



بررسی تأثیر سطوح مختلف اسید هیومیک و تراکم بنه بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مواد مؤثره زعفران (*Crocus sativus* L.)

فریده احمدی^۱، محمد حسین امینی فرد^{۲*}، مهدی خیاط^۳ و علیرضا صمدزاده^۳

تاریخ پذیرش: ۱۷ مهر ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: ۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۵

احمدی، ف.، امینی فرد، م.ح.، خیاط، م. و صمدزاده، ع.ر. ۱۳۹۶. بررسی تأثیر سطوح مختلف اسید هیومیک و تراکم بنه بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مواد مؤثره زعفران (*Crocus sativus* L.). زراعت و فناوری زعفران، ۵(۱): ۶۱-۷۱.

چکیده

به منظور بررسی تأثیر اسید هیومیک و تراکم کاشت بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مواد مؤثره زعفران (*Crocus sativus* L.) آزمایشی در سال ۱۳۹۴ به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند اجرا شد. تیمارهای آزمایشی، شامل چهار سطح اسید هیومیک (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ کیلوگرم در هکتار) و سه سطح تراکم کاشت (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بنه در مترمربع) با سه تکرار بودند. نتایج نشان داد که تیمارهای مورد بررسی، اثر معنی‌داری بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی‌های گلبیروکسین (آنتی‌اکسیدان، فنول و آنتوسیانین) و مواد مؤثره زعفران (پیکروسین، سافرانال و کروسین) داشتند. بیشترین میزان آنتی‌اکسیدان (۶۹/۷۸ درصد) در تیمار ۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و تراکم ۵۰ بنه در مترمربع مشاهده شد، اما محتوی فنول تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. همچنین بالاترین میزان آنتوسیانین (۴۶/۴۰ میلی‌گرم در صد گرم وزن خشک) با کاربرد ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و تراکم کاشت ۷۵ بنه در مترمربع به دست آمد. نتایج مواد مؤثره زعفران نشان داد، که بیشترین عملکرد پیکروسین (۴۰/۶۰ درصد) در تیمار ۱۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و تراکم کاشت ۷۵ بنه در مترمربع بدست آمد. همچنین بالاترین مقدار سافرانال (۲۰/۱۷ درصد) و کروسین (۵۵/۵۷ درصد) با کاربرد ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و کمترین آن‌ها در تیمار شاهد (۱۵/۷۰ درصد) و (۴۳/۱۲ درصد) مشاهده شد. به طور کلی، نتایج بیانگر تأثیر مثبت اسید هیومیک و تراکم کاشت بر فعالیت آنتی‌اکسیدان و مواد مؤثره زعفران بود.

کلمات کلیدی: کودهای آلی، عملکرد کیفی، فاصله کاشت.

مقدمه

زعفران به عنوان گران‌ترین محصول کشاورزی و دارویی ایران و جهان (Koocheki et al., 2011) دارای جایگاه ارزنده‌ای در نظام‌های کشاورزی است. ویژگی‌های خاص این محصول از جمله امکان بهره‌برداری چندساله در یک نوبت کاشت، نیاز به آب کم، آبیاری آن در زمان‌های غیر بحرانی نیاز آبی سایر گیاهان، بازار فروش داخلی و خارجی مناسب آن را به

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، علوم باغبانی، گرایش فیزیولوژی گیاهان دارویی، ادویه‌ای و عطری، دانشگاه بیرجند.

۲- استادیار گروه 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

نتیجه افزایش عملکرد و بهبود صفات کیفی در گیاه می‌گردند (Sharif et al., 2002). همچنین گزارش شده است که اسید هیومیک با افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و همچنین فعال کردن چرخه تنفس، فتوسنتز و تولید آمینواسید و آدنوزین تری فسفات، باعث افزایش رشد و کیفیت گیاهان می‌شود (Sidari et al., 2006). طی پژوهشی اثر اسید هیومیک و کودهای زیستی بر مواد مؤثره زعفران بررسی شد، نتایج نشان داد، که کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش معنی‌دار مواد مؤثره زعفران (کروسین و پیکروسین) نسبت به شاهد شد (Golzari, 2016). محققان در بررسی تأثیر کود شیمیایی و زیستی نیتروژن بر ویژگی‌های کیفی زعفران گزارش کردند که، حداکثر میزان ماده مؤثره کروسین از تلفیق کود نیتروژن و کود بیولوژیک نیتروکسین و بیشترین مقدار پیکروسین و سافرنال از تیمار نیتروکسین حاصل شد (Omidi et al., 2009). همچنین برخی پژوهشگران افزایش درصد کروسین، پیکروسین و سافرنال را در نتیجه استفاده از نیمی از مقادیر کودهای شیمیایی، ورمی کمپوست و باکتری‌های محرک رشد گزارش کردند (Rasouli et al., 2015). تور و همکاران (Toor et al., 2006) اظهار داشتند که به خاطر استفاده از کودهای آلی، میزان قند و کربن در گیاه افزایش می‌یابد، لذا قند اضافی که در گیاه تولید می‌شود، در ساختمان متابولیت‌های ثانویه و مواد مؤثره استفاده می‌شود که در نهایت باعث افزایش میزان این ترکیبات در گیاه می‌گردد. گزارشات در مورد زعفران بیانگر آن است که کودهای آلی به دلیل تأثیر بر فراهمی عناصر غذایی، مواد هورمونی و ویتامین‌های محلول در آب، ایجاد حالت همکاری با سایر میکروارگانیسم‌ها و تولید ترکیبات اولیه موثر در بیوسنتز گلیکوزیدها و تجزیه آن‌ها به ترکیبات ثانویه (کروسین و پیکروسین) ممکن است بر عملکرد کیفی و مواد مؤثره زعفران تأثیر گذار باشد (Patten & Glick, 1996). در کنار مدیریت عناصر

عنوان انتخاب نخست کشاورزان در شهرهای دارای بازار فروش مناسب مطرح کرده است (Daneshvar Kakhki & Farahmand Gelyan, 2012). ارزش زعفران (کالاله خشک شده) به علت وجود سه متابولیت ثانویه اصلی و مشتقات آن می‌باشد. ترکیبات زردرنگ کروسین، مسئول رنگ زعفران، ترکیبات تلخ پیکروکروسین مسئول طعم و سافرنال مسئول عطر و بوی آن می‌باشد (Lozano et al., 1999). سطح مواد آلی خاک‌های زراعی کشور عمدتاً کمتر از یک درصد است، که این امر به علت مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به خصوص کودهای نیتروژن دار و عدم استفاده از کودهای آلی در چند سال اخیر به وجود آمده است (Malakuti, 1996)، که این امر علاوه بر کاهش عملکرد محصولات کشاورزی منجر به بحران آلودگی‌های زیست محیطی و به‌ویژه منابع آب و خاک شده که طی زنجیره غذایی به منابع غذایی انسان راه یافته و تهدیدی برای جامعه بشری به وجود آمده است (Omidi et al., 2009). از این رو مدیریت مصرف کود یک عامل مهم در موفقیت کشت گیاهان می‌باشد و در این بین شناسایی کودهای آلی سازگار با طبیعت و مناسب برای رشد و نمو گیاهان می‌تواند، اثرات مطلوبی بر شاخص‌های کمی و کیفی گیاهان داشته باشند. 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 مثبت قابل ملاحظه‌ای بر شاخص‌های کمی و کیفی محصولات کشاورزی دارد (Sabzevari et al., 2010). استفاده از کودهای آلی هیومیکی به‌طور غیر مستقیم از طریق فراهم آوردن عناصر معدنی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم و همچنین عناصر کم مصرف برای ریشه، بهبود ساختار خاک و افزایش نفوذپذیری بستر به آب و هوا، زیاد شدن جمعیت میکروبی و افزایش تبادل کاتیونی، باعث حاصلخیزی خاک و در

از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری مرکب شد (جدول ۱). تیمارهای آزمایش به صورت ترکیبی از چهار سطح اسید هیومیک (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ کیلوگرم در هکتار) و ۳ سطح تراکم کاشت بنه (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بنه در مترمربع) تعیین شدند. پس از عملیات آماده‌سازی زمین، 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. عملیات کاشت در شهریور ۱۳۹۴ بر اساس عمق ۱۵ سانتی‌متر و فاصله ۱۰ و ۵،۷/۵ سانتی‌متر از یکدیگر، توسط بنه‌های با وزن متوسط ۸ گرم انجام شد. تیمار اسید هیومیک (پودر تجاری هیومکس حاوی ۸۰ درصد اسید هیومیک، ساخت شرکت Assist - آمریکا)، نیز پس از کاشت در آبیاری اول اعمال شد. آبیاری کرت‌ها به صورت سیفونی انجام شد. آبیاری اول همزمان با کاشت و آبیاری دوم ۱۰ روز بعد از آبیاری اول بمنظور تسهیل در سبز شدن بنه‌ها انجام شد. عملیات سله شکنی به جهت اینکه جوانه‌های گل با سهولت بیشتری از خاک بیرون بیایند و رشد مطلوبی داشته باشند انجام شد. آبیاری‌های بعدی، پس از گلدهی در زمستان طبق عرف منطقه صورت گرفت. در طول مراحل اجرای آزمایش هیچ‌گونه کود شیمیایی، آفت‌کش و علف‌کش شیمیایی مورد استفاده قرار نگرفت و کنترل علف‌های هرز از طریق وجین دستی انجام شد. گل‌های زعفران در اولین ساعات صبح نیمه آبان ماه سال ۹۴، با در نظر گرفتن اثر حاشیه ای (نیم متر فاصله با هر ضلع کرت)، از کل سطح کرت‌ها برداشت شد و قسمت‌های مختلف گل در آون الکتریکی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. لازم به ذکر است که عملکرد گل و کلاله زعفران بخاطر چند ساله بودن آن، کمتر تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی در سال اول قرار می‌گیرد و بهتر است اثر تیمارهای آزمایشی برای عملکرد، از سال دوم به بعد مورد بررسی قرار گیرد؛ اما در مورد صفات بیوشیمیایی و مواد مؤثره با توجه به گزارشات مقالات قبلی در مورد زعفران و

غذایی، تراکم کاشت یکی دیگر از راهکارهای افزایش عملکرد زعفران می‌باشد. تعیین اصولی الگو و تراکم کاشت می‌تواند با تحت تأثیر قراردادن دوره بهره‌برداری زعفران، افزایش تولید در این گیاه را امکان پذیر کند (Behdani et al., 2006). انتخاب تراکم و اندازه مناسب بنه به دلیل افزایش دوره بهره‌برداری از این گیاه، سبب افزایش عملکرد و کاهش طول دوره کاشت تا اقتصادی شدن عملکرد می‌شود (Molina et al., 2005). در مطالعه‌ای روی اثر تراکم بنه و آرایش کاشت بر عملکرد زعفران بیان شد، که با افزایش تراکم تا ۵۰ بنه در مترمربع، عملکرد به طور معنی‌داری افزایش یافت (Alavi-shahri et al., 1994). با توجه به اهمیت گیاه دارویی زعفران و مصارف گسترده آن در صنایع غذایی و دارویی، یکی از راه‌کارهای افزایش عملکرد کیفی زعفران، مدیریت تغذیه و انتخاب تراکم کشت مناسب در مزرعه می‌باشد. با توجه به اینکه تاکنون گزارشی در خصوص تأثیر اسید هیومیک و تراکم کاشت بنه بر صفات کیفی و متابولیت‌های ثانویه گیاه زعفران نشده است، لذا هدف از اجرای این طرح، مطالعه همزمان تأثیر سطوح مختلف اسید هیومیک و تراکم کشت بنه بر مواد مؤثره و صفات بیوشیمیایی گیاه دارویی ارزشمند زعفران می‌باشد تا با انتخاب تراکم کاشت مناسب و استفاده مناسب از نهاده‌های آلی و در نتیجه کاهش اتکاء به کودهای شیمیایی، بتوان در جهت تولید پایدار و افزایش کیفیت این گیاه دارویی مهم دارویی گام برداشت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۴ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دوازده تیمار و سه تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند (عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۹ و ۱۳ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا) به اجرا درآمد. قبل از کشت جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

یکسان تغذیه و تراکم کاشت در دو سال آزمایش، نتایج این صفات در دو سال با هم متفاوت باشند که باید برای هر سال آزمایش، تفسیر جداگانه ای ارائه نمود. لذا با ذکر دلایل فوق، این تحقیق بصورت یکساله بروی صفات بیوشیمیایی و مواد مؤثره زعفران انجام پذیرفت.

گیاهان دارویی دیگر و همچنین با توجه به مکانیسم تولید آن‌ها به نظر می‌رسد می‌توانند در همان سال اول کاشت، تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گیرند. همچنین بخاطر عوامل تاثیرگذار خاص نظیر شرایط آب و هوایی و تنش‌ها (گرما و سرما) بر تولید مواد مؤثره گیاهان دارویی، ممکن است با وجود شرایط

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 1-Physical and chemical characteristics of soil in experimental site

کلاس بافت خاک Soil texture class	ماده آلی Organic matter (%)	نیترژن کل Total N (%)	فسفر قابل دسترس Available P (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم قابل دسترس Available K (mg.kg ⁻¹)	سدیم Na (mg.kg ⁻¹)	اسیدیته خاک pH
لومی	0.68	0.08	60	420.35	98	7.76

جدول ۲- مشخصات اسید هیومیک استفاده شده در آزمایش
Table 2- Characteristics of humic acid used in the experiment

پتاسیم اکسید K ₂ O	فولیک اسید Fulvic acid	هیومیک اسید Humic acid
12%	15%	80%

لوله آزمایش حاوی ۱ میلی‌لیتر عصاره گلبرگ زعفران اضافه شد. سپس مخلوط حاصل به مدت ۳۰ ثانیه با دستگاه ورتکس مخلوط شد، بعد محلول به مدت ۲۰ دقیقه در تاریکی و در دمای اتاق تثبیت گردید. جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر با دستگاه اسپکتوفتومتر مدل (UNICO,2000,Germany) خوانده شد.

(۱) = فعالیت آنتی‌اکسیدانی

۱۰۰* (جذب قرائت شده / جذب نمونه شاهد) - ۱

اندازه‌گیری کل ترکیبات فنولی گلبرگ

عموماً برای اندازه‌گیری مقدار کل ترکیبات فنولی گیاه از روش Follin-Ciocalteu (فولین سیکالتو) استفاده می‌شود (Haghirossadat et al., 2010). در این روش، مقدار کل ترکیبات فنولی براساس یک ترکیب فنولی انتخاب شده، بیان می‌گردد و در اغلب مواقع این ترکیب اسیدگالیک است. معرف فولین در حضور ترکیبات فنولیک در محلول قلیایی احیا و رنگ

اندازه‌گیری آنتی‌اکسیدان گلبرگ

جهت تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل گلبرگ زعفران از روش اندازه‌گیری کاهش ظرفیت رادیکالی و با کمک ۲،۲-دی فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH) استفاده گردید (Turkmen et al., 2005). DPPH ترکیبی است بنفش رنگ که به دلیل حضور گروه‌های فنیل در ساختارش به راحتی به صورت رادیکال درآمده و در واقع منبع رادیکال آزاد می‌باشد. این ترکیب با گرفتن یک الکترون از ترکیب آنتی‌اکسیدان، از رنگ بنفش به زرد تغییر رنگ می‌دهد. رادیکال‌های آزاد موجود در DPPH در ۵۱۷ نانومتر جذب دارند که از قانون بیر لامبرت پیروی می‌کنند و کاهش جذب آن با میزان ماده آنتی‌اکسیدان رابطه خطی دارد. هر چه بر مقدار ماده آنتی‌اکسیدان افزوده شود، DPPH بیشتری مصرف شده و رنگ بنفش بیشتر به سمت زرد میل می‌کند (Haghirossadat et al., 2010). لذا برای این منظور ۲ میلی‌لیتر از محلول اتانولی ۰/۱۵ میلی مولار DPPH به

اندازه‌گیری پیکروسین، سافرانال و کروسین جهت اندازه‌گیری ترکیبات کیفی موجود در کلاله گل از روش استاندارد ملی ایران (INS, 2006) استفاده گردید. میزان مواد مؤثره زعفران (پیکروسین، سافرانال و کروسین) بر مبنای ثبت تغییرات حاصل از چگالی نوری به ترتیب در طول موج‌های ۲۵۷ (پیکروسین)، ۳۳۰ (سافرانال) و ۴۴۰ (کروسین) نانومتر در دمای متوسط تعیین می‌گردد. بر اساس 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 به کمک دور متوسط همزن مغناطیسی حل شد و سپس میزان جذب در طیف‌های ۲۵۷ (پیکروسین)، ۳۳۰ (سافرانال) و ۴۴۰ نانومتر (کروسین) توسط دستگاه اسپکتوفتومتر مدل (UNICO, 2000, Germany) قرائت شدند. عدد به دست آمده در رابطه ۳ قرار داده شد و به ترتیب مقدار پیکروسین، سافرانال و کروسین اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است در این روش نیازی به استفاده از استاندارد نمی‌باشد (INS, 2006).

$$X = A/M \times 100 \quad (3)$$

X = مقدار ترکیب کیفی مشخص بر حسب درصد

A = میزان جذب خوانده شده از دستگاه اسپکتوفتومتر در

طول موج مربوطه

M = وزن خشک کلاله بر حسب میلی‌گرم

در پایان تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل از این تحقیق توسط نرم افزار آماری SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج و بحث

میزان آنتی‌اکسیدان گلبرگ

نتایج تحقیق نشان داد (جدول ۳) که اثر اسید هیومیک و

آبی تولید می‌کند که شدت جذب آن در طول موج ۷۶۰ نانومتر بیانگر مقدار کل ترکیبات فنلی است (Rouhani et al., 2015). لذا جهت اندازه‌گیری ترکیبات کل فنولی گلبرگ زعفران از این روش استفاده شد. بدین منظور، ۰/۵ میلی‌لیتر از معرف فولین سیکالتو به ۰/۵ میلی‌لیتر عصاره گلبرگ زعفران و استانداردهای گالیک اسید اضافه و سپس به محلول حاصل ۴ میلی‌لیتر سدیم کربنات یک مولار اضافه شد. پس از ۱۵ دقیقه نگهداری در دمای محیط، جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۶۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر خوانده شد (Chuah et al., 2008). سپس مقدار کل ترکیبات فنولی نمونه‌ها با استفاده از منحنی استاندارد گالیک اسید محاسبه شد پس از رسم منحنی کالیبراسیون گالیک اسید، معادله خطی منحنی به دست می‌آید که با قراردادن مقادیر جذب به دست آمده از نمونه‌ها در این معادله، می‌توان غلظت معادل گالیک اسید از نمونه گلبرگ را به دست آورد. غلظت به دست آمده بر حسب ppm می‌باشد. پس از تبدیل ppm به میلی‌گرم گالیک اسید، نتیجه نهایی بر حسب میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم خشک عصاره گزارش شد.

اندازه‌گیری آنتوسیانین گلبرگ

اندازه‌گیری آنتوسیانین گلبرگ به روش pH افتراقی انجام گرفت. آنتوسیانین غالب گلبرگ زعفران سیانیدین - ۳ گلیکوزید می‌باشد و طول موج حداکثر آن ۵۲۰ می‌باشد. برای این منظور از دو بافر شامل پتاسیم کلرید و کلریدریک اسید با $pH = 1$ و سدیم استات و کلریدریک اسید با $pH = 4.5$ استفاده شد. نمونه‌ها با بافر به حجم رسانده شدند و سپس در دو طول موج ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر میزان جذب برای هر دو بافر قرائت شد. میزان آنتوسیانین از رابطه ۲ محاسبه گردید (Wrosotad, 1976).

$$A = (A_{max} - A_{700nm}) PH_1 - (A_{max} - A_{700nm}) PH_{4.5} \quad (2)$$

$mg/L = A \times MW \times DF \times 1000 / \epsilon \times d$ آنتوسیانین کل

مترمربع به ۱۰۰ بنه در مترمربع منجر به کاهش معنی دار میزان آنتی اکسیدان شد، بدین ترتیب چنین به نظر می رسد که کاهش تراکم بنه زعفران احتمالاً به دلیل کاهش رقابت و در نتیجه بهبود شرایط رشدی سبب افزایش میزان آنتی اکسیدان شده است.

میزان فنول گلبرگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمار اسید هیومیک با شاهد از نظر میزان فنول گلبرگ تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۳). همچنین تراکم کاشت نیز نتوانست این صفت را تحت تأثیر خود قرار دهد. نتایج برخی بررسی ها نشان داد، بین تراکم های مختلف کاشت بر روی صفات عملکرد گل تازه و عملکرد خشک و تر کلاله تفاوت معنی داری وجود نداشت (Mohammad Abadi et al., 2007).

میزان آنتوسیانین گلبرگ

نتایج آزمایش ما بیانگر اثر معنی دار اسید هیومیک ($p \leq 0.01$) و همچنین برهمکنش اسید هیومیک و تراکم کاشت بر میزان آنتوسیانین گلبرگ بود، گرچه تراکم کاشت تأثیر معنی داری بر این صفت نداشت (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین ها نشان داد (جدول ۴) که با افزایش سطوح اسید هیومیک تا ۱۰ کیلوگرم در هکتار میزان آنتوسیانین نسبت به شاهد افزایش یافت. به طوری که بیشترین میزان این صفت (۴۶/۴۰ میلی گرم در صد گرم وزن خشک) با کاربرد ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و تراکم کاشت ۷۵ بنه در مترمربع حاصل شد (جدول ۶). اثر مثبت اسید هیومیک بر میزان آنتوسیانین را می توان بر pH آن نسبت داد. pH نه تنها روی رنگ آنتوسیانین اثر دارد بلکه باعث استحکام آن ها نیز می شود (Remon et al., 2000). همچنین گزارش شده که اسید هیومیک مانند جیبرلین، آلفا امیلاز و دیگر آنزیم های هیدرولیز کننده را تحریک می کند و در افزایش کربوهیدرات و سطوح

تراکم کاشت و اثر متقابل آن ها بر میزان آنتی اکسیدان گلبرگ معنی دار گردید ($p \leq 0.01$). مقایسه میانگین ها نشان داد که بالاترین درصد آنتی اکسیدان گلبرگ (۶۹/۷۸ درصد) مربوط به تیمار ۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و تراکم ۵۰ بنه در مترمربع بود (جدول ۶). مطالعات بسیاری به اثر اسید هیومیک به فعالیت آنتی اکسیدانی اشاره دارد (Zhang & Schmidt, 1999; Fu jiu et al., 1995). میزان مواد مؤثره موجود در گیاهان دارویی به شرایط آب و هوایی، روش های زراعی، مدیریت آبیاری و همچنین تغذیه کودی بستگی دارد، بنابراین بهبود عملکرد کمی و کیفی می تواند توسط هریک از این عوامل حاصل گردد (Kuntal et al., 2007). از بین این عوامل، نقش تغذیه کودی، بسیار مهم و تأثیرگذار می باشد. با توجه به گزارشات موجود مبنی بر اثر مثبت کودهای آلی از طریق در دسترس قرار دادن عناصر غذایی و بهبود خواص فیزیکی شیمیایی خاک بر کیفیت گیاه (Ahmadiyan et al., 2010)، می توان اظهار داشت که اسید هیومیک با افزایش حاصلخیزی خاک و بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مانند نفوذپذیری، تهویه، دانه بندی، ظرفیت نگهداری آب در خاک، تحرک و در دسترس قرار دادن مواد غذایی (Khan et al., 2012) و از طریق فعالیت شبه هورمونی (Zhang & Schmidt, 2000) می تواند سبب افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی گیاه گردد. همچنین اسید هیومیک عموماً مانند تنظیم کننده های رشد اکسین و سایتوکینین عمل می کند و سبب بهبود تحمل به تنش های مختلف، فعالیت آنتی اکسیدانی و در نهایت کیفیت گیاه می شود (Zhang & Schmidt, 2000). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2009)، با مطالعه اثر کودهای بیولوژیک و شیمیایی و الگوهای کشت پر تراکم بنه زعفران دریافتند، که کاربرد کود زیستی و تراکم کاشت ۵۰ و ۱۰۰ بنه در مترمربع، بیشترین تعداد گل را تولید کرد. همان گونه که مشاهده می شود (جدول ۵)، افزایش تراکم از ۵۰ بنه در

نسبت به شاهد نشان داد ($p \leq 0.01$)، اما سطوح مختلف تراکم کاشت و اثر متقابل بین اسید هیومیک و تراکم کاشت تأثیر معنی‌داری بر میزان این صفات نداشتند (جدول ۳). با دقت در نتایج مقایسه میانگین در می‌یابیم که در تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک، میزان سافرانال (۲۰/۱۷ درصد) و کروسین (۵۵/۵۷ درصد) در مقایسه با شاهد (۱۵/۷ درصد) و (۴۳/۱۲ درصد) افزایش محسوسی یافته است (جدول ۴). تحقیقات بسیاری به نقش کودهای غیر شیمیایی در افزایش متابولیت‌های ثانویه زعفران اشاره دارد (Naghdi Buddy et al., 2011; Heidari et al., 2014; Rasouli et al., 2015). نتایج گلزاری (Golzari, 2016)، بیانگر تأثیر معنی‌دار اسید هیومیک و کودهای زیستی بر متابولیت‌های ثانویه زعفران بود. همچنین اسماعیلی و همکاران (Ismaeili et al., 2015) نشان دادند که بیشترین میزان هر یک از مواد مؤثره پیکروسین (طعم) سافرانال (عطر) و کروسین (رنگ) در زعفران‌های تیمار شده با تلفیق کودهای آلی و کمترین آن‌ها در شاهد به دست آمد. مصرف کودهای آلی نظیر اسید هیومیک جهت افزایش کیفیت در گیاهان دارویی حائز اهمیت است (Ahmadian et al., 2010).

آنتوسیانین اثر دارد (Edrisi, 2009). طی آزمایشی با بررسی اثر کود حیوانی و تراکم کاشت بنه، بر گل دهی زعفران بیان شد که تعداد گل، وزن گل و کلاله با افزایش تراکم افزایش یافت، در حالی که اثر اصلی مقدار کود تنها بر وزن تر و خشک کلاله معنی‌دار شد (Mohebi & Klarestaghi, 2012). در بررسی دیگری نشان داده شد که با افزایش تراکم کاشت و کاربرد کود آلی تعداد گل زعفران افزایش یافت (Koocheki et al., 2014).

پیکروسین، سافرانال و کروسین

نتایج تجزیه واریانس نشان داد (جدول ۳)، که اثر اسید هیومیک و تراکم کاشت و نیز اثر متقابل آن‌ها بر میزان پیکروسین معنی‌دار بود ($p \leq 0.01$). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با مصرف ۱۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و تراکم کاشت ۷۵ بنه در مترمربع میزان پیکروسین به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. به‌طوری که بیشترین مقدار آن (۴۰/۶۰ درصد) در این تیمار به دست آمد (جدول ۶). میزان سافرانال و کروسین نیز تحت تأثیر تیمار اسید هیومیک قرار گرفت و استفاده از اسید هیومیک تفاوت معنی‌داری را در میزان سافرانال و کروسین

جدول ۳- تجزیه واریانس خصوصیات گل زعفران تحت تیمارهای اسید هیومیک و تراکم بنه

Tables 3- Analysis of variance for saffron flower characteristics under Humic acid and corm density treatments							
منابع تغییرات	درجه‌آزادی	کروسین	سافرانال	پیکروسین	آنتوسیانین	فنول	آنتی‌اکسیدان
Source of variation	df	Crocin	Safranal	Picrocin	Anthocyanin	Phenol	Antioxidan
بلوک	2	8.48ns	1.4ns	4.89ns	9.64ns	7.29ns	1043ns
Block							
اسید هیومیک	3	243.72**	30.32*	81.56**	32.48**	6.68ns	36.57**
Humic acid							
تراکم	2	4.15ns	21.81ns	90.45**	9.51ns	0.88ns	37.64**
Density							
اسید هیومیک * تراکم	6	14.37ns	7.64ns	60.88**	13.52*	22.73ns	61.77**
Humic acid * density							
خطا	22	8.44	9.03	5.25	4.21	11.53	5.93
Error							
ضریب تغییرات		5.99	16.88	7.29	4.95	0.77	4.20
C.V. (%)							

ns, ** و * به ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد. ns, ** and * represent non significant at 1 and 5% level of probability, respectively.

جدول ۴- اثرات غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر ویژگی‌های کیفی زعفران

Tables 4- Effects of Humic acid concentrations on qualitative characteristics of saffron

اسید هیومیک Humic acid (Kg. ha ⁻¹)	کروسین Crocin (%)	سافرانال Safranal (%)	پیکروسین Picrocin (%)	آنتوسیانین Anthicyanin (mg.100 g ⁻¹)	فنول Phenol (mg.100 g ⁻¹)	آنتی‌اکسیدان Antioxidan (%)
0	43.12 ^c	15.70 ^b	27.18 ^c	39.58 ^b	437.41 ^a	55.86 ^b
5	48.23 ^b	17.74 ^{ab}	31.55 ^b	42.80 ^a	437.47 ^a	60.67 ^a
10	55.57 ^a	20.17 ^a	34.07 ^a	43.30 ^a	439.05 ^a	57.77 ^b
15	47.00 ^b	17.54 ^{ab}	32.88 ^{ab}	40.00 ^b	437.16 ^a	57.31 ^b

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.
Similar letters in each column was not significant at 5% level based on DMRT.

جدول ۵- اثرات سطوح مختلف تراکم کاشت بر ویژگی‌های کیفی زعفران

Tables 5- Effects of corm density on qualitative characteristics of saffron

تراکم کاشت Planting density (corms.m ⁻²)	کروسین Crocin (%)	سافرانال Safranal (%)	پیکروسین Picrocin (%)	آنتوسیانین Anthicyanin (mg.100 g ⁻¹)	فنول Phenol (mg.100 g ⁻¹)	آنتی‌اکسیدان Antioxidan (%)
50	47.88 ^a	18.04 ^a	31.73 ^b	40.96 ^a	437.93 ^a	59.60 ^a
75	48.50 ^a	19.00 ^a	34.00 ^a	42.45 ^a	437.46 ^a	58.05 ^{ab}
100	49.06 ^a	16.33 ^a	28.53 ^c	40.85 ^a	437.93 ^a	56.06 ^b

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.
Similar letters in each column was not significant at 5% level based on DMRT.

جدول ۶- بر همکنش سطوح مختلف اسید هیومیک و تراکم کاشت بر صفات کیفی زعفران

Tables 6- Interactive effects of humic acid and density on qualitative characteristics of saffron

اسید هیومیک Humic acid (Kg. ha ⁻¹)	تراکم کاشت Planting density (corms.m ⁻²)	پیکروسین Picrocin (%)	آنتوسیانین Anthicyanin (mg.100 g ⁻¹)	آنتی‌اکسیدان Antioxidan (%)
0	50	26.3 ^{ef}	41.8 ^{bc}	57.1 ^{bcd}
0	75	27.7 ^{def}	39.5 ^{cd}	55.8 ^{bcd}
0	100	27.4 ^{def}	37.3 ^d	54.50 ^d
5	50	31.2 ^{cd}	42.5 ^{bc}	69.70 ^a
5	75	29.9 ^{cde}	43.7 ^{ab}	56.5 ^{bcd}
5	100	33.4 ^{bc}	42.1 ^{bc}	55.6 ^{bcd}
10	50	35.8 ^b	39.8 ^{bcd}	56.7 ^{bcd}
10	75	37.6 ^{ab}	46.04 ^a	59.4 ^{bc}
10	100	28.7 ^{def}	43.6 ^{ab}	57.1 ^{bcd}
15	50	33.5 ^{bc}	39.6 ^{cd}	54.7 ^{cd}
15	75	40.60 ^a	40.1 ^{bcd}	60.30 ^b
15	100	24.40 ^f	40.2 ^{bcd}	56.8 ^{bcd}

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.
Similar letters in each column was not significant at 5% level based on DMRT.

ترکیبات آلی در گیاهان نسبت داد (Santiago et al., 2009). همچنین ممکن است، به این دلیل باشد که کود آلی بر فراهمی ترکیبات، مواد هورمونی و ویتامین‌های محلول در آب، ایجاد حالت همکاری متقابل با سایر میکروارگانیسم‌ها و تولید ترکیبات

افزایش میزان مواد مؤثره زعفران 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 آن‌ها و همچنین افزایش فعالیت آنزیم‌های درگیر در سنتز

کاشت توانسته اند بر اکثر شاخص‌های کیفی و مواد مؤثره گیاه دارویی زعفران اثر مثبت بگذارند. در این تحقیق، سطوح پایین اسید هیومیک (۵ کیلوگرم در هکتار) و تراکم کاشت متوسط (۷۵ بنه در مترمربع) بیشترین تأثیر را بر خصوصیات کیفی گیاه اعمال کردند. هر چند لازم است سطوح پیشنهادی در این تحقیق، در مناطق و آزمایشات دیگر هم مورد تأیید قرار گیرد. بطور کلی، با توجه به نتایج این مطالعه، به نظر می‌رسد که تراکم کاشت مناسب و استفاده بهینه از نهاده‌های آلی از جمله اسید هیومیک (البته با توجه به در نظر گرفتن شرایط خاک هر منطقه و قابل جذب بودن این کود در خاک) می‌تواند برای بهبود بخشیدن به صفات کیفی و مواد مؤثره این گیاه ارزشمند مد نظر قرار گیرد. هرچند با توجه به چندساله بودن زعفران، نتایج سال‌های آینده می‌تواند نتایج این آزمایش را کامل‌تر نماید.

اولیه مؤثر در بیوسنتز گلوکوزیدها و تجزیه آن‌ها به ترکیبات ثانویه زعفران نقش داشته باشد. (Nieto & Frankenberger, 1991). همچنین تأثیرگذاری کم تراکم به صفات بیوشیمیایی و مواد مؤثره را می‌توان به رقابت بین بنه‌ها بر سر جذب مواد غذایی نسبت داد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2009) گزارش کردند، که تراکم زیاد بنه‌های زعفران و تجمع آن‌ها در مزرعه می‌تواند باعث ایجاد رقابت شدید برای عناصر غذایی و کاهش فضای مناسب برای رشد گردد که این عامل می‌تواند روی میزان مواد مؤثره زعفران نیز تأثیر منفی بگذارد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج یکساله و با توجه به شرایط محیطی و خاک حاصله از این آزمایش، مشخص شد که اسید هیومیک و تراکم

منابع

- Ahmadian, A., Ghanbary, A., Gluy, M., Siyahsar, B., and Arazmjoo, A. 2010. Different irrigation regimes and manure on the elements essential oil content and chemical composition cumin. *Ecophysiology of Crop Plants and Weeds* 16: 83-94.
- Alavi-Shahri, H., Mohajeri, M., and Folaki, M.A. 1994. Evaluation of plant density (planting distance) on saffron yield. *Proceedings of 2nd Meeting of Saffron and Medicinal Plant Agronomy*, Gonabad, Iran, 8-9 November 1994, p.13-20.
- Behdani, M.A., Koocheki, A., Nassiri, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2006. Evaluation of quantitative relationships between saffron yield and nutrition (on farm trial). *Iranian Journal of Field Crops Research* 3:1-14. (In Persian with English Summary).
- Chuah, A.M., Lee, Y.C., Yamaguchi, T., Takamura, H., Yin, L.J., and Matoba, T. 2008. Effect of cooking on the antioxidant properties of colored peppers. *Food Chemistry* 111:20-28.
- Daneshvar Kakhki, M., and 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.
- Edrisi, B. 2009. Post harvest physiology of cut flowers. *Publications Payam Digar*, Arak.
- Fu Jiu, C., Dao Qi, Y., and Quing Sheng, W. 1995. Physiological effects of humic acid on drought resistance of wheat (in Chinese). *Yingyong Shengtai Xuebao* 6: 363-367.
- 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).
- Heidari, Z., Besharati, H., and Maleki Farahani, S.

2014. Effect of some chemical fertilizer and bio fertilizer on quantitative and qualitative characteristics of saffron. *Saffron Agronomy and Technology* 2 (3): 187-189. (In Persian with English Summary).
- Haghirossadat, F., Bernard, F., Kalantar, M., Sheikha, M., and Hokmollahi Azimzadeh, M. 2010. *Bunium Persicum* (Black Caraway) of Yazd province: Chemical assessment and Evaluation of its antioxidant effects. *Journal of Shaheed Sadoughi University of Medical Sciences* 18 (3): 284-291.
- INS (Iran National Standard). 2006. Research Institute of Standard and Iran. *Saffron Bulletin*, No. 259.
- Ismaeili, V., moradi, P., and Ansari, Kh. 2015. Changes of crocin, picrocrocin 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). *Journal of Chemical Society of Pakistan* 6: 56-63.
- 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.
- 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*. *Journal of Medicinal Plants Research* 1 (1): 5-8.
- Koocheki, A., Siahmarguee, A., Azizi, G., and Jahani, M. 2011. The effect of high density and depth of planting on agronomic characteristic of saffron (*Crocus sativus* L.) and corms behavior. *Journal Agroecology* 3: 36-49. (In Persian with English abstract).
- 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. *Journal of Saffron Research* 1 (2): 144-155. (In Persian with English Summary).
- Lozano, P., Castellar, M., Simancas, M., and Iborra, L. 1999. Quantitative high-performance liquid chromatographic method to analyze commercial saffron (*Crocus sativus* L.) products. *Journal of Chromatography* 830: 477-483.
- Malakuti, M.G. 1996. Resistant agriculture and yield increase with optimization use fertilizer in Iran. Instruction Agriculture Publication, Tehran. (In Persian).
- Mohammad-Abadi, A.A., Rezvani-Moghaddam, P., and Sabori, A. 2007. Effect of plant distance on flower yield and qualitative and quantitative characteristics of forage production of saffron (*Crocus sativus* L.) in Mashhad conditions. *Acta Horticulturae (ISHS)* 739: 151-153.
- Mohebi, N.K., and Klarestaghi, B. 2012. Effect of animal manure and crop density on saffron (*Crocus sativus* L.) flowering. 12th Iranian Crop Science Congress, Islamic Azad University, Karaj Branch, Iran, 6-9 September, p.34-37. (In Persian with English Summary).
- Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y.J., Guardiola, L., and Garcia-Luice, A. 2005. Temperature effects on flower formation in

- saffron (*Crocus sativus* L.). *Sciatica Horticultural* 103: 361-379.
- Naghdi Buddy, H., Omidi, H., Golzad, A., Torabi, H., and Fotoukiyan, M. 2011. Changes of crocin, picrocrocin and safranin and agronomic characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) the impact of biological and chemical phosphate fertilizers. *Journal of Medicinal Plants* 4 (40): 58-68. (In Persian).
- Nieto, K.F., and Frankenberger, W.T. 1991. Influence of adenine, isopentyl alcohol and *Azotobacter chroococcum* on vegetative growth of *Zea mays*. *Plant Soil* 135: 213-219.
- Omidi, H., Naghdi Badi, H., Golzad, A., Torabi, H., and Fotoukiyan, M. 2009. The effect of chemical and bio-fertilizer source of nitrogen on qualitative and quantitative of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Medicinal Plants* 2 (30): 98-109. (In Persian).
- Patten, C.L., and Glick, B.R. 1996. Bacterial biosynthesis of indole-3-acetic acid. *Canadian Journal of Microbiology* 42: 207-209.
- Rasouli, Z., Maleki Farahani, S., and Besharati, H. 2015. Saffron (*Crocus sativus* L.) yield as affected by different fertilizing systems. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 31 (2): 204-219. (In Persian with English Summary).
- Remon, S., Ferrer, A., Marquina, P., Burgos, J., and Oria, R. 2000. Use of modified atmospheres to prolong the postharvest life of burlat cherries at two different degrees of ripeness. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80 (10): 1552-1545.
- Rouhani, R., Eyenafshar, S., and Ahmadzadeh, R. 2015. Study of anthocyanin and antioxidant compounds derived ethanol extract saffron flag with the help of ultrasound technology. *Iranian Food Science and Technology* 11 (2): 161-170.
- 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).
- 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.
- Sharif, M., Khattak, R.A., and Sarir, M.S. 2002. Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plants. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 33: 3567-3580.
- Sidari, M., Atina, E., Francioso, O., Tugnoli, V., and Nardi, S. 2006. Biological activity of humic substances is related to their chemical structure. *Soil Science Society of America Journal* 71: 75-85.
- Toor, R.K., Geoffrey, P., and Savagea, A.H. 2006. Influence of different types of fertilizers on the major antioxidant components of tomatoes. *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 20-27.
- Turkmen, N., Sari, F., and Veliglu, Y.S. 2005. The effect of cooking methods on total phenolic and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry* 93: 713-718.
- Wrosotad, R.E. 1976. Color and pigment analysis in fruit products. Oregon State University Publications Limited, Cornwallis.
- Zhang, X., and Schmidt, R.E. 1999. Antioxidant response to hormone containing product in Kentucky bluegrass subjected to drought. *Crop Science* 39: 545-551.
- 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 Science* 40: 1344-1349.

Effects of different humic acid levels and planting density on antioxidant activities and active ingredients of saffron (*Crocus sativus* L.)

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

Submitted: 13 February, 2016

Accepted: 19 May, 2016

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 Agronomy & Technology 5(1): 61-71.

Abstract

The effects of applications of humic acid and planting density on antioxidant activities and components of saffron were evaluated under field conditions. Treatments were of four levels of humic acid (0, 5, 10 and 15 Kg.ha⁻¹) and three densities of planting (50, 75 and 100 corms.m⁻²). The experiment was designed in randomized block design with three replications at the research station of the Faculty of Agriculture at the University of Birjand during the growing season of 2015. Petal antioxidant compounds (antioxidan, total phenol and Anthocyanins) and active ingredients of saffron (picrocin, safranal and crocin) were influenced by humic acid and planting density treatments. The highest antioxidant activity (69.7%) was obtained in plants treated with 5 kg.ha⁻¹ humic acid with a planting density of 50 corms.m⁻². However, no significant difference was found in phenol content under different treatments. The highest anthocyanin content (46.4 mg.100 g⁻¹) was observed in 10 kg.ha⁻¹ humic acid with a planting density of 75 corms.m⁻². Picrocin content was influenced in response to humic acid planting density and the highest value (40.60%) was obtained from 15 kg.ha⁻¹ humic acid with a planting density of 75 corms.m⁻². The highest safranal (20.1%) and crocin (55.57%) were obtained in plants treated with 10 kg.ha⁻¹ acid humic, while the lowest values were recorded in the control (15.70%) and (43.12%) respectively. Thus, the results showed that humic acid and planting density have strong impacts on antioxidant compounds and active ingredients of saffron under field conditions.

Keywords: Organic fertilizers, Plant spacing, Quality performance.

1- M.Sc. Student of Horticultural Science (Medicinal plants), Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran

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

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

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

DOI: 10.22048/jsat.2017.40889