

اثر کاربرد اسید هیومیک به صورت خاکی و محلول پاشی بر ویژگی‌های کمی و کیفی زعفران

محمد گردکانه^{۱*}، احسان امینی^۲، معصومه خان احمدی^۳

- ۱- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.
 - ۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی استان کرمانشاه، ایران.
 - ۳- استادیار مؤسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی استان کرمانشاه، ایران.
- * نویسنده مسئول: mgerdakaneh@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۲/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۸/۱۱

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی خصوصیات کمی و کیفی زعفران تحت تأثیر مصرف اسید هیومیک به روش کاربرد خاکی و محلول پاشی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در منطقه بيلهوار استان کرمانشاه انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل چهار سطح اسید هیومیک سافرون (۰، ۱، ۲ و ۳ لیتر در هکتار) برای محلول پاشی و چهار سطح اسید هیومیک گرانوله (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ کیلوگرم در هکتار) به صورت مصرف در خاک، در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که اثر اسید هیومیک با استفاده از تیمار ۲۰ کیلوگرم اسید هیومیک گرانوله با کاربرد خاکی + محلول پاشی ۳ لیتر اسید هیومیک سافرون در هکتار، در مقایسه با شاهد سبب افزایش ۴۲/۷۳ درصد در تعداد گل، ۷۱/۰۳ درصد در عملکرد گل تر، ۱۳۰/۱۹ درصد در عملکرد کلاله تر، ۷۸/۸۳ درصد در عملکرد کلاله خشک، ۴۶/۹۳ درصد در قطر بنه، ۶۵/۷۵ درصد در وزن بنه و ۱۰۲/۵۱ درصد در طول برگ زعفران شد. درصد پیکروکروسین کلاله زعفران با کاربرد ۱۰ کیلوگرم اسید هیومیک گرانوله و دو لیتر اسید هیومیک سافرون در هکتار از ۸/۷۱ به ۱۳/۶۱ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. استفاده از ۱۰ کیلوگرم اسید هیومیک خاکی و سه لیتر اسید هیومیک سافرون در هکتار بیشترین اثرگذاری بر درصد سافرانال داشت که سبب افزایش از ۷/۱۹ به ۱۱/۵۹ درصد نسبت به شاهد شد. استفاده از ۲۰ کیلوگرم اسید هیومیک گرانوله خاکی و دو لیتر اسید هیومیک سافرون مایع در هکتار میزان کروسین را از ۷/۲۰۸ به ۱۴/۲۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. همچنین نتایج نشان دادند که اثر اسید هیومیک خاکی و اسید هیومیک سافرون و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر عناصر موجود در برگ زعفران معنی‌دار بود ($P \leq 0.01$): به طوری که در مصرف تلفیقی ۳۰ کیلوگرم اسید هیومیک خاکی در هکتار و سه لیتر اسید هیومیک سافرون در هکتار، نسبت به شاهد موجب افزایش ۳۹/۶۷ درصد آهن، ۵۲/۴۴ درصد روی، ۱/۱۱ برابری فسفر، ۱/۱۲ برابری مس و ۱/۴۵ برابری منگنز موجود در برگ شد.

واژه‌های کلیدی: بنه، عملکرد کلاله، عناصر غذایی.

مقدمه

اثرات منفی زیست‌محیطی باعث بهبود ساختار فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شده و به دلیل دارا بودن ترکیبات هورمونی، اثر مثبت قابل ملاحظه‌ای بر شاخص‌های کمی و کیفی محصولات کشاورزی دارد (Sabzevari et al., 2010)؛ به طوری که محققان نشان دادند که محلول‌پاشی اسید هیومیک به طور معنی‌داری وزن خشک برگ و بنه زعفران را تحت تأثیر قرار داد (Mollafilabi & Khorramdel, 2016). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2016) با بررسی دو ساله اثر اسید هیومیک و اندازه بنه بر عملکرد کلاله زعفران نشان دادند که عملکرد کلاله نسبت به عدم مصرف اسید هیومیک افزایش نشان داد. گلزاری جهان‌آبادی و همکاران (Golzari Jahan Abadi et al., 2017) با بررسی تأثیر کاربرد منابع کودی شامل سه لیتر در هکتار آمینوپاليس، چهار لیتر در هکتار اسید هیومیک و ۵۰ کیلوگرم در هکتار یازامیلاکمپلکس بر خصوصیات رویشی و صفات کیفی گیاه زعفران بیان داشتند که حداکثر تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ و تعداد بنه دختری در تیمار اسید هیومیک حاصل شد. لذا با توجه به جایگاه استراتژیک زعفران در کشاورزی ایران و نظر به اهمیت بهبود روش‌های تولید و تغذیه این گیاه ارزشمند، به شکلی که از یک‌سو سازگار با اصول اکولوژیک بوده و از طرفی دیگر، کمیت و کیفیت تولید محصول را تضمین نماید، در این تحقیق اثرات کاربرد اسید هیومیک در سطوح مختلف به صورت مصرف خاکی و محلول‌پاشی بر زعفران مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف ارزیابی اثر کاربرد اسید هیومیک بر میزان عملکرد کمی گیاه زعفران در مزرعه‌ای در منطقه بيله‌وار استان کرمانشاه با عرض جغرافیایی ۳۹ درجه و ۲۲ دقیقه و ۴۱/۲ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه و ۱۸/۷ ثانیه شرقی و با ارتفاع ۱۰۶۲ متر از سطح دریا، طی سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵ به اجرا درآمد.

زعفران با نام علمی *Crocus sativus L.* از خانواده زنبق، گیاهی علفی، چندساله و کورمدار (پیازتوپر) است. این محصول به‌عنوان گران‌قیمت‌ترین محصول کشاورزی و دارویی جهان جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات صادراتی ایران دارد و در صنایع غذایی، بهداشتی، آرایشی و دارویی مصارف متعددی دارد (Shahi et al., 2016; Koocheki et al., 2016). کلاله‌های زعفران حاوی اجزای شیمیایی مانند کروسیین‌ها (رنگیزه‌های کاروتنوئیدی محلول در آب)، پیکروکروسیین (گلیکوزید تلخ‌مزه)، سافرانال (جزء اصلی مواد فرار معطر زعفران)، کربوهیدرات‌ها (بکتین‌ها و پنتوزان‌ها)، مواد معدنی، ویتامین‌ها و اسیدهای چرب هستند (Rezaee Khorasany & Hosseinzadeh, 2016; Guijarro-Díez et al., 2017). تحقیقات بسیاری به نقش کودهای غیرشیمیایی در افزایش متابولیت‌های ثانویه زعفران اشاره دارد (Rasouli et al., 2014; Heidari et al., 2015; al., 2015). احمدی و همکاران (Ahmadi et al., 2018) نیز گزارش کردند که با مصرف ۱۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک، میزان پیکروکروسیین، سافرانال و کروسیین به طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین اسماعیلی و همکاران (Ismaeili et al., 2015) نشان دادند که بیشترین میزان هر یک از مواد مؤثره پیکروسیین (طعم) سافرانال (عطر) و کروسیین (رنگ) در زعفران‌های تیمار شده با کودهای آلی ورمی‌کمپوست و کود زیستی نیتروکسین به دست آمد.

تفاوت عملکرد تولیدی در ایران و سایر کشورهای عمده تولیدکننده، به دلیل نامناسب بودن راه‌های تغذیه این گیاه و نیز تفاوت در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مناطق رشد است (Heidari et al., 2014). استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و عدم استفاده از کودهای آلی طی سالیان اخیر، عامل کاهش چشمگیر میزان ماده آلی خاک‌های ایران بوده و کاربرد بیش از حد کودهای شیمیایی در کشاورزی باعث ایجاد مشکلات زیست‌محیطی از جمله تخریب فیزیکی خاک و عدم توازن عناصر غذایی خاک شده است (Saadatian & Riahi, 2009). در بین کودهای سازگار با طبیعت، اسید هیومیک به‌عنوان یک اسید آلی بدون



شکل ۱. اندازه‌گیری صفات کمی (تعداد گل، عملکرد گل تر، عملکرد کلاله تر، قطر بانه، وزن بانه و طول برگ) زعفران.

Figure 1. Measurement of quantitative traits (number of flowers, fresh flower yield, fresh stigma yield, corm diameter, corm weight and leaf length) of saffron.

عناصر در آن اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه خاک محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

جهت تعیین عناصر غذایی موجود در خاک یک نمونه مرکب خاک جهت تجزیه‌های شیمیایی و فیزیکی برداشته و مقدار

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1. Physical and chemical properties of soil

بافت Texture	رس Clay (%)	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	نیترژن کل Total N (%)	پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)
لوم شنی Sandy loam	20	35	45	0.0089	153	3.28
ماده آلی Organic matter (%)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	مس قابل جذب Cu _{ava} . ($mg.kg^{-1}$)	روی قابل جذب Zn _{ava} . ($mg.kg^{-1}$)	منگنز قابل جذب Mn _{ava} . ($mg.kg^{-1}$)	آهن قابل جذب Fe _{ava} . ($mg.kg^{-1}$)
1.31	1.13	7.2	1.12	3.22	4.4	4.7

در این تحقیق اسید هیومیک گرانوله (اسید هیومیک ۸۵ درصد محصول شرکت صنعت سبز ایرانیان) و سافرون (۱۸ درصد اسید فولیک، هشت درصد اسید هیومیک، پنج درصد پتاسیم و یک درصد آهن، محصول شرکت دانش بنیان شیمی گل) استفاده شد. آزمایش مزرعه‌ای کشت زعفران به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. اسید هیومیک مورد استفاده در این تحقیق به دو فرم گرانوله (مصرف خاکی) و اسید هیومیک سافرون محلول در آب (به صورت محلول پاشی) استفاده شد. فاکتورها شامل چهار سطح مختلف اسید هیومیک سافرون (۰، ۱، ۲ و ۳ لیتر در هکتار) و چهار سطح اسید هیومیک گرانوله (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ کیلوگرم در هکتار) در نظر گرفته شد.

در سال ۱۳۹۴ بنه زعفران رقم قائن از شهرستان قائنات خریداری شد و بنه‌های درشت‌تر، سالم‌تر و بدون زخم و خراشیدگی و عاری از هر نوع بیماری و با وزن بین ۸ تا ۱۰ گرم انتخاب شدند. بنه‌ها قبل از کاشت با سم چارچ‌کش مانکوزب (پودر ۸۰ درصد) محصول شرکت تولید فرآورده‌های شیمیایی ایران به نسبت دو در هزار ضد عفونی و سپس خشک شدند. در موقع کاشت، پولک یا لایه خشک کف بنه به همراه مقداری از پوسته آزاد روی بنه جدا شد تا جذب آب بوسیله بنه آسان‌تر و جوانه‌زدن آن سریع‌تر انجام شود (*Behnia & Mokhtari, 2010*). کشت به صورت دستی انجام شد. پس از آماده‌سازی بستر، بنه‌ها در کرت‌هایی با مساحت ۱۰ مترمربع (دو متر عرض و پنج متر طول) و تراکم ۱۰۰ عدد در مترمربع، بافاصله بین و روی ردیف به ترتیب ۲۰ و ۵ سانتی‌متر و عمق ۱۵ سانتی‌متر با دست در شهریور ماه ۱۳۹۴ کاشته و بلافاصله آبیاری انجام و دو هفته بعد نیز آبیاری تکرار شد. آبیاری سوم بعد از برداشت گل‌ها صورت گرفت.

در طول دوره رشد کلیه عملیات زراعی در مرحله داشت شامل مبارزه با علف‌های هرز و سله‌شکنی به صورت دستی به طور منظم و یکنواخت برای کرت‌ها انجام گرفت. استفاده از چهار سطح اسید هیومیک گرانوله (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ ۱۷ اسفند ۱۳۹۴ به صورت خاکی همزمان با سله‌شکنی با خاک مخلوط شد که در شاهد فقط سله‌شکنی انجام گردید و در ۱۹ اسفند ۱۳۹۴ اسید هیومیک سافرون (صفر، ۱، ۲ و ۳ لیتر در هکتار) به صورت محلول پاشی با

جهت اندازه‌گیری ترکیبات کیفی موجود در کلاله، روش استاندارد ملی ایران (*INS, 2006*) مورد استفاده قرار گرفت. براساس این روش، ۵۰۰ میلی‌گرم نمونه کلاله پودر 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 شد و میزان جذب در طیف‌های ۲۵۷ (پیکروکروسین)، ۳۳۰ (سافرئال) و ۴۴۰ (کروسین) نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل *T80+ UV. Vis*) قرائت شد. عدد به دست آمده در معادله (۱) قرار داده و به ترتیب مقادیر پیکروکروسین، سافرئال و کروسین محاسبه گردید. در این رابطه، X : مقدار ترکیب کیفی مشخص با واحد درصد، A : میزان جذب خوانده شده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج مربوطه و M : وزن خشک کلاله با واحد میلی‌گرم می‌باشد (*INS, 2006*).

$$X = \frac{A}{M} \times 100 \quad (1)$$

به منظور اندازه‌گیری میزان غلظت فسفر از روش وانادات-مولیبیدیت (*Page et al., 1982*) و غلظت آهن، روی، مس و منگنز در برگ پس از تهیه عصاره از طیف سنجی جذب اتمی شعله‌ای^۱ (*Model AA-670; Shimadzu Co., Japan*) استفاده شد.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار *MSTATC* انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

صفات کمی (تعداد گل، عملکرد گل تر، عملکرد کلاله تر، قطر بنه، وزن بنه، طول برگ و عملکرد کلاله خشک)، صفات کیفی موجود در کلاله (پیکروکروسین، سافراناال و کروسین) و غلظت عناصر غذایی برگ (فسفر، آهن، روی، مس و منگنز) در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول‌های ۲، ۴ و ۶).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اسید هیومیک مورد استفاده در این تحقیق به دو فرم گرانوله با مصرف خاکی و اسید هیومیک سافرون به صورت محلول پاشی و همچنین اثر متقابل اسید هیومیک گرانوله در اسید هیومیک سافرون بر

جدول ۲. تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای اسید هیومیک بر خصوصیات مختلف زعفران

Table 2. Analysis of variance for effects of humic acid treatments on different characteristics of saffron

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares				
		تعداد گل Number of flower	عملکرد گل تر Fresh yield of flower	عملکرد کلاله تر Fresh yield of stigma	عملکرد کلاله خشک Dry yield of stigma	قطر بنه Corm diameter
بلوک Block	2	8684.15 ^{ns}	5.42 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.07 ^{ns}
اسید هیومیک خاکی Humic acid as soil application (S)	3	6695703821.91**	1384.85**	42.05**	1.34**	233.80**
اسید هیومیک محلول پاشی Humic acid as spray application (P)	3	109285715.47**	254.59**	11.64**	0.24**	73.04**
S × P	9	2357416.26**	3.77**	0.24**	0.01*	5.76**
خطای آزمایش Error	30	5461.52	2.84	0.07	0.01	0.06
ضریب تغییرات CV (%)	—	4.04	2.03	3.68	3.29	4.64

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، * معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و ns غیر معنی‌دار.

** Significant at 1% probability level, * Significant at 5% probability level, ns: not significant.

تعداد گل

سبب افزایش تعداد و اندازه بنه زعفران شده در نهایت، توانسته سبب افزایش تعداد گل گردد. در بررسی‌های مشابه، تأثیر اسید هیومیک نقش تغذیه کودی (Kuntal et al., 2007) در افزایش صفات کمی و کیفی بسیار مهم و تأثیرگذار می‌باشد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2009) با مطالعه اثر کودهای بیولوژیک نیتروکسین و کودهای شیمیایی دریافتند که کاربرد کود زیستی موجب افزایش تعداد گل می‌شود. در بررسی دیگری نتیجه گرفته شد که با افزایش تراکم کاشت و کاربرد کودهای آلی تعداد گل زعفران افزایش یافت (Koocheki et al., 2014).

مقایسه میانگین تعداد گل نشان داد که با مصرف توأم ۲۰ کیلوگرم اسید هیومیک گرانوله و دو لیتر سافرون بیشترین تعداد گل در هکتار (۲۰/۱۸ گل در متر مربع) به دست آمد که مقایسه آن با شاهد به صورت معنی‌داری تفاوت نشان داد (جدول ۳). استفاده از کود اسید هیومیک با ترکیب ۲۰ کیلوگرم اسید هیومیک گرانوله به صورت مصرف خاکی و دو لیتر سافرون در هکتار به روش محلول پاشی در مقایسه با شاهد سبب افزایش ۴۲/۷۳ درصد در تعداد گل در هکتار شد. از این رو، به نظر می‌رسد اسید هیومیک با تأثیر بر رشد رویشی

جدول ۳. مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای اسید هیومیک بر خصوصیات مختلف زعفران

Table 3. Mean comparisons for effect of humic acid treatments on different characteristics of saffron

اسید هیومیک خاکی Soil humic acid (kg.ha ⁻¹)	اسید هیومیک محلول پاشی Spray humic acid (l.ha ⁻¹)	تعداد گل×۱۰۰۰ Number of flower per ha×1000	عملکرد گل تر Fresh yield of flower (kg.ha ⁻¹)	عملکرد کلاله تر Fresh yield of stigma (kg.ha ⁻¹)	عملکرد کلاله خشک Dry yield of stigma (kg.ha ⁻¹)	قطر بنه Corms diameter (mm)
0	0	141.41 ^{l*}	50.19 ^k	4.57 ⁱ	1.37 ^e	31.13 ^o
	1	144.00 ^{kl}	53.43 ^j	4.98 ⁱ	1.44 ^e	31.94 ⁿ
	2	144.82 ^{jk}	55.97 ⁱ	5.58 ^h	1.57 ^{de}	34.24 ^l
	3	147.14 ^j	58.84 ^{gh}	5.96 ^{gh}	1.62 ^{de}	32.30 ⁿ
10	0	156.44 ⁱ	56.84 ^{hi}	4.67 ⁱ	1.47 ^e	34.93 ^k
	1	158.58 ^{hi}	60.72 ^g	5.58 ^h	1.53 ^e	33.41 ^m
	2	159.63 ^h	63.76 ^f	6.30 ^g	1.69 ^{cde}	37.53 ^h
	3	162.21 ^g	67.21 ^e	6.92 ^f	1.75 ^{cde}	38.61 ^g
20	0	193.20 ^c	72.86 ^d	7.57 ^e	2.07 ^{abcd}	35.35 ^j
	1	194.80 ^{bc}	77.72 ^c	8.87 ^c	2.15 ^{abc}	36.11 ⁱ
	2	197.33 ^b	81.52 ^b	9.55 ^b	2.35 ^{ab}	41.60 ^d
	3	201.83 ^a	85.84 ^a	10.52 ^a	2.45 ^a	42.79 ^c
30	0	180.00 ^f	64.89 ^f	6.97 ^f	1.56 ^{de}	39.90 ^f
	1	182.23 ^{ef}	69.12 ^e	8.13 ^d	1.63 ^{de}	40.80 ^e
	2	183.57 ^e	72.43 ^d	8.72 ^c	1.80 ^{cde}	44.89 ^b
	3	188.61 ^d	76.19 ^c	9.55 ^b	1.89 ^{bcde}	45.74 ^a

*حرف مشابه در هر ستون، نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌داری بین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

*In each column, means with the same letters are not significantly different among treatments at the levels of 5% probability level.

موجب بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاه می‌شود (Zhang & Schmidt, 2000).

عملکرد کلاله تر و خشک

نتایج مقایسه میانگین (جدول ۳) نشان داد که عملکرد کلاله تر تحت تأثیر مقدار اسید هیومیک گرانوله و سافرون قرار گرفت، به طوری که با افزایش میزان مصرف اسید هیومیک گرانوله و سافرون مقدار این شاخص افزایش یافت. بیشترین عملکرد کلاله تر در تیمار تلفیقی ۲۰ کیلوگرم اسید هیومیک گرانوله و سه لیتر سافرون به میزان ۱۰/۵۲ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که استفاده از این ترکیب اسید هیومیک به صورت خاکی و محلول پاشی سبب افزایش ۱۳۰/۲ درصد عملکرد کلاله تر نسبت به شاهد شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین عملکرد کلاله خشک در تلفیق ۲۰ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک گرانوله و سه لیتر سافرون در هکتار به روش محلول پاشی به دست آمد. استفاده از این تیمار سبب افزایش تولید کلاله خشک از ۱/۳۷ کیلوگرم در

عملکرد گل تر

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که مصرف اسید هیومیک گرانوله و مایع موجب افزایش عملکرد گل تر شد و بیشترین عملکرد گل تر در تیمار تلفیقی ۲۰ کیلوگرم اسید هیومیک گرانوله و سه لیتر سافرون به دست آمد. استفاده از تیمار تلفیقی فوق نسبت به شاهد باعث افزایش ۷۱/۰۳ درصد در تولید گل تر شد (جدول ۳). همچنین گزارش شده که کاربرد سطوح اسید هیومیک وزن گل تر را به طور قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با عدم مصرف اسید هیومیک افزایش داد (Koocheki et al., 2016). اسید هیومیک با افزایش حاصلخیزی خاک و بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مانند نفوذپذیری، تهویه، دانه‌بندی، ظرفیت نگهداری آب در خاک، تحرک و در دسترس قرار دادن مواد غذایی (Khan et al., 2012) و از طریق فعالیت شبه هورمونی می‌تواند سبب افزایش مواد مؤثره در گیاه گردد و همچنین اسید هیومیک عموماً مانند تنظیم‌کننده‌های رشد اکسین و سیتوکنین عمل می‌کند و سبب بهبود تحمل به تنش‌های مختلف و در نهایت،

دست آمده نشان داد که تیمار محلول پاشی اثر معنی داری بر طول و قطر بود. مشابه نتایج این آزمایش، نتایج تحقیق احمدی و همکاران (*Ahmadi et al., 2018*) بیانگر تأثیر معنی دار تیمار اسید هیومیک بر متوسط قطر بنه دختری بود. ریوندی و همکاران (*Rivandi et al., 2016*) نشان دادند که مصرف اسید هیومیک نسبت به کودهای شیمیایی سبب افزایش وزن بنه زعفران گردید. عثمانی رودی و همکاران (*Osmani Roudi et al., 2015*) 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 بنه شد. همچنین کوچکی و همکاران (*Koocheki et al., 2016*) نشان دادند که مصرف ۲۰ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک بیشترین تعداد و وزن کل بنه در زعفران را منجر شد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. اسید هیومیک به عنوان یک اسید آلی بدون اثرات زیست-محیطی 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 et al., 2010*). به همین دلیل محلول پاشی اسید هیومیک به طور معنی داری وزن بنه زعفران را تحت تأثیر قرار داد.

طول برگ

در خصوص بررسی تأثیر اسید هیومیک گرانوله و سافرون بر طول برگ زعفران، نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل اسید هیومیک گرانوله × سافرون بر روی صفت طول برگ زعفران نشان داد که بیشترین طول برگ با ۵۰/۸ سانتی متر تحت تأثیر میزان مصرف ۲۰ کیلوگرم اسید هیومیک گرانوله در هکتار و دو لیتر سافرون در هکتار و کمترین آن نیز طول ۲۵/۱ سانتی متر برای شاهد به دست آمد؛ به طوری که این تیمار ۱۰۲/۵ درصد طول برگ را نسبت به شاهد افزایش داد. (جدول ۵). مشابه با نتایج این تحقیق، عثمانی رودی و همکاران (*Osmani Roudi et al., 2015*) و ملافیلابی و خرم‌دل (*Mollafilabi & Khorramdel, 2016*) تأثیر اسید هیومیک بر طول برگ زعفران را مثبت گزارش کردند.

هکتار به ۲/۴۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد شد که افزایش ۷۸/۸ درصد را نشان داد. از این رو، به نظر می‌رسد اسید هیومیک با تأثیر بر رشد رویشی سبب بهبود رشد زایشی و در نتیجه افزایش متوسط وزن کلاله، تعداد و عملکرد گل شده و در نهایت، توانسته سبب افزایش عملکرد کلاله گردد. در بررسی‌های مشابه، تأثیر اسید هیومیک بر عملکرد کلاله زعفران مثبت گزارش شده است به نحوی که کوچکی و همکاران (*Koocheki et al., 2016*) با بررسی اثر کاربرد اسید هیومیک و وزن بنه مادری در زعفران اعلام داشتند، کاربرد اسید هیومیک اثرات قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد کلاله تر و خشک در هر دو سال آزمایش داشت، به طوری که در دو سال اجرای طرح عملکرد کلاله به ترتیب ۱۵۴ و ۹۲ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. همچنین گلزاری جهان-آبادی (*Golzari Jahan Abadi, 2016*) طی مطالعه‌ای دو ساله گزارش نمود که مصرف اسید هیومیک سبب افزایش عملکرد کلاله گردید، به طوری که بیشترین عملکرد خشک کلاله در شرایط مصرف اسید هیومیک و کمترین آن مربوط به شاهد بود. حیدری و خلیلی (*Heidari & Khalil, 2014*) نیز اسید هیومیک را به عنوان یکی از عوامل محرک رشد رویشی، بهبود رشد زایشی و افزایش عملکرد کمی و کیفی در زعفران معرفی نمودند که از طریق تشکیل کمپلکس بین اسید هیومیک و یون‌های معدنی، تجزیه اسید هیومیک به آنزیم‌های رشدی (*Mart, 2007*)، تأثیر بر تنفس و فتوسنتز (*Ahmad et al., 2011*) و تحریک فعالیت هورمون‌ها سبب افزایش رشد و در نتیجه افزایش وزن خشک می‌گردد (*El Sherbeny et al., 2012*).

قطر و وزن بنه

مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که بیشترین قطر بنه با ۴۵/۷۴ میلی‌متر در تیمار ۳۰ کیلوگرم اسید هیومیک گرانوله و سه لیتر سافرون در هکتار به دست آمد که نشان از افزایش ۴۶/۹۳ درصد نسبت به شاهد است. نتایج مقایسه میانگین (جدول ۵) نشان داد که بیشترین صفت وزن متوسط بنه با ۱۲۵۲ گرم در مترمربع با افزایش ۶۵/۸ درصد نسبت به شاهد، تحت تأثیر ۳۰ کیلوگرم اسید هیومیک گرانوله در هکتار و سه لیتر سافرون در هکتار به دست آمد. نتایج به

جدول ۴. تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای اسید هیومیک بر خصوصیات مختلف زعفران

Table 4. Analysis of variance effect of humic acid treatments on different characteristics of saffron

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares				
		وزن بنه Corms weight	طول برگ Leaf length	کروسین Crocin	سافرانا Safranal	پیکروکروسین Picrocrocin
بلوک Block	2	429.77 ^{ns}	0.10 ^{ns}	0.123 ^{ns}	0.10 ^{ns}	0.16 ^{ns}
اسید هیومیک خاکی Humic acid as soil application (S)	3	320461.52 ^{**}	559.44 ^{**}	37.31 ^{**}	8.45 ^{**}	10.94 ^{**}
اسید هیومیک محلول پاشی Humic acid as spray application (P)	3	40843.47 ^{**}	108.13 ^{**}	4.87 ^{**}	0.66 ^{**}	5.45 ^{**}
S × P	9	11552.02 ^{**}	131.39 ^{**}	4.07 ^{**}	4.33 ^{**}	4.07 ^{**}
خطای آزمایش Error	30	201.06	0.07	0.05	0.03	0.04
ضریب تغییرات Cv (%)	—	3.41	3.75	2.42	2.12	4.06

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

** : Significant at 1% probability level, * : Significant at 5% probability level, and ns: not significant.

جدول ۵. مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای اسید هیومیک بر خصوصیات مختلف زعفران

Table 5. Mean comparisons for effect of humic acid treatments on different characteristics of saffron

اسید هیومیک خاکی Soil humic acid (kg.ha ⁻¹)	اسید هیومیک محلول پاشی Spray humic acid (l.ha ⁻¹)	وزن بنه Corms weight (g.m ⁻²)	طول برگ Leaf length (cm)	کروسین Crocin (%)	سافرانا Safranal (%)	پیکروکروسین Picrocrocin (%)
0	0	755.35 ^{m*}	25.08 ^p	7.21 ^j	7.19 ^{gh}	8.71 ^{gh}
	1	782.33 ^l	25.58 ^o	7.66 ⁱ	7.64 ^{ef}	9.12 ^{ef}
	2	816.00 ^k	29.97 ^k	8.62 ^{fg}	8.88 ^b	10.54 ^b
	3	885.73 ⁱ	26.22 ⁿ	8.15 ^h	7.48 ^{fg}	8.93 ^{fg}
10	0	855.70 ^j	27.05 ^m	8.43 ^{gh}	7.48 ^{fg}	8.94 ^{fg}
	1	904.32 ⁱ	30.76 ^j	9.18 ^{de}	8.32 ^c	9.89 ^c
	2	1027.00 ^f	32.67 ^h	10.34 ^c	8.65 ^b	13.61 ^a
	3	932.73 ^h	35.53 ^g	9.35 ^d	11.59 ^a	10.27 ^b
20	0	1060.00 ^e	28.43 ^l	10.11 ^c	8.11 ^c	9.73 ^c
	1	980.77 ^g	31.55 ⁱ	11.15 ^b	7.79 ^{de}	9.28 ^{de}
	2	1175.00 ^c	48.28 ^b	14.26 ^a	8.20 ^c	9.75 ^c
	3	1196.00 ^c	50.79 ^a	11.03 ^b	7.43 ^{fgh}	8.87 ^{fgh}
30	0	1081.00 ^e	46.15 ^c	8.83 ^{ef}	8.06 ^{cd}	9.60 ^{cd}
	1	1222.00 ^b	43.09 ^d	8.00 ^{de}	7.14 ^h	8.54 ^h
	2	1121.00 ^d	36.12 ^f	7.04 ^{jk}	6.47 ⁱ	7.79 ⁱ
	3	1252.00 ^a	38.80 ^e	6.70 ^k	6.21 ⁱ	7.47 ⁱ

*حرف مشابه در هر ستون، نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌داری بین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

*In each column, means with the same letters are not significantly different among treatments at the levels of 5%.

دو لیتر سافرون حاصل شد. به طوری که این تیمار ۹۷/۸۷ درصد مقدار کروسین را نسبت به شاهد افزایش داد. تور و همکاران (2006, *Toor et al.*) گزارش کردند که به خاطر استفاده از کودهای آلی، قند و کربن در گیاه افزایش می‌یابد و قند اضافی تولید شده در گیاه، در ساختمان متابولیت‌های ثانویه و مواد مؤثره استفاده می‌شود که در نهایت، باعث افزایش این ترکیبات در گیاه می‌گردد. احمدی و همکاران (2018, *Ahmadi et al.*) نیز گزارش کردند که با مصرف ۱۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک میزان پیکروسین، سافرانال و کروسین به طور معنی‌داری افزایش یافت. تحقیقات بسیاری به نقش کودهای غیرشیمیایی در افزایش متابولیت‌های ثانویه زعفران اشاره دارد (2015, *Rasouli et al.*; 2014, *Heidari et al.*; 2014, *Golzari Jahan Abadi et al.*) بیانگر تأثیر معنی‌دار اسید هیومیک و کودهای زیستی بر متابولیت‌های ثانویه زعفران بود.

عناصر برگ

نتایج مقایسه میانگین (جدول ۷) اثر متقابل استفاده از کود اسید هیومیک به دو فرم اسید هیومیک گرانوله و مایع بر عناصر موجود در برگ زعفران نشان داد که تیمار مصرف تلفیقی اسید هیومیک گرانوله خاکی و سافرون به صورت محلول پاشی در مقایسه با شاهد، باعث افزایش میزان عناصر موجود در برگ زعفران شد و در همه تیمارها با افزایش مقدار اسید هیومیک گرانوله خاکی و سافرون به صورت محلول پاشی، میزان عناصر موجود در برگ زعفران نیز افزایش یافت به طوری که تیمار مصرف تلفیقی ۳۰ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک گرانوله خاکی و سه لیتر سافرون به صورت محلول-پاشی در هکتار بیشترین تأثیر را در میزان عناصر موجود در برگ زعفران داشت و در مقایسه با شاهد موجب افزایش ۶۵/۷۶ درصدی آهن، ۹/۶۹ درصدی روی، ۱۳۰/۶۲ درصدی فسفر، ۱۱۱/۸۷ درصدی مس و ۱۴۴/۸۸ درصدی منگنز موجود در برگ شد. به نظر می‌رسد افزایش میزان عناصر غذایی در برگ در اثر مصرف اسید هیومیک را می‌توان به قابلیت اسید هیومیک در کلات کردن عناصر از جمله نیتروژن، فسفر، پتاسیم و آهن و افزایش جذب این مواد توسط زعفران شده است (2009, *Santiago et al.*).

گلزاری جهان‌آباد و همکاران (2017, *Golzari Jahan Abadi et al.*) با بررسی تأثیر کاربرد برخی منابع کودی و وزن بنه مادری بر خصوصیات رویشی و صفات کیفی گیاه زعفران بیان داشتند که حداکثر تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ و تعداد بنه دختری در تیمار اسید هیومیک و وزن بنه مادری ۱۰ تا ۱۵ گرم حاصل شد. از این‌رو، به نظر می‌رسد اسید هیومیک با تأثیر بر رشد رویشی سبب بهبود رشد زایشی و در نتیجه افزایش متوسط وزن کلاله، تعداد و عملکرد گل شده و در نهایت، توانسته سبب افزایش عملکرد کلاله گردد. حیدری و خلیلی (2014, *Heidari & Khalil*) نیز اسید هیومیک را به عنوان یکی از عوامل محرک رشد رویشی، بهبود رشد زایشی و افزایش عملکرد کمی و کیفی در انواع گیاهان معرفی نمودند که از طریق تشکیل کمپلکس بین اسید هیومیک و یون‌های معدنی، تجزیه اسید هیومیک به آنزیم‌های رشدی (2007, *Mart*)، تأثیر بر تنفس و فتوسنتز (2011, *Ahmad et al.*) و تحریک فعالیت هورمون‌ها (2012, *El-Sherbeny et al.*) سبب افزایش رشد و در نتیجه افزایش وزن خشک می‌گردد.

صفات کیفی (کروسین، پیکروکروسین و سافرانال)

مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۵) نشان داد که اثر مصرف اسید هیومیک گرانوله به صورت خاکی و سافرون مایع بر شاخص‌های کیفی کلاله شامل مؤلفه‌های رنگ (کروسین)، طعم (پیکروکروسین) و عطر (سافرانال) مؤثر بود. و بیشترین میزان پیکروکروسین در تیمار مصرف ۱۰ کیلوگرم اسید هیومیک گرانوله و دو لیتر سافرون حاصل شد. نتایج آزمایشات نشان داد که استفاده از تیمار ۱۰ کیلوگرم اسید هیومیک گرانوله و دو لیتر کود مایع سافرون در هکتار سبب شد تا مقدار پیکروکروسین نسبت به شاهد ۵۶/۲۵ درصد افزایش پیدا کند. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان سافرانال در تیمار مصرف ۱۰ کیلوگرم اسید هیومیک گرانوله و سه لیتر سافرون حاصل شد که سبب افزایش ۶۱/۱۹ درصد سافرانال نسبت به شاهد شد. هم چنین نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که میزان کروسین موجود در زعفران به صورت معنادار تحت تأثیر میزان اسید هیومیک مصرفی به صورت خاکی و محلول پاشی قرار گرفت؛ به طوری که بیشترین مقدار کروسین در تیمار ۲۰ کیلوگرم اسید هیومیک گرانوله و

جدول ۶. تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای اسید هیومیک بر عناصر برگ زعفران

Table 6. Analysis of variance effect of humic acid treatments on leaf elements of saffron

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares				
		آهن Fe	روی Zn	فسفر P	مس Cu	منگنز Mn
بلوک Block	2	663.52 ^{ns}	0.24 ^{ns}	145.83 ^{ns}	0.01 ^{ns}	2.69 ^{ns}
اسید هیومیک خاکی Humic acid as soil application (S)	3	294064.35**	135.54**	346440.97**	46.48**	618.64**
اسید هیومیک محلول- پاشی Humic acid as spray application (P)	3	162121.08**	51.66**	153068.75**	17.49**	569.30**
S × P	9	15039.80**	0.66**	3103.94**	1.54**	41.99**
خطای آزمایش Error	30	638.17	0.21	143.47	0.01	2.48
ضریب تغییرات CV (%)	—	2.11	5.90	3.61	3.48	4.18

***: معنی دار در سطح احتمال یک درصد، **: معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و ns: غیرمعنی دار.

***: Significant at 1% probability level, *: Significant at 5% probability level, and ns: not significant.

جدول ۷. مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای اسید هیومیک بر عناصر برگ زعفران

Table 7. Mean comparisons for effect of humic acid treatments on leaf element of saffron

اسید هیومیک خاکی Soil humic acid (kg.ha ⁻¹)	اسید هیومیک محلول پاشی Humic acid (l.ha ⁻¹)	آهن Fe (mg.kg ⁻¹)	روی Zn (mg.kg ⁻¹)	فسفر P (μg.kg ⁻¹)	مس Cu (mg.kg ⁻¹)	منگنز Mn (mg.kg ⁻¹)
0	0	872.33 ^{g*}	10.31 ^l	480.00 ^l	6.98 ^o	20.92 ^h
	1	890.32 ^g	10.72 ^j	516.77 ^k	7.68 ⁿ	22.04 ^h
	2	985.00 ^f	12.51 ^h	590.00 ⁱ	8.54 ^l	27.93 ^g
	3	1176.00 ^e	14.26 ^g	670.00 ^h	8.84 ^k	39.82 ^{de}
10	0	914.33 ^g	11.60 ⁱ	543.33 ^j	8.15 ^m	23.53 ^h
	1	1210.00 ^{de}	12.18 ^{hi}	573.33 ⁱ	8.98 ^j	38.32 ^{ef}
	2	1277.00 ^c	12.59 ^f	723.37 ^g	10.21 ^g	42.51 ^{cd}
	3	1306.00 ^c	16.50 ^e	760.00 ^f	9.63 ^h	44.32 ^c
20	0	1215.00 ^{de}	15.26 ^f	710.00 ^g	9.16 ⁱ	36.87 ^f
	1	1224.00 ^d	16.66 ^e	753.33 ^f	10.79 ^f	37.43 ^{ef}
	2	1380.00 ^b	18.21 ^c	903.38 ^d	11.13 ^e	47.13 ^b
	3	1392.00 ^b	19.52 ^b	936.70 ^c	11.61 ^d	47.89 ^b
30	0	1231.00 ^d	17.12 ^{de}	806.76 ^e	9.63 ^h	37.83 ^{ef}
	1	1292.00 ^c	17.83 ^{cd}	816.71 ^e	12.58 ^c	41.67 ^{cd}
	2	1312.00 ^c	21.07 ^a	1033.00 ^b	13.36 ^b	42.89 ^c
	3	1446.00 ^a	21.68 ^a	1107.00 ^a	14.81 ^a	51.23 ^a

*حرف مشابه در هر ستون، نشان دهنده عدم تفاوت معنی داری بین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

*In each column, means with the same letters are not significantly different among treatments at the levels of 5% probability level.

روی، کلسیم، آهن، مس و سایر عناصر اشاره کرد (Aiken et al., 1985).

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر اثر اسید هیومیک در دو حالت خاکی و مایع سافرون نشان داد که عملکرد کمی، کیفی و عناصر موجود در برگ زعفران به طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع و مقدار اسید هیومیک به کار رفته قرار گرفت. نتایج نشان داد استفاده از اسید هیومیک در مقایسه با شاهد سبب افزایش تعداد گل، عملکرد گل‌تر، عملکرد کلاله تر، عملکرد کلاله خشک، قطر بنه، وزن بنه، طول برگ، پیکروکروسین، سافرانال، کروسین نسبت به شاهد شد. تیمار مصرف تلفیقی ۳۰ کیلوگرم اسید هیومیک گرانوله در هکتار و سه لیتر سافرون در هکتار بیشترین تأثیر را در میزان عناصر موجود در برگ زعفران داشت. به طوری که سبب افزایش عناصر آهن، روی، فسفر، مس و منگنز موجود در برگ شد.

حیدری و همکاران (Heidari et al., 2014) در تحقیقی گزارش کردند که کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی باعث افزایش بیشتر عناصر غذایی در برگ‌های زعفران می‌شود. همچنین آن‌ها گزارش کردند که اثر مثبت کود زیستی بر افزایش عناصر شیمیایی در برگ با افزایش کود نیتروژن مبین آن است که احتمالاً کود زیستی شرایطی را در خاک فراهم می‌نماید که جذب عناصر غذایی بالا می‌رود و با افزایش جذب عناصر، میزان بهره‌وری از کود نیتروژن نیز بالا می‌رود. اسدی رحمانی و همکاران (Asadi et al., 2007) در تحقیقی گزارش کرد که تجزیه مواد آلی خاک توسط کودهای زیستی منجر به آزادسازی و چرخه عناصر نیتروژن، فسفر و گوگرد می‌شود. ماکوویاک و همکاران (Mackowiak et al., 2001) در تحقیقی به این نتیجه رسیدند که اسید هیومیک از طریق کلات کردن عناصر کلسیم و منیزیم در خاک باعث افزایش دسترسی ریشه به این عناصر می‌شود. از مزایای مهم اسید هیومیک می‌توان به کلات‌کنندگی عناصر غذایی مختلف مانند سدیم، پتاسیم، منیزیم،

منابع

- 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 Agron. & Technol.* 6(2), 197-207. [in Persian with English Summary].
- Ahmadi, F., Aminifard, M.H., Khayyat, M., and Samadzade, A.R., 2017. Effects of different humic acid levels and planting density on antioxidant activities and active ingredients of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agron. & Technol.* 5(1), 61-71. [in Persian with English Summary].
- Ahmad, Y.M., Shahlaby, E.A., and Shnan, N.T. 2011. The use of organic and inorganic cultures in improving vegetative growth, yield characters and antioxidant activity of rosella plants (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Afr. J. Biotechnol.* 10(11), 1988-1996.
- Aiken, G.R., McKnight, D.M., Wershaw, R.L., and Mac Carthy, P., 1985. *Humic Substances in Soil, Sediment, and Water*. New York. USA: Wiley InterScience.
- Asadi Rahmani, H., Asgharzadeh, A., Khavazi, K., Rejali, F., and Savaghebi, G., 2007. *Soil biological fertility, a key to sustainable land use in agriculture*. Jihad-e Daneshgahi Press. Tehran, Iran. [in Persian].
- Behnia, M.R., and Mokhtari, M., 2010. Effect of planting methods and corm density in saffron (*Crocussativus* L.) yield. *Acta Hort.* 850, 131-136.
- Golzari, M. 2016. *Effect of bio-fertilizer and mother corm weight on growth, flower and stigma yield and qualitative criteria of saffron*. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran. [in Persian with English Summary].
- Golzari Jahan Abadi, M., Behdani, M.A., Sayyari Zahan, M.H., and Khorramdel, S., 2017. Effect of some fertilizer sources and mother corm weight on growth criteria and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.). *J. Saffron Res.* 4(2), 172-186. [in Persian with English Summary].
- Guijarro-Díez, M., Castro-Puyana, M., Crego, A.L., Marina, M.L., 2017. *Detection of*

- saffron adulteration with gardenia extracts through the determination of geniposide by liquid chromatography–mass spectrometry. *J. Food Compos. Anal.* 55, 30-37.
- Heidari, M., and Khalili, S., 2014. The effect of humic acid and phosphorus fertilizer on yield and flowers, photosynthetic pigments and amounts of mineral elements in plant roselle (*Hisbiscus sabdariffa* L.). *Iran. J. Field Crops Res.* 45(2), 191-193. [in Persian with English Summary].
- Heidari, Z., Besharati, H., and Maleki Farahani, S., 2014. Effect of some chemical fertilizer and biofertilizer on quantitative and qualitative characteristics of Saffron. *Saffron Agronomy and Technology.* 2(3), 187-189. [in Persian with English Summary].
- Ismaeili, V., Moradi, P., and Ansari, K., 2015. Changes of crocin, picrocrocine and safranal in saffron (*Crocus sativus* L.) treated with compost and biological fertilizations. *The First National Conference on the Use of Medicinal Plants and Traditional Medicine in Life Style, University of Torbat Heidariyeh, Iran, 6 December 2015, p. 46-49.* [in Persian with English Summary].
- Khan, A., Guramni, A.R., Khan, M.Z., Hussain, F., Akhtar, M.E., and Khan, S., 2012. Effect of humic acid on growth, yield, nutrient composition, photosynthetic pigment and total sugar contents of peas (*Pisum sativum* L.). *J. Chem. Soc. Pakistan* 6, 56-63.
- 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.). *J. Agroecol.* 7(4), 425-442. [in Persian with English Summary].
- Koocheki, A., Jahani, M., Tabrizi, L., Mohammad-Abadi, A.A., and Jahan, M., 2009. Effects of biofertilizer and inorganic fertilizer on generative growth and yield of saffron under high corm density. *3rd International Symposium on Saffron. Forthcoming Challenges in Cultivation, Research and Economics, Krokos, Kozani, Greece, 20-23 May 2009, p.14.*
- Koocheki, A., 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. *J. Saffron Res.* 1(2), 144-155. [in Persian with English Summary].
- Kuntal, D., Raman, D., Thippenahalli, N.S., and Sekeroglu, N., 2007. Influence of bio-fertilizers on the biomass yield and nutrient content in *Stevia rebaudiana*. *J. Medic. Plants Res.* 1(1), 5-8.
- Mart, I., 2007. Fertilizers, organic fertilizers, plant and agricultural fertilizers. *Agro and Food Business Newsletter.* P. 1-5.
- Mackowiak, C.L., Grossl, P.R., and Bugbee, B.G., 2001. Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 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 years old farm. *J. Saffron Agron. & Technol.* 3(4), 237-249. [in Persian with English Summary].
- 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 Agron. & Technol.* 3(1), 25-33. [in Persian with English Summary].
- Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R., 1982. *Methods of Soil Analysis. Part II- Chemical and Microbiological Pasesban, F. Effective factors on exporting Iranian saffron. Econ. Res.* 6(2), 1–15, 2006.
- Rasouli, Z., Maleki Farahani, S., and Besharati, H. 2014. Reaction some vegetative characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) to various fertilizers. *J. Soil Res. (Soil and Water Science).* 27(1), 35-46. [in Persian with English Summary].
- Rezaee Khorasany, A., and Hosseinzadeh, H., 2016. Therapeutic effects of saffron (*Crocus sativus* L.) in digestive disorders: A review. *Iran. J. Basic Medic. Sci.* 19(5), 446-455. [in Persian with English Summary].
- 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. *J. Saffron*

- Agron. & Technol.* 4(2), 105-117. [in Persian with English Summary].
- Saadatnian, H., and Riahi, H., 2009. Cyanobacteria from paddy fields in Iran as a biofertilizer in rice plants. *Plant Soil Environ.* 55, 207-212.
- 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.). *Iran. J. Field Crop Res.* 8(3), 473-480. [in Persian with English Summary].
- Santiago, A., Lose, M., Carmona, E., and Delgado, A., 2009. Humic substances increase the effectiveness of iron sulfate and vivianite preventing iron chlorosis in white lupin. *Bio- Fertilizer Soils.* 44, 875-883.
- Shahi, T., Assadpour, E., and Jafari, S.M., 2016. Main chemical compounds and pharmacological activities of stigmas and tepals of 'red gold'; Saffron. *Trends Food Sci. Technol.* 58, 69-78.
- Toor, R.K., Geoffrey, P., and Savagea, A.H., 2006. Influence of different types of fertilizers on the major antioxidant components of tomatoes. *J. Food Compost Anal.* 19, 20-27.
- Zhang, X., and Schmidt, R.E., 2000. Hormone containing products impact on antioxidant status of tall fescue and creeping bent grass subjected to drought. *Crop Sci.* 40, 1344-1349.



Original Article:

Effects of Soil and Foliar Spraying Applications of Humic Acid on Qualitative and Quantitative Properties of Saffron

Mohammad Gerdakaneh^{1*}, Ehsan Amini², Masoome Khan Ahmadi³

1- Assistant Professor, Crops and Horticultural Science Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran.

2- Graduated from Higher Education Institute of Jahad University of Kermanshah, Iran.

3- Higher Education Institute of Jahad University of Kermanshah, Iran.

*Corresponding author Email: mgerdakaneh@gmail.com

Received 04 May 2019; Accepted 02 November 2019

Abstract

This study was done to evaluate the effects of humic acid on qualitative and quantitative properties of saffron in two types of humic acid as solid and liquid (Saffron fertilizer ®). The factorial layout was carried out based on a randomized complete block design with three replications in Billevar, Kermanshah province during growing season of 2015-2016. Factors were four different levels of Saffron fertilizer ® (0, 1, 2 and 3 l.ha⁻¹) and four levels of solid humic acid (0, 10, 20 and 30 kg.ha⁻¹). The results showed that humic acid application was increased flower numbers.ha⁻¹, fresh yield of flower, fresh yield and dried yield of stigma, weight and diameter of daughter corms and leaf length compared to control up to 42.72, 44.46, 130.3, 78.61, 65.76, 49.93 and 102.5%, respectively. The highest treatment was 20 kg.ha⁻¹ of solid humic acid+ 3 l.ha⁻¹ of Saffron fertilizer. Picrocrocin concentration was increased from 8.71 to 13.61% by using 10 kg.ha⁻¹ of solid humic acid and 2 l.ha⁻¹ saffron. Ten kg.ha⁻¹ of solid humic acid+ 3 l.ha⁻¹ Saffron fertilizer had the most effective on increasing of Safranal compared to control. This treatment increased Safranal from 7.19 to 11.59. Using of 20 kg.ha⁻¹ of solid humic acid and 2 l.ha⁻¹ Saffron fertilizer increased Crocin percentage from 7.208 to 14.26 in comparison of control treatment. Also, the result showed that effects of humic acid on elements of leaves were significant. In fusion treatment 30 kg.ha⁻¹ of solid humic acid+ 3 l.ha⁻¹ Saffron fertilizer Fe, Zn, P, Cu and Mn were increased up to 39.67, 52.44, 110.28, 112.27 and 144.88%, respectively.

Keyword: Corm, Nutrients, Stigma yield.