Archive of SID

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 7، شماره 4، زمستان 1394، ص. 442-425

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 4, Winter 2016, p. 425-442

اثرات کاربرد هیومیک اسید و وزن بنه مادری بر رشد و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.)

علیرضا کوچکی[1*]، حمیدرضا فلاحی[2]، محمد بهزاد امیری[3] و حمیدرضا احیایی[4]

تاریخ دریافت: 1390/11/17
تاریخ پذیرش: 1391/10/17

کوچکی، ع.، فلاحی، ح.ر.، امیری، م.ب.، و احیایی، ح.ر. 1394. اثرات کاربرد هیومیک اسید و وزن بنه مادری بر رشد و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 7(4): 442-425.

چکیده

به منظور مطالعه اثرات وزن بنه مادری و مدیریت تغذیه‌ای بر وضعیت رشدی بنه‌های خواهری، عملکرد گل و کلاله زعفران (*Crocus sativus* L.)، آزمایشی فاکتوریل بر مبنای طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در دو سال زراعی 89-1388 و 90-1389 اجرا گردید. فاکتورهای آزمایشی شامل وزن بنه مادری (بنه ریز با وزن چهار تا پنج گرم، متوسط با وزن شش تا هشت گرم و درشت با وزن نه تا ده گرم) و سطوح مختلف مصرف اسید هیومیک (صفر، 20، 40، 60، 80 و 100 کیلوگرم در هکتار) (با نام تجاری هیومکس) بودند. نتایج نشان داد که استفاده از بنه‌های مادری درشت موجب بهبود نسبی شاخص‌های رشدی بنه‌های خواهری و عملکرد زعفران می‌شود؛ به طوری‌که وزن کل بنه‌های خواهری در هر بوته، تعداد گل در واحد سطح، عملکرد گل و عملکرد کلاله خشک در تیمار استفاده از بنه‌های مادری درشت، به ترتیب به میزان 46، 19، 15 و 28 درصد بیشتر از تیمار استفاده از بنه‌های مادری ریز جهت کاشت زعفران بود. استفاده از سطوح مختلف اسید هیومیک نیز بر بهبود شاخص‌های رشد و عملکرد زعفران اثرات مثبتی داشت. در تیمار کاربرد 100 کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک، مقدار شاخص‌های متوسط تعداد جوانه در هر بنه، متوسط قطر بنه، متوسط وزن بنه، تعداد گل در واحد سطح، عملکرد گل و عملکرد کلاله خشک به ترتیب به میزان نه، 18، 41، 33، 43 و 55 درصد بیشتر از تیمار عدم مصرف اسید هیومیک بود. در مجموع نتایج این تحقیق بیانگر اثرات سودمند استفاده از بنه-های مادری درشت جهت کاشت زعفران و نیز کاربرد اسید هیومیک، بر بهبود رشد و عملکرد گیاه ارزشمند زعفران بود.

واژه‌های کلیدی: عملکرد کلاله، عملکرد گل، قطر بنه، مدیریت تغذیه‌ای

مقدمه

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. به عنوان گران قیمت‌ترین محصول کشاورزی و دارویی جهان، جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات صنعتی و صادراتی ایران داشته و در صنایع غذایی، بهداشتی، آرایشی و دارویی مصارف متعددی دارد (Koocheki et al., 2011a,b; Mohammad Abadi et al., 2011). سالانه در کشور ایران حدود 210 تن کلاله خشک از سطح حدود 62 هزار هکتار برداشت شده که این مقدار بیش از 90 درصد تولید جهانی این محصول ارزشمند را شامل می‌شود و در این بین استان خراسان رضوی با سطح زیر کشت بیش از 49 هزار هکتار و میزان تولید سالیانه 148 تن و استان خراسان جنوبی با سطح زیر کشت بیش از 11 هزار هکتار و میزان تولید 41 تن در سال، بیشترین سهم را در تولید ملی و جهانی این محصول دارا می‌باشند (Mohammad Abadi et al., 2011; Rezvani Moghaddam et al., 2011a).

با توجه به اهمیت و جایگاه ارزنده زعفران در کشاورزی ایران ضرورت دارد تا در خصوص بهبود روش‌های کاشت و داشت این

1، 2، 3 و 4- به ترتیب استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، استادیار دانشکده کشاورزی، مجتمع آموزش عالی گناباد و دانش‌آموخته دکتری دانشگاه فردوسی مشهد و دانشجوی دکتری دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)

www.SID.ir

Archive of SID

محصول ارزشمند تحقیقات جامعی صورت پذیرد و در این ارتباط اثرات وزن بنه مادری و مدیریت تغذیه‌ای گیاه به خصوص مصرف کودهای آلی مهم تلقی می‌شود؛ چرا که کودهای آلی در کشاورزی پایدار به عنوان جایگزینی برای کودهای شیمیایی مطرح بوده و سبب افزایش حاصلخیزی خاک و رشد گیاه می‌گردند و مطالعه اثر این قبیل کودها بر گیاهان دارویی مهم نظیر زعفران دارای اهمیت است (Omidi et al., 2009). در بین کودهای سازگار با طبیعت، اسید هیومیک به عنوان یک اسید آلی بدون اثرات مخرب زیست‌محیطی باعث بهبود ساختار فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شده و به دلیل دارا بودن ترکیبات هورمونی، اثرات مثبت قابل ملاحظه‌ای بر شاخص‌های کمی و کیفی محصولات کشاورزی دارد (Sabzevari & Khazaie, 2009; Sabzavari et al., 2010).

برخی از محققین مطالعاتی را در زمینه اثر کودهای آلی و زیستی بر خصوصیات کمی و کیفی زعفران انجام داده‌اند. در پژوهشی اثرات کاربرد کودهای بیولوژیک نیتروکسین و کود دلفارد بر رشد و عملکرد زعفران بررسی و گزارش شد که بیشترین تعداد گل در واحد سطح و عملکرد گل و کلاله با کاربرد کود دلفارد و بیشترین تعداد بنه ----0 خواهری با مصرف کود بیولوژیک نیتروکسین به دست آمد (Koocheki et al., 2011b). در مطالعه دیگری گزارش شد که کاربرد منفرد و تلفیقی کود بیولوژیک نیتروکسین اثرات مثبت قابل ملاحظه‌ای بر کمیت و کیفیت زعفران اعمال نمود (Omidi et al., 2009). در تحقیقی در کشور هند اثرات کاربرد توأم *آزوسپریلوم* و *میکوریزا* و نیز *ازتوباکتر*+ ورمی‌کمپوست بر عملکرد و تولید بنه در زعفران مثبت گزارش شد (Nehvi et al., 2010). در پژوهش دیگری نیز بیان شد که تلقیح منفرد یا تلفیقی زعفران با *میکوریزا* و باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش قطر بنه و میزان گل‌آوری گردید (Aimo et al., 2010). همچنین در مطالعه‌ای اثرات استفاده از بیوهورمون حاوی هیومیک و مواد بیولوژیکی فعال بر تعداد بنه خواهری و وزن تر و خشک کلاله زعفران مثبت گزارش شد (Aytekin & Acikgoz, 2008).

یکی دیگر از فاکتورهای مؤثر بر رشد و عملکرد زعفران، اندازه بنه‌های مادری جهت کشت می‌باشد. تحقیقات نشان داده است که برای کشت زعفران باید بنه‌های با وزن بالاتر از هشت گرم را انتخاب نمود، زیرا بنه‌های درشت نه تنها در همان سال اول تولید عملکرد مناسبی می‌کنند، بلکه از طریق بچه‌زایی بیشتر و تولید بنه‌های خواهری درشت‌تر ظرفیت گل‌آوری و عملکرد مزرعه را برای سال بعد نیز افزایش می‌دهند (Ghasemi Rooshnavand et al., 2009). در پژوهشی گزارش شد که استفاده از بنه‌های مادری با وزن بالای نه گرم اثرات مثبتی بر گل‌آوری و افزایش عملکرد زعفران داشت (Nassiri Mahallati et al., 2008). در تحقیقات دیگری نیز ارتباط موجود بین اندازه بنه مادری و عملکرد زعفران بررسی و نقش مثبت استفاده از بنه‌های درشت در تولید بنه‌های خواهری بزرگ‌تر و بهبود عملکرد این گیاه مورد تأیید قرار گرفته است (Badiyala & Saroch, 1997; Kaushal & Upadhyay, 2002; Omidbaigi et al., 2002; Nassiri et al., 2008).

با توجه به جایگاه استراتژیک گیاه دارویی زعفران در کشاورزی ایران و نظر به اهمیت بهبود روش‌های تولید و تغذیه این گیاه ارزشمند، به شکلی که از یک سو سازگار با اصول اکولوژیک بوده و از طرفی دیگر، کمیت و کیفیت تولید محصول را تضمین نماید، در این تحقیق اثرات کاربرد خاکی اسید هیومیک در سطوح مختلف وزن بنه زعفران مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه اثر وزن بنه مادری و کاربرد اسید هیومیک بر شاخص‌های رشدی بنه‌های خواهری و عملکرد گل و کلاله زعفران آزمایشی فاکتوریل بر مبنای طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در طی سال‌های 89-1388 و 90-1389 اجرا گردید. فاکتورهای مورد مطالعه شامل سطوح مختلف اسید هیومیک (صفر، 20، 40، 60، 80 و 100 کیلوگرم در هکتار) و وزن بنه مادری (بنه ریز با وزن چهار تا پنج گرم، متوسط با وزن شش تا هشت گرم و درشت با وزن نه تا ده گرم) بود. قبل از انجام آزمایشات مزرعه‌ای، به منظور تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، از عمق صفر تا 30 سانتی‌متری خاک محل پژوهش نمونه‌برداری انجام گرفت. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در جدول 1 نشان داده شده است.

پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین، کاشت زعفران در اوایل مهرماه سال 1388 در کرت‌هایی با مساحت چهار مترمربع انجام شد. فاصله کشت بنه روی ردیف 10 سانتی‌متر، فواصل بین خطوط کاشت 20 سانتی‌متر و عمق کاشت 10 سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 1- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش
Table 1- Physico-chemical characteristics of studied experimental soil site

شاخص واکنش pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	فسفر قابل دسترس (پی-پی‌ام) Available phosphorus (ppm)	پتاسیم قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Potassium Available (ppm)	بافت Texture
7.7	1.1	0.078	10	473	سیلت-لومی Silt-loam

جدول 2- مشخصات اسید هیومیک مورد استفاده در آزمایش
Table 2- Characteristics of humic acid used in the experiment

نام تجاری Commercial name	اسید هیومیک (درصد) Humic acid (%)	اکسید پتاسیم (درصد) K_2O (%)	اسید فلوویک (درصد) Fluvic acid (%)
هیومکس 95- WGS Humax 95-WGS	80	5	15

آبیاری (به صورت غرقابی)، وجین و سایر عملیات زراعی، مطابق با عرف رایج در منطقه صورت گرفت و در جریان اجرای آزمایش از هیچ نوع کود و سم شیمیایی استفاده نشد. اسید هیومیک مورد استفاده در آزمایش اسید هیومیک 80 درصد با نام تجاری هیومکس بود (جدول 2). اسید هیومیک (به صورت محلول در آب) پس از کاشت و همراه با اولین آبیاری به صورت کاربرد خاکی مورد استفاده قرار گرفت، ضمن این‌که سطوح مختلف اسید هیومیک در سال 89 نیز همراه با آب آبیاری به زمین اضافه شدند.

شاخص‌های کمی زعفران شامل تعداد گل در واحد سطح، عملکرد گل تر و نیز عملکرد کلاله تر و خشک در پاییز سال‌های 1388 و 1389 مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. پس از اتمام آزمایش و در بهار سال 1390 در هر کرت بنه‌های خواهری موجود در سه بوته، از خاک خارج و در آزمایشگاه شاخص‌های مربوط به وضعیت رشدی آن‌ها از قبیل متوسط تعداد بنه خواهری در هر بوته (کلون)، متوسط تعداد جوانه در هر بنه خواهری، متوسط وزن کل بنه‌ها منهای وزن فلس در هر بوته، وزن کل فلس‌ها در هر بوته، نسبت وزن بنه‌های بدون فلس به وزن فلس، وزن کل بنه‌های هر بوته (بنه به همراه فلس)، متوسط وزن بنه خواهری و متوسط قطر بنه خواهری مورد بررسی قرار گرفت.

در پایان داده‌های حاصله، با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 آنالیز آماری گردید. همچنین مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

وضعیت رشدی بنه‌های خواهری

اثر وزن بنه مادری بر صفات تعداد بنه خواهری، متوسط وزن و قطر بنه خواهری، مجموع وزن بنه‌ها بدون فلس، مجموع وزن فلس-ها و نیز وزن تر و خشک بنه‌های موجود در هر بوته معنی‌دار بود ($p\leq 0/01$) (جدول 3). با افزایش وزن بنه‌های مادری، تعداد جوانه موجود در هر بنه خواهری به طور نسبی افزایش یافت، هر چند این افزایش قابل ملاحظه نبود. بیشترین تعداد بنه خواهری در هر بوته در تیمارهایی که وزن بنه مادری کاشته شده، کمتر بود به دست آمد. متوسط وزن و قطر بنه خواهری در بنه‌های مادری درشت‌تر بیشتر بود، به این ترتیب که وزن و قطر بنه خواهری در بنه‌های مادری بیش از نه گرم به ترتیب 21 و 19 درصد بیشتر از بنه‌های زیر چهار گرم بود. وزن کل بنه منهای وزن فلس و وزن فلس‌های موجود در هر بوته، در بنه‌های مادری درشت‌تر به مراتب بیشتر بود؛ به طوری-که، وزن کل بنه منهای وزن فلس، هنگامی‌که وزن بنه مادری کاشته شده بیش از نه گرم بود به میزان 87 درصد بیشتر از تیمار کمترین وزن بنه مادری بود (جدول 4). وزن کل بنه‌های خواهری (بنه به همراه فلس) در بوته و نیز وزن خشک بنه‌های خواهری منهای وزن فلس، در شرایط استفاده از بنه‌های مادری درشت‌تر، به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت؛ به طوری‌که مقدار این دو شاخص در تیمار کاربرد بزرگ‌ترین وزن بنه مادری به ترتیب 92 و 77 درصد بیشتر از

www.SID.ir

Archive of SID

تیمار استفاده از بنه‌های مادری زیر چهار گرم بود (جدول 4). به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که کاشت بنه‌های مادری درشت‌تر باعث بهبود شاخص‌های رشدی بنه‌های خواهری می‌گردد.

اثر کاربرد خاکی اسید هیومیک تقریباً بر تمامی شاخص‌های مربوط به وضعیت رشدی بنه‌های خواهری معنی‌دار بود ($p\leq0/01$) (جدول 3). بیشترین مقدار متوسط تعداد جوانه در هر بنه، در بالاترین سطح مصرف اسید هیومیک (100 کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. بیشترین تعداد بنه خواهری در هر بوته نیز در سطح 20 کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک مشاهده شد (جدول 4). بر اساس نتایج آزمایش، بیشترین (4/30 گرم) و کمترین (2/54 گرم) متوسط وزن تک بنه به ترتیب در سطوح 100 و صفر کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به دست آمد. سطوح مختلف اسید هیومیک اثر قابل ملاحظه‌ای بر وزن کل بنه‌های موجود در هر بوته نداشتند، اما مقدار وزن کل فلس‌های هر بوته، با کاربرد این ماده کاهش یافت و در نهایت باعث شد تا نسبت وزن بنه‌های بدون فلس به وزن فلس در هر بوته، در تیمارهای کاربرد خاکی اسید هیومیک در مقایسه با تیمار عدم کاربرد این ماده غذایی افزایش یابد که به معنای داشتن مواد ذخیره‌ای بیشتر در این بنه‌ها جهت آغاز رشد گیاه در ابتدای فصل رویش می‌باشد (Mohammad Abadi et al., 2011). در حالی‌که بالاترین سطوح مصرف اسید هیومیک (80 و 100 کیلوگرم در هکتار) اثری بر افزایش وزن تر بنه‌های موجود در هر بوته نداشتند؛ اما، باعث افزایش قابل ملاحظه مقدار وزن خشک بنه‌ها گردیدند؛ به طوری‌که این دو سطح به طور متوسط 25 درصد شاخص مذکور را افزایش دادند (جدول 4). به طور کلی کاربرد خاکی اسید هیومیک، به خصوص سطوح 80 و 100 کیلوگرم در هکتار، به طور نسبی باعث بهبود وضعیت رشدی بنه‌های خواهری زعفران گردید. اثر متقابل وزن بنه مادری و کاربرد خاکی اسید هیومیک بر تمامی شاخص‌های مربوط به وضعیت رشدی بنه‌های خواهری معنی‌دار بود ($p\leq0/01$) (جدول 3). بیشترین مقدار متوسط تعداد جوانه در هر بنه خواهری، با کاشت بنه‌های دارای وزن متوسط به بالا و در سطوح بالای مصرف اسید هیومیک به دست آمد. بیشترین مقدار متوسط قطر بنه خواهری نیز در شرایط استفاده از بنه‌های مادری دارای وزن متوسط به بالا (شش تا هشت گرم و نه تا ده گرم) و مصرف بیشترین سطح اسید هیومیک مشاهده شد. در تمامی طیف‌های وزنی بنه مادری استفاده شده جهت کاشت، با مصرف اسید هیومیک متوسط وزن بنه خواهری افزایش یافته و بیشترین مقدار آن در بالاترین سطح کاربرد اسید هیومیک یعنی 100 کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول 5). اثر کاربرد اسید هیومیک در افزایش وزن بنه‌های موجود در هر بوته (منهای وزن فلس)، در شرایطی که از بنه‌های مادری با وزن متوسط به بالا استفاده شده بود به نسبت قابل ملاحظه بود؛ به طوری‌که بیشترین مقدار این شاخص در شرایط استفاده از بنه‌های مادری درشت و مصرف 100 کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک مشاهده شد که در مقایسه با تیماری که در آن از بنه‌های مادری ریز جهت کاشت استفاده و اسید هیومیک نیز مصرف نشده بود، به میزان 70 درصد افزایش نشان داد (جدول 5). تقریباً در تمامی تیمارهای وزنی بنه مادری (ریز، متوسط، درشت)، با مصرف اسید هیومیک روند تغییرات وزن فلس‌های موجود در هر بوته کاهشی و روند تغییرات نسبت وزن بنه به وزن فلس افزایشی بود. کاربرد خاکی اسید هیومیک وزن خشک بنه‌های خواهری موجود در هر بوته را به خصوص در تیمارهای استفاده از بنه‌های مادری متوسط و درشت افزایش داد (جدول 5). در مجموع، کاربرد سطوح بالاتر اسید هیومیک و استفاده از بنه‌های مادری درشت‌تر، باعث بهبود نسبی شاخص‌های رشدی بنه‌های خواهری گردید.

گزارش شده است که وزن بنه، اثر چشم‌گیری بر تولید بنه‌های خواهری و متعاقب آن عملکرد گل در زعفران دارد (Kumar et al., 2009). استفاده از بنه‌های مادری درشت باعث تولید تعداد بنه خواهری بیشتری شده و نهایتاً بر تولید گل در گیاه زعفران اثر می‌گذارد (DeMastro & Ruta, 1993). در مطالعات دیگری نیز اثر استفاده از بنه‌های مادری درشت‌تر بر گل‌آوری زعفران مثبت گزارش شده است (Singh et al., 1994; Nassiri et al., 2008). رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2011a,b) گزارش کردند که نقش اندازه و وزن بنه مادری در تعیین عملکرد نهایی زعفران بیشتر از تعداد بنه در واحد سطح است. از این‌رو جهت بهبود عملکرد زعفران به جای تمرکز روی افزایش تعداد بنه‌های کشت شده در واحد سطح، بهتر است روی بهبود صفات مربوط به تک بنه تمرکز گردد و روش‌های زراعی و اصلاحی تولید بنه‌های درشت‌تر و دارای ذخیره غذایی بیشتر، مورد توجه قرار گیرد (Mohammad Abadi et al., 2011).

www.SID.ir

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات کمی زعفران در شرایط کاربرد سطوح مختلف هیومیک اسید و وزن بنه

Table 3- Analysis of variance for some quantitative characteristics of saffron in condition of humic acid and corm weight application

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	متوسط تعداد جوانه در هر بنه Average number of bud per corm	تعداد بنه خواهری Number of replacement corm	متوسط قطر بنه Average diameter of corm	متوسط وزن بنه Average weight of corm	وزن کل بنه‌ها بدون فلس Total weight of corm without scale	وزن فلس‌ها weight of scales	نسبت وزن کل بنه‌های بدون فلس به وزن فلس‌ها Total weight of corm without scale to tatal weight of scales	وزن تر کل بنه‌ها Total fresh weight of corms	وزن خشک کل بنه‌ها Total dry weight of corms
تکرار Block	2	0.005^{ns}	107.91**	0.01^{ns}	0.63^{ns}	3080.30^{ns}	65.11^{ns}	31.60*	2313.31^{ns}	366.80^{ns}
وزن بنه Weight of corm	2	0.043^{ns}	990.94**	0.50**	2.09**	108218.54**	2626.39**	38.18*	144295.17**	11986.43**
سطوح اسید هیومیک Levels of humic acid	5	0.98*	331.35**	0.28**	3.58**	10964.23**	257.38**	16.33^{ns}	12405.94**	3191.61**
وزن بنه × اسید هیومیک Corm weight×Humic acid	10	0.79*	327.94**	0.21**	1.93**	12718.48**	556.05**	51.29**	16186.70**	1565.75**
خطا Error	34	0.327	19.64	0.05	0.28	2249.94	44.70	8.16	2492.87	344.11
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	19.08	11.40	16.68	17.33	18.32	24.63	25.50	17.45	23.41

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی‌دار

*, ** and ns: Represent significant at 5 and 1 probability levels and non-signification, respectively.

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف هیومیک اسید و وزن بنه بر برخی خصوصیات کمی زعفران

Table 4- Means comparison of effects of humic acid and corm weight on some quantitative characteristics of saffron

وزن بنه (گرم) Corm weight (g)	متوسط تعداد جوانه در هر بنه Average number of bud per corm	تعداد بنه خواهری در هر کلون Number of replacement corms per clone	متوسط قطر بنه (سانتی‌متر) Average diameter of corm (cm)	متوسط وزن بنه (گرم) Average weight of corm (g)	وزن کل بنه‌ها بدون فلس (گرم در بوته) Total weight of corm without scale (g.plant^{-1})	وزن فلس‌ها (گرم در بوته) Weight of scales (g.plant^{-1})	نسبت وزن کل بنه‌های بدون فلس به وزن فلس‌ها Total weight of corm without scale to total weight of scales	وزن تر کل بنه‌ها (گرم در بوته) Total fresh weight of corms (g.plant^{-1})	وزن خشک کل بنه‌ها (گرم در بوته) Total dry weight of corms (g.plant^{-1})
4-5	2.95[a*]	47.33[a]	1.29[b]	2.80[b]	89.72[c]	7.83[c]	12.71[a]	97.56[c]	30.70[b]
6-8	3.05[a]	35.72[b]	1.43[b]	2.95[b]	131.40[b]	12.99[b]	11.08[ab]	144.39[b]	33.71[b]
9-10	2.98[a]	33.52[b]	1.63[a]	3.45[a]	167.18[a]	19.87[a]	9.80[b]	187.06[a]	54.40[a]
اسید هیومیک (کیلوگرم در هکتار) Humic acid (kg.ha^{-1})									
0	3.15[ab]	40.21[b]	1.47[b]	2.54[b]	139.32[a]	18.53[a]	9.61[a]	157.86[a]	39.11[b]
20	2.73[b]	48.66[a]	1.35[b]	2.97[b]	137.06[a]	13.01[b]	10.86[a]	150.08[a]	40.75[b]
40	3.12[ab]	32.00[c]	1.31[b]	2.80[b]	96.93[b]	11.29[b]	9.69[a]	108.22[b]	36.32[b]
60	2.92[ab]	32.94[c]	1.32[b]	2.74[b]	140.84[a]	12.92[b]	12.04[a]	153.77[a]	24.04[c]
80	2.56[b]	40.83[b]	1.45[b]	3.04[b]	121.90[a]	14.25[b]	12.32[a]	136.16[a]	52.12[a]
100	3.48[a]	38.50[b]	1.79[a]	4.30[a]	140.54[a]	11.39[b]	12.68[a]	151.94[a]	45.28[ab]

* در هر ستون و برای هر جزء میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند.

* In each column and for each component, means followed by the same letters are not significantly different based on Duncan's test ($p \leq 0.05$).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف هیومیک اسید و وزن بنه بر برخی خصوصیات کمی زعفران

Table 5- Means comparison of interaction effects of humic acid and corm weight on some quantitative characteristics of saffron

وزن بنه (گرم) Corm weight (g)	هیومیک اسید (کیلوگرم در هکتار) Humic acid (kg.ha^{-1})	متوسط تعداد جوانه در هر بنه Average number of bud per corm	تعداد بنه خواهری در هر کلون Number of replacement corm per clone	متوسط قطر بنه (سانتی-متر) Average diameter of corm (cm)	متوسط وزن بنه (گرم) Average weight of corm (g)	وزن کل بنه‌ها بدون فلس (گرم در بوته) Total weight of corm without scale (g.plant^{-1})	وزن فلس‌ها (گرم در بوته) Weight of scales (g.plant^{-1})	نسبت وزن کل بنه‌های بدون فلس به وزن فلس‌ها Total weight of corm without scale to total weight of scales	وزن تر کل بنه‌ها (گرم در بوته) Total fresh weight of corms (g.plant^{-1})	وزن خشک کل بنه‌ها (گرم در بوته) Total dry weight of corms (g.plant^{-1})
4-5	0	3.39^{a-e}	42.50^{b-e}	1.19^{cd}	2.27^{de}	119.48^{c-e}	9.60^{e-g}	12.695^{b-l}	129.08^{bc}	38.77^{l-g}
	20	2.79^{bc}	63.00^{a}	1.16^{d}	2.57^{c-e}	106.56^{c-e}	9.01^{e-g}	11.93^{b-e}	115.57^{b-d}	25.39^{gh}
	40	3.97^{a}	46.00^{bc}	1.50^{b-d}	3.55^{bc}	86.62^{e}	9.81^{e-g}	9.30^{e-f}	96.43^{cd}	26.67^{gh}
	60	2.35^{c}	46.00^{bc}	1.31^{cd}	2.33^{de}	76.91^{e}	9.57^{e-g}	8.04^{d-f}	86.48^{cd}	13.85^{h}
	80	2.50^{c}	36.50^{d-f}	1.30^{cd}	3.45^{bc}	73.62^{e}	3.79^{g}	19.94^{a}	77.42^{d}	29.83^{f-h}
	100	2.74^{bc}	50.00^{b}	1.30^{cd}	2.64^{b-e}	75.14^{e}	5.23^{fg}	14.36^{bc}	80.37^{d}	49.74^{b-e}
6-8	0	3.02^{a-c}	42.50^{b-e}	1.79^{b}	2.05^{e}	112.63^{c-e}	11.17^{d-f}	10.79^{b-f}	123.80^{b-d}	39.36^{d-g}
	20	2.75^{bc}	47.50^{b}	1.11^{d}	2.93^{b-e}	118.28^{c-e}	14.87^{d-e}	8.07^{d-f}	133.16^{bc}	33.78^{e-g}
	40	2.69^{bc}	21.00^{gh}	1.22^{cd}	2.62^{b-e}	105.07^{c-e}	8.93^{e-g}	13.39^{b-d}	114.00^{b-d}	26.25^{gh}
	60	3.04^{a-c}	35.33^{e-f}	1.21^{cd}	2.23^{de}	197.64^{a}	19.75^{c}	12.32^{b-e}	217.40^{a}	27.95^{f-h}
	80	2.75^{bc}	48.00^{b}	1.40^{b-d}	2.80^{b-e}	110.97^{c-e}	10.62^{d-f}	10.63^{b-f}	121.59^{b-d}	45.66^{c-f}
	100	4.06^{a}	20.00^{h}	1.82^{b}	5.06^{a}	143.80^{b-d}	12.61^{de}	11.30^{b-e}	156.42^{b}	29.26^{f-h}
9-10	0	3.06^{a-c}	35.65^{ef}	1.44^{b-d}	3.30^{b-d}	185.87^{ab}	34.82^{a}	5.35^{f}	220.69^{a}	39.20^{d-g}
	20	2.62^{bc}	35.50^{ef}	1.77^{b}	3.40^{bc}	186.36^{ab}	15.15^{d-e}	12.57^{b-d}	201.51^{a}	63.10^{b}
	40	2.72^{bc}	29.00^{fg}	1.21^{cd}	2.24^{de}	99.10^{de}	15.13^{c-e}	6.38^{ef}	114.23^{b-d}	56.04^{b-d}
	60	3.37^{a-c}	17.50^{h}	1.45^{b-d}	3.66^{b}	147.98^{bc}	9.45^{e-g}	15.75^{ab}	157.43^{b}	30.35^{f-h}
	80	2.45^{c}	37.99^{c-f}	1.64^{bc}	2.89^{b-e}	181.12^{ab}	28.35^{b}	6.38^{ef}	209.47^{a}	80.854^{a}
	100	3.66^{ab}	45.50^{b-d}	2.24^{a}	5.21^{a}	202.69^{a}	16.34^{cd}	12.38^{b-d}	219.03^{a}	56.86^{bc}

* در هر ستون و برای هر جزء، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند.

* In each column and for each component, means followed by the same letters are not significantly different based on Duncan's test ($p \leq 0.05$).

www.SID.ir

Archive of SID

تاکنون در مطالعاتی اثرات کاربرد منابع غذایی بر وضعیت رشدی بنه‌های زعفران مورد تحقیق قرار گرفته است (Sabzevari et al., 2010; Aimo et al., 2010). به عنوان مثال در پژوهشی اثرات انواع کودهای آلی و شیمیایی بر رشد بنه‌های زعفران بررسی و گزارش شد که بیشترین تعداد بنه خواهری در بوته، با مصرف 40 تن در هکتار کود گوسفندی به دست آمد و پس از آن تیمار مصرف 20 تن در هکتار کود گاوی قرار داشت؛ ضمن این‌که با افزایش مقدار مصرف کود شیمیایی و گوسفندی، تعداد بنه خواهری به ازای هر بوته افزایش یافت (Rezvani Moghaddam et al., 2011c). در برخی تحقیقات نیز اثرات کاربرد کودهای بیولوژیک نیتروکسین، *آزوسپریلوم* + *میکوریزا*، باکتری‌های محرک رشد + *میکوریزا* و بیوهورمون حاوی هیومیک و مواد بیولوژیکی فعال بر وضعیت رشدی بنه‌های خواهری مثبت گزارش شده است (Nehvi et al., 2010; Aimo et al., 2010; Koocheki et al., 2011b). مجموع این مطالعات و پژوهش کنونی نشان می‌دهد که با طرح‌ریزی مدیریت تغذیه‌ای مناسب می‌توان منابع ذخیره‌ای بنه‌های خواهری را تقویت نمود که این مسئله در نهایت، با گل‌آوری بیشتر بنه‌ها همراه خواهد بود. گزارشات حاکی است که اسید هیومیک با افزایش میزان جذب عناصر ضروری، بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و نیز تولید ترکیبات هورمونی باعث باروری خاک و بهبود عملکرد در گیاهان زراعی می‌شود (Sabzevari et al., 2010). در پژوهش‌هایی کاربرد اسید هیومیک در گیاهانی مانند سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) (Mallikarjuna et al., 1987)، گندم (*Triticum aestivum* L.) (Sabzevari & Khazaei, 2009)، توت فرنگی (*Fragaria vesca* L.) (Arancon et al., 2006) و فلفل (*Capsicum frutesens* L.) و نیز گیاه غده‌ای تربچه (*Raphanus sativus* L.) (Farouk et al., 2011) مفید ارزیابی شده است. اثرات مثبت اسید هیومیک بر رشد گیاهان به عواملی مانند افزایش جذب آب و مواد غذایی، افزایش فراهمی عناصر، تقویت و توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه، افزایش محتوی کلروفیل و نیز تغییر فعالیت آنزیم‌ها در درون گیاه نسبت داده شده است (Mallikarjuna et al., 1987; Ohta et al., 2004; Sabzevari et al., 2010). نتایج مطالعات انجام شده در ارتباط با وزن بنه زعفران نیز حاکی است که استفاده از بنه‌های کمتر از هشت گرم چندان مناسب نبوده و کشت بنه‌های مادری درشت باعث تولید بنه‌های دختری بیشتر و بهبود عملکرد محصول در سال‌های بعدی می‌گردد (Sadeghi, 1993). در پژوهش دیگری نیز گزارش شده است که قطر بنه مادری، عامل مثبت مهمی در تولید بنه‌های دختری و عملکرد زعفران است (Vurdu, 2004). نتایج تحقیق مشابهی حاکی است بنه‌های مادری درشت منجر به افزایش تعداد جوانه و نیز تعداد و وزن تر و خشک بنه‌های خواهری می‌گردد (Amirshekari et al., 2007). با توجه به این‌که در طی مرحله‌ای از دوره رشد زعفران، ریشه نقشی در جذب مواد ندارد؛ بنابراین، در این دوره، درشت‌تر شدن بنه‌های خواهری عمدتاً مربوط به انتقال مواد ذخیره‌ای بنه مادری به بنه‌های خواهری می‌باشد (Nassiri et al., 2008). همچنین به نظر می‌رسد که استفاده از بنه‌های مادری بزرگ‌تر در توسعه بهتر سیستم ریشه‌ای و اندام‌های فتوسنتزکننده هوایی دارای نقش باشد؛ به طوری‌که در تحقیقی بیان شد که استفاده از بنه‌های درشت باعث افزایش تعداد و وزن ریشه در زعفران می‌گردد (Amirshekari et al., 2007). از این‌رو گسترش حوزه فعالیت ریشه در جذب مواد غذایی از خاک و توسعه رشد گیاه اثرگذار خواهد بود. از آن‌جا که در ابتدای پاییز و قبل از ظهور برگ‌ها، رشد و نمو گیاه وابسته به ذخایر موجود در بنه مادری می‌باشد؛ بنابراین بنه‌های بزرگ‌تر به دلیل داشتن اندوخته غذایی و تولید انرژی بیشتر، موجب رشد و نمو بهتر ریشه و اندام هوایی در گیاه زعفران می‌شود (Amirshekari et al., 2007). همچنین بیان شده است که در بنه های مادری درشت‌تر، تقسیم سلولی و متعاقب آن رشد برگ‌ها در مقایسه با بنه‌های ریز، زودتر انجام شده و گسترش زودتر اندام‌های فتوسنتزی سبب استفاده بیشتر گیاه از شرایط محیطی و افزایش میزان مواد فتوسنتزی ساخته شده گردیده و در نتیجه، موجب ایجاد بنه‌های خواهری بزرگ‌تری در پایان فصل رشد می‌گردد (Molina et al., 2005). در نهایت، مجموع این عوامل باعث می‌شود تا استفاده از بنه‌های مادری درشت‌تر، سبب بهبود شرایط رشدی گیاه و تولید مواد فتوسنتزی کافی جهت تولید بنه‌های خواهری با تعداد و اندازه مناسب در گیاه زعفران شود.

وزن گل و کلاله در هکتار

اثر وزن بنه مادری بر صفات تعداد گل در واحد سطح و نیز وزن گل و کلاله زعفران در طی هر دو سال اجرای آزمایش معنی‌دار بود

www.SID.ir

Archive of SID

($p\leq0/01$) (جدول 6). با افزایش وزن بنه مادری استفاده شده جهت کاشت، تعداد گل در واحد سطح به خصوص در سال ابتدای آزمایش، افزایش قابل ملاحظه‌ای داشت؛ به طوری‌که در این سال تعداد گل تولیدی توسط بنه‌های مادری متوسط و درشت به ترتیب 3/7 و 4/5 برابر تعداد گل تولید شده توسط بنه‌های مادری ریز بود. وزن تر گل در هکتار نیز در بنه‌های مادری درشت به مراتب بیشتر از بنه‌های ریز بود؛ به طوری‌که مقدار متوسط این شاخص در تیمار مذکور در طی دو سال آزمایش 133 درصد بیشتر از بنه‌های مادری ریز بود (جدول 7). بیشترین و کمترین وزن کلاله تر در هکتار نیز به ترتیب در بنه‌های مادری درشت و ریز مشاهده شد؛ به نحوی مقدار متوسط این شاخص در طی دو سال اجرای آزمایش به میزان 246 درصد بیشتر از بنه‌های مادری ریز بود. مشابه همین روند در مورد وزن کلاله خشک در هکتار نیز مشاهده شد و با افزایش وزن بنه‌های مادری کاشته شده، مقدار صفت مذکور در طی هر دو سال آزمایش روندی صعودی داشت و بیشترین مقدار آن در شرایط استفاده از بنه‌های مادری درشت جهت کاشت به دست آمد (جدول 7). در مجموع با افزایش وزن بنه‌های مادری مورد استفاده در کشت زعفران، شاخص‌های کمی این گیاه به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت.

کاربرد اسید هیومیک بر تمامی صفات کمی زعفران اثر معنی‌داری داشت ($p\leq0/01$) (جدول 6). تعداد گل در واحد سطح به خصوص در سال دوم اجرای آزمایش با کاربرد اسید هیومیک افزایش یافت. بیشترین مقدار این شاخص در هر دو سال با مصرف 100 کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به دست آمد؛ به طوری‌که تعداد گل در واحد سطح در تیمار مذکور در سال اول و دوم آزمایش به ترتیب به میزان 24 درصد و 50 درصد بیشتر از تیمار عدم مصرف اسید هیومیک بود (جدول 7).

جدول 6- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد گل و کلاله زعفران در شرایط کاربرد سطوح مختلف هیومیک اسید و وزن بنه

Table 6- Analysis of variance for flower and stigma yield of saffron in condition of humic acid and corm weight application

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد گل Number of flower	وزن تر گل Flower fresh weight	وزن تر کلاله Stigma fresh	وزن خشک کلاله Stigma dry weight
			2009-2010		
تکرار Block	2	84.87^{ns}	141.20^{ns}	56.29^{*}	11.25^{ns}
وزن بنه Weight of corm	2	18484.62^{**}	93530.63^{**}	2144.36^{**}	130.83^{**}
سطوح اسید هیومیک Levels of humic acid	5	880.30^{**}	9298.34^{**}	202.55^{**}	27.81^{**}
وزن بنه × اسید هیومیک Corm weight×Humic acid	10	1517.77^{**}	8198.43^{**}	190.36^{**}	18.41^{*}
خطا Error	34	103.09	1259.32	16.57	7.39
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	19.15	31.54	25.09	69.37
			2010-2011		
تکرار Block	2	302.85^{ns}	170.10^{ns}	0.26^{ns}	0.69^{ns}
وزن بنه Weight of corm	2	1922.21^{**}	16031.04^{**}	146.80^{**}	5.60^{**}
سطوح اسید هیومیک Levels of humic acid	5	1863.98^{**}	29874.07^{**}	169.30^{**}	7.41^{**}
وزن بنه × اسید هیومیک Corm weight×Humic acid	10	2946.04^{**}	14949.51^{**}	96.23^{**}	5.09^{**}
خطا Error	34	252.05	1433.33	9.18	0.87
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	17.99	15.63	17.75	26.15

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی‌دار

*, ** and ns: Represent significant at 5 and 1 probability levels and non-signification, respectively.

www.SID.ir

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف هیومیک اسید و وزن بنه بر عملکرد گل و کلاله زعفران

Table 7- Means comparison of effects of humic acid and corm weight on flower and stigma yield of saffron

	2009-2010				2010-2011			
	تعداد گل در متر مربع Number of flower per m^2	وزن تر گل (کیلوگرم در هکتار) Flower fresh weight ($kg.ha^{-1}$)	وزن تر کلاله (کیلوگرم در هکتار) Stigma fresh weight ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک کلاله (کیلوگرم در هکتار) Stigma dry weight ($kg.ha^{-1}$)	تعداد گل در متر مربع Number of flower per m^2	وزن تر گل (کیلوگرم در هکتار) Flower fresh weight ($kg.ha^{-1}$)	وزن تر کلاله (کیلوگرم در هکتار) Stigma fresh weight ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک کلاله (کیلوگرم در هکتار) Stigma dry weight ($kg.ha^{-1}$)
وزن بنه (گرم) Corm weight (g)								
4-5	8.54^{c*}	15.09^{b}	2.25^{c}	0.40^{b}	53.43^{b}	163.83^{b}	11.71^{b}	2.08^{b}
6-8	31.62^{b}	71.50^{a}	8.91^{b}	2.67^{a}	65.56^{a}	152.07^{b}	10.07^{c}	2.53^{a}
9-10	39.33^{a}	82.16^{a}	13.12^{a}	2.79^{a}	66.32^{a}	192.67^{a}	14.04^{a}	2.87^{a}
اسید هیومیک (کیلوگرم در هکتار) Humic acid ($kg.ha^{-1}$)								
0	25.50^{bc}	45.93^{a}	4.41^{d}	0.86^{c}	48.65^{c}	102.62^{d}	6.96^{c}	1.40^{d}
20	21.16^{cd}	38.24^{b}	6.37^{c}	1.23^{bc}	71.86^{a}	224^{a}	16.40^{a}	3.08^{ab}
40	20.25^{d}	33.30^{b}	8.50^{b}	1.93^{a-c}	55.18^{bc}	165.55^{bc}	11.81^{b}	2.69^{a-c}
60	30.25^{ab}	64.95^{a}	10.27^{ab}	3.24^{a}	59.03^{bc}	190.05^{b}	12.11^{b}	2.42^{bc}
80	30.33^{ab}	70.41^{a}	8.42^{b}	1.83^{bc}	60.55^{b}	156.45^{c}	11.41^{b}	2.27^{c}
100	31.50^{a}	64.65^{a}	10.67^{a}	2.64^{ab}	72.56^{a}	178.50^{bc}	12.98^{b}	3.11^{a}

* در هر ستون و برای هر جزء، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند.

* In each column and for each component, means followed by the same letters are not significantly different based on Duncan's test ($p \leq 0.05$).

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف هیومیک اسید و وزن بنه بر وزن تر و خشک گل و کلاله زعفران

Table 8- Means comparison of interaction effects of humic acid and corm weight on flower and stigma fresh and dry weight of saffron

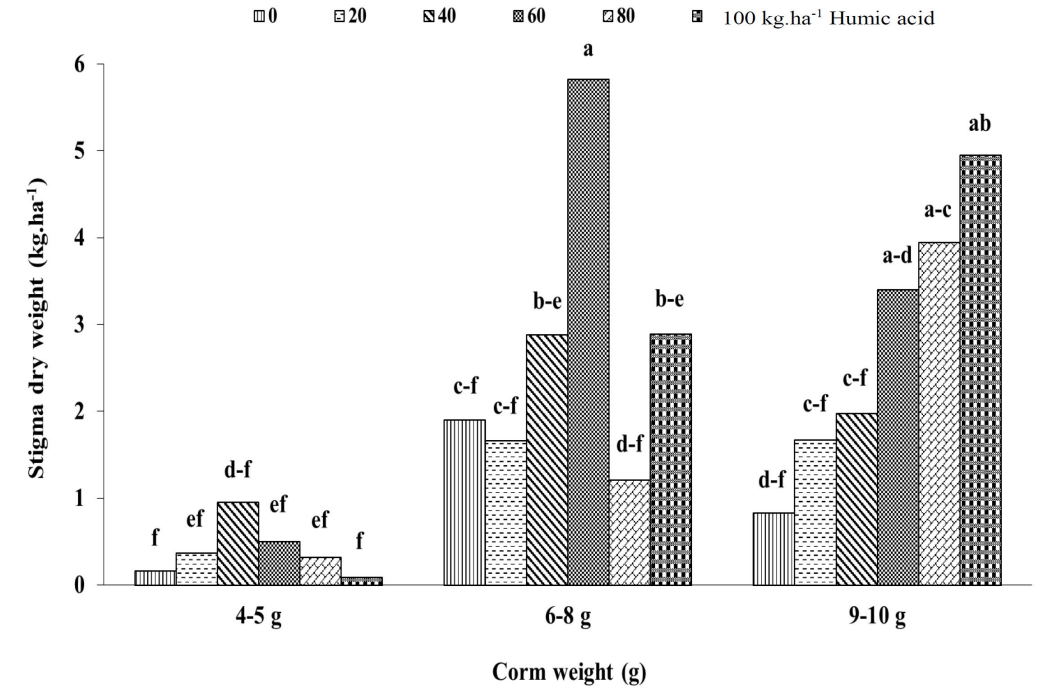
وزن بنه (گرم) Corm weight (g)	هیومیک اسید (کیلوگرم در هکتار) Humic acid (kg.ha^{-1})	2009-2010			2010-2011		
		تعداد گل در متر مربع Number of flower per m^2	وزن تر گل (کیلوگرم در هکتار) Flower fresh weight (kg.ha^{-1})	وزن تر کلاله (کیلوگرم در هکتار) Stigma fresh weight (kg.ha^{-1})	تعداد گل در متر مربع Number of flower per m^2	وزن تر گل (کیلوگرم در هکتار) Flower fresh weight (kg.ha^{-1})	وزن تر کلاله (کیلوگرم در هکتار) Stigma fresh weight (kg.ha^{-1})
4-5	0	6.00^{gh*}	11.05^{fg}	0.79^{g}	28.35^{j}	106.26^{f-h}	6.19^{hi}
	20	13.50^{fg}	27.78^{e-g}	2.25^{e-g}	68.60^{e-e}	205.80^{bc}	15.19^{bc}
	40	6.75^{f-h}	6.74^{g}	5.01^{d-f}	47.25^{f-j}	141.75^{d-g}	10.39^{d-g}
	60	13.50^{fg}	21.99^{e-g}	3.58^{e-g}	77.70^{b-d}	233.10^{b}	17.01^{b}
	80	8.50^{f-h}	17.82^{e-g}	1.64^{fg}	57.75^{d-h}	173.25^{bc}	12.60^{c-e}
	100	3.00^{h}	5.14^{g}	0.47^{g}	40.95^{h-j}	122.85^{e-h}	8.92^{e-i}
6-8	0	28.50^{de}	84.90^{bc}	8.40^{b-d}	77.70^{b-d}	81.90^{h}	5.98^{hi}
	20	34.50^{cd}	65.60^{cd}	8.38^{b-d}	55.65^{e-i}	166.95^{e-e}	12.18^{c-f}
	40	24.75^{e}	43.01^{d-f}	10.42^{b}	74.19^{b-e}	222.60^{b}	15.40^{bc}
	60	24.75^{e}	45.81^{de}	9.68b^{c}	35.70^{ij}	144.90^{d-f}	5.25^{i}
	80	27.75^{de}	95.30^{bc}	6.16^{c-e}	56.70^{d-i}	94.50^{gh}	6.93^{g-i}
	100	49.50^{ab}	94.37^{bc}	10.45^{b}	93.45^{ab}	201.60^{bc}	14.70^{bc}
9-10	0	42.00^{bc}	101.85^{ab}	4.05^{e-g}	39.90^{h-j}	119.70^{e-h}	8.71^{f-i}
	20	15.50^{f}	21.35e^{-g}	8.49^{b-d}	99.75^{a}	299.25^{a}	21.84^{a}
	40	29.25^{de}	50.15^{de}	10.08^{bc}	44.10^{g-j}	132.30^{d-g}	9.66^{e-h}
	60	52.50^{a}	127.04^{a}	17.53^{a}	63.70^{e-g}	192.15^{bc}	14.07^{b-d}
	80	54.75^{a}	98.10^{ab}	17.45^{a}	67.20^{c-f}	201.60^{bc}	14.70^{bc}
	100	42^{bc}	94.46^{bc}	21.09^{a}	83.30^{a-c}	211.05^{bc}	15.33^{bc}

* در هر ستون و برای هر جزء، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند.

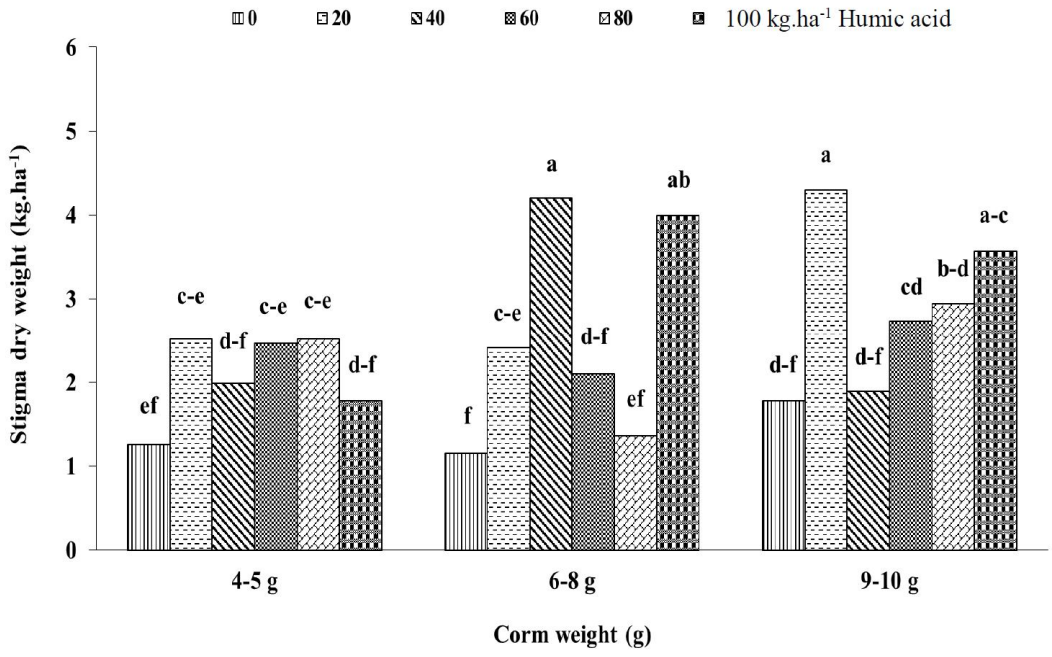
* In each column and for each component, means followed by the same letters are not significantly different based on Duncan's test ($p\leq0.05$).

www.SID.ir

Archive of SID



(A)



(B)

شکل 1- اثرات متقابل سطوح مختلف هیومیک اسید و وزن بنه بر وزن خشک کلاله زعفران در دو سال زراعی 89-1388 (الف) و 90-1389 (ب)

Fig. 1- Interaction effects of humic acid and corm weight on stigma dry weight of saffron two years 2009-2010 (a) and 2010-2011 (b)

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$).

www.SID.ir

Archive of SID

در مورد عملکرد گل تر نیز روند مشابهی مشاهده شد، به طوری‌که کاربرد سطوح مختلف اسید هیومیک در سال دوم اجرای آزمایش وزن گل در هکتار را به طور قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با تیمار عدم مصرف اسید هیومیک افزایش داد. از نظر وزن کلاله تر در هکتار نیز اثرات مثبت اسید هیومیک، قابل ملاحظه بود؛ به گونه‌ای که، تمامی سطوح اسید هیومیک در طی هر دو سال اجرای آزمایش مقدار این شاخص را به طور قابل توجهی افزایش دادند. وزن کلاله خشک در هکتار نیز روند مشابهی داشت و کاربرد سطوح مختلف اسید هیومیک در طی سال‌های 1388 و 1389 به طور متوسط باعث افزایش مقدار این شاخص به میزان 154 درصد و 92 درصد در مقایسه با تیمار عدم مصرف اسید هیومیک شد (جدول 7). در مجموع کاربرد خاکی اسید هیومیک اثرات مثبت قابل توجهی بر وزن گل و کلاله زعفران اعمال نمود.

اثر متقابل وزن بنه مادری و کاربرد خاکی اسید هیومیک بر وزن گل و کلاله زعفران معنی‌دار بود ($p\leq0/01$) (جدول 6). کاربرد اسید هیومیک در طی هر دو سال اجرای آزمایش در مورد تمامی بنه‌های مادری ریز، متوسط و درشت تقریباً باعث افزایش تعداد گل در واحد سطح گردید (جدول 8). وزن گل تر در هکتار به خصوص در دومین سال اجرای آزمایش در تمامی طیف وزنی بنه‌های مادری با کاربرد اسید هیومیک افزایش نشان داد. وزن تر و خشک کلاله در هکتار نیز در بنه‌های مادری ریز، متوسط و درشت با کاربرد اسید هیومیک افزایش قابل ملاحظه‌ای یافت؛ هر چند که افزایش شاخص‌های مذکور با افزایش سطح مصرف اسید هیومیک روند مشخص و ثابتی را نشان نداد (جدول 8 و شکل 1). به طور کلی، کاربرد اسید هیومیک در تمامی تیمارهای وزنی بنه مادری، باعث بهبود وزن گل و کلاله زعفران گردید.

استفاده از بنه‌های درشت‌تر اثرات سودمندی بر روی گل‌آوری و تولید کلاله در زعفران دارد (Pandey et al., 1974; Kumar et al., 2009). کاشت بنه‌های دارای وزن کم، از تولید گل ممانعت کرده و استفاده از بنه‌های با قطر بالاتر از 2/5 سانتی‌متر باعث تولید عملکرد مناسبی در گیاه زعفران می‌شود (Kumar et al., 2009). در پژوهشی در کشور هند گزارش شد که کشت بنه‌های مادری با قطر 3/25 تا 3/75 سانتی‌متر باعث افزایش تعداد گل در بوته و طول کلاله گردید (Munshi et al., 2003). در مطالعه دیگری اثر بنه‌های متوسط و ریز بر گل‌آوری زعفران مطالعه و گزارش شد که استفاده از بنه‌های درشت‌تر باعث افزایش تعداد گل و وزن کلاله در واحد سطح شد (Juana et al., 2009). ملافیلابی (Mollafilabi, 2004) نیز اظهار داشت که استفاده از بنه‌های با قطر بیش از سه سانتی‌متر و وزن بالای 10 گرم، بیشترین وزن گل و کلاله را در زعفران به همراه دارد. گزارش شده است که در صورتی‌که بنه مادری ریز باشد، تولید گل نکرده و فقط برگ تولید می‌نماید (Juana et al., 2009; Mohammad Aabadi et al., 2011). حداقل اندازه لازم برای گل آوری بنه زعفران داشتن قطر یک سانتی‌متر ذکر گردیده است (Juana et al., 2009). بر همین اساس برخی محققان اظهار داشته‌اند که استفاده از بنه‌های ریز جهت کاشت زعفران مناسب نمی‌باشد؛ زیرا میزان عملکرد زعفران در سال اول به شدت متأثر از اندازه و ذخایر بنه‌های مادری بوده که با رشد و نمو خود در سال اول، سبب به وجود آمدن بنه‌های دختری می‌شوند که به عنوان عامل تکثیر گیاه در سال دوم محسوب شده و بنه‌های تولید شده جدید نیز به صورت تسلسل عملکرد سال‌های بعدی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Amirshekari et al., 2007; Mohammad Abadi et al., 2011). اسید هیومیک به عنوان یک اسید آلی طبیعی دارای بسیاری از عناصر غذایی مورد نیاز جهت رشد گیاه بوده و به عنوان یک تنظیم‌کننده رشد، فعالیت‌های هورمونی را تنظیم و باعث افزایش رشد گیاه می‌گردد (Zhang, 1997). این ماده با اعمال اثرات مستقیم و غیرمستقیم باعث بهبود رشد گیاه می‌گردد؛ اثرات غیرمستقیم آن شامل تأثیر این ماده بر ساختارهای زیست‌شیمیایی خاک و اثرات مستقیم آن شامل افزایش سرعت تنفس، غلظت کلروفیل و پاسخ‌های هورمونی بوده و علاوه بر این دارای اثرات مثبت دیگری مانند افزایش نفوذپذیری غشای سلولی، تولید موادی مانند سوپراکسیداز دیسموتاز و آلفاتوکوفرول که نقش مهمی در تحمل به تنش‌ها دارند و نیز بهبود جذب مواد توسط ریشه بوده که مجموع این عوامل شرایط خاکی و فیزیولوژیکی مناسبی جهت افزایش رشد و تولید گیاه فراهم می‌نماید (Mallikarjuna et al., 1987; Zhang, 1997). در مطالعه مشابهی اثرات کاربرد اسید هیومیک بر رشد و عملکرد گیاهان فلفل، همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) و توت فرنگی مثبت گزارش شد (Arancon et al., 2006). فرضیه‌های متعددی در مورد نحوه عمل اسید هیومیک ارایه شده است که شامل ایجاد کمپلکس بین اسید

www.SID.ir

Archive of SID

هیومیک و یون‌های معدنی، اثرگذاری بر تولید برخی آنزیم‌ها در گیاه، تأثیر بر سرعت فتوسنتز و تنفس، تحریک متابولیسم اسید نوکلئیک و نیز دارا بودن فعالیت‌های هورمونی می‌باشد که در نهایت سبب توسعه ریشه و اندام هوایی شده و با بهبود جذب آب و عناصر و نیز افزایش مقاومت به شرایط تنش‌زای محیطی باعث بهبود شرایط رشد گیاه و در نهایت افزایش تولید و عملکرد گیاهان می‌شود (Zhang, 1997; Rengrudkij & Partida, 2003). علاوه بر این اسید هیومیک باعث افزایش سرعت رشد ریزجانداران مفید اطراف ریشه، افزایش بقای باکتری‌های محرک رشد گیاه و نیز افزایش فعالیت آنزیم‌های خاک مانند فسفاتاز و کاتالاز می‌شود (Sellamuthu & Govindaswamy, 2003; Young et al., 2006). از این‌رو به نظر می‌رسد، اثر این ترکیب بر حلالیت عناصر در خاک و تقویت جامعه میکروبی خاک به طور مستقیم و غیرمستقیم باعث بهبود شرایط رشد و عملکرد گیاهان از جمله زعفران می‌گردد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از بنه‌های مادری درشت، اثرات مثبت چشم‌گیری بر بهبود شاخص‌های رشدی بنه‌های خواهری و متعاقب آن افزایش عملکرد زعفران دارد. علاوه بر این، تغذیه گیاه زعفران توسط اسید هیومیک ضمن تقویت بنه‌های خواهری بر تولید گل و کلاله زعفران اثرات قابل ملاحظه‌ای بر جا گذاشت. به نظر می‌رسد که انجام مطالعات جامع‌تری در خصوص استفاده از این ماده و ترکیبات مشابه، بتواند در راستای بهبود تغذیه این گیاه جهت تولید محصول مبتنی بر اصول اکولوژیک، مؤثر باشد. همچنین ارتباط نزدیکی بین وضعیت رشدی بنه‌های خواهری و عملکرد زعفران مشاهده شد. در تیمارهایی که متوسط وزن و قطر تک بنه بیشتر بود، عملکرد گل و کلاله زعفران به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش پیدا کرد.

سپاسگزاری

بودجه این طرح از محل اعتبار پژوهه شماره 214 ب مورخ 1388/6/8 معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

1- Aimo, S., Gosetti, F., D'Agostino, G., Gamalero, E., Gianotti, V., Bottaro, M., Gennaro, M.C., and Berta, G. 2010. Use of arbascular mycorrhizal fungi and beneficial soil bacteria to improve yield and quality of Saffron (*Crocus sativus* L.). Acta Horticulture 850: 159-164.

2- 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 Botany 19(1): 5-18. (In Persian with English Summary)

3- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Lee, S., and Byrne, R. 2006. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. European Journal of Soil Biology 42: S65-S69.

4- Aytekin, A., and Acikgoz, A.O. 2008. Hormone and microorganism treatments in the cultivation of saffron (*Crocus sativus* L.) Plants. Molecules 13: 1135-1146.

5- Badiyala, D., and Saroch, K. 1997. Effect of seed corm size and planting geometry on saffron (*Crocus sativus* L.) under dry temperate conditions of Himachal Pradesh. Indian Perfumer 41: 167-169.

6- DeMastro, G., and Ruta, C. 1993. Relation between corm size and saffron (*Crocus sativus* L.) flowering. Acta Horticulturae 344: 512-517.

7- Juana, J.A.D., Córcolesb, H.L., Muñozb, R.M., and Picornella, M.R. 2009. Yield and yield components of saffron under different cropping systems. Industrial Crops and Products 30(2): 212-219.

8- Ghasemi Rooshnavand, R., Hashemiyeh, M., and Afzalian, M. 2009. Planting, conservation and harvesting stages of saffron. Agriculture Organization of Yazd, Iran 132: 33-34. (In Persian with English Summary)

9- Kaushal, S.K., and Upadhyay, R.G. 2002. Studies on variation in corm size and its effect on cormel production and flowering in *Crocus sativus* L. under mid-hill conditions of Himachal Pradesh. Research on Crops 3: 126-128.

10- Koocheki, A., Siahmarguee, A., Azizi, G., and Jahani Kondori, M. 2011a. The effect of high density and depth of planting on agronomic characteristic of saffron (*Crocus sativus* L.) and corms behavior. Agroecology 3(1): 36-49. (In Persian with English Summary)

www.SID.ir

Archive of SID

11- Koocheki, A., Jahani, M., Tabrizi, L., and Mohammad Abadi, A.A. 2011b. Investigation on the effect of biofertilizer, chemical fertilizer and plant density on yield and corm criteria of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Water and Soil 25(1): 196-206. (In Persian with English Summary)
12- Kumar, R., Virendra, S., Kiran, D., Sharma, M., Singh, M.K., and Ahuja, P.S. 2009. State of art of saffron (*Crocus sativus* L.) agronomy: A comprehensive review. Food Reviews International 25: 44-85.
13- Mallikarjuna, M., Govindasamy, R., and Chandrasekaran, S. 1987. Effect of humic acid on *Sorghum vulgare* var. CSH-9. Current Science 56: 1273.
14- Mohammad Abadi, A.A., Rezvani Moghaddam, P., and Fallahi, J. 2011. Effects of planting pattern and the first irrigation date on growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Agroecology 3(1): 84-93. (In Persian with English Summary)
15- Mollafilabi, A. 2004. Experimental findings of production and echophysiological aspects of saffron (*Crocus sativus* L.). In: Fernández, J., and Abdullaev, F., Editors, Proceeding of the 1st on saffron albacete, Spain. Acta Horticulturae 650: 195-200.
16- 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.
17- 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.
18- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Boroumand Rezazadeh, Z., and Tabrizi, L. 2008. Effects of corm size and storage period on allocation of assimilate in different parts of saffron plant (*Crocus sativus* L.). Journal of Iranian Field Crop Research 5(1): 155-166. (In Persian with English Summary)
19- Nehvi, F.A., Khan, M.A., Lone, A.A., and Maqhdoomi, M.I. 2010. Impact of microbial inoculation on growth and yield of saffron in Kashmir. Acta Horticulture 850: 171-174.
20- Ohta, K., Morishita, S., Suda, K., Kobayashi, N., and Hosoki, T. 2004. Effects of chitosan soil mixture treatment in the seedling stage on the growth and flowering of several ornamental plants. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 73(1): 66-68.
21- Omidbaigi, R., Betti, G., Sadeghi, B., and Ramezani, A. 2002. Influence of the bulb weight on the productivity of saffron (*Crocus sativus* L.) results of a cultivation study in Khorasan (Iran). Journal of Medicinal and Spice plant 7: 38-40.
22- Omidi, H., Naghdibadi, H.A., Golzad, A., Torabi, H., and Fotoukian, M.H. 2009. The effect of chemical and bio-fertilizer source of nitrogen on qualitative and quantitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Medicinal Plants 8(2): 98-109. (In Persian with English Summary)
23- Pandey, D.P, andey, V.S., and Srivastava, A.P. 1974. A note on the effect of the size of corms on the sprouting and flowering of saffron. Progressive Horticulture 6: 89-92.
24- Rengrudkij, P., and Partida, G.J. 2003. The effects of humic acid and phosphoric acid on grafted hass avocado on Mexican seedling rootstocks. Proceedings V World Avocado Congress p. 395-400.
25- Rezvani Moghaddam, P., Mohammad Abadi, A.A., Fallahi, J., and Aghhavani Shajari, M. 2011a. Response of saffron to planting distances and irrigation times. Medicinal and Aromatic Plants in Generation of New Values in 21th Century. 9-12 November. Sarajevo. Bosnia and Herzegovina p. 137.
26- Rezvani Moghaddam, P., Mohammad Abadi, A.A., and Fallahi, J. 2011b. Effect of corm density and first irrigation time on growth of saffron corms. National Congress of Medicinal Plants. Jihad Daneshgahi Branch of Mazandaran, Iran. March p. 421. (In Persian)
27- Rezvani Moghaddam, P., Mohammad Abadi, A.A., Fallahi, J., and Aghhavani Shajari, M. 2011c. Effects of chemical and organic fertilizers on corm growth and yield of saffron (*Crocus sativus*). National Congress of Medicinal Plants. Jihad Daneshgahi Branch of Mazandaran, Iran. March p. 424. (In Persian with English summary)
28- Sabzevari, S., and Khazaie, H.R. 2009. The effect of foliar application with humic acid on growth, yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). Agroecology 2(1): 53-63. (In Persian with English Summary)
29- Sabzevari, S., Khazaie, H.R., and Kafi, M. 2010. Study on the effects of humic acid on germination of four wheat cultivars (*Triticun aestivum* L.). Journal of Iranian Field Crop Research 8(3): 473-480. (In Persian with English Summary)
30- Sadeghi, B. 1993. Effect of corm weight on saffron flowering. I.R.O.S.T. Mashhad center: Mashhad, Iran.
31- Sellamuthu, K.M., and Govindaswamy, M. 2003. Effect of fertiliser and humic acid on rhizosphere

www.SID.ir

Archive of SID

microorganisms and soil enzymes at an early stage of sugarcane growth. Sugar Technology 5(4): 273-277.

32- Singh, C., Ram, G., and Kaul, B.L. 1994. Saffron studies in Kishtwar: Effect of corm size at planting on cormel production and flower yield in *Crocus sativus*. Indian Perfumer 38: 82-84.

33- Vurdu, H. 2004. Agronomical and biotechnological approaches for saffron improvement. Acta Horticulturae (ISHS) 650: 285-290.

34- Young, C.C., Rekha, P., Lai, W.A., and Arun, A. 2006. Encapsulation of plant growth-promoting bacteria in alginate beads enriched with humic acid. Biotechnoloy and Bioengineering 95: 76-83.

35- Zhang, X. 1997. Influence of plant growth regulators on turfgrass growth, antioxidant status, and drought tolerance. PhD dissertation. Virginia Polytechnic Institute p. 144.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 4, Winter 2016, p. 425-442

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 7، شماره 4، زمستان 1394، ص. 442-425

Effects of humic acid application and mother corm weight on yield and growth of saffron (*Crocus sativus* L.)

A. Koocheki[1*], H.R. Fallahi[2], M.B. Amiri[3] and H.R. Ehyaei[4]

Submitted: 06-02-2012
Accepted: 06-01-2013

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.

Introduction

Saffron as a food, spicy and medicinal plant has more than 62000 ha under cultivation with about 250 tons annual dry stigma production in Iran, which includes about 90% of its world production. Therefore, this plant has a specific value in agricultural export products of Iran (Fallahi et al., 2014). Due to the important role of saffron in Iran's agroecosystems, the improvement of its agronomic practices is essential. Nutritional management and mother corms size are two of the main factors affecting growth and yield of saffron. Humic acid is an eco-friendly fertilizer that improves the physical, chemical and biological properties of soil. This nutritional source has hormonal compounds and exerts a positive effect on elements absorption, quality and yield of plants. In addition, in saffron cultivation, it is possible to produce considerable amounts of stigma by using of standard mother corms with a minimum weight of 8 g. Because, large corms have a positive effect on stigma yield especially in the first growth cycle and the weight of replacement corms and consequently saffron flowering in the other growth cycles (Nassiri Mahallati et al., 2008). Therefore, the aim of this research was to investigate the interaction effects of mother corm size and different rates of humic acid on growth and yield of saffron.

Materials and methods

This experiment was carried out as factorial based on randomized completely block design with three replications in research farm of Ferdowsi University of Mashhad, Iran, during two growing season (2009-2011). Experimental factors were consisted of mother corm weight (4-5, 6-8 and 9-10 g) and application of humic acid (0, 20, 40, 60, 80 and 100 $kg.ha^{-1}$). Mother corm planting was in early October, 2009 with 10×20 cm corms distances and planting depth of 10cm. Humic acid (dissolved in water) was used along with the first autumnal irrigation in two season growth. Flower and stigma yield of saffron were measured during autumn of 2009 and 2010. In addition, three corm clones were selected randomly in each plot and then all replacement corms were removed after leaf withering in May, 2011. Corm measured indices were included of number of replacement corms per clone, total corms weight per clone, scale weight per clone, mean replacement corms weight and number of buds per replacement corm. Finally, data analysis was done using SAS 9.1 and means were compared by duncan's multiple range test at 5% level of probability.

Results and discussion

Results showed that planting of larger mother corms improved the growth indices of replacement corms and saffron yield. The total weight of replacement corms per colon (91%), number of flowers per square (84%), flower yield (66%) and stigma dry yield (154%) were higher for the larger mother corm (9-10 g) than small mother corm (4-5 g). This result is similar to findings of Nassiri Mahallati et al. (2008) which concluded that planting of more than 9 g mother corms improved the growth and yield of saffron. Selection of appropriate corms is the main factor in saffron cultivation, because the flowering capacity of the plant depends heavily on

1, 2, 3 and 4- Professor of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Assistant Professor of Crop Ecology, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Assistant Professor of Agroecology, Faculty of Agriculture, University of Gonabad and Faculty Member of Research Center of Medicinal Plants, Shahed University, Tehran, Iran, respectively.
(*-Corresponding author Email: akooch@um.ac.ir)

www.SID.ir

Archive of SID

the weight of planted corms. Planting of small corms is not affordable because they usually do not produce flower in the first growth season (Kumar et al., 2009; Mohammad-Abadi et al., 2011). Moreover, application of different levels of humic acid had a positive effect on the growth and yield indices in saffron. In the highest level of humic acid application (100 $kg.ha^{-1}$), the amounts of mean number of bud per corm (10%), mean diameter of corm (19%), mean weight of corm (70%), number of flowers per square (38%), flower yield (39%) and stigma dry yield (183%) were higher than control. The positive effects of humic acid on the growth of plants is related to many factors such as increased water and nutrient absorption, increasing the availability of elements, development of plant root system, higher chlorophyll content and change in enzymes activity in the plant (Sabzevari et al., 2010).

Conclusion

Generally, the findings of current study revealed that the use of large mother corms (more than 9 g) in combination with humic acid application had positive effects on replacement corms growth and stigma yield of saffron.

Acknowledgments

We wish to thank Vice President for Research and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran for the financial support of the project (grant number 214b, August 30, 2009).

Keywords: Corm diameter, Flower yield, Nutritional management, Stigma yield

References

Fallahi, H.R., Paravar, A., Behdani, M.A., Aghhavani-Shajari, M., and Fallahi, M.J. 2014. Effects of saffron corm and leaf extracts on early growth of some plants to investigate the possibility of using them as associated crop. Notulae Scientia Biologicae 6(3): 282-287.

Mohammad-Abadi, A.A., Rezvani-Moghaddam, P., and Fallahi, J. 2011. Effects of planting pattern and the first irrigation date on growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Agroecology 3(1): 84-93. (In Persian with English Summary)

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Boroumand Rezazadeh, Z., and Tabrizi, L. 2008. Effects of corm size and storage period on allocation of assimilate in different parts of Saffron plant (*Crocus sativus* L.). Journal of Iranian Field Crop Research 5(1): 155-166. (In Persian with English Summary)

www.SID.ir