نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد دهم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۱
شماره صفحه: ۱۵۹-۱۴۸
http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2022.2332.1094

مقاله پژوهشی:

تاثیر اسید هیومیک مایع و وزن بنه مادری بر عملکرد گل و مواد مؤثره کلاله زعفران (*Crocus sativus* L.)

جلال روکی[۱]، مجید قربانی جاوید[۲*]، ایرج اله دادی[۳]، غلامعلی اکبری[۴]، حسین رامشینی[۵]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکدگان ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، تهران، ایران.

۲- استادیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکدگان ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، تهران، ایران.

۳- استاد، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکدگان ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، تهران، ایران.

۴ و ۵- دانشیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشکدگان ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، تهران، ایران.

*نویسنده مسئول: *Email: mjavid@ut.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۰۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۶

چکیده

به منظور بررسی تأثیر اسید هیومیک و وزن بنه مادری بر عملکرد گل و مواد مؤثره زعفران، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی زعفران دانشکدگان ابوریحان- دانشگاه تهران در سال زراعی ۱۳۹۵-۹۶ به اجرا درآمد. فاکتورهای آزمایش، شامل چهار سطح اسید هیومیک مایع (صفر، ۲۵، ۵۰ و۱۰۰ لیتر در هکتار) و وزن بنه مادری شامل کوچک (۵-۳ گرم) و بزرگ (۱۰-۸ گرم) بود. اسید هیومیک در اواسط شهریور قبل از گلدهی همراه با آبیاری اول اعمال گردید. نتایج نشان داد کاربرد اسید هیومیک بر تعداد گل، وزن تر گل، وزن خشک کلاله، تعداد روز تا گلدهی، معنی‌دار بود، اما طول کلاله تحت تأثیر اسید هیومیک قرار نگرفت. بیشترین تعداد گل (۱۱/۳ گل در متر مربع) در اثر متقابل تیمار ۲۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک با کاشت بنه‌های بزرگ و کمترین آن (۲/۳ گل در متر مربع) از شاهد بدست آمد. همچنین نتایج نشان دهنده تأثیر معنی‌دار اسید هیومیک بر مواد مؤثره کلاله زعفران بود. بطوریکه بیشترین میزان پیکروسین (۹۲/۲درصد) از کاربرد ۲۵ لیتر اسید هیومیک و استفاده از بنه‌های بزرگ بدست آمد. همچنین بالاترین مقدار سافرانال (۴۴/۸۱درصد) با کاربرد ۵۰ لیتر در هکتار اسید هیومیک و کاربرد بنه‌های بزرگ و کمترین آن (۳۲/۶۸درصد) در شاهد مشاهده شد. به طور کلی، نتایج نشان داد احتمالاً با کاربرد اسید هیومیک ضمن بهبود خصوصیات خاک، حفظ آب، انحلال و آزادسازی عناصر افزایش و پیرو آن جذب بیشتر توسط ریشه بنه‌های بزرگ منجر به بهبود خصوصیات گل و مواد مؤثره کلاله زعفران گردید.

واژه‌های کلیدی: تعداد گل، سافرانال، کروسین، وزن خشک کلاله.

مقدمه

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. متعلق به خانواده زنبقیان، گیاهی چند ساله، بدون ساقه هوایی، و دارای بنه یا پداژه است. ویژگی‌های خاص این محصول، از جمله امکان بهره‌برداری چند ساله در یک نوبت کاشت، نیاز به آب آبیاری کم، آبیاری در زمان‌های غیر بحرانی نیاز آبی سایر گیاهان و نیز بازار فروش داخلی و خارجی مناسب آن را به عنوان انتخاب نخست کشاورزان در شهر-های دارای بازار فروش مناسب مطرح کرده است (Daneshvar Kakhki et al., 2012). در سال‌های اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب بروز مشکلات زیست محیطی عدیده‌ای از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصلخیزی خاک گردیده است (Sharma, 2002).

از طرف دیگر، با توجه به اثر زیانبار کودهای شیمیایی بر سلامت انسان و محیط زیست، امروزه استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود کمی وکیفی گیاهان مختلف بیشتر از گذشته مورد توجه قرار گرفته است. مواد هیومیکی شامل مخلوطی از ترکیبات آلی مختلف هستند که از منابع مختلفی مانند خاک، هوموس، پیت، لیگنیت اکسید شده، زغال سنگ و غیره استخراج می‌شود که در اندازه‌های مولکولی و ساختار شیمیایی متفاوت‌اند (Puglisi et al., 2009). در بین کودهای سازگار با طبیعت، اسید هیومیک به عنوان یک اسید آلی بدون اثرات مخرب زیست محیطی باعث بهبود ساختار فیزیکی، شیمیایی، و بیولوژیکی خاک شده و به دلیل دارا بودن ترکیبات هورمونی، اثرات قابل ملاحظه‌ای بر شاخص‌های کمی و کیفی محصولات کشاورزی دارد (Sabzevari et al., 2010). از خصوصیات اسید هیومیک می‌توان به کلات کنندگی عناصر غذایی (سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، آهن، روی و غیره)، افزایش ظهور ریشه‌های جانبی و افزایش رشد اندام‌های هوایی گیاهان زراعی اشاره کرد (Verlinden et al., 2009). در مطالعه‌ای تاثیر اسید هیومیک بر تعداد گل، وزن تر گل، وزن خشک کلاله زعفران مثبت گزارش شد (Koocheki et al., 2016). طی پژوهشی روی تأثیر اسید هیومیک بر مواد مؤثره زعفران مشخص شد که کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش معنی‌دار مواد مؤثره (کروسین، پیکروسین و سافرانال) نسبت به شاهد شد (Khayyat et al., 2018).

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 دارای عملکرد مناسبی هستند، بلکه از طریق بچه‌زایی بیشتر و تولید بنه‌های دختری درشت‌تر (Ansariyan Mahabadi et al., 2018)، ظرفیت گل‌آوری و عملکرد مزرعه را برای سال بعد نیز افزایش می‌دهند (Ghasemi Rooshnavand et al., 2009). در تحقیقی مشخص گردید که مقدار مواد مؤثره کروسین، پیکروکروسین و سافرانال با کاربرد بنه‌های بزرگ ۵ الی ۸ گرم در مقایسه با بنه های کوچک ۳ الی ۵ گرمی افزایش معنی‌داری داشت (Ansaryan Mahabadi et al., 2019)

با توجه به اهمیت زعفران و مصارف آن در صنایع غذایی و دارویی، یکی از راهکارهای افزایش عملکرد، مدیریت تغذیه و استفاده از بنه‌های مناسب جهت کشت می‌باشد. با توجه به اینکه تاکنون گزارشی در مورد تاثیر کاربرد اسید هیومیک مایع بر عملکرد گل، و صفات بیوشیمیایی زعفران انجام نشده است، از این رو هدف از اجرای این طرح، مطالعه تأثیر اسید هیومیک مایع و وزن بنه بر بهبود عملکرد گل و خصوصیات بیوشیمیایی کلاله زعفران می-باشد تا با انتخاب مقدار مناسب اسید هیومیک به عنوان مکمل کودی، بتوان در جهت تولید پایدار و افزایش کمیت وکیفیت این گیاه دارویی مهم گام برداشت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی زعفران دانشکدگان ابوریحان- دانشگاه تهران با مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۸دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۰۲۹ متر از سطح دریا، به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل چهار سطح اسید هیومیک (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ لیتر در هکتار) و دو وزن بنه مادری (بنه کوچک با وزن ۵-۳ گرم و بنه بزرگ با وزن ۸-۱۰ گرم) بود. قبل از کشت برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر نمونه برداری انجام گرفت، خصوصیات فیزیکو-

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی متر)
Table1. Physical and chemical characteristics of soil in experimental site (Depth 0-30cm)

بافت	پتاسیم قابل دسترس	فسفر قابل دسترس	نیتروژن کل	ماده آلی	اسیدیته خاک	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)
Texture	Available K (ppm)	Available P (ppm)	Total N (%)	Organic matter (%)	Soil pH	EC ($dS.m^{-1}$)
لومی رسی Loamy clay	169.2	28	0.05	0.48	7.2	1.6

شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. بنه‌های مادری از مزرعه دو ساله زعفران دانشکدگان ابوریحان تهیه و پیش از کاشت فلس‌های اضافی و طبق خشک زیر بنه زعفران برای جذب بهتر آب و رشد حذف شد و سپس به روش جوی و پشته و با فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر و بین خطوط کشت ۲۰ سانتی‌متر و عمق کاشت ۱۵ سانتی‌متر در ۳۰ خرداد ۱۳۹۵ کاشته شد. آبیاری، وجین و سایر عملیات زراعی، مطابق با روش‌های رایج صورت گرفت و در جریان اجرای آزمایش از هیچ نوع کود و سم شیمیایی استفاده نشد. در این آزمایش اسید هیومیک مایع (جدول ۲) ساخت شرکت دانش بنیان پیشگام راهکار شریف مستقر در پارک علم و فناوری دانشگاه تهران همراه با اولین آبیاری در اواسط شهریور ماه مورد استفاده قرار گرفت. آبیاری دوم جهت تثبیت و فعالیت بیشتر اسید هیومیک در خاک در اوایل مهرماه انجام شد. با آغاز گل‌دهی زعفران، تعداد روز تا گلدهی از زمان کاشت (شاخص آغاز گل‌دهی) و همچنین تعداد گل (صفت عملکرد گل‌دهی) شمارش و یادداشت برداری گردید. با شروع گل‌دهی، روزانه گل‌ها در ساعت ابتدایی صبح برداشت و سپس در آزمایشگاه پس از اندازه‌گیری وزن تر گل‌ها، کلاله‌ها از گل‌ها جدا و با خط کش طول کلاله (تا محل خامه) بر اساس میلی‌متر اندازه‌گیری و سپس در شرایط یکسان خشک و با ترازوی دیجیتال (A&D GF-600, 610 g ± 0.001 g) وزن خشک کلاله اندازه‌گیری شدند. صفات بیوشیمیایی کلاله زعفران شامل کروسین، پیکروکروسین، سافرانال ارزیابی گردید.

جدول۲. مشخصات اسید هیومیک استفاده شده در آزمایش
Table2. Characteristics of humic acid used in the experiment

فولویک اسید Fulvic acid	هیومیک اسید Humic acid
3.5 %	10 %

اندازه‌گیری کروسین ،پیکروکروسین و سافرانال

برای اندازه‌گیری ترکیبات کیفی موجود در کلاله، از روش استاندارد ملی (INS, 2006) استفاده شد. بر اساس این روش، ۵۰۰ میلی گرم نمونه کلاله خشک شده با استفاده از آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شد، سپس این ترکیب به مدت ۲۰ دقیقه در تاریکی با کمک دور متوسط همزن مغناطیسی حل و میزان جذب در طیف‌های ۲۵۷ (پیکروکروسین)، ۳۳۰ (سافرانال) و ۴۴۰ (کروسین) نانومتر توسط دستگاه طیف سنج نوری (مدل Perkinelmer-1800) قرائت شد. عدد به دست آمده در رابطه ۱ قرار داده شد و به ترتیب مقادیر پیکروکروسین، سافرانال و کروسین محاسبه گردید. لازم به ذکر است در

این روش نیازی به استاندارد نمی‌باشد (Javid et al., 2022).

$$X = A/M \times 100$$ (رابطه ۱)

X= مقدار ترکیب کیفی مشخص بر حسب درصد

A= میزان جذب خوانده شده از دستگاه طیف سنج نوری در طول موج مربوطه

M= وزن خشک کلاله بر حسب میلی گرم

در پایان داده‌های آزمایش، با استفاده از نرم افزار SAS (9.1) تجزیه و تحلیل آماری گردید. همچنین مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت. نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel 2010 رسم گردید.

نتایج وبحث

تعداد گل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد (جدول۳) که اثر کاربرد اسید هیومیک و وزن بنه مادری و نیز اثر متقابل این فاکتورها بر تعداد گل زعفران معنی‌دار گردید ($P\leq0.01$). همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با مصرف اسید هیومیک تعداد گل نسبت به شاهد افزایش یافت (شکل ۱)، به طوری که بیشترین تعداد گل (۱۱/۳عدد در متر مربع) با کاربرد ۲۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک و وزن بنه ۱۰-۸ گرم به دست آمد، که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار ۵۰ لیتر در هکتار اسید هیومیک نداشت. از آنجا که گل زعفران قبل از هر اندام هوایی دیگر ظاهر می‌شود، تشکیل گل و عملکرد اقتصادی زعفران در هر سال بیشتر وابسته به ذخیره مواد فتوسنتزی در بنه زعفران در سال زراعی قبل می‌باشد (Koocheki et al., 2011). اما طی پژوهشی اثر اسید هیومیک و اندازه بنه بر تعداد گل زعفران مثبت گزارش شد (Koocheki et al., 2016). اسید هیومیک به عنوان یک اسید آلی طبیعی دارای اسید فولویک (Ahmadi & Gazael, 2020) و بسیاری از عناصر غذایی موردنیاز جهت رشد گیاه بوده و به عنوان تنظیم کننده رشد، فعالیت‌های هورمونی را تنظیم و باعث افزایش رشد گیاه و در نهایت افزایش تولید و عملکرد گیاهان می‌شود (Rengrudkij et al., 2003). علاوه بر این، کاشت بنه‌های بزرگ تر اثرات سودمندی بر روی گل‌آوری در زعفران دارد (Kumar et al., 2009). پژوهشی در کشور هند نشان داد که کشت بنه‌های مادری با قطر ۳/۲۵ و ۳/۷۵ سانتی-متر باعث افزایش تعداد گل در واحد سطح گردید (Munshi et al., 2003). در مطالعه دیگری اثر بنه‌های بزرگ و کوچک بر گل‌آوری زعفران مطالعه و گزارش شد که استفاده از بنه‌های بزرگ‌تر باعث افزایش تعداد گل در واحد سطح شد (Izadi et al., 2020).

وزن تر گل

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول۳)، اثر اسید هیومیک و وزن بنه و نیز اثر متقابل تیمارها بر وزن تر گل زعفران معنی‌دار بود. با دقت در نتایج مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که با مصرف ۱۰۰ لیتر در هکتار اسید هیومیک و کاشت بنه‌های بزرگ‌تر بیشترین وزن ترگل (۱۶/۸۲گرم در متر مربع) بدست آمد، که در مقایسه با شاهد افزایش محسوسی یافته است (شکل ۲). نتایج این تحقیق با سایر محققان که اثر اسید هیومیک را بر وزن تر گل زعفران مثبت گزارش کرده‌اند مطابقت داشت (Koocheki et al., 2016). اسید هیومیک باعث افزایش رشد ریزجانداران مفید اطراف ریشه، افزایش بقایای باکتری‌های محرک رشد گیاه و نیز افزایش فعالیت آنزیم‌های خاک مانند فسفاتاز و کاتالاز می‌شود (Yang et al., 2004). از این رو به نظر می‌رسد اثر این ترکیب، بر حلالیت عناصر غذایی در خاک و تقویب جامعه میکروبی خاک به طور مستقیم و غیر مستقیم باعث بهبود شرایط رشد در گیاهان از جمله زعفران می‌گردد (Koocheki et al., 2016).

طول کلاله

نتایج تجزیه واریانس نشان داد (جدول۳) که تیمار اسید هیومیک و وزن بنه و نیز اثر متقابل تیمارها بر طول کلاله زعفران معنی‌دار نبود.

وزن خشک کلاله

با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر اسید هیومیک بر وزن خشک کلاله معنی‌دار بود ($P\leq0.05$). در حالیکه وزن بنه و اثر متقابل تیمارها نتوانست این صفت را به طور معنی داری تحت تاثیر قرار دهد (جدول۳).

جدول۳. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کاربرد اسید هیومیک و وزن بنه مادری بر شاخص های عملکرد گل زعفران

Table 3. analysis of Variance for the effect application of humic acid and corm size on flowering yield of saffron

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن خشک کلاله Dry weight Stigma	وزن تر گل Flower fresh weight	طول کلاله stigma length	تعداد گل Number of flower	تعداد روز تا گل-دهی Number of days to flowering
بلوک Block	2	0.0005ns	4.32ns	4.16ns	6.35	44.84*
اسید هیومیک(H) Humic acid (H)	3	0.009*	39.03**	32.28ns	30.44**	2.91
وزن بنه(S) Corm weight (S)	1	0.008ns	50.64**	8.74ns	113.60**	137.58**
اسید هیومیک× وزن بنه H×S	3	0.0034ns	24.16*	23.41ns	14.67**	81.31**
خطا Error	14	0.0019	4.52	10.72	1.05	9.34
ضریب تغییرات(%) CV	-	22.57	16.81	15.49	20.84	1.87

ns,*,**: به ترتیب غیر معنی دار, معنی دار در سطح احتمال۰۵ ٪و ۰۱ ٪

ns, ** and * represent not significant, at 1 and 5% level of probability, respectively.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد، که بیشترین وزن خشک کلاله (۰/۲۳گرم در متر مربع) با کاربرد ۲۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک و کمترین وزن خشک کلاله (۰/۱۴ گرم در متر مربع) مربوط به شاهد بود. طی پژوهشی اثر اسید هیومیک بر وزن خشک کلاله زعفران مثبت گزارش شد که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت داشت (Koocheki et al., 2011).همچنین تحقیقات نیز به نقش مثبت کودهای حاوی اسید هیومیک، بر وزن خشک کلاله زعفران اشاره دارد (Mollafilabi & Khorramdel, 2016). در مطالعه‌ای دیگر اثر استفاده از هورمون زیستی حاوی هیومیک و مواد بیولوژیکی فعال بر وزن خشک کلاله زعفران مثبت گزارش شد (Aytekin & Acikgoz, 2008). اسید هیومیک از طریق افزایش تهویه خاک، جذب عناصر غذایی، افزایش تقسیم سلولی، افزایش رشد گیاه و فتوسنتز سبب افزایش وزن خشک گیاه می‌شود (Samavat et al., 2006). با توجه به نتایج تحقیق حاضر و گزارشات سایر محققین به نظر می‌رسد اسید هیومیک با حفظ و نگهداری رطوبت خاک و افزایش انحلال و آزادسازی عناصر معدنی شرایط بهتری را برای جذب آب و عناصر برای ریشه های اولیه بنه فراهم می‌کند و ضمن تکمیل فرآیند رشد و توسعه گل کلاله با ایجاد فشار هیدرولیکی لازم برای خروج چمچه زعفران شرایط لازم برای گلدهی بهتر را فراهم می کند.

تعداد روز تا گل‌دهی

نتایج تجزیه واریانس (جدول۳) نشان داد که اثر ساده اسید هیومیک بر زمان گل‌دهی معنی دار نبود، اما اثر

جدول۴. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کاربرد اسید هیومیک و وزن بنه بر مواد موثره زعفران

Table 4. Analysis of variance for the effects of humic acid and corm weight on active ingredients of saffron

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	سافرانال Safranal	پیکروسین Picrocin	کروسین Crocin
بلوک Block	2	32.66^{ns}	123.91*	4.7^{ns}
اسید هیومیک(H) Humic acid	3	28.45^{ns}	181.23**	8.7^{ns}
وزن بنه(S) Corm weight	1	27.62^{ns}	30.64^{ns}	3.4^{ns}
اسید هیومیک×وزن بنه H×S	3	81.51*	36.46^{ns}	3.68^{ns}
خطا (Error)	14	14.96	21.85	7.08
ضریب تغییرات(%) CV	-	9.8	5.45	3.8

ns,*و**: به ترتیب غیر معنی دار, معنی دار در سطح احتمال۰۵ ٪و ۰۱ ٪

ns, ** and * represent not significant, at 1 and 5% level of probability, respectively.

وزن بنه و اثر متقابل تیمارها تاثیر معنی‌داری بر این صفت داشت ($P\leq0.01$). همان گونه که در مقایسه میانگین مشاهده می‌شود (شکل۳) ، کمترین تعداد روز تا گلدهی پس از گذشت ۱۵۸/۸روز از زمان کاشت با مصرف ۲۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک و کاشت بنه‌های بزرگ و بیشترین ۱۶۹/۲۵ روز از زمان کاشت با کاربرد ۱۰۰ لیتر در هکتار اسید هیومیک و استفاده از بنه‌های کوچک بدست آمد. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج تاثیر تاریخ کاشت و وزن بنه بر آغاز گل‌دهی (زمان گل‌دهی) مطابقت داشت (Ghobadi et al., 2014).

پیکروسین، کروسین و سافرانال

نتایج تحقیق نشان داد (جدول۴)، که اثر اسید هیومیک بر میزان پیکروسین معنی‌دار بود ($P\leq0.01$). اما اثر ساده وزن بنه و اثر متقابل آن‌ها بر میزان پیکروسین معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد (جدول۵) که با مصرف ۲۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک میزان پیکروسین به طور معنی‌داری افزایش یافت. به طوری که بیشترین مقدار (۹۲/۲درصد) برای تیمار ۲۵ لیتر اسید هیومیک در هکتار حاصل شد که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار ۵۰ لیتر در هکتار اسید هیومیک نداشت، و کمترین مقدار آن نیز (۸۰/۸ درصد) بدست آمد. در حالیکه اثر ساده اسید هیومیک و وزن بنه بر میزان سافرانال تاثیر معنی‌داری نداشت اما اثر متقابل تیمارها این صفت را تحت تاثیر قرار داد (شکل۴).

با ملاحظه مقایسه میانگین مشخص شد که بالاترین میزان سافرانال (۴۴/۸۱ درصد) از تیمار ۵۰ لیتر در هکتار و استفاده از بنه‌های بزرگ و کمترین (۳۲/۶۸درصد) در شاهد مشاهده شد. مشابه نتایج این مطالعه نیز سایر محققان اثر اسید هیومیک را بر میزان پیکروسین و سافرانال کلاله زعفران مثبت گزارش کرده‌اند Khayyat (et al., 2018). طی پژوهشی تاثیر اسید هیومیک و

کودهای زیستی بر متابولیت‌های ثانویه زعفران مثبت گزارش شد (Golzari., 2016). مصرف کودهای آلی نظیر اسید هیومیک جهت افزایش کیفیت گیاهان دارویی حائز اهمیت است (Ahmadian et al., 2010). افزایش میزان پیکروسین و سافرانال کلاله زعفران در اثر مصرف اسید هیومیک را می‌توان به قابلیت اسید هیومیک در تشکیل کلات عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر، پتاسیم، و آهن و افزایش جذب آن‌ها و همچنین افزایش فعالیت آنزیم‌های درگیر در سنتز ترکیبات آلی گیاهان نسبت داد (Santiago et al., 2009). همچنین طبق نظر محققین بنظر می‌رسد، که مصرف کودهای آلی به دلیل فراهمی ترکیبات، مواد هورمونی و ویتامین‌های محلول در آب ایجاد حالت همکاری متقابل با سایر میکروارگانیسم‌ها و تولید ترکیبات اولیه مؤثر در بیوسنتز گلوکوزیدها و تجزیه آن‌ها به ترکیبات ثانویه زعفران نقش داشته باشد (Nieto et al., 1991). همچنین میزان کروسین تحت تاثیر اسید هیومیک، و وزن بنه و نیز اثر متقابل تیمارها قرار نگرفته و تفاوت معنی‌دار نسبت به شاهد نشان نداد (جدول۵). کروسین یک رنگدانه کاروتنوئیدی است شامل یک گلیکوزید که دو مولکول قند جنتوبیوز به آن متصل است، شاید بتوان معنی‌دار نبودن مقدار آن را نسبت به شاهد به دلیل تثبیت تولید کروسین در کلاله در زمان تشکیل آغازه گل دانست.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف اسید هیومیک بر خصوصیات گل و مواد موثره زعفران

Table5. Mean comparisons for the effect of humic acid levels on flower characteristic and ingredients of saffron

اسید هیومیک Humic acid ($L.ha^{-1}$)	وزن خشک کلاله dry weight stigma ($g.m^{-2}$)	وزن تر گل Fresh flower weight ($g.m^{-2}$)	طول کلاله Stigma length (mm)	تعداد گل flower number ($No.m^{-2}$)	تعداد روز تا گل‌دهی Number of days to Flowering (days)	سافرانال Safranal (%)	پیکروسین Picrocin (%)	کروسین Crocin (%)
0	0.14b*	9.72c	18.97a	3.03b	164.4a	38.37a	81.40b	67.07a
25	0.23a	15.71a	23.97a	6.38a	162.9a	40.39a	92.20a	69.3a
50	0.19ab	11.69bc	19.53a	7.20a	163a	41.52a	88.17a	69.8a
100	0.21a	13.45ab	22.06a	3b	163.4a	36.60a	80.82b	68.4a

*میانگین های دارای حروف متفاوت در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن دارد.

*Means followed by different letters in each column are significantly different based on Duncan's test at the 0.05 probability level.

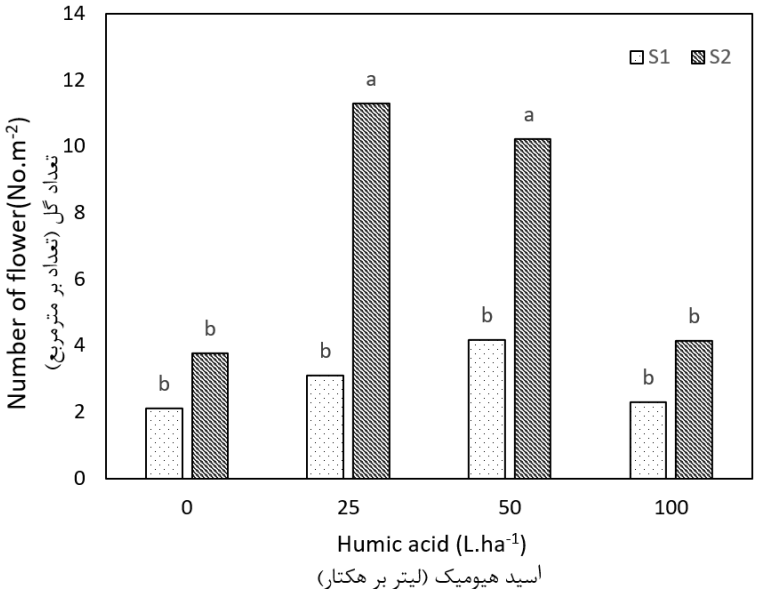
جدول۶. مقایسه میانگین اثرات سطوح مختلف اندازه بنه بر خصوصیات گل و مواد موثره زعفران

Table6. Mean comparison effects of different levels corm size on flower characteristic and ingredients of saffron

وزن بنه Corm weight (g)	وزن خشک کلاله Dry weight of stigma ($g.m^{-2}$)	وزن تر گل Fresh weight of flower ($g.m^{-2}$)	طول کلاله Length of Stigma (mm)	تعداد گل Number of flower ($No.m^{-2}$)	تعداد روز تا گل‌دهی Number of days to flowering	سافرانال Safranal (%)	پیکروسین Picrocin (%)	کروسین Crocin (%)
بنه کوچک (S1) Small corm 3-5 g	0.17a	11.19b	20.53a	2.95b	165.77a	40.29a	84.51a	68.2a
بنه بزرگ (S2) Large corm 8-10 g	0.21b	14.09a	21.73a	7.29a	161.52b	38.15a	86.77a	69.05a

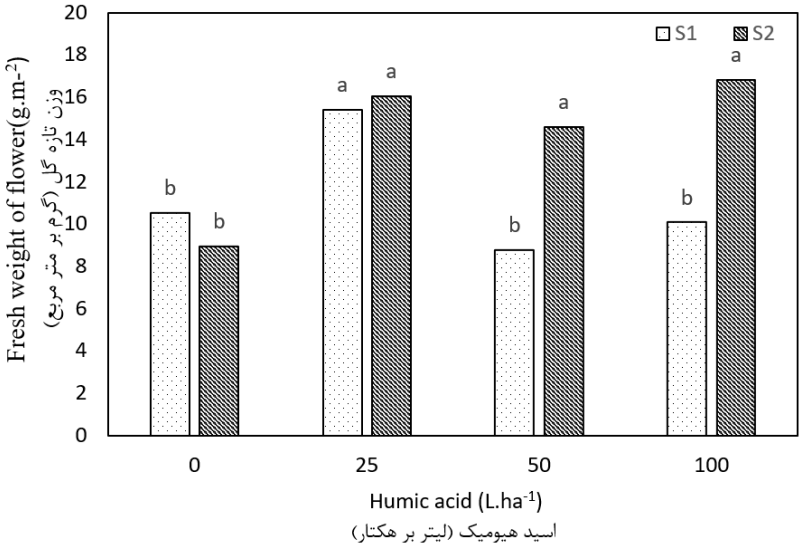
میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن دارد.

Means followed by different letters in each column are significantly different based on Duncan's test at the 0.05 probability level.



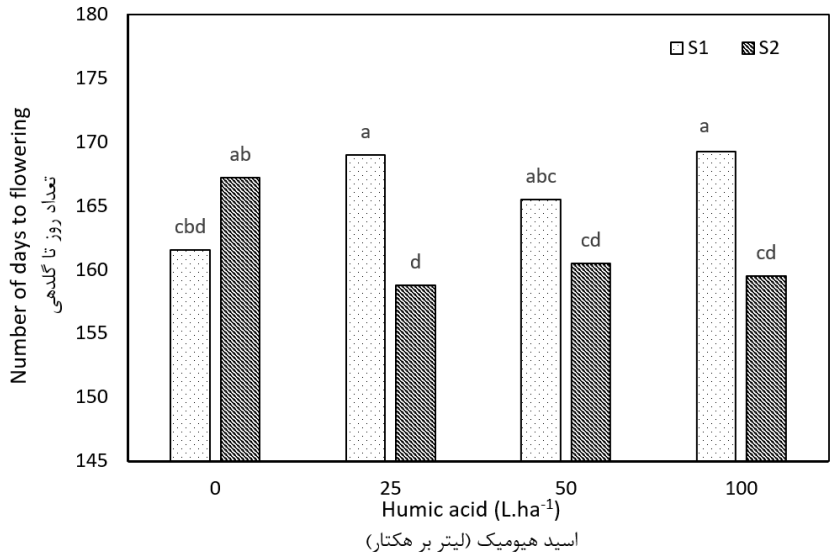
شکل۱. مقایسه میانگین اثر متقابل اسید هیومیک و وزن بنه (S1= ۳-۵ و S2= ۸-۱۰ گرم) بر تعداد گل زعفران، میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد دارد.

Figure1. Mean comparisons for the interaction effect of humic acid and corm weight on flower yield of saffron, S= corm size (S1= 3-5 and S2= 8-10 g), Means followed by different letters in each column are significantly different at the 0.05 level.



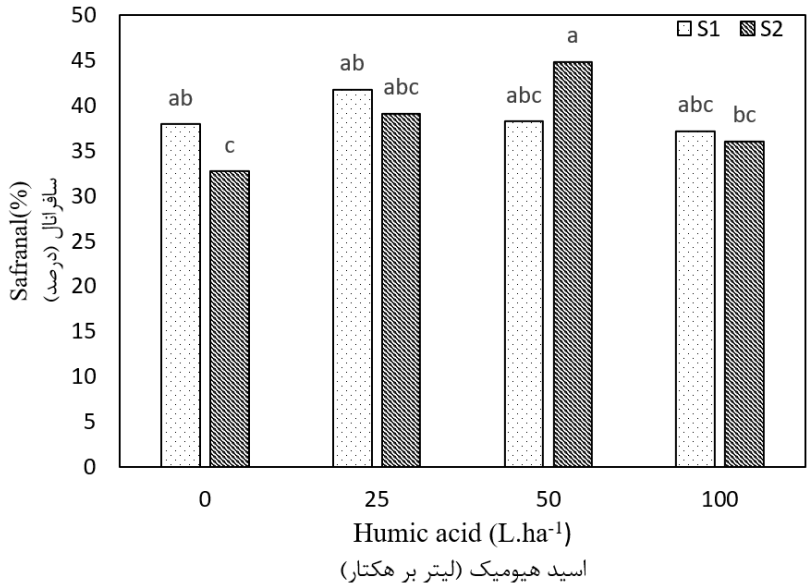
شکل ۲. اثرات متقابل اسید هیومیک و وزن بنه بر وزن تر گل در زعفران، S= اندازه بنه (S1= ۳-۵ گرم و S2= ۸-۱۰ گرم)، حروف متفاوت در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد دارد.

Figure2. Interaction effects of humic acid and corm weight on fresh weight of saffron flower, S= corm weight (S1= 3-5 g and S2= 8-10g), Values followed by different letters in each column are significantly different at the 0.05 level.



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل اسید هیومیک و وزن بنه بر تعداد روز تا گل‌دهی در زعفران، S= اندازه بنه (S1= ۳-۵ گرم و S2= ۸-۱۰ گرم)، حروف متفاوت در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد دارد.

Figure3. Interaction effects of humic acid and corm weight on number of days to flowering, S= corm weight (S1= 3-5 g and S2= 8-10g), Values followed by different letters in each column are significantly different at the 0.05 level.



شکل ۴. اثرات متقابل اسید هیومیک و اندازه بنه بر میزان سافرانال در کلاله زعفران، S= اندازه بنه (S1= ۳-۵ گرم و S2= ۸-۱۰ گرم)، حروف متفاوت در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد دارد.

Figure4. Interaction effects of humic acid and corm weight on safranal of saffron stigma, S= corm weight (S1= 3-5 g and S2= 8-10g), Values followed by different letters in each column are significantly different at the 0.05 level.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد اسید هیومیک مایع و بنه بزرگ بر بیشتر صفات مرتبط با گل و مواد مؤثره کلاله زعفران اثر معنی‌دار داشت. در این پژوهش، کاربرد سطح پایین ۲۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک مایع در شهریور ماه با آب آبیاری اول و استفاده از بنه بزرگ (۱۰-۸گرم) بیشترین تأثیر را بر خصوصیات کمی و کیفی زعفران در سال اول داشت. به نظر می‌رسد با توجه به هزینه پایین‌تر و کاربرد آسان‌تر و قدرت انحلال بیشتر اسید هیومیک مایع در مقایسه با اسیدهیومیک جامد برای بهبود بخشیدن به صفات کمی و کیفی زعفران برای زعفرانکاران کشور مفید باشد. هرچند انجام مطالعات جامع‌تر چندساله و درازمدت در مناطق مختلف آب و هوایی و آزمایشات دیگر در راستای بهبود تغذیه این گیاه چندساله جهت تولید محصول مبتنی بر اصول اکولوژیک، ضروری به نظر می رسد و مؤثر خواهد بود.

منابع

Ahmadi, F., & Gazel, R. (2020). Effects of different Fulvic Acid and Cow Manure Levels on Physiological Characteristics and Flower Yield of Saffron (*Crocus sativus* L.) in the First Year. *Journal of Saffron Research, 7(2), 299-310.* [In Persian].

Ahmadian, A., Ghanbary, A., Gluy, M., Siyahsar, B., & Arazmjoo, A. (2010). Different irrigation regimes and manure on the elements essential oil content and chemical composition cumin. *Ecophysiology Crop Plants Weeds. 16, 83-94.*

Ansariyan Mahabadi, Sh., Alahdadi, I., Ghorbani Javid, M., & Soltani, E. (2018). Effects of Salicylic Acid and Application Methods on Daughter Corm Yield and Physiological Characteristics of Saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research, 6(2): 203-218.* [In Persian].

Ansaryan Mahabadi, Sh., Alahdadi, I., Ghorbani Javid, M., & Soltani, E. (2019). Effect of corm priming with salicylic acid and mother corm weight on flowering and qualitative characteristics of saffron stigma. *Saffron Agronomy and Technology, 7(1): 41-53.* [In Persian].

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

Daneshvar Kakhki, M., & Farahmand Gelyan, K. (2012). Review of interactions between e-commerce, brand and packaging on value added of saffron: A structural equation modeling approach. *African Journal of Business Management, 6 (26), 7924-7930.*

Ghasemi Rooshnavand, R., Hashemiyeh, M., & Afzalian, M. (2009). Planting, conservation and harvesting stages of saffron. *Report of Agriculture Organization of Yazd, Iran. 132, 33-34.* [In Persian].

Ghobadi, F., Ghorbani Javid, M., & Sorooshzadeh, A. (2014). Effect of planting data and corm size on flower yield and physiological traits of saffron. *Saffron Agronomy and Technology, 2(4), 265-276.* [In Persian].

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].

INS (Iran National Standard). (2006). Research Institute of Standard and Iran. *Saffron Bulletin, No. 259.* [In Persian].

Izadi, N., Sorooshzadeh, A., & Mokhtassi-bidgoli, A. (2020). Effects of Mother Corm Weights and Nutrients Solution and Methionine Concentrations on Emergence Rate of Saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research, 7(2), 235-249.* [In Persian].

Javid, M.G., Hoseinifard, M.S., Allahdadi, I., & Soltani, E. (2022). Hormonal Priming with BAP and GA3 Induces Improving Yield and Quality of Saffron Flower Through Promotion of Carbohydrate Accumulation in Corm. *Journal of Plant Growth Regulation, 41, 205–215.*

Khayyat, M., Jabbari, M., Fallahi, H.R., & Samadzadeh, A. (2018). Effects of Corm Dipping in Salicylic Acid or Potassium Nitrate on Growth, Flowering, and Quality of Saffron. *Journal of Horticulture Research, 26(1), 13-21.*

Koocheki, A., Jahani, M., Tabrizi, L., & Mohammadabadi, A.A. (2011). Investigation on the effect of bio fertilizer, 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].

Koocheki, A., Fallahi, H.R., Amiri, M.B., & Ehyaei, H.R. (2016). Effects of humic acid application and mother corm weight on yield and growth of Saffron. *Journal of Agroecology, 7(4), 425-442.* [In Persian].

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

Mollafilabi, A., & Khorramdel, S. (2016). Effects of cow manure and foliar spraying on agronomic criteria and yield of saffron in a six-year-old farm. *Saffron Agronomy and Technology, 3(4), 237-249.* [In Persian].

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

Nieto, K.F., & Frankenberger, W.T. (1991). Influence of adenine, isopentyl alcohol and *Azotobacter chroococcum* on vegetative growth of *Zea mays*. *Plant and Soil, 135, 213-219.*

Puglisi, E., Fragoulis, G., Ricciuti, P., Cappa, F., Spaccini, R., Piccolo, A., Trevisan, M., & Crecchio, C. (2009). Effects of a humic acid and its size-fractions on the bacterial community of soil rhizosphere under maize (*Zea mays* L.). *Chemosphere, 77, 829-837.*

Rengrudkij, P., & Partida, G.J. (2003). The effects of humic acid and phosphoric acid on grafted hass avocao on under different cropping systems. *Industrial. Crops and Products, 30(2), 212-219.*

Sabzevari, S., Khazaie, H.R., & Kafi, M. (2010). Study on the effects of humic acid on germination of four wheat cultivars (*Triticun aestivum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research, 8 (3), 473-480.* [In Persian].

Samavat, S., & Malakoti, M., (2006). Necessitates the use of organic acids (Humic and Fulvic) to increase the quantity and quality of agricultural products. *Technical Bulletin No. 463. Senate publications. Tehran.* [In Persian].

Santiago, A., Lose, M., Carmona, E., & Delgado, A. (2009). Humic substances increase the effectiveness of iron sulfate and vivianite preventing iron chlorosis in white lupin. *Bio-Fertilizer and Soils, 44, 875-883.*

Sharma, A.K. (2002). A handbook of organic farming. *Agrobios, India 627 p.*

Verlinden, G., Pycke, B., Mertens, J., Debersaques, F., Verheyen, K., Baert, G., Bries, J., & Haesaert, G. (2009). Application of Humic Substances Results in Consistent Increases in Crop Yield and Nutrient Uptake. *Journal of Plant Nutrition, 32:9, 1407-1426.*

Yang, C.M., Ming, C.W., Lu, Y.F., Chang, I.F. & Chou, C.H. (2004). Humic substances affect the activity of chlorophylls. *Journal of Chemistry and Ecology, 30(5), 1057-1065.*

COPYRIGHTS
© 2022 by the authors. Published by University of Birjand – Saffron Research Group. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Journal of Saffron Research (semi-annual)
Vol.10, No.1, Spring & Summer, 2022
p. 148-159
http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2022.2332.1094

University of Birjand

Original Article:

Effects of Liquid Humic Acid and Mother Corm Weight on Flower Yield and Active Substances of Saffron (*Crocus sativus* L.) Stigma

Jalal Rooki[1], Majid Ghorbani Javid[2*], Iraj Alahdadi[3], Gholam Ali Akbari[4], Hossein Ramshini[5]
1- M.Sc. in Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, Abouraihan Campus, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, Abouraihan Campus, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran.
3- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, Abouraihan Campus, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran.
4 & 5- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, Abouraihan Campus, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran.
** Corresponding author Email: mjavid@ut.ac.ir*

Received 26 February 2022; Accepted 26 April 2022

Abstract

In order to investigate the effects of humic acid as liquid form and mother corm weight on flower yield and active substances of saffron, a field experiment was conducted as factorial layout based on a randomized complete block design with three replications during June, 2016 at saffron research farm of College of Abouraihan, University of Tehran located in Pakdasht, east south of Tehran province. Experimental factors were consisted of four levels of humic acid (0, 25, 50 and 100 L.ha^{-1}) and mother corm weights including small (3-5g) and large (8-10g). Humic acid was applied in early September companion with first irrigation. The results showed that number of flower, fresh weight of flower, and dry weight of stigma and number of days to flowering was significantly influenced by humic acid levels while stigma length was not affected by humic acid. The highest number of flowers (11.3 No.m^{-2}) was obtained in 25 L.ha^{-1} humic acid as well as large corms, while the lowest was recorded in control (2.3 No.m^{-2}). Also humic acid application improved active ingredients. The highest value of picrocin (92.2%) was obtained from 25 L.ha^{-1} humic acid as well as large coms. The most safranal (44.81%) was obtained in 50 L.ha^{-1} humic acid and the least content was observed in control (32.68%). Totally, the results indicated that use of humic acid, while improving soil properties, water saving, dissolution and release of elements, and subsequently more uptake by the roots of large corms led to improved flower characteristics and the active ingredients of saffron stigma.

Key words: Crocin, Number of flower, Safranal, Weight of stigma.