



تأثیر اسید هیومیک و تراکم بنه بر ویژگی‌های بنه‌های دختره‌ای و عملکرد گل زعفران در سال دوم

فریده احمدی^۱، محمدحسین امینی‌فرد^{۲*}، مهدی خیاط^۲ و علیرضا صمدزاده^۳

تاریخ پذیرش: ۱۶ دی ۱۳۹۶

تاریخ دریافت: ۳ بهمن ۱۳۹۵

احمدی، ف.، امینی‌فرد، م.ح.، خیاط، م.، صمدزاده، ع.ر. ۱۳۹۷. تأثیر اسید هیومیک و تراکم بنه بر ویژگی‌های بنه‌های دختره‌ای و عملکرد گل زعفران در سال دوم. زراعت و فناوری زعفران، ۶(۲): ۱۹۷-۲۰۷.

چکیده

به منظور بررسی اثرات اسید هیومیک و تراکم کاشت بر صفات رویشی و زایشی زعفران، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی، در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. فاکتورها شامل اسید هیومیک در چهار سطح (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ کیلوگرم در هکتار) و تراکم کاشت در سه سطح (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بنه در مترمربع) با سه تکرار بودند. نتایج نشان داد که اسید هیومیک اثر معنی‌داری بر صفات بنه (وزن کل بنه و وزن تر و خشک بنه دختره‌ای) داشت، به طوری که بیشترین وزن کل بنه (۲۳/۰۹ گرم در بوته) در نتیجه اعمال تیمار ۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به دست آمد. همچنین، نتایج سال دوم آزمایش، نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار اسید هیومیک بر صفات گل (تعداد و عملکرد کل گل تر و عملکرد کلاله تر و خشک) بود، به طوری که بیشترین عملکرد کلاله تر و خشک (۱/۳۵ و ۰/۲۳ گرم در مترمربع به ترتیب) در سطح ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک حاصل شد، و کمترین مقدار این صفات در تیمار شاهد مشاهده گردید. تراکم کاشت نیز بر تعداد و عملکرد کل گل تر و عملکرد کلاله تر و خشک تأثیرگذار بود، به طوری که بیشترین میزان این صفات در تراکم ۱۰۰ بنه در مترمربع حاصل شد. اثرات متقابل نشان داد، که سطوح مختلف اسید هیومیک و تراکم کاشت تأثیر معنی‌داری بر متوسط طول و عملکرد کلاله تر در سال دوم داشت. بر اساس نتایج، می‌توان ۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و تراکم ۷۵ بنه در مترمربع را در افزایش ویژگی‌های عملکردی و رشدی زعفران در این آزمایش مؤثر دانست.

کلمات کلیدی: کودآلی، فاصله کاشت، عملکرد کلاله.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته علوم باغبانی، گرایش فیزیولوژی گیاهان دارویی، ادویه‌ای و عطری. دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
۲- استادیار گروه آموزشی علوم باغبانی و مرکز پژوهشی گیاهان ویژه منطقه دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند.
۳- مربی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
* نویسنده مسئول: (mh.aminifard@birjand.ac.ir)

مقدمه

مثبت اسید هیومیک بر ویژگی‌های رویشی و زایشی زعفران گزارش گردید. او نشان داد، در طی دو سال آزمایش، مصرف ۳/۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک سبب افزایش عملکرد کلاله خشک گردید، به طوری که بیشترین عملکرد کلاله خشک در شرایط مصرف اسید هیومیک و کمترین آن مربوط به شاهد بود. در کنار مدیریت عناصر غذایی، استفاده از تراکم بنه بهینه، یکی دیگر از راهکارهای مؤثر در بهبود کارایی استفاده از منابع و افزایش عملکرد زعفران می‌باشد (Rezvani Moghaddam et al., 2013). برخی پژوهش‌های انجام‌شده تراکم ۵۰ بنه در مترمربع را برای دستیابی به بیشترین عملکرد زعفران توصیه کرده‌اند (Kafi, 2002). نتایج مطالعه روی تراکم‌های مختلف بنه زعفران نشان داد که، بیشترین وزن خشک کلاله در تیمارهای متوسط تراکم در دو سطح (۱۱۱ و ۱۱۹ بنه در مترمربع) و پرتراکم در سه سطح (۱۳۹، ۱۴۳ و ۱۷۹ بنه در مترمربع) به دست آمد. کمترین وزن خشک کلاله نیز در تراکم ۹۳ بنه در مترمربع مشاهده شد (Temperini et al., 2009). با توجه به اهمیت گیاه دارویی زعفران و مصارف گسترده آن در صنایع غذایی و دارویی، یکی از راه‌کارهای افزایش عملکرد زعفران، مدیریت تغذیه و انتخاب تراکم کاشت مناسب در مزرعه می‌باشد. با توجه به اینکه تاکنون گزارشی در خصوص تأثیر اسید هیومیک در تراکم کاشت بر عملکرد گل و بنه گیاه زعفران ارائه نشده است، لذا هدف از اجرای این طرح، مطالعه هم‌زمان تأثیر سطوح مختلف اسید هیومیک و تراکم کاشت بنه بر عملکرد گل و بنه گیاه دارویی ارزشمند زعفران بود، تا با انتخاب تراکم کاشت مناسب و استفاده مناسب از نهاده‌های آلی و در نتیجه کاهش اتکا به کودهای شیمیایی، بتوان در جهت تولید پایدار و افزایش کیفیت این گیاه دارویی مهم گام برداشت.

زعفران (*Crocus sativus* L.) از خانواده زنبقیان، گیاهی علفی، چندساله، بدون ساقه و دارای بنه است (Rios et al., 1996). با توجه به اینکه زعفران گیاهی چندساله است، لذا سازگاری خوبی نسبت به کودهای آلی نشان می‌دهد (Hassanzadeh et al., 2013). به طوری که تحقیقات نشان داد، ۱۶ تا ۸۰ درصد تغییرات عملکرد این گیاه به متغیرهای مربوط به خاک وابسته است و از میان این عوامل، میزان ماده آلی دارای بیشترین اهمیت و پس از آن فسفر قابل استفاده، نیتروژن معدنی و پتاسیم تبادل‌پذیر، حائز اهمیت می‌باشند (Shahandeh, 1989). بنابراین با توجه به اینکه کشت زعفران به‌عنوان مهم‌ترین گیاه دارویی و ادویه‌ای در ایران عمدتاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور صورت می‌گیرد (Sepaskhah & Kamgar-Haghighi, 2009) و نیز با در نظر گرفتن کمبود مواد آلی خاک در این مناطق (Shirani et al., 2011)، مصرف کودهای آلی و نیز مدیریت تلفیقی این کودها باید در تولید پایدار این گیاه به‌طور ویژه مورد توجه قرار گیرد. در بین کودهای سازگار با طبیعت، اسید هیومیک به‌عنوان 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 فراوانی بر شاخص‌های کمی و کیفی محصولات کشاورزی دارد (Sabzevari et al., 2010). محققین بیان کردند که، مصرف اسید هیومیک وزن خشک بنه‌های دختری را در زعفران افزایش داد (Koocheki et al., 2012). همچنین گزارش شده، که کاربرد اسید هیومیک می‌تواند اثرات مثبتی بر تعداد گل زعفران و وزن تر و خشک کلاله بگذارد (Khorramdel & Mollafilabi, 2016). همچنین گلزاری (Golzari, 2016) در پژوهشی دیگر، تأثیر

مواد و روش‌ها

توسط کج‌بیل و چهارشاخ فلزی با عمق کم صورت گرفت تا جوانه‌های گل با سهولت بیشتری از خاک بیرون آمده و رشد مطلوبی داشته باشند. آبیاری‌های بعدی پس از اتمام دوره گل‌دهی طبق عرف منطقه به فاصله زمانی هر یک ماه و به شیوه نشتی و با استفاده از سیفون انجام گرفت. در سال دوم نیز اسید هیومیک همراه آبیاری قبل از ظهور گل اعمال گردید. در طول اجرای آزمایش از هیچ‌گونه سم و کود دیگری استفاده نشد. پس از شروع خواب بنه‌ها (پس از حذف اثر حاشیه‌ای به فاصله ۰/۵ متر با هر ضلع کرت) در اردیبهشت‌ماه دو بنه از هر کرت برداشت و پس از شمارش تعداد بنه، با استفاده از کولیس و ترازوی (با دقت ۰/۰۰۱ گرم) دیجیتالی به ترتیب قطر و وزن‌تر (وزن بنه تازه خارج شده از خاک) و پس از قرار گرفتن بنه به مدت ۴۸ ساعت در آون الکتریکی با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد وزن خشک بنه‌های دختری اندازه‌گیری شد. به دلیل اندک بودن عملکرد کلاله در سال اول و عدم اطمینان از اثر تیمارها در سال اول، برای بررسی عملکرد گل و کلاله، نمونه‌گیری در سال دوم به شرح زیر انجام گرفت. هم‌زمان با شروع گل‌دهی گل‌های زعفران در ساعات اولیه صبح نیمه آبان ماه سال ۱۳۹۵، از کل سطح کرت‌ها برداشت شمارش و توزین شد. صفات مورد بررسی شامل تعداد و وزن کل بنه، وزن تر و خشک و همچنین قطر بنه دختری و صفات مربوط به گل شامل تعداد و عملکرد کل گل، طول کلاله و عملکرد کلاله تر و خشک بود. جهت آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار SAS 9.1 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۵ - ۱۳۹۴ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دوازده ترکیب تیماری و سه تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند اجرا شد. قبل از کشت جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری مرکب شد (جدول ۱). تیمارهای آزمایشی به صورت ترکیبی از چهار سطح اسید هیومیک (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ کیلوگرم در هکتار) و سه سطح تراکم کاشت بنه (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بنه در مترمربع) تعیین شدند. به منظور انجام آزمایش، پس از شخم، دیسک و مسطح کردن خاک اقدام به کرت بندی زمین نموده و کرت‌هایی به ابعاد ۲ × ۲ متر ایجاد گردید، فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌ها از یکدیگر به ترتیب ۱ و ۲ متر (با احتساب جوی‌های آبیاری) در نظر گرفته شد، کشت به صورت ردیفی در ۱۶ شهریور ۱۳۹۴ توسط بنه‌های با وزن متوسط ۹-۷ گرم انجام گرفت. فاصله بنه روی ردیف بر اساس سطوح تراکم کاشت ۱۰ و ۷/۵، ۵ سانتی‌متر و فاصله بین خطوط کشت ۲۰ سانتی‌متر و عمق کاشت ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تیمار اسید هیومیک (پودر تجاری هیومکس حاوی ۸۰ درصد اسید هیومیک، ۱۵ درصد اسید فلوویک و ۱۲ درصد پتاسیم اکسید، ساخت شرکت Assist- آمریکا)، پس از کاشت، همراه آبیاری اول پس از غرقاب شدن کرت به صورت محلول در آب آبیاری اعمال شد. آبیاری اول هم‌زمان با کاشت (۱۶ شهریور ۱۳۹۴ به صورت غرقاب) و آبیاری دوم ۱۰ روز بعد از آبیاری اول به منظور تسهیل در سبز شدن بنه‌ها انجام شد. بعد از آن نیز یک‌مرتبه سله‌شکنی

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physicochemical characteristics of soil in experimental site

بافت Texture	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	مواد آلی Organic matter (%)	اسیدیته pH	فسفر قابل دسترس Available P (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم قابل دسترس Available K (mg.kg ⁻¹)	نیترژن کل Total N (%)
لومی	3.1	0.68	7.76	60	420.35	0.08

نتایج و بحث

وزن و تعداد کل بینه

نتایج به دست آمده، حاکی از تأثیر معنی دار اسید هیومیک بر وزن کل بینه بود، به طوری که بیشترین وزن کل بینه (۲۳/۰۹ گرم در بینه) در نتیجه اعمال سطح ۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به دست آمد، که نسبت به عدم استفاده از اسید هیومیک (۱۵/۹۷ گرم در بینه)، ۴۴/۵۸ درصد افزایش یافت (جدول ۲). مشابه نتایج پژوهش حاضر، محققین در پژوهشی با بررسی اثر سطوح مختلف اسید هیومیک و کود دامی بر صفات رویشی زعفران دریافتند که مصرف ۴۰ لیتر در هکتار اسید هیومیک سبب افزایش وزن بینه شد (Osmani Roudi et al., 2015). همچنین در مطالعه ریوندی و همکاران (Rivandi et al., 2016) مصرف اسید هیومیک سبب افزایش وزن کل بینه در زعفران نسبت به شاهد گردید. کاربرد مواد هیومیکی با بهبود ساختار خاک و فعالیت میکروارگانیسم‌های آن (Ozdamar Santiago et al., 2011) و افزایش فعالیت آنزیمی (Unlu et al., 2008) منجر به تحریک رشد بخش هوایی و ریشه در گیاه می‌شوند (Cimrin & Yilmaz, 2005)، که افزایش در رشد و فعالیت ریشه سبب افزایش دسترسی به عناصر غذایی و آب و در نتیجه استفاده بهتر از شرایط محیطی گشته که در نهایت منجر به افزایش وزن بینه می‌گردد.

وزن تر و خشک بینه دختری

نتایج مقایسه میانگین حاکی از آن است، که سطوح مصرفی اسید هیومیک نسبت به شاهد سبب افزایش معنی دار وزن تر و خشک بینه دختری شد. به طوری که بیشترین وزن تر بینه دختری (۱۶/۳۴ گرم در بونه) در نتیجه کاربرد ۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به دست آمد، که نسبت به شاهد (بدون کاربرد اسید هیومیک ۱۲/۱۹ گرم در بونه) افزایش معنی دار یافت. بیشترین

وزن خشک بینه دختری (۴/۸۸ گرم در بونه) نیز با کاربرد ۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و کمترین مقدار آن (۳/۱۱ گرم در بونه) در سطح عدم استفاده اسید هیومیک به دست آمد. البته سطوح ۵، ۱۰ و ۱۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک از نظر تأثیر بر وزن تر و خشک بینه دختری در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۲). مشابه نتایج این پژوهش فانی (Fani, 2015) نشان داد که، کاربرد سه کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک بر افزایش وزن بینه زعفران مؤثر واقع شد. همچنین در بررسی اثر کود دامی و محلول پاشی برگی بر خصوصیات زراعی و عملکرد زعفران نشان داده شد که با مصرف اسید هیومیک وزن بینه زعفران نسبت به شاهد افزایش معنی دار یافت (Mollafilabi & Khorramdel, 2016). چنین به نظر می‌رسد که، استفاده از حاصل خیز کننده‌های خاک مانند اسید هیومیک به طور غیرمستقیم از طریق بهبود ساختمان خاک و افزایش درصد ماده آلی خاک باعث بهبود رشد ریشه، بالا بردن توان جذب و نگهداری آب و نیز افزایش مقدار عناصر قابل جذب برای گیاه شده (Bachman & Davis, 2000) و از این طریق سبب افزایش وزن تر و خشک بینه شد.

قطر بینه دختری

همان طور که در جدول مقایسه میانگین مشاهده می‌شود، قطر بینه دختری در این آزمایش تحت تأثیر معنی دار سطوح مصرفی اسید هیومیک نسبت به تیمار شاهد قرار گرفت، بیشترین قطر بینه دختری (۳۳/۲۶ میلی‌متر) با کاربرد ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به دست آمد در حالی که بین تیمارهای ۵، ۱۰ و ۱۵ تفاوت معنی دار مشاهده نشد اما نسبت به شاهد اسید هیومیک ۱۵/۶۸ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). در پژوهشی با بررسی اثر وزن بینه مادری و سطوح مختلف اسید هیومیک (۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در

در نتیجه افزایش دسترسی به آن‌ها (Mackowiak et al., 2001) منجر به بهبود رشد شده، که این امر در نتیجه تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه آن بهبود قطر بنه، تحت تأثیر افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های ذخیره‌ای را موجب گردیده است.

هکتار) بر شاخص‌های رشدی بنه‌های خواهری زعفران نشان داده شد، که در نتیجه کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک، مقدار شاخص‌های متوسط قطر و وزن بنه به ترتیب به میزان ۱۹ و ۷۰ درصد بیشتر از عدم مصرف اسید هیومیک بود (Koocheki et al., 2016). به نظر می‌رسد، استفاده از کود آلی (اسید هیومیک) به دلیل افزایش فراهمی عناصر غذایی و

جدول ۲- اثرات سطوح مختلف کاربرد اسید هیومیک بر ویژگی‌های رشدی بنه زعفران

Tables 2- Effect of different levels application of humic acid on saffron corm growth characteristics

اسید هیومیک Humic acid (kg. ha ⁻¹)	قطر بنه دختره Diameter of corm (mm)	وزن خشک بنه دختره Dry weight of corm (g.plant ⁻¹)	وزن تر بنه دختره Fresh weight of corm (g.plant ⁻¹)	تعداد بنه دختره Number of corm (per.plant ⁻¹)	وزن کل بنه Total weight of corm (g.plant ⁻¹)
0	28.75 ^b	3.11 ^b	12.19 ^b	1.44 ^a	15.97 ^b
5	33.00 ^a	4.88 ^a	16.34 ^a	1.66 ^a	23.09 ^a
10	33.26 ^a	4.70 ^a	16.22 ^a	1.55 ^a	22.65 ^a
15	32.73 ^a	4.69 ^a	15.94 ^a	1.55 ^a	19.02 ^{ab}

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 5\%$).

جدول ۳- اثرات سطوح مختلف تراکم بنه بر ویژگی‌های رشدی بنه زعفران

Tables 3- Effects of corm density levels on saffron corm growth characteristics

تراکم Density (corms.m ⁻²)	قطر بنه دختره Diameter of corm (mm)	وزن خشک بنه دختره Dry weight of corm (g.plant ⁻¹)	وزن تر بنه دختره Fresh weight of corm (g.plant ⁻¹)	تعداد بنه دختره Number of corm (per.plant ⁻¹)	وزن کل بنه Total weight of corm (g.plant ⁻¹)
50	31.38 ^a	4.29 ^a	15.30 ^a	1.66 ^a	20.17 ^a
75	33.27 ^a	4.92 ^a	15.47 ^a	1.16 ^a	22.14 ^a
100	31.15 ^a	3.82 ^a	14.75 ^a	1.83 ^a	18.23 ^a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 5\%$).

تعداد گل در سال دوم

همان‌طور که مشاهده می‌شود، اثر اسید هیومیک در سال دوم بر تعداد گل معنی‌دار شد، مقایسه میانگین‌ها نشان داد، بیشترین میزان این صفت (۵۳/۳۸ گل در مترمربع) در اثر کاربرد سطح ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به دست آمد، که ۱/۴۰ برابر شاهد اسید هیومیک بود (جدول ۴). همچنین در

تراکم کاشت ۱۰۰ بنه در مترمربع بیشترین تعداد گل (۵۴/۲۲ گل در مترمربع) حاصل گردید، که نسبت به تراکم ۵۰ بنه در مترمربع ۴۲/۷۹ درصد افزایش نشان داد، اما با تراکم ۷۵ بنه در مترمربع در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۵). در مطالعه ملافیلابی و خرم‌دل (Mollafilabi & Khorramdel, 2016) که به منظور بررسی اثر کود دامی و تغذیه برگی بر ویژگی‌های

بنه دختری و عملکرد گل و کلاله زعفران انجام گرفت مصرف هیومستار (حاوی ۱۳/۲ درصد اسید هیومیک) در طول دو سال آزمایش سبب افزایش تعداد گل زعفران شد. از آنجا که فسفر عاملی در بهبود گل‌انگیزی زعفران می‌باشد (Munshi, 1994) و بنابر گزارش هارپر و همکاران (Harper et al., 2000) مبنی برافزایش دسترسی به کلسیم و فسفر در حضور اسید هیومیک از طریق جلوگیری از ایجاد نمک غیرمحلول فسفات کلسیم، افزایش تعداد گل در این شرایط منطقی به نظر می‌رسد. به‌طور مشابه، محققین مشاهده نمودند، با افزایش تراکم کاشت تعداد گل تولیدی زعفران به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Gresta et al., 2009). صادقی و همکاران (Sadeghi et al., 2014) بیان نمودند، استفاده از تراکم‌های بالا منجر به حضور تعداد بنه بیشتر در واحد سطح می‌شود، که انتظار می‌رود افزایش تعداد بنه در واحد سطح، تعداد گل بیشتر و متعاقباً وزن گل بیشتری را به دنبال داشته باشد.

عملکرد کل گل‌تر در سال دوم

بر اساس نتایج، عملکرد کل گل‌تر در سال دوم آزمایش (۱۳۹۵) تحت تأثیر معنی‌دار مصرف اسید هیومیک قرار گرفت. به‌طوری‌که بیشترین عملکرد کل گل‌تر (۲۱/۶۰ گرم در مترمربع) در سطح ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به‌دست آمد، که نسبت به کمترین مقدار آن (۱۵/۳۹ گرم در مترمربع) در تیمار شاهد ۴۰/۳۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). همچنین عملکرد کل گل‌تر در تراکم ۱۰۰ بنه در مترمربع (۲۲/۰۳ گرم در مترمربع) نسبت به تراکم ۵۰ بنه در مترمربع (۱۴/۷۷ گرم در مترمربع) برتری داشت (جدول ۵). این نتایج، مشابه نتایج گلزاری (Golzari, 2016) در خصوص تأثیر اسید هیومیک بر عملکرد گل زعفران بود. همچنین محققین بیان داشتند، بیشترین عملکرد گل زعفران با مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک در طول دو سال آزمایش حاصل شد (Koocheki et al., 2016). با توجه به افزایش تعداد گل تولیدی با مصرف اسید هیومیک افزایش عملکرد دور از انتظار نیست. همچنین تحقیقات نشان داده است، که بین ماده آلی خاک و عملکرد زعفران همبستگی مثبت و بالایی وجود دارد (Munshi, 1994). 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 (Young et al., 2006). از این رو به نظر می‌رسد، اثر این ترکیب بر حلالیت عناصر در خاک و تقویت جامعه میکروبی خاک به‌طور مستقیم و غیرمستقیم باعث بهبود شرایط رشد و عملکرد گیاهان از جمله زعفران می‌گردد (Koocheki et al., 2016). افزایش عملکرد گل زعفران در صورت استفاده از تراکم بنه مناسب مورد تأیید بسیاری از محققین قرار گرفته است. به‌عنوان مثال در پژوهشی اثر سطوح مختلف کود آلی (صفر، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ تن در هکتار) و سطوح کشت پرتراکم (۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ بنه در مترمربع) بر ویژگی‌های زراعی و رفتار بنه‌های زعفران بررسی و نشان داده شد که تراکم کاشت نقش مؤثری در افزایش عملکرد گل زعفران در واحد سطح داشت، به‌نحوی‌که در تمامی سطوح کاربرد کود آلی بیشترین تعداد و عملکرد گل در تراکم ۴۰۰ بنه در مترمربع به‌دست آمد. آن‌ها افزایش عملکرد گل زعفران، با افزایش تراکم را در ارتباط با جذب منابع محیطی آب، اقلیم، نور و عناصر غذایی از خاک توسط این گیاه بیان کردند (Koocheki et al., 2014).

طول کلاله

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که طول کلاله در سال دوم در سطوح مختلف اسید هیومیک (جدول ۴) و تراکم کاشت (جدول ۵) تفاوت معنی‌داری داشت. بررسی اثرات برهمکنش نیز نشان داد که بیشترین طول کلاله (۳۱/۸۹ میلی‌متر) مربوط به کاربرد

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که طول کلاله در سال دوم در سطوح مختلف اسید هیومیک (جدول ۴) و تراکم کاشت (جدول ۵) تفاوت معنی‌داری داشت. بررسی اثرات برهمکنش نیز نشان داد که بیشترین طول کلاله (۳۱/۸۹ میلی‌متر) مربوط به کاربرد

شود.

نتایج حاکی از تأثیر معنی‌دار تراکم بر رشد طولی کلاله بود. در پژوهش صورت گرفته توسط رستمی و محمدی (Rostami & Mohammadi, 2013) که به منظور بررسی اثرات تاریخ کاشت و تراکم بانه بر عملکرد زعفران صورت گرفت، تأثیر تراکم کاشت بر رشد طولی کلاله نشان داده شد. در تراکم مناسب کلیه عوامل محیطی آب، هوا، نور به طور کامل مورد استفاده گیاهان قرار گرفته و رقابت‌های درون بوته‌ای و برون بوته‌ای به حداقل می‌رسند (Koocheki et al., 2014) که این امر می‌تواند دلیلی بر افزایش طول کلاله در این آزمایش باشد.

۱۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک در تراکم ۱۰۰ بانه در مترمربع بود، اما این اختلاف با بسیاری از سطوح برهمکنش از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۴). نتایج مشابهی، توسط محققین گزارش شده است. پژوهشگران نشان دادند، بیشترین رشد طولی کلاله با مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و دامی (۲۰ تن در هکتار) به دست آمد (Alipoor Miandehi et al., 2013). اسید هیومیک مکانیسم‌هایی برای رشد طولی گیاهان دارد، یکی از این مکانیسم‌ها به اثر مستقیم این ترکیبات و وجود ترکیبات شبه‌هورمونی از جمله ترکیبات اکسینی و شبه‌اکسینی مربوط می‌شود، که می‌توانند با تحت تأثیر قرار دادن رشد سلول‌ها (Atiyeh et al., 2002) منجر به افزایش طول کلاله

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کاربرد اسید هیومیک بر خصوصیات گل زعفران در سال دوم

Tables 4- Mean comparison for the effect of different levels application of humic acid on saffron flower characteristics in second year

اسید هیومیک Humic acid (Kg.ha ⁻¹)	عملکرد کلاله خشک Yield dry stigma (g.m ⁻²)	عملکرد کلاله تر Yield fresh stigma (g.m ⁻²)	طول کلاله Stigma length (mm)	عملکرد کل گل تر Total yield fresh flower (g.m ⁻²)	تعداد گل Number of flower (per.m ⁻²)
0	0.16 ^b	0.88 ^b	30.12 ^b	15.39 ^b	37.86 ^b
5	0.19 ^{ab}	1.22 ^{ab}	31.21 ^a	20.29 ^a	47.83 ^{ab}
10	0.23 ^a	1.35 ^a	31.28 ^a	21.60 ^a	53.38 ^a
15	0.16 ^b	1.21 ^{ab}	31.41 ^a	19.31 ^{ab}	48.44 ^{ab}

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 5\%$).

عملکرد کلاله تر و خشک در سال دوم

بر اساس نتایج سطوح مختلف اسید هیومیک (جدول ۴) و تراکم کاشت (جدول ۵) تأثیر معنی‌داری بر عملکرد کلاله تر داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد، بیشترین عملکرد کلاله تر (۱/۹۴ گرم در مترمربع) با کاربرد ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و تراکم کاشت ۱۰۰ بانه در مترمربع به دست آمد، که نسبت به کمترین مقدار آن (۰/۵۸ گرم در مترمربع) در سطح ۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و تراکم ۵۰ بانه در مترمربع افزایش معنی‌داری نشان داد (جدول ۶). همچنین بیشترین عملکرد کلاله خشک (۰/۲۳ گرم در مترمربع) در سطح ۱۰

کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و کمترین مقدار آن (۰/۱۶ گرم در مترمربع) در سطح شاهد اسید هیومیک مشاهده گردید. البته سطوح ۵ و ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و سطوح شاهد و ۱۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک از نظر آماری در یک گروه قرار داشتند (جدول ۴). همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش تراکم کاشت بر عملکرد کلاله خشک افزوده گردید، به طوری که بیشترین مقدار آن (۰/۲۱ گرم در مترمربع) در تراکم ۱۰۰ بانه در مترمربع و کمترین مقدار آن (۰/۱۴ گرم در مترمربع) در تراکم ۵۰ بانه در مترمربع به دست آمد (جدول ۵). گلزاری (Golzari, 2016) نشان داد، در طی دو سال آزمایش مصرف ۳/۵ لیتر در

هکتار اسید هیومیک سبب افزایش عملکرد کلاله خشک گردید، به طوری که بیشترین عملکرد کلاله خشک در شرایط مصرف اسید هیومیک و کمترین آن مربوط به شاهد بود. در سایر مطالعات نیز اثرات استفاده از بیوهورمون‌های حاوی هیومیک بر وزن کلاله زعفران مثبت گزارش شده است (Aytekin & Acikgoz, 2008). به نظر می‌رسد، اسید هیومیک از طریق تأثیر بر رشد رویشی سبب بهبود رشد زایشی و افزایش عملکرد کلاله شده است. تغذیه مناسب گیاه عامل مهمی در بهبود رشد و توسعه گیاه می‌باشد (Coelho & Dale, 1980).

جدول ۵- اثر سطوح مختلف تراکم بنه بر خصوصیات گل زعفران در سال دوم

Tables 5- Effect of corm density levels on saffron flower characteristics in second year

تراکم کاشت Planting density (corms.m ⁻²)	عملکرد کلاله خشک Yield dry stigma (g.m ⁻²)	عملکرد کلاله تر Yield fresh stigma (g.m ⁻²)	طول کلاله Stigma length (mm)	عملکرد کل گل تر Total yield fresh flower (g.m ⁻²)	تعداد گل Flower number (No.m ⁻²)
50	0.14 ^b	0.77 ^c	30.71 ^b	14.77 ^b	37.97 ^b
75	0.20 ^a	1.22 ^b	30.69 ^b	20.63 ^a	48.43 ^a
100	0.21 ^a	1.52 ^a	31.61 ^a	22.03 ^a	54.22 ^a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 5\%$).

جدول ۶- اثر برهم کنش اسید هیومیک و تراکم کاشت بر خصوصیات گل زعفران در سال دوم

Tables 6- Interactive effects of humic acid and density on saffron flower characteristics in second year

اسید هیومیک Humic acid (kg.ha ⁻¹)	تراکم کاشت Planting density (corms.m ⁻²)	سال دوم (۲۰۱۶) Second year (2016)	
		عملکرد کلاله تر Yield fresh stigma (g.m ⁻²)	طول کلاله Stigma length (mm)
		0	50
0	75	0.87 ^{bc}	29.69 ^{cd}
0	100	1.04 ^{bc}	31.55 ^{ab}
5	50	0.58 ^c	31.18 ^{ab}
5	75	1.84 ^a	31.11 ^{ab}
5	100	1.24 ^b	31.35 ^{ab}
10	50	0.91 ^{bc}	30.85 ^{ab}
10	75	1.21 ^{bc}	31.34 ^{ab}
10	100	1.94 ^a	31.65 ^{ab}
15	50	0.84 ^{bc}	31.73 ^{ab}
15	75	0.96 ^{bc}	30.63 ^{bc}
15	100	1.84 ^a	31.89 ^a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 5\%$).

آزمایش شد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این تحقیق حاکی از آن بود، که استفاده از اسید هیومیک به‌تنهایی و یا در سطوح مختلف تراکم کاشت می‌تواند در بهبود ویژگی‌های عملکردی و رشدی زعفران مؤثر باشد، و از آنجا که بین سطوح مصرفی اسید هیومیک در اکثر صفات تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، به‌منظور صرفه‌جویی در کود مصرفی و کاهش هزینه‌ها می‌توان ۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و تراکم ۷۵ بانه در مترمربع را در افزایش ویژگی‌های عملکردی و رشدی زعفران در این آزمایش مؤثر دانست. به‌منظور تکمیل نتایج این آزمایش پیشنهاد می‌شود، سایر سطوح اسید هیومیک و تراکم‌های کاشت در طی پژوهش‌های چندساله بر عملکرد کمی و کیفی زعفران بررسی شود.

همچنین تأثیر اسید هیومیک بر وزن خشک گیاه را به دلیل بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و در دسترس قرار دادن انواع هورمون‌ها و مواد محرک رشد، نظیر (سیتوکینین، اکسین، بیوتین و اسید پنتوتینیک) و نیز فراهمی عناصر غذایی دانسته‌اند (Karthikeyan et al., 2008). مشابه یافته‌های ما، نتایج اکثر پژوهشگران نشان داد، که با افزایش تراکم کاشت عملکرد کلاله نیز افزایش می‌یابد. در آزمایشی دوساله مشاهده شد، که با افزایش تراکم کاشت از ۵۱ به ۶۹ بانه در مترمربع عملکرد کلاله خشک در واحد سطح افزایش یافت (De Juan et al., 2009). محققین گزارش کردند که کاشت زعفران با تراکم بیشتر (۷۵ بوته در مترمربع) در مقایسه با تراکم کم (۵۵ بوته در مترمربع) باعث افزایش نسبی عملکرد کلاله در واحد سطح می‌گردد (Gresta et al., 2008). به‌نظر می‌رسد، افزایش تراکم با بهبود استقرار گیاه موجب افزایش گل و عملکرد کلاله زعفران در این

منابع

- Alipoor Miandehi, Z., Mahmodi, S., Behdani, M.A., and Sayyari, M.H. 2014. Effect of manure, bio-and 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).
- Atiyeh, R.M., Lee, S., Edwards, C.A., Arancon, N.Q., and Metzger, J.D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology* 84 (1): 7-14.
- Aytekin, A., and Acikgoz, A.O. 2008. Hormone and microorganism treatments in the cultivation of saffron (*Crocus sativus* L.). *Plants Molecules* 13: 1135-1146.
- Bachman, G.R., and Davis, W.E. 2000. Growth of magnolia Virginian liners in vermicomposting-amended media. *Pedobiologia* 43: 579-590.
- Canellas, L.P., Facanha, A.Q., Olivares, F.L., and Facanha, A.R. 2002. Humic acid isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺-ATPase activity in maize roots. *Plant Physiology* 130: 1951-1957.
- Cimrin, K.M., and Yilmaz, I. 2005. Humic acid applications to lettuce do not improve yield but do improve phosphorus availability. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B. Soil and Plant Science* 55: 58-63.
- Coelho, D.T., and Dale, R.F. 1980. An energy-crop growth variable and temperature function for predicting corn growth and development: planting to silking. *Agronomy Journal* 72 (3): 503-510.
- De Juan, J.A., Corcolesb, H.L., Munoz, R.M., and

- Picornell, M.R. 2009. Yield and yield components of saffron under different cropping systems. *Industrial Crops and Products* 30: 212–219.
- Fani, R. 2015. The effect of organic and chemical fertilizers there with humic acid on saffron corm size in the first year. M.Sc dissertation, Faculty of Agriculture, Birjand University of Birjand, Iran. (In Persian with English Summary).
- Golzari, M. 2016. Effect of bio-fertilizer and mother corm weight on growth, flower and stigma yield and qualitative criteria of saffron. M.Sc dissertation, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran. (In Persian with English Summary).
- Gresta, F., Arola, G., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 2008. Saffron, and alternative crop for sustainable agricultural systems, *A Review Agronomy Sustainable Development* 28: 95-112.
- Gresta, F., Avola, G., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 2009. Analysis of flowering, stigmas yield and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.) as effected by environmental conditions. *Sciatica Horticulture* 119: 320-324.
- Hassanzadeh Aval, F., Rezvani Moghaddam, P., Bannayan Aval, M., and Khorasani, R. 2013. Effects of maternal corm weight and different levels of cow manure on corm and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy and Technology* 1 (1): 22-39. (In Persian with English Summary).
- Harper, S.M., kerven, G.L., Edwards, D.G., and Ostatek Boczyski, Z. 2000. Characterizing on fulvic and humic acids from leaves of eucalyptus comaldulensis and from decomposed hey. *Soil Biochemistry* 32: 1331-1336.
- Kafi, M., Rashedmohasel, M.H., Koocheki, A., and Molafilabi, A. 2002. Saffron Production and Processing Technology. University of Mashhad, Iran. (In Persian).
- Karthikeyan B., Abdul Jaleel C., Lakshmanan G.M.A., and Deiveekasundaram M. 2008. Studies on rhizospheremicrobial diversity of some commercially important medicinal plants. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 62: 143-145.
- 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).
- Koocheki, A.R., Rezvani Moghaddam, P., Mollafilabi, A., and Seyyedi, S.M. 2014. The effects of high corm density and manure on agronomic characteristics and corms behavior of Saffron (*Crocus sativus* L.) in the second year. *Journal of Saffron Research* 1 (2): 144-155. (In Persian with English Summary).
- Koocheki, A.R., Fallahi, H.R., Amiri, M.B., and Ehyaei, H.R. 2012. Effects of mother corm weight on flower and stigma yield of saffron (*Crocus sativus* L.) in humic acid application treatments th¹² Iranian Crop Sciences Congress. 4-6 September, Karaj Branch. Islamic Azad University. Karaj. Iran. (In Persian).
- Mackowiak, C.L., Grossl, P.R., and Bugbee, B.G. 2001. Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. *Soil Science Society of American Journal* 65: 1744–1750.
- Mollafilabi, A., and Khorramdel, S. 2016. Effects of cow manure and foliar spraying on agronomic criteria and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) in a six year old farm. *Saffron Agronomy and Technology* 3 (4): 237-249. (In Persian with English Summary).
- Munshi, A.M. 1994. Effect of N and K on the floral yield and corm production in saffron

- under rainfed condition. *Indian Arcanum and Spices* 18: 24-44.
- Osmani Roudi, H.R., Masoumi, A., Hamidi, H., and Razavi, S.A.R. 2015. Effects of first irrigation date and organic fertilizer treatments on Saffron (*Crocus sativus* L.) yield under Khaf climatic conditions. *Saffron Agronomy and Technology* 3 (1): 25-33. (In Persian with English Summary).
- Ozdamar Unlu, H., Unlu, H., Karakurt, Y., and Padem, H. 2011. Changes in fruit yield and quality in response to foliar and soil humic acid application in cucumber. *Scientific Research and Essays* 6: 2800-2803.
- Rezvani Moghaddam, P., Khorramdel, S., Amin Ghafari, A., and Shabahang, J. 2013. Evaluation of growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) effected by spent mushroom compost and corm density. *Journal of Saffron Research* 1 (1): 13-26. (In Persian with English Summary).
- Rios, J.L., Recio, M.C., Giner, R.M., and Manez, S. 1996. An update review of saffron and its active constituents. *Phototherapy Research* 10 (3): 189-193.
- Rivandi, H., Marvi, H., and Jami Moeini, M. 2016. The effect of soil and foliar application of effective microorganisms on growth characteristics of saffron in the presence of chemical and organic fertilizers. *Saffron Agronomy and Technology* 4 (2): 105-117. (In Persian with English Summary).
- Rostami, M., and Mohammadi, H. 2013. Effects of planting date and plant density on the growth and yield of saffron corms in climatic conditions Malayer. *Journal of Agroecology* 5 (1): 27-38.
- Sabzevari, S., Khazaie, H.R., and Kafi, M. 2010. Study on the effects of humic acid on germination of four wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Iranian Field Crop Research* 8 (3): 473-480. (In Persian with English Summary).
- Sadeghi, S.M., Dehnadi-Moghaddam, G., and Dooroodian, H.R. 2014. Evaluation of effects of date, depth and corm sowing distance on corms growth and stigma yield of saffron (*Crocus sativus* L.) in Langarood, Guilan province. *Saffron Agronomy and Technology* 2 (3): 137-144. (In Persian with English Summary).
- Santiago, A., Lose, M., Carmona, E., and Delgado, A. 2008. Humic substances increase the effectiveness of iron sulfate and vivianite preventing iron chlorosis in white lupin. *Biology and Fertility of Soils* 44 (6): 875-883.
- Sepaskhah, A.R., and Kamgar-Haghighi, A.A. 2009. Saffron irrigation regime. *International Journal of Plant Production* 3 (1): 1-16.
- Shahandeh, H. 1989. Evaluation of Soil Physical and Chemical Properties under Saffron Cultivation in Gonabad. Publication of Scientific Research and Technology, Khorasan Province.
- Shirani, H., Abolhasani Zeraatkar, M., Lakzian, A., and Akhgar, A. 2011. Decomposition rate of municipal wastes compost, vermicompost, manure and pistaco compost in different soil texture and salinity in laboratory condition. *Journal Water Soil* 25: 84-93.
- Temperini, O., Rea, R., Temperini, A., Colla, G., and Roupael, Y. 2009. Evaluation of saffron (*Crocus sativus* L.) production in Italy: Effects of the age of saffron fields and plant density. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 7 (1): 19-23.
- 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. *Biotechnology and Bioengineering* 95: 76-83.

Effects of humic acid and corm density on saffron yield and yield components in the second year

Faride Ahmadi¹, Mohammad Hossein Aminifard^{2*}, Mehdi Khayyat² and Ali Reza Samadzade³

Submitted: 22 January 2017

Accepted: 6 January 2018

Ahmadi, F., Aminifard, M.H, Khayyat, M., and Samadzade, A.R. 2018. Effects of humic acid and corm density on saffron (*Crocus sativus* L.) yield and yield components in the second year. Saffron Agronomy & Technology 6(2): 197-207.

Abstract

The effects of application of humic acid and planting density on vegetative and reproductive characteristics of saffron were evaluated under field conditions. Treatments were four levels humic acid (0, 5, 10 and 15 kg.ha⁻¹) and three density plantings (50, 75 and 100 corm.m⁻²). This experiment was carried out as a factorial based on randomized completely block design with three replications in the research farm of Birjand University, Iran, during the cropping year 2015-2016. The results showed that humic acid levels improved the corm vegetative indices (total weight of corm, fresh and dry weight of corm). The highest total weight of corm (23.09 g.plant⁻¹) was obtained in with 5 kg.ha⁻¹ humic acid. The results also showed that humic acid improved the saffron flower characteristics (flower number and fresh total yield, stigma fresh and dry yield) in the second year. The highest stigma fresh (1.35 g.m⁻²) and stigma dry (0.23 g.m⁻²) yield were obtained in plants treated with 10 kg.ha⁻¹ humic acid while the lowest values were recorded in the control group. Application of different levels of planting density had a positive effect on flower number and fresh total yield, stigma fresh and dry yield in the second year of experiment. The highest of these characteristics were observed in planting density of 100 corm.m⁻². Application of different levels of planting density and humic acid had a positive effect on the stigma length and stigma fresh yield. Thus, the results showed that 5 kg.ha⁻¹ of humic acid and 75 corm.m⁻² planting density have a significant impact on vegetative and reproductive characteristics of saffron.

Keywords: Organic fertilizers, Plant spacing, Stigma yield.

1 - MSc Student, Department of Horticultural Science, College of Agriculture, University of Birjand, Iran

2 - Assistant Professor, Department of Horticultural Science and Special Plants Regional Research centre, College of Agriculture, University of Birjand, Iran

3 - Preceptor in Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Agriculture, University of Birjand.

(*-Corresponding author Email: mh.aminifard@birjand.ac.ir)

DOI: 10.22048/jsat.2017.74532.1212