati et al., 2007; Pandey et al., 1979) نیز در تحقیقات خود تأثیر مثبت وزن بنه را بر متوسط طول برگ زعفران گزارش کرده‌اند. ظهور زودتر برگ‌ها در بنه‌های بزرگ‌تر سبب استفاده بهتر از منابع و رشد بهتر می‌گردد که به‌دنبال آن افزایش طول برگ را در پی خواهد داشت. افزون بر این، فراهمیِ بیشتر ذخایر غذایی در این نوع بنه‌ها، منبع غذاییِ مناسبی را برای رشد رویشیِ گیاه فراهم می‌نماید (Fallahi et al., 2018).

جدول ٦- میانگین مربعات مربوط به اثر وزن بنهٔ مادری و کاربرد کود محرک زیستی نوافل بر برخی صفات رویشی و محتوای کلروفیل زعفران

Table 6- Mean of square for the effect of corms weight and novafol bio fertilizer application on some vegetative traits and chlorophyll content in saffron

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	متوسط تعداد برگ Mean number of leaves	متوسط طول برگ Leaf length	متوسط وزن تر برگ Fresh weight of leaf	متوسط وزن خشک برگ Dry weight of leaf	محتوای کلروفیل a Chlorophyll a	محتوای کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll
بلوک Block	2	0.481^{ns}	0.01^{ns}	0.00007^{ns}	0.000012^{ns}	0.0029^{ns}	0.015^{ns}	0.015^{ns}
کود محرک زیستی نوافل Novafol bio fertilizer	2	9.92**	0.55^{ns}	0.00024^{ns}	0.00014^{ns}	0.038**	0.11*	0.288**
وزن بنه Corm weight	2	17.37**	89.20**	0.013**	0.00042**	0.017*	0.313**	0.479**
وزن بنه× کود محرک زیستی نوافل Corm weight × Novafol bio fertilizer	4	0.87*	2.40^{ns}	0.00009^{ns}	0.000012^{ns}	0.0034^{ns}	0.099*	0.136*
خطا Error	16	0.23	2.01	0.00012	0.000048	0.0036	0.023	0.031

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

* and ** are significant at 5 and 1% probability levels and ns: is non-significant, respectively.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر ساده وزن بنه بر برخی صفات رویشی و محتوای کلروفیل برگ زعفران

Table 7- Mean comparisons for simple effects of mother corm weight on some vegetative traits and chlorophyll content in saffron

وزن بنه مادری Mother corm weight (g)	متوسط طول برگ Average Leaf length (cm)	متوسط تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant	وزن تر برگ Leaf fresh weight (g per plant)	وزن خشک برگ Leaf dry weight (g.plant^{-1})	کلروفیلa Chlorophyll a (mg. g^{-1} FW)	کلروفیلb Chlorophyll b (mg. g^{-1} FW)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg. g^{-1} FW)
0.1 - 4	25.12^{c}	5.11^{c}	0.22^{c}	0.069^{c}	0.98^{c}	1.13^{b}	2.14^{b}
4.1 - 8	28.13^{b}	6.55^{b}	0.25^{b}	0.076^{b}	1.06^{b}	1.28^{a}	2.31^{ab}
8.1 - 12	31.42^{a}	7.88^{a}	0.29^{a}	0.083^{a}	1.20^{a}	1.50^{a}	2.59^{a}

در هر ستون میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

In each column, means with the same letter are not significantly different at 5% probability level.

www.SID.ir

Archive of SID

تعداد برگ

متوسط تعداد برگ موجود در هر بوتهٔ زعفران به طور معنی-داری تحت تأثیر اثر ساده و متقابل عوامل آزمایشی قرار گرفت (جدول ۶). مصرف ۴ لیتر در هکتار آمینواسید مقدار این صفت را در مقایسه با شاهد ۳۷ درصد افزایش داد (جدول ۸). با توجه به نتایج اثر متقابل (جدول ۹) بیش‌ترین متوسط تعداد برگ در گیاهان رشد یافته از بنه‌های مادری درشت که با ۴ لیتر در هکتار کود محرک زیستی تغذیه شده بودند، حاصل شد که ۲/۸ مرتبه بیشتر از گیاهانی بود که از بنه‌های مادری ریز تولید شده و با کود زیستی تیمار نشده بودند. قوی و صدرآبادی حقیقی (Ghavi & Sadrabadi Haghighi, 2015) نیز در پژوهشی بر روی زعفران اثر مصرف کود محرک زیستی آمینول‌فورته را در بهبود طول و وزن برگ مفید ارزیابی کردند. عناصر غذایی از جمله نیتروژن با اثر مستقیم بر فرآیند فتوسنتز و افزایش سطح برگ و اثر غیرمستقیم از طریق نمو، بر سرعت تولید در گیاهان مؤثر می‌باشند (Ameri et al., 2007). به‌نظر می‌رسد که کاربرد کود زیستی نوافل در مراحل اولیه رشد به‌عنوان عامل مؤثر بر بهبود حاصلخیزی خاک، به‌دلیل افزایش فراهمی عناصر غذایی قابل دسترس، منجر به بهبود رشد رویشی برگ زعفران شده است. مشابه نتایج این آزمایش، در تحقیقات دیگری (Pandy & Srivastava, 1979; Alipoor et al., 2013) بالاترین تعداد برگ در نتیجه کاشت بنه‌های مادری بزرگ به دست آمد. افزایش وزن بنه با افزایش قدرت تقسیم سلولی باعث افزایش تعداد، سطح برگ و بهبود خصوصیات رویشی گیاه می-گردد (Alipoor et al., 2015). نتایج آزمایش کنونی در خصوص تأثیر کود نوافل بر رشد برگ زعفران نشان داد این کود اگرچه بر صفت تعداد برگ در بوته تأثیر معنی‌داری داشت، اما اثرگذاری آن بر شاخص طول برگ قابل توجه نبود (جدول ۸). این موضوع می‌تواند ناشی از اثر تحریک‌کنندگی این کود بر جوانه‌های بنه و در نتیجه تولید تعداد بیشتری برگ از این جوانه-ها باشد، ولی در مراحل بعدیِ رشد رویشی اثرگذاری آن به جای افزایش طول برگ‌ها عمدتاً بر روی محتوای کلروفیل برگ (جدول ۸) بوده است.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر ساده کود محرک زیستی نوافل بر برخی صفات رویشی و محتوای کلروفیل برگ زعفران

Table 8- Mean comparisons for the simple effects of novafol bio fertilizer application on some vegetative traits and chlorophyll content in saffron

کود محرک زیستی نوافل Novafol bio fertilizer ($l.ha^{-1}$)	متوسط طول برگ Average Leaf length (cm)	متوسط تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant	وزن تر برگ Leaf fresh weight (g per plant)	وزن خشک برگ Leaf dry weight ($g.plant^{-1}$)	کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$ FW)	کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$ FW)	کلروفیل کل Total chlorophyll ($mg.g^{-1}$ FW)
0	27.94^{a}	5.33^{b}	0.25^{a}	0.07^{a}	0.97^{b}	1.18^{b}	2.15^{b}
2	28.33^{a}	6.88^{a}	0.25^{a}	0.07^{a}	1.06^{a}	1.33^{ab}	2.39^{a}
4	28.40^{a}	7.33^{a}	0.26^{a}	0.08^{a}	1.09^{a}	1.40^{a}	2.50^{a}

در هر ستون میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

In each column, means with the same letter are not significantly different at 5% probability level.

وزن برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنها اثر ساده وزن بنهٔ مادری در سطح احتمال یک درصد بر وزن برگ زعفران معنی‌دار است. این صفت تحت تأثیر معنی‌دار مصرف کود محرک زیستی نوافل و اثر متقابل این دو عامل قرار نگرفت (جدول ۶). بیش-ترین و کمترین وزن خشک برگ به‌ترتیب در گیاهان حاصل از

www.SID.ir

Archive of SID

بنه‌های مادری درشت و ریز به‌دست آمد که بین این دو ۲۰ درصد اختلاف وجود داشت (جدول ۷). مشابه این نتایج، امیرشکاری و همکاران (Amirshekari et al., 2007) در مطالعه‌ای بیان کردند که کاشت بنه‌های بزرگ تعداد و وزن خشک برگ را افزایش می‌دهد. در تحقیق دیگری با افزایش اندازه بنه، میزان سطح برگ و تولید ماده خشک در طی دوره رشد زعفران افزایش یافت (Renau-Morata et al., 2012). با توجه به افزایش تعداد و طول برگ در تیمار استفاده از بنه‌های مادری درشت (جدول ۷)، افزایش وزن برگ نیز دور از انتظار نخواهد بود.

محتوای کلروفیل برگ

مطابق با نتایج تجزیه واریانس (جدول۶)، اثرات ساده مصرف کود زیستی نوافل و وزن بنهٔ مادری بر محتوای کلروفیل a و اثر متقابل این دو عامل بر غلظت کلروفیل b و کلروفیل کل برگ زعفران معنی‌دار بودند. بر اساس مقایسه میانگین صفات (جدول ۸)، کم‌ترین میزان کلروفیل a در گیاهان شاهد و بیش‌ترین آن از تیمار مصرف ۴ لیتر در هکتار کود محرک زیستی به‌دست آمد، که این دو با هم ۱۲ درصد اختلاف داشتند. با این وجود، بین تیمارهای کاربرد ۲ و ۴ لیتر در هکتار کود زیستی نوافل از حیث غلظت کلروفیل a تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۸). با توجه به نقش عنصر نیتروژن در ساختمان کلروفیل و نظر به حضور نیتروژن آلی و معدنی در ترکیب کود نوافل (جدول ۱)، افزایش غلظت کلروفیل برگ در شرایط مصرف این نوع کود قابل انتظار می‌باشد. با توجه به نتایج اثر متقابل تیمارها، بیش‌ترین میزان کلروفیل b و کلروفیل کل برگ از تیمار مصرف ۴ لیتر در هکتار کود زیستی و بنه‌های مادری درشت و کم‌ترین مقادیر آن‌ها در گیاهان حاصل از بنه‌های مادری ریز که با کود زیستی نوافل تغذیه نشدند، به‌دست آمد (جدول ۹). اسیدهای‌آمینه به‌عنوان منبعی از نیتروژن، یک ترکیب اساسی در تولید کلروفیل و بهبود فتوسنتز می‌باشند. کاربرد این ترکیبات باعث بهبود کارایی جذب نیتروژن از خاک می‌گردد و در نتیجه کاهش هدرروی نیتروژن را موجب می‌شود (Oraghi Ardebili et al., 2011). ظرفیت فتوسنتزی برگ‌ها و محتوای کلروفیل آن‌ها رابطه نزدیکی با محتوای نیتروژن دارد. منابع تغذیه‌ایِ حاوی نیتروژن موجب افزایش فتوسنتز و در نتیجه تقویت رشد گیاهان می‌شوند (Oraghi Ardebili et al., 2011). با توجه به اینکه در ساختار رنگدانه‌های فتوسنتزی عنصر نیتروژن نقش دارد (Zgallai et al., 2006)، کاربرد اسیدهای آمینه به‌عنوان منبع تأمین نیتروژن آلی در مراحل آغازین رشد می‌تواند علاوه بر افزایش مقدار این رنگدانه‌ها سبب افزایش محتوای کلروفیل، فتوسنتز و افزایش رشد گیاه گردد (Oraghi Ardebili et al., 2011).

در ارتباط با وزن بنه مادری نیز مطالعات نشان داده است که تقسیم‌سلولی و به‌دنبال آن رشد برگ‌ها، در بنه‌های بزرگ‌تر نسبت به بنه‌های کوچک‌تر زودتر اتفاق می‌افتد (Molina et al., 2005). رشد زودتر و ارتفاع بیشتر برگ‌ها، امکان استفاده بیش‌تر از شرایط محیطی و افزایش میزان مواد فتوسنتزی ساخته شده را به‌دنبال دارد (Koocheki et al., 2015 & 2016). هم‌چنین بنه‌های بزرگ‌تر دارای ظرفیت بیشتری برای استفاده از عناصر غذایی محیط هستند (Alipoor Miandehi et al., 2013 & 2015) و کارایی جذب و مصرف نیتروژن بالاتری نسبت به بنه‌های کوچک دارند (Arisha & Bradisi., 1999). از این‌رو، به‌نظر می‌رسد افزایش کلروفیل در نتیجهٔ کاشت بنه‌های مادری بزرگ، ناشی از توانایی بالاتر گیاهانِ حاصل از این بنه‌ها در جذب نیتروژن از خاک باشد (Molina et al., 2005). نیتروژن ساختار اصلی تمامی آمینواسیدها در پروتئین‌ها و چربی‌ها می‌باشد که به‌عنوان ترکیبات ساختاری کلروپلاست فعالیت می‌کنند و در نهایت باعث افزایش میزان کلروفیل در گیاه می‌گردد (Badr and Fekry, 1998).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر متقابل وزن بنه مادری و مصرف کود محرک زیستی نوافل بر محتوای کلروفیل و تعداد برگ زعفران

Table 9- Means comparison for the interaction effects of mother corm weight and Novafol bio fertilizer application on leaves number and chlorophyll content in saffron

وزن بنه مادری Mother corm weight (g)	کود محرک زیستی نوافل Novafol bio fertilizer ($l.ha^{-1}$)	کلروفیل کل Total chlorophyll ($mg.g^{-1}$ FW)	کلروفیلb Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$ FW)	تعداد برگ در بوته Leaf number per plant
0.1 - 4	0	2.123^{c}	1.10^{c}	2.66^{d}
4.1 - 8	0	2.136^{c}	1.14^{c}	3.16^{cd}
8.1 - 12	0	2.139^{c}	1.155^{c}	3.25^{cd}
0.1 - 4	2	2.15^{c}	1.159^{c}	4.00^{bc}
4.1 - 8	2	2.31^{c}	1.24^{c}	4.33^{b}
8.1 - 12	2	2.70^{ab}	1.59^{ab}	7.41^{a}
0.1 - 4	4	2.2^{c}	1.23^{c}	4.25^{b}
4.1 - 8	4	2.42^{bc}	1.35^{bc}	6.75^{a}
8.1 - 12	4	2.95^{a}	1.77^{a}	7.58^{a}

در هر ستون میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

In each column, means with the same letter are not significantly different at 5% probability level.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این تحقیق حاکی از آن بود، که استفاده از کود محرک زیستی نوافل به میزان ۲ تا ۴ لیتر در هکتار می‌تواند در بهبود رشد رویشی، گلدهیِ و محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی زعفران مؤثر باشد، بنابراین استفاده از این نهاده آلی ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی و آلودگی زیست‌محیطی می‌تواند راهکاری مناسب در راستای تولید پایدار گیاه دارویی زعفران مدنظر قرار گیرد. به منظور تکمیل نتایج این آزمایش پیشنهاد می‌شود، سایر سطوح کود زیستی نوافل در طی پژوهش‌های چندساله بر عملکرد کمی و کیفی زعفران بررسی شود. وزن بنهٔ مادری نیز در سال اول کاشت تأثیر بسیار معنی‌داری بر گلدهی زعفران داشت، به طوری که با افزایش وزن بنه‌ها از زیر ۴ گرم به ۸ تا ۱۲ گرم، عملکرد گل از ۱۱ به ۱۰۴ کیلوگرم در هکتار افزایش پیدا نمود.

سپاسگزاری

حمایت مالی این طرح توسط معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه بیرجند و نیز پژوهشکده ملی زعفران صورت گرفته است که بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

Alipoor Miandehi, Z., Mahmoodi, S., Behdani, M.A., and Sayyari, M.H. 2015. Effects of corm weight and application of fertilizer types on some growth characteristics and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) under Mahvelat manure, bio-and

Alipoor Miandehi, Z., Mahmodi, S., Behdani, M.A., and Sayyari, M.H. 2013. Effect of chemical-fertilizers and corm size on saffron (*Crocus sativus* L.) yield and yield components. Journal of Saffron Research 1 (2): 73-84. (In Persian with English Summary).

www.SID.ir

Archive of SID

conditions. Journal of Saffron Research 2 (2): 97-112. (In Persian with English Summary).

Ameri, A., Nasiri Mahallati, M., and Rezvani Moghadam, P. 2007. Effects of nitrogen and plant density on nitrogen use efficiency, flower yield and active substances of marigold (*Calendula officinalis*). Iranian Journal of Field Crop Research 5 (2): 315-326. (In Persian with English Summary).

Amirshekari, H., Sorooshzadeh, A., Modaress Sanavy, A., and Jalali Javaran, M. 2007. Study of effects of root temperature, corm size, and gibberellin on underground organs of saffron (*Crocus sativus* L.). Iranian Journal of Biology 19 (1): 5-18. (In Persian with English Summary).

Arisha, H.M., and Bradisi, A. 1999. Effect of mineral fertilizers and organic fertilizers on growth, yield and quality of potato under sandy soil conditions. Zagazig Journal Agriculture Research 26: 391- 405.

Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal 23:112-121.

Azizi-Zohan, A.A., Kamgar-Haghighi, A.A., and Sepaskhah, A.R. 2008. Crop and pan coefficients for saffron in a semi-arid region of Iran. Journal of Arid Environments 72: 270-278.

Badr, L.A.A., and Fekry, W.A. 1999. Effect of intercropping and doses of fertilization on growth and productivity of taro and cucumber plants: 1- vegetative growth and chemical constituents of foliage. Zagazig Journal of Agriculture Research 25: 1087-101.

Behdani, M.A., and Fallahi, H.R. 2015. Saffron: Technical Knowledge Based on Research Approaches. University of Birjand Publication. (In Persian).

Cao, J.X., Peng, Z.P., Huang, J.C., Yu, J.H., Li, W.N., Yang, L.X., and Lin, Z.J. 2010. Effect of foliar application of amino acid on yield and quality of flowering Chinese cabbage. Chinese Agriculture Science Bulletin 26: 162-165.

Cerdan, M., Sanchez-Sanchez, A., Oliver, M., Jurez, M., and Sanchez- Andreu, J.J. 2009. Effect of foliar and root applications of amino acids on iron uptake by tomato plants. Acta Hortulture 830: 481-488.

Ebrahimzadeh, H., Rajabian, T., and Karamian, R. 2000. In vitro production of floral buds and stigma-like structures on floral organ of *Crocus sativus*. Pakistan Journal of Botany 32 (1): 141-150.

Emami, M., Armin, M., and Jami Moini, M. 2018. The effect of foliar application time of organic and chemical fertilizers on yield and yield components of saffron. Saffron Agronomy and Technology 6 (2): 167-179. (In Persian with English Summary).

Fallahi, H.R., Aghhavani-Shajari, M., Sahabi, H., and Feizi, H. 2017. Mother corm weight and soil amendment improves the vegetative and reproductive growth of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Medicinal and Spice Plants 22 (3): 110-114.

Fallahi, H.R., Aghhavani-Shajari, M., Sahabi, H., and Feizi, H. 2018. Posibility of increasing the weight of saffron corm through integrated and timed management of agricultural inputs. Final Report of Research Project, Saffron Inistitute. (In Persian).

Fallahi, H.R., and Mahmoodi, S. 2018a. Influence of organic and chemical fertilization on growth and flowering of saffron under two irrigation regimes. Saffron Agronomy and Technology 6 (2): 147- 166. (In Persian with English Summary)

Fallahi, H.R., and Mahmoodi, S. 2018b. Impact of water availability and fertilization management on saffron (*Crocus sativus* L.) biomass allocation. Journal of Agriculture and Postharvest Research 1 (2): 131-146

www.SID.ir

Archive of SID

Faten, S.A., Shaheen, A.M., Ahmed, A.A., and Mahmoud, A.R. 2010. Effect of foliar application of amino acids as antioxidants on growth, yield and characteristics of Squash. Research Journal of Agriculture and Biological Science 6 (5): 583-588.

Gawronak, H. 2008. Biostimulators in Modern Agriculture (general aspects). Arysta Life Science. Published by the editorial House wies Jutra, Limited. Warsaw.

Ghavi, M., and Sadrabadi Haghighi, R. 2012. Comparison of the effect of biological fertilizers (amino acid) and chemical on yield components of saffron. 12th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding. (In Persian).

Ghavi, M., and Sadrabadi Haghighi, R. 2015. Effect of the foliar application of biological, biostimulator and chemical fertilizers on growth characterestics and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Crop Production 8 (3): 139-158. (In Persian with English Summary).

Hassanzade 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. Journal of Saffron Research 2 (1): 73-84. (In Persian with English Summary).

Hemmati Kakhki, A. 2003. A review on 15 years saffron research. Khorasan Research Institute for Food Science and Technology. Mashhad, Iran. 125p. (In Persian).

Koocheki, A. 2013. Research on production of Saffron in Iran: Past trend and future prospects. Saffron Agronomy and Technology 1 (1): 3-21. (In Persian with English Summary).

Koocheki, A., Jamshid Eyni, M., and Seyyedi, S. M. 2015. The effect of mother corm size and type of fertilizer on nitrogen use efficiency in saffron. Saffron Agronomy and Technology 2 (4): 243-254. (In Persian with English Summary).

Koocheki, A., Fallahi, H.R., Amiri, M.B., and Ehyaei, H.R. 2016. Effects of humic acid application and mother corm weight on yield and growth of Saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Agroecology 7 (4): 425-442. (In Persian with English Summary).

Kumar, R., Singh, V., Devi, K., Sharma, M., Singh, M.K., and Ahuja, P.S. 2009. State of art of saffron (*Crocus sativus* L.) agronomy: A comprehensive review. Food Review International 25 (1): 44-85.

Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola J.L., and Garcia-Luice, A. 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). Scientia Horticulture 103: 361-379.

Mollafilabi, A., and Shoorideh, H. 2009. The new methods of saffron production. The 4th National Festival of Saffron, Khorasan-Razavi, Iran, 27-28 October 2009. (In Persian).

Mollafilabi, A., Koocheki, A., Rezvani Moghadam, P., and Nasiri Mahallati, M. 2013. Comparison and investigation of the effect of density and weight of saffron on yield and yield components of saffron in soil and hydroponic substrates in plastic tunnels. Saffron Agronomy and Technology 1 (2): 28 - 14. (In Persian with English Summary).

MollaFilabi, A. 2014. The Effect of new agronomic technologies on growth, yield, yield components of saffron. Ph.D. Desertation, Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad. 149 p. (In Persian with English Summary).

Munshi, A.M., Zaffar, G., and Zargar, G.H. 2003. Prospects of saffron cultivation in the cold arid zone of Kargil (Ladakh). Human Impact on Desert Environment 95: 434 -436.

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Boroumand Rezazadeh, Z., and Tabrizi, L. 2007. Effects of

www.SID.ir

Archive of SID

corm size and storage period on allocation of assimilates in different parts of saffron plant (*Crocus sativus* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 5: 155-166. (In Persian with English Summary).

Oraghi Ardebili, Z., Laden Moghadam, A.S.R., and Moradi, M. 2011 Effect of leaf seedling on *Selenium* and amino acid on parsley. M.Sc Thesis, Garmsar Azad University. (In Persian).

Pandy, D., and Srivastava, R.P. 1979. A note on the effect of size of corms on the sprouting and flowering of saffron. Proggress in Horticulture 6: 89-92.

Rashed Mohassel, M.H., Azizi, G., and Sabet Teimouri, M. 2006. Investigation on saffron reaction to mineral and organic fertilizers. 2nd International Symposium on Saffron Biology and Technology, Mashhad, Iran, 28-30 October 2006, pp.71-76.

Renato, Y., Ferreira, M.E., Cruz, M.C., and Barbosa, J.C. 2003. Organic matter fractions and soil fertility under influence of limiting, vermin compost and cattle manure. Bioresource Technology 60: 59-63

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.). Industrial Crops and Roducts 39: 40-46.

Slawik, M. 2005. Production of Norway spruce seedlings on substrate mixes using growth stimulants. Journal of Forest Science 51 (1): 15-23.

Thomas, J., Mandal, A.K.A., Raj Kumar, R., and Murugan, A.C. 2009. Role of biologically active amino acid formulations on quality and crop productivity of Tea (*Camellia* sp.). International Journal of Agricultural Research 4 (7): 228-36. .

Zgallai, H., Steppe, K., and Lemeur, R. 2006. Effects of different levels of water stress on leaf water potential, stomatal resistance, protein and chlorophyll content and certain anti oxidative enzymes in Tomato plants. Journal of Integratio Plant Biology 6: 679-68.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Different Levels of Novafol Bio-Fertilizer and Mother Corm Weight on Vegetative Growth, Flowering and Chlorophyll Content of Saffron

Sakineh Khandan Deh Arbab[1], Mohammad Hossein Aminifard[2], Hamid Reza Fallahi[3] and Hamed Kaveh[4]*

Submitted: 29 May 2018 **Accepted:** 24 April 2019

Khandan Deh Arbab, S., Aminifard, M.H., Fallahi, H.R., and 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.

Abstract

In order to investigate the impact of Novafol biofertilizer and mother corm weight on leaf growth, chlorophyll content, and flower/stigma yield of saffron (*Crocus sativus* L.), an experiment was done as randomized complete block design with three replications in the Agricultural Research Station, University of Birjand, during the growth season of 2016-17. Experimental factors were Novafol fertilizer (containing 28% of amino-acid, applied for corm soaking and fertigation in three levels: 0, 2 and 4 L.ha^{-1}) and mother corm weight (0.1-4, 4.1-8 and 8.1-12 g). The effect of Novafol biofertilizer was significant on number of flowers, flower yield, dry stigma yield and chlorophyll content. The highest flower number (16.5 per m^{-2}), flower yield (5.63 g. m^{-2}), dry stigma yield (108 mg m^{-2}) and chlorophyll content (1.09 mg. g^{-1} FW) were obtained from 4 L.ha^{-1}, while the lowest flower number (14.22 per m^{-2}), flower yield (4.55 g. m^{-2}), stigma yield (85 mg. m^{-2}) and chlorophyll a (0.97 mg. g^{-1} FW) were obtained in the control treatment, but, there was no significant difference between two levels (2 and 4 L.ha^{-1}) of Novafol biofertilizer. Corm weights also significantly affected all the studied traits. The highest stigma length (25.1 mm), flower yield (10.4 g. m^{2}), leaf length (31.42 cm) and fresh and dry weights of leaves (0.29 and 0.083 g per plant, respectively) were obtained from big corms, but the lowest of them were obtained from small ones. The interaction effect of corm weight and Novafol biofertilizer was significant on chlorophyll b, total chlorophyll contents and number of leaves per plant. The highest chlorophyll b and total chlorophyll (1.77 and 2.95 mg. g^{-1} FW, respectively) and number of leaves (7.58 per plant) were obtained from 4 L.ha^{-1} of novafol biofertilizer and big corm. Overall, application of Novafol biofertilizer (4 L.ha-1) improved the vegetative and reproductive growth parameters. Planting big corms also had an important role in increasing the growth and yield of saffron.

Keywords: Amino-acid, Flower yield, Nutrient management, Photosynthetic pigments, Stigma.

1 - MSc. Student in Medicinal Plants, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran
2 - Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran
3 - Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran
4 - Assistant Professor, Department of Plant Production, Researcher Saffron Institute, University of Torbat Heydarieh, Iran
(*- Corresponding author Email: mh.aminifard@birjand.ac.ir)
DOI: 10.22048/jsat.2019.133954.1303

www.SID.ir