مقاله پژوهشی

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال شانزدهم، شماره ۶۱، بهار ۱۴۰۰ / صفحات: ۶۳-۴۵
Doi: 10.30495/iper.2021.679512 Dor: 20.1001.1.76712423.1400.16.61.4.2

تأثیر نانو ذرات نقره و وزن بنه بر صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک زعفران (*Crocus sativus* L.) تحت شرایط اقلیمی سیستان

فاطمه محمودی[۱]، نفیسه مهدی‌نژاد[۱*]، براتعلی فاخری[۱]، احمد احمدیان[۲]

[۱]گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

[۲]گروه تولیدات گیاهی و گیاهان دارویی، پژوهشگر پژوهشکده زعفران، دانشگاه تربت حیدریه، تربیت حیدریه، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۳/۰۵ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۹/۰٤

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر نانو ذرات نقره و وزن بنه بر صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک زعفران تحت شرایط اقلیمی منطقه سیستان آزمایشی در روستای دادی واقع در بخش تیمور آباد شهرستان هامون به صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و ۳ تکرار بر دو وزن مختلف بنه زعفران (شامل کمتر از ۸ گرم و بیشتر از ۸ گرم) و دو غلظت تیمار نانو نقره (صفر و ۵۰ppm) طی دو سال متوالی، ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۵ انجام شد. نتایج نشان داد که استفاده از تیمار نانو ذرات نقره در هر دو سال تاثیر معنی‌دار بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی داشته و کلیه صفات مورد بررسی را در مقایسه با شاهد افزایش داد. همچنین تاثیر تیمار وزن بنه نیز بر تمامی صفات در طی این دو سال در بنه‌های بزرگتر از ۸ گرم معنی‌دار شد. نتایج حاصل از تجزیه صفات کمی و رنگ زعفران به روشHPLC نشان داد که در سال‌های اول و دوم رنگیزه، طعم و عطر زعفران در نمونه‌ای که به محلول نانو ذرات نقره آغشته شده بود افزایش قابل ملاحظه‌ای نسبت به نمونه شاهد داشت .مقایسات نشان داد که در نمونه‌های بیشتر از ۸ گرم افزایش صفات نسبت به نمونه‌های کوچک‌تر معنی‌دار بود. نتایج این تحقیق نشان می‌هد که بنه گیاه زعفران با اندازه مطلوب درصورتی که در شرایط محیطی گرم و خشک تحت تأثیر محلول نانو نقره با غلظت‌های مناسب قرار گیرد می‌توان شاهد افزایش صفات کمی و کیفی و حتی بهبود صفات اقتصادی در این گیاه بود.

واژه‌های کلیدی: بنه، پیکروکروسین، سافرانال، کروسین، کروستین

مقدمه

زعفران با نام عمومی (Saffron) و نام علمی (*Crocus sativus* L.) گیاهی علفی، چند ساله و متعلق به خانواده زنبقیان (Iridaceae) و یکی از با ارزشترین گونه‌های کشاورزی و دارویی جهان می‌باشد که بخش اقتصادی آن، کلاله سه شاخه حاصل از گل است (Grilli-Caiola, 2004). زعفران گیاهی عقیم بوده و تکثیر آن از طریق بنه انجام می‌شود. (Kafi et al., 2006). در طب سنتی زعفران به‌عنوان آرام بخش، ضداسپاسم، اشتهاآور و مقوی استفاده می‌شود (Najari et al., 2016). ایران به‌عنوان خاستگاه اصلی زعفران در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد (Rezvani et al., 2012). ارزش کیفی زعفران به علت وجود متابولیت‌های ثانویه اصلی و مشتقات آن می‌باشد. ترکیبات زرد رنگ کروسین مربوط به رنگ، مواد تلخ پیکروکروسین مربوط به طعم و سافرانال عامل عطر و بوی زعفران می‌باشد (Omidi et al., 2009). از طرفی عقیم بودن زعفران سبب شده

*نویسنده مسئول: nmahdinezhad@uoz.ac.ir

است که ازدیاد آن صرفاً به روش رویشی باشد و تکثیر آن از طریق تولید بنه‌های دختری بر روی بنه مادری صورت گیرد (Gresta et al., 2009).

در بررسی اثر وزن بنه در گل‌آوری زعفران طی ۳ سال مشاهده شد که بنه‌های۲ گرمی، توان گل‌آوری نداشتند و برای بنه‌های ۲ تا ۸ گرم نیز این توان محدود بود، در حالی که درصد گل‌آوری و مقدار گل در بنه‌های بیش از ۱۰ گرم افزایش چشمگیری داشته و بنه‌های ١٤ گرمی در همان سال اول توانست تا ۳/۵ کیلوگرم زعفران خشک در هر هکتار تولید نماید. بنه‌های درشت از طریق تولید بنه‌های بیشتر و درشت‌تر ظرفیت گل‌آوری و عملکرد مزرعه را در دو سال بعد نیز افزایش داد، به طوری که در سال دوم ۱۱ کیلوگرم و در سال سوم ۲۰ کیلوگرم زعفران خشک در هکتار تولید شد. که میانگین ۳ ساله آن ۲ برابر تولید مزارع سنتی بود (Sadeghi, 1993). وزن پیاز یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده میزان گلدهی و عملکرد زعفران می‌باشد، افزایش وزن پیاز مادری موجب افزایش تعداد گل نیز می‌شود (Alizadeh-Salteh, 2016). بیشترین عملکرد کلاله خشک از پیازهای با وزن بالاتر از ۱۰ گرم به دست آمد، دلیل این امر ذخیره مواد غذایی بیشتر در پیازهای با وزن بیشتر است که منبع مواد فتوسنتزی مورد نیاز گیاه را تامین می‌نماید (Molafilabi et al., 2014). محققین دریافتند کاشت بنه‌های مادری بزرگ در خاک‌های سبک منجر به تولید ۳۳ گل در مترمربع می‌شود و استفاده از بنه‌های کوچک میزان وسرعت گلدهی را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد. استفاده از بنه‌های بزرگ راهکاری مناسب برای استفاده حداکثری از منابع در سال اول کاشت زعفران بیان نمودند (Fallahi et al., 2017).

نانو تکنولوژی می‌تواند سبب افزایش بهره‌وری محصولات کشاورزی، کاهش خسارت محصولات پس از برداشت، بهبود کیفیت محصول، بازار پسندی بیشتر محصولات به بازار و حتی کمک به تصفیه آب‌های زیرزمینی شود (Joseph and Morrison, 2006). علاوه بر این ترکیبات نقره از جمله نمک نقره، سیلیکات و پلیمرهای قابل حل در آب و اشعه‌ی رادیواکتیو آن به‌عنوان یک تحریک کننده رشد گیاهی بسیار عالی محسوب می‌شوند (Sharon et al., 2010).

در مراحل اولیه رویش بذر در گیاهان گندم حضور نانو ذرات نقره، به ویژه در ۲ تا ۵ میلی مولار، اثر منفی تنش شوری را کاهش داد. نانو ذرات نقره تحمل نمک را در گندم افزایش داد و می‌توان از آن به عنوان یک استراتژی برای محصولات زراعی در خاک‌های شور استفاده کرد (Mohamed et al., 2017). نانو درات نقره با غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام میزان کلروفیل a و b را در برگ‌های ماش سبز به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش می‌دهد (Najafi and Jamei, 2014). در پژوهشی دیگر بر روی گیاه الوورا تاثیر نانو ذرات نقره بر تولید مهم‌ترین متابولیت ثانویه این گیاه Aloin نشان داد که با افزایش غلظت نانونقره بیومس افزایش و تولید متابولیت ثانویه کاهش یافت. شاید علت این باشد که نانو ذرات نقره می‌تواند بر فعالیت آنزیم‌های دخیل در رشد سلول اثر بگذارد (Raei et al., 2014).

همچنین نانو ذرات نقره مشخصات رشدی گیاه (طول ساقه، ریشه و سطح برگ) و ویژگی‌های بیوشیمیایی (محتویات کلروفیل، کربوهیدرات، پروتئین و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی) در براسیکا جانسیا (کلزا)، لوبیا و ذرت را افزایش داده است (Sharma et al., 2012). در تحقیقی بر روی شمعدانی واریته Foxy نشان داده شد که کلروفیل‌های a، b و کل در تیمار ٦٠ میلی‌گرم در لیتر نانو نقره بیشترین میزان را داشتند. تیمار ppm ۱۵ نانو ذرات نقره منجر به بیشترین افزایش میزان کلروفیل در گیاه گل مریم

شد (Asgari et al., 2013). دما و بارش نقش مهمی در رشد و نمو و به ثمر رسیدن محصول دارند، دما نقش عمده‌ای در تاریخ کشت و پیش‌بینی مراحل مختلف رشد و نمو تا برداشت محصول ایفا می‌کند و بارش و رطوبت خاک شرایط لازم را برای رشد و نمو محصول تأمین می‌کند (Ghatre Saman, 2005). هرچه دامنه نوسان ماهانه و میزان افت دما در طول شب در طی ماه‌های سپتامبر و اکتبر که همزمان با اواخردوره کاشت و آغاز گلدهی و ماه نوامبر که با اوج گلدهی مصادف است بیشتر باشد. صبح روز بعد تعداد گل‌های بیشتری باز شده و در نتیجه میزان محصول بالا می‌رود (Mobaraki, 2005).

به‌دلیل کمبود آب در کشور و به خصوص در منطقه سیستان و با توجه به اقتصادی بودن زعفران، موارد مصرف فراوان این محصول (تغذیه، صنعت، دارو و غیره) و نیاز اندک آن به آب، بدیهی است که با افزایش تولید از طریق افزایش سطح زیرکشت، یافتن مناطق جدید مستعد کشت و تاریخ مناسب کشت این محصول و همچنین توسعه صادرات زعفران به روش صحیح می‌توان درآمد ارزی قابل اطمینانی را برای کشور تأمین کرد. این تحقیق باهدف تاثیر نانوذرات نقره و وزن بنه بر صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک زعفران تحت شرایط اقلیمی سیستان انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در روستای دادی واقع در بخش تیمورآباد شهرستان هامون طی دو سال زراعی ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۵ انجام شد.این منطقه در طول جغرافیایی ٦١ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲ دقیقه شمالی واقع شده است. ارتفاع آن از سطح دریا ٤٨٩ متر، دارای اقلیمی بیابانی با تابستان بسیار خشک و زمستان ملایم است. میانگین دمای سالانه ۲۱/۷، حداکثر مطلق دما ٤٩ و حداقل مطلق آن ۷- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میانگین سالانه رطوبت نسبی ۳۹ درصد و میانگین بارندگی و تبخیر سالانه به‌ترتیب ۵۳ و ۵۰۰۰-٤۰۰۰ میلی‌متر است. فاکتورهای مورد بررسی شامل: وزن بنه در دو سطح (کمتراز ۸ گرم و بیشتر از ۸ گرم) و محلول نانوذرات نقره در سطح (عدم مصرف و ۵۰ppm) بود. قبل از کاشت زعفران، از خاک مزرعه جهت انجام تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌برداری شده و به آزمایشگاه تحقیقات دانشگاه زابل جهت آزمایشات منتقل شد. نتایج حاصل از تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در جدول ۱ ارائه شده است. زعفران از پژوهشکده زعفران تربت حیدریه واقع در خراسان رضوی تهیه گردید در شهریورماه ۱۳۹۳ زمین برای کشت آماده شده و کرت‌هایی با طول دو متر و عرض یک متر تهیه شد. در داخل هر کرت فواصل ردیف‌های کشت ۲۰ سانتی‌متر، فواصل بین بوته‌ها ۱۰سانتی‌متر و عمق کاشت بنه‌ها حدود ۱۵سانتی‌متر بوده قبل از کاشت، بنه‌های ریز و درشت از هم جدا شده و نمونه‌های سالم جهت کشت آماده گردید. روش پیش تیمار کردن به این صورت بود که بنه‌های زعفران قبل از اینکه کشت شوند به مدت ۹۰ دقیقه در محلول نانو ذرات نقره با غلظت ذکرشده آغشته شدند .اولین آبیاری در اوایل مهرماه به صورت سنگین جهت جایگیری بنه‌ها در خاک صورت گرفت آبیاری دوم ۱۰روز بعد از آبیاری اول به منظور تسهیل در سبز شدن بنه‌ها انجام شد. در شروع فصل رشد، برای سله شکنی از کج بیل و چهار شاخ فلزی با عمق کم استفاده شد تا جوانه‌های گل با سهولت بیشتری از خاک بیرون آمده و رشد مطلوبی داشته باشند. آبیاری‌های بعدی تا زمان برداشت بنه‌ها به تعداد پنج مرتبه و به غیر از زمان‌های بارندگی انجام گرفته و پس

از آن تا زمان ظهور گل‌ها در سال دوم یک مرتبه دیگر آبیاری انجام شد. کنترل علف‌های هرز از طریق وجین دستی انجام شد. پس از ظهور گل‌ها و در پایان تیماردهی، طول اندام‌های هوایی و ریشه با استفاده از خط‌کش برحسب میلی‌متر تا سانتی‌متر گزارش گردید. پس از جدا کردن اندام‌های هوایی وزن هر یک برحسب گرم با ترازوی Sartarius مدل Bp2llD با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. در هر مرحله تعداد برگ، تعداد جوانه و تعدادبنه دختری شمارش شد. پس از اندازه‌گیری برگ‌ها قطر آن‌ها توسط کولیس تایین گردید. اندازه گیری میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه با استفاده از روش آرنون (Arnon, 1967) صورت گرفت. بر طبق این روش، ۰/۰۵ گرم از بافت تازه برگ گیاه مورد نظر در هاون چینی حاوی ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد کاملا هموژنیزه گردید. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در ٤۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شده ومحلول صاف شده بالایی را داخل کووت ریخته و با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ٦٦٣، ٦٤٥ و٤٨٠ قرائت شد.با استفاده از روابط زیر میزان کلروفیل a، کلروفیلb وکاروتنوئید برحسب میلی‌گرم برگرم وزن تر محاسبه گردید

$$Chl\ a= (19.3\times A663-0.86\times A645)V/100W$$
$$Chl\ b= (19.3\times A645-3.6\times A663)V/100W$$
$$Carotenoids = (1000\times A480- 1.82\times Chl\ a- 85.02\times Chl\ b)/198$$

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

بافت خاک	پتاسیم قابل جذب $K_{ava.}$ (ppm)	سدیم قابل جذب $P_{ava.}$(ppm)	نیتروژن کل N_{total} (ppm)	کربنات کلسیم H(%)	ماده آلی OM(%)	هدایت‌الکتریکی EC($ds.m^{-1}$)	واکنش خاک PH
لومی	٤٤/۳۹	۵۸۹/۹	۰/۰٤۳	۲۹	۱/۵۱۲	۳/٤٤	۸

بعد از جدا کردن گلبرگ‌ها، وزن تر و خشک کلاله اندازه‌گیری و تعیین شد. پس از جمع‌آوری، کلاله‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و به دور از نور مستقیم خورشید در محیط سایه به‌طور کامل خشک شدند. متابولیت‌های ثانویه اصلی زعفران به روش HPLC اندازه‌گیری و تعیین شدند (Mounira et al., 2009). به منظور عصاره‌گیری نمونه کروسین، پیکروکروسین و سافرانال، بافت نمونه در ۲۰ برابر حجم (وزن) از متانول فوق خالص وارد و هموژن شد. سپس وارد دستگاه سونیکاتورشده به مدت ۱۵ دقیقه سونیکه گردید. سپس ٢٤ ساعت در تاریکی و یخچال قرار داده شد. سپس از فیلتر ٤٦ صدم میکرومتر عبور داده و از آن برای تزریق به HPLC استفاده گردید. برای ارزیابی، ۲۰ میکرومتر از عصاره نهایی به ستون Zorbax-S_B-C_{18} به طول ۲۵ سانتی‌متر و قطر داخلی ٤٦ میلی‌متر و قطر ذرات ۵ میلی‌متر متصل به دستگاه HPLC مدل Unicam crystal 200 ساخت انگلستان تزریق شد. فاز متحرک شامل مخلوط مساوی از آب دیونیزه خالص و استونیتریل است که با سرعت یک میلی‌لیتر بر دقیقه از ستون عبور می‌کند. دتکتور از نوع Photo diodarray است که به ترتیب برای پیکروکروسین در طول موج ۲۵۰ نانومتر و برای سافرانال در ۳۱۰ نانومتر و برای کروسین در ٤٤۰ نانومتر تنظیم گردید. وجود هر یک از این مواد در نمونه براساس تطبیق زمان بازداری پیک با پیک استاندارد انجام شد و غلظت هر ماده براساس نسبت سطح پیک خروجی با سطح پیک استاندارد تعیین گردید.داده‌های حاصل با استفاده از برنامه آماری SAS.9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد و با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج

تأثیر محلول‌پاشی نانو نقره و وزن بنه بر صفات مورفولوژیکی گیاه زعفران

ارتفاع برگ: تجزیه واریانس داده‌ها در سال اول نشان داد که تأثیر دو تیمار بر ارتفاع برگ در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده و در سال دوم نیز تیمار نانوذرات نقره در سطح ۵٪ و وزن بنه در سطح ۱٪ بر ارتفاع برگ تاثیر معنی‌داری داشته (جدول ۲ و۳).

مقایسه میانگین ارتفاع برگ تحت تیمار نانو ذرات نشان داد که بیشترین میزان ارتفاع برگ مربوط به سطح ppm ۵۰ در سال اول به میزان ۱۶/۸۸سانتی‌متر بوده است که این میزان در سال دوم برابر ۱۴/۸۵ سانتی‌متر بود؛ درصورتی‌که تیمار شاهد در سال اول و دوم به ترتیب برابر۱۴/۴۰ و ۱۳/۶۸ سانتی‌متر می‌باشد. با توجه به نتایج بیشترین میزان ارتفاع برگ مربوط به بنه‌های بیشتر از ۸ گرم در سال اول و دوم به‌ترتیب برابر ۱۶/۱۰ و ۱۵/۴۱ سانتی‌متر بوده است، که نشان‌دهنده این است که بنه‌های بزرگتر دارای برگ‌های بزرگ‌تر می‌باشند. نتایج گویای این امر است که نانو ذره نقره با سطح ppm ۵۰ طی هر دو سال کشت تأثیر قابل‌توجهی در رشد برگ گیاه زعفران دارد (جدول ٤).

طول کلاله: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در سال اول نشان داد که نانوذرات نقره و وزن بنه به ترتیب تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد بر روی طول کلاله داشته، و از طرف دیگر نتایج مربوط به سال دوم نشان داد که تیمار وزن بنه دارای اثر معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بر روی طول کلاله بوده و تیمار نانوذرات نقره اثر معنی‌دار نداشته است. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان طول کلاله مربوط به سطح ppm ۵۰ در سال اول به میزان ۲/۹۶ سانتی‌متر بوده است، و در سال دوم نیز بیشترین میزان در همین سطح بوده که برابر ۲/۳۵ سانتی‌متر می‌باشد در حالی‌که تیمار شاهد در هر دو سال به میزان کمتری (به‌ترتیب در سال اول و دوم برابر ۲/۲۸ و ۲/۱۵ سانتی‌متر) بوده است. با توجه به نتایج، نانوذرات نقره تأثیر بسزایی بر طول کلاله زعفران در هر دو سال کشت گذاشته است و از طرفی تیمار وزن بنه با اختلاف بسیار جزئی بیشترین تأثیر در افزایش طول کلاله در گیاه را داشته (جدول ٤).

وزن تر گل: تجزیه واریانس داده‌های سال اول نشان داد که هر دو تیمار نانوذرات نقره و وزن بنه تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر وزن تر گل داشته، و نتایج در سال دوم نشان که این دو تیمار تاثیر معنی‌داری درسطح احتمال ۱٪ بر وزن تر گل داشته‌اند (جدول ۲ و۳). مقایسه میانگین وزن تر گل تحت تیمار نانوذره نشان داد که بیشترین میزان وزن تر گل هم در سال اول و هم سال دوم مربوط به سطح ppm ۵۰ محلول نانو نقره به ترتیب به میزان ۰/۵۱ و ۰/۳۱ گرم بوده است. مقایسه میانگین تیمار وزن بنه بر وزن تر گل نشان‌دهنده این است که بیشترین میزان وزن تر گل مربوط به بنه‌های بیشتر از ۸ گرم در سال اول و دوم به ترتیب برابر ۰/۵۱ و ۰/۳۲ گرم بوده است، که نشان‌دهنده این است که بنه‌های بزرگتر دارای وزن تر گل بیشتری می‌باشند (جدول ٤).

وزن خشک گل: نتایج تجزیه واریانس داده‌های سال اول کشت نشان دهنده تاثیرمعنی‌دار تیمار نانو ذرات نقره در سطح ۱٪ و وزن بنه در سطح۵٪ بر وزن خشک گل بود. در سال دوم نتیجه مخالفی نسبت به سال اول به دست آمد بدین ترتیب که تیمار نانو ذرات نقره در سطح ۵٪ و تیمار وزن بنه در سطح ۱٪ بر وزن خشک گل در گیاه زعفران معنی‌داری شد. مقایسه میانگین وزن خشک گل تحت تیمار نانوذره نشان داد که بیشترین میزان وزن خشک گل مربوط به سطح بیشتر از ppm ۵۰ در سال دوم به میزان ۰/۰۵٤ گرم بوده است که این میزان در تیمار بدون محلول

نانو نقره در همین سال برابر ۰/۰۵۱ گرم می‌باشد، و در سال اول نیز بیشترین میزان نیز در سطح ppm ۵۰ برابر ۰/۰۵ گرم می‌باشد که در همین سال نیز در تیمار بدون استفاده از محلول برابر ۰/۰٤۷ گرم به‌دست‌آمده که مطابق نتایج در سال اول در تیمار ppm ۵۰ تغییرات بیشتری نسبت به سال دوم مشاهده می‌شود. نتایج تأثیر وزن بنه در وزن خشک گل نشان داد بیشترین میزان وزن خشک گل در سال دوم و مربوط به تیمار وزن بیشتر از ۸ گرم به میزان ۰/۰۵۹ گرم بوده که این مقدار در بنه‌های کمتر از ۸ گرم برابر ۰/۰٤٦ گرم بود، و در سال اول نیز بیشترین وزن خشک گل مربوط به تیمار وزن بنه بیشتر از ۸ گرم به میزان ۰/۰۵ گرم می‌باشد و در بنه‌های کمتر از ۸ گرم این میزان برابر ۰/۰٤۸ گرم بود (جدول ٤). نتایج حاصله نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد که وزن خشک گل تحت تیمار محلول نانوذرات نقره با اعمال محلول، روند افزایشی داشته و در بنه‌های بزرگتر نیز این عملکرد افزایش داشته که بیشترین تأثیر در افزایش وزن خشک گل در گیاه زعفران در تیمار وزن بنه در سطح بیشتر از ۸ گرم مربوط به سال دوم کشت می‌باشد.

طول ریشه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که در سال اول، تیمار نانوذرات نقره تأثیر معنی‌داری در سطح ۱٪ بر روی طول ریشه داشته است. با این حال وزن بنه تأثیر معنی‌دار روی طول ریشه نداشته است. همچنین در سال دوم هر دو تیمار نانوذره نقره و وزن بنه تأثیر معنی‌داری در سطح ۱٪ روی طول ریشه دارند. (جدول ۲ و۳). بررسی مقایسه میانگین طول ریشه تحت تیمار نانوذره نشان داد که طول ریشه در سال اول در تیمار عدم مصرف محلول برابر ۳/۰۹ سانتی‌متر و در تیمار با محلول ppm ۵۰ نانو نقره برابر ۳/۷۳ سانتی‌متر مشاهده شد، در سال دوم در تیمار عدم استفاده **از** محلول برابر ٤/۲۱ سانتی‌متر بود که در تیماری که با محلول بیش از ppm ۵۰ نانو نقره تغذیه شده بود برابر ٤/۷ سانتی‌متر بود. نتایج تأثیر وزن بنه در طول ریشه نشان داد بیشترین میزان طول ریشه در سال دوم و مربوط به تیمار بنه‌های با وزن بیشتر از ۸ گرم به میزان ٤/۸ سانتی‌متر بوده که این مقدار در بنه‌های کمتر از ۸ گرم در همین سال برابر ٤/۱۲ سانتی‌متر بود، و در سال اول نیز بیشترین طول ریشه مربوط به تیمار بنه‌های بیشتر از ۸ گرم به میزان ۳/٦۱ سانتی‌متر و در بنه‌های کمتر از ۸ گرم با طول ۳/۲٤ سانتی‌متر بود (جدول ٤).

تعداد برگ: بررسی نتایج تجزیه واریانس داده‌های سال اول کشت نشان داد که دو تیمار نانو ذرات نقره و وزن بنه بر تعداد برگ در سطح ۱٪ تاثیر معنی‌داری داشته. همچنین در سال دوم تیمار نانو ذرات نقره در سطح ۵٪ و وزن بنه در سطح ۱٪ بر تعداد برگ معنی‌دار شد. بررسی مقایسه میانگین تعداد برگ در تیمار نانو ذرات نشان داد که تعداد برگ در سال دوم بیشترین میزان را داشته به‌گونه‌ای که تیمار عدم استفاده از محلول برابر ۱۲/۱٦ عدد بود و در تیماری که با محلول بیش از ppm ۵۰ نانو نقره تغذیه‌شده بود برابر ۱٤/۰۰ بود. این صفت در سال اول در تیمار عدم مصرف محلول برابر ۱۲/۸۳ و در تیمار محلول‌پاشی با محلول ppm ۵۰ نانو نقره برابر ۱۳/۸۳ مشاهده شد. نتایج تأثیر وزن بنه در تعداد برگ نشان داد بیشترین میزان تعداد برگ در سال اول و مربوط به تیمار بنه‌های با وزن بیشتر از ۸ گرم به میزان ۱٤/۵۰ عدد بوده که این مقدار در بنه‌های کمتر از ۸ گرم در سال اول برابر ۱۲/۱٦ بود، و در سال دوم نیز بیشترین تعداد برگ مربوط به تیمار بنه‌های بیشتر از ۸ گرم به میزان ۱٤/۱٦ و در بنه‌های کمتر از ۸ گرم برابر ۱۲ بود (جدول ٤).

وزن بنه دختری: با توجه به اینکه بنه دختری در سال دوم کشت برداشت و مورد بررسی قرارگرفته است

نتایج این صفت در سال دوم در بین دو تیمار نشان می‌دهد که تیمار نانو ذرات نقره و وزن بنه بر روی وزن بنه دختری در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. اثر متقابل تیمار نانو نقره × تیمار وزن بنه بر وزن بنه دختری در این سال نیز معنی‌داری شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین تأثیر تیمار محلول نانو نقره نشان می‌دهد که وزن بنه در سال دوم در گروه شاهد برابر ۰/۵۵٦ گرم و در گروه ppm ۵۰ نانو نقره به میزان ۰/۵۷۵ گرم بود و نسبت به گروه شاهد افزایش وزن معنی‌داری در گروهی که به محلول نانو نقره آغشته شده بودند، داشت. نتایج مقایسه میانگین در تیمار تأثیر وزن بنه نشان داد که گروهی که بنه‌های بیشتر از ۸ گرم را داشتند میانگین وزن بنه دختری در آن‌ها برابر ۰/۵۷٦ گرم و گروهی که بنه‌های آن‌ها درزمان کشت کمتر از ۸ گرم بودند دارای بنه‌های دختری با میانگین ۰/۵۵۵ گرم بودند، در این صفت نیز مشاهده می‌شود که بنه‌های بزرگتر نسبت به بنه‌های کوچکتر از میانگین وزنی بالاتری برخوردار می‌باشند

وزن خشک کلاله: بررسی میزان تأثیر تیمارهای مورد آزمایش با استفاده از نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمار نانو ذرات نقره و وزن بنه در سال اول کشت، تأثیر معنی‌داری در سطح ۱ ٪ بر وزن خشک کلاله گیاه زعفران گذاشته، نتایج سال دوم نیز نشان داد هر دو تیمار دارای اثر معنی‌دار در سطح ۵٪ بر روی وزن خشک کلاله هستند. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد در سال اول در تیمار عدم مصرف محلول، وزن خشک کلاله برابر ۰/۰۰۲۵ گرم و در تیمار محلول‌پاشی با محلول ppm ۵۰ نانو نقره برابر ۰/۰۰۳٦ گرم مشاهده شد، در سال دوم تیمار نانوذره تأثیر بسزایی بر روی وزن خشک کلاله داشته، به‌گونه‌ای که در تیمار عدم استفاده از محلول برابر ۰/۰۰۳۸ گرم بود و در تیماری که با محلول بیش از ppm ۵۰ نانو نقره تغذیه شده بود برابر ۰/۰۰٤٦ گرم بود. این نتایج نشان می‌دهند که مصرف این محلول روی وزن خشک کلاله زعفران تأثیر مثبتی گذاشته و همان‌گونه که مشاهده می‌شود وزن خشک کلاله گیاه در تیماری که با محلول نانو نقره تغذیه شده افزایش نشان داده است. نتایج تأثیر وزن بنه روی وزن خشک کلاله نشان داد که میزان آن در سال دوم به‌ترتیب برابر ۰/۰۰٤۸ و ۰/۰۰۳٦گرم برای بنه‌های با وزن بیشتر از ۸ گرم و بنه‌های کمتر از ۸ گرم بود و در سال اول نیز بیشترین وزن خشک کلاله مربوط به تیمار بنه‌های بیشتر از ۸ گرم به میزان ۰/۰۰۳ و در بنه‌های کمتر از ۸ گرم برابر ۰/۰۰۲۵ گرم بود (جدول ٤).

تعداد بنه دختری: با توجه به اینکه بنه‌های دختری فقط در سال دوم کشت برداشت و مورد بررسی قرار گرفت لذا نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در این سال نشان داد که تیمار نانوذرات نقره و وزن بنه در سطح ۱٪ بر تعداد بنه‌های دختری معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین مشخص کرد که تعداد بنه‌ها در تیمار بدون مصرف محلول برابر ۲/۳۳ و در تیماری که با محلول ppm ۵۰ تغذیه شد برابر ۳/۳۳ بود، همان‌گونه که مشاهده می‌شود در تیماری که تحت مصرف محلول قرارگرفته نسبت به تیمار عدم مصرف محلول، افزایش قابل توجهی در تعداد بنه‌های دختری مشاهده می‌شود. نتایج مقایسه میانگین تأثیر وزن بنه بر تعداد بنه‌های دختری نشان می‌دهد که تعداد بنه‌های دختری در تیمار بنه‌های بیشتر از ۸ گرم برابر ۳/۵ و در تیمار بنه‌های کمتر از ۸ گرم برابر ۲/۱٦ می‌باشد.

جدول ۲: تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک گیاه زعفران تحت تاثیر نانو ذره نقره و وزن بنه در سال اول

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع برگ (cm)	طول کلاله (cm)	وزن تر گل (gr)	وزن خشک گل (gr)	ارتفاع برگ (مرحله آخر) (cm)	طول ریشه (cm)	قطر برگ (mm)	تعداد برگ	تعداد جوانه	وزن خشک کلاله (gr)	وزن تر کلاله (gr)
تکرار	۲	۰/۹۹۳*	۰/۰۷۷۵ns	۰/۰۰۴۹ns	۰/۰۰۰۰۱ns	۱/۵۸۳ns	۰/۵۰۸۹*	۰/۰۰۴۹*	۲/۰۸۳*	۰/۵۸۳ns	۳/۵۸۳**	۰/۰۰۰۰۰۱ns
نانو نقره	۱	۱۸/۵۰۰**	۱/۴۰۰**	۰/۰۳۵*	۰/۰۰۰۱**	۷۰/۰۸۳**	۱/۲۳۶۶**	۰/۲۱۳**	۳/۰۰۰**	۲/۰۸۳**	۴/۰۸۳**	۰/۰۰۰۰۱۶ns
وزن بنه	۱	۲/۲۵۰**	۰/۲۴۰*	۰/۰۳۵*	۰/۰۰۰۰۸*	۵۲/۰۸۳*	۰/۴۲۱۸ns	۰/۲۷۰**	۱۶/۳۳۳**	۶/۷۵۰**	۴/۰۸۳**	۰/۰۰۰۰۲۱*
نانو نقره× وزن بنه	۱	۰/۴۴۰ns	۰/۰۰۷ns	۰/۰۰۰۷ns	۰/۰۰۰۰۰۳ns	۴/۰۸۳ns	۰/۰۳۱ns	۰/۰۱۴ns	۰/۰۰۰ns	۰/۰۸۳ns	۸/۳۳۳ns	۰/۰۰۰ns
خطا	۶	۰/۱۱۳	۰/۰۲۳	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۰۰۰۶	۳/۹۱۶	۰/۰۸۳	۰/۰۰۹۵	۰/۱۹۴	۰/۱۳۸	۰/۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۲
ضریب تغییرات		۲/۱۵	۵/۴۷	۱۲/۹۲	۵/۰۶	۷/۰۸	۸/۴۴	۶/۳۳	۳/۳۰	۱۰/۹۰	۱۶/۲۱	۱۲/۱۰

Ns. *و** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳: تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک گیاه زعفران تحت تاثیر نانو ذره نقره و وزن بنه در سال دوم

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع برگ (cm)	طول کلاله (cm)	وزن تر گل (gr)	وزن خشک گل (gr)	ارتفاع برگ (مرحله آخر) (cm)	طول ریشه (cm)	قطر برگ (mm)	تعداد برگ	تعداد جوانه	وزن خشک کلاله (gr)	وزن بنه دختری (gr)	وزن تر کلاله (gr)	تعداد بنه دختری
تکرار	۲	۲/۲۶ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۰۱۸ns	۰/۰۰۰۰ns	۴/۳۳ns	۰/۰۴۱ns	۰/۰۰۱۶ns	۲/۳۳ns	۰/۳۳ns	1E-6ns	۰/۰۰۰۹۹**	۰/۰۰۰۰۰۸ns	۰/۳۳۳ns
نانو نقره	۱	۴/۰۸*	۰/۱۲ns	۰/۰۱۵**	۰/۰۰۰۰۲*	۱۶/۳۳ns	۰/۷۳*	۰/۱۱**	۱۰/۰۸*	۱/۳۳ns	۲/۰۸*	۰/۰۰۱۰**	۰/۰۰۰۰۳۶**	۳/۰۰۰**
وزن بنه	۱	۱۵/۸۷**	۰/۸۵**	۰/۰۲۳**	۰/۰۰۰۵**	۱۴۷/۰۰**	۱/۳۷*	۰/۰۲۸**	۱۴/۰۸**	۵/۳۳**	۴/۰۸*	۰/۰۰۱۴**	۰/۰۰۰۰۷**	۵/۳۳۳**
نانو نقره× وزن بنه	۱	۰/۰۱۳ns	۰/۰۸۳ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۰۰۰ns	۱۲/۰۰ns	۰/۰۷۶ns	۰/۰۱۲*	۰/۰۸۳ns	۰/۳۳ns	۸/۳۳ns	۰/۰۰۰۰۰۴**	۰/۰۰۰۰۰۶ns	۰/۰۰۰ns
خطا	۶	۰/۵۰	۰/۰۲۴	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۰۲	۵۴۴	۰/۱۱	۰/۰۰۱	۱/۰۰	۰/۳۳	۰/۳۳ns	۰/۰۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۱۱۱
ضریب تغییرات		۴/۹۶	۶/۹۸	۸/۹۷	۳/۰۵	۷/۱۴	۷/۵۱	۳/۱۹	۷/۶۴	۱۳/۸۵	۰/۸۰	۱/۳۶۳	۷/۶۹	۱۱/۸۶

ns. *و** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ٤:مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک زعفران در تیمارهای محلول نانو نقره و وزن بنه

			ارتفاع برگ (cm)	طول گلچه (cm)	وزن تر گل (gr)	وزن خشک گل (gr)	ارتفاع برگ (مرحله آخر) (cm)	طول ریشه (cm)	قطر برگ (mm)	تعداد برگ	تعداد جوانه	وزن بنه دختری (gr)	وزن خشک گلچه (gr)	وزن تر گلچه (gr)	تعداد بنه دختری
سال اول	۰		۱٤/٤۰b	۲/۲۸b	۰/٤۰b	۰/۰٤۷b	۲٥/٥۰b	۳/۰۹b	۱/٤۰b	۱۲/۸۳b	۳b		۰/۰۰۲٥b	۰/۰۱۲a	
	٥۰ ppm		۱٦/۸۸a	۲/۹٦a	۰/٥۱a	۰/۰٥a	۳۰/۳۳a	۳/۷٦a	۱/۷۷a	۱۳/۸۳a	۳/۸۳a		۰/۰۰۳۳a	۰/۰۱٥a	
	۰		۱۳/٦۸b	۲/۱٥a	۰/۲٤b	۰/۰٥۱b	۳۱/٥a	٤/۲۱b	۱/۱۸b	۱۲/۱٦b	۳/۸۳a	۰/٥٥٦ b	۰/۰۰۳۸b	۰/۰۱٥b	۲/۳۳b
سال دوم	٥۰ ppm		۱٤/۸٥a	۲/۳٥a	۰/۳۱a	۰/۰٥٤a	۳۳/۸۳a	٤/۷۰a	۱/۳۷a	۱٤/۰۰a	٤/٥a	۰/٥۷٥ a	۰/۰۰٤٦a	۰/۰۱۸	۳/۳۳a
سال اول	کمتر از ۸ گرم		۱٥/۱۸b	۲/٤۸b	۰/٤۰b	۰/٤۸b	۲٥/۸۳b	۳/٤۱b	۱/۳۸b	۱۲/۱٦b	۲/٦٦b		۰/۰۰۲٥b	۰/۰۱۲b	
	بیشتر از ۸		۱٦/۱۰a	۲/۷٦a	۰/٥۱a	۰/٥a	۳۰/۰۰	۳/٦۱a	۱/٦۸a	۱٤/٥۰a	٤/۱٦a		۰/۰۰۳a	۰/۰۱٥a	
سال دوم	کمتر از ۸ گرم		۱۳/۱۱b	۱/۹۸b	۰/۳۳b	۰/٤٦b	۲۹/۱٦b	٤/۱۲b	۱/۳۷b	۱۲b	۳/٥۰b	۰/٥٥٥b	۰/۰۰۳٦b	۰/۰۱٤b	۲/۱٦b
	بیشتر از ۸ گرم		۱٥/٤۱a	۲/٥۱a	۰/۳۳a	۰/٥۹a	۳٦/۱٦a	٤/۸۰a	۱/۱۸a	۱٤/۱۳a	٤/۸۳a	۰/٥۷٦a	۰/۰۰٤۸a	۰/۰۱۹a	۳/٥۰a

در هر ستون حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد

صفات فیزیولوژیک

کلروفیل a و b: نتایج تجزیه واریانس مربوط به کلروفیل a و b در این پژوهش نشان داد که در سال اول کشت، تیمار نانوذرات نقره بر روی کلروفیل a و b تأثیر معنی‌داری در سطح ٪۱ داشته و وزن بنه بر روی کلروفیل a در سطح ۱٪ و بر کلروفیل b در سطح ۵٪ معنی‌دار شد، در سال دوم نیز تیمار نانوذرات نقره و وزن بنه به ترتیب بر روی کلروفیل a و b در سطح ۱٪ و ۵٪ اثر معنی‌دار داشت (جدول ۵)، تیمار نانوذره سال اول بر میزان کلروفیل a تأثیر گذاشته و این میزان در تیمار عدم استفاده از محلول برابر ۳/۹۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و در تیماری که با محلول ppm ۵۰ نانو نقره تغذیه شده بود برابر ٦/٤٨ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد. این صفت در سال دوم در تیمار عدم مصرف محلول برابر ۱۱/٦۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و در تیمار محلول‌پاشی با محلول ppm ۵۰ نانو نقره برابر ۱۳/۲۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد، این نتایج نشان می‌دهند که مصرف این محلول بر میزان کلروفیل a زعفران تأثیر مثبتی گذاشته و همان گونه که مشاهده می‌شود کلروفیل a گیاه در تیماری که با محلول نانو نقره تغذیه‌شده افزایش داشته است. نتایج تأثیر وزن بنه بر کلروفیل a نشان داد که میزان کلروفیل a در سال اول برای بنه‌های با وزن بیشتر از ۸ گرم برابر ۵/۸۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و بنه‌های کمتر از ۸ گرم برابر ٤/٦٢ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود، و در سال دوم نیز بیشترین میزان کلروفیل a مربوط به تیمار بنه‌های بیشتر از ۸ گرم به میزان ۱۳/٦۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و در بنه‌های کمتر از ۸ گرم برابر ۱۱/۲٦میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود (جدول ٦). در بررسی مقایسه میانگین سال اول نشان داده شد که تیمار نانوذره بر میزان کلروفیل b تأثیر گذاشته و این میزان در تیمار عدم استفاده از محلول برابر ۲/۸۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و در تیماری که با محلول ppm ۵۰ نانو نقره تغذیه شده بود برابر ۳/۹۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد. این صفت در سال دوم در تیمار عدم مصرف محلول برابر ۳/٦٦ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و در تیمار محلول‌پاشی با محلول ppm ۵۰ نانو نقره برابر ٤/۸ میلی‌گرم بر گرم وزن ترمشاهده شد، نتایج گویا این است که با افزایش مصرف این محلول میزان کلروفیل b زعفران افزایش‌یافته(جدول ۷).

کاروتنوئید: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده این است که تیمار نانو ذرات نقره و وزن بنه در سال اول کشت، در سطح ۵٪ تاثیر معنی‌داری بر روی کاروتنوئید دارند. ولی در سال دوم هیچ تاثیر معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمار نانو ذرات نقره در سال اول نشان داد که کاروتنوئید در تیمار عدم استفاده از محلول برابر ۲/٥٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و در تیماری که با محلول ppm ۵۰ نانو نقره تغذیه شده بود. برابر ٤/٦۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد. این صفت در سال دوم در تیمار عدم مصرف و مصرف محلول به‌ترتیب برابر ۳/٦۲، ٤/٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد (جدول ۷). نتایج گویا این است که با افزایش مصرف این محلول میزان کاروتنوئید زعفران افزایش یافته که این افزایش در سال اول در سطح معنی‌دار بود. نتایج تأثیر وزن بنه بر کاروتنوئید نشان داد که میزان آن در سال اول برای بنه‌های با وزن بیشتر از ۸ گرم برابر ۳/۰۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و بنه‌های کمتر از ۸ گرم برابر ۲/٥٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود، و در سال دوم نیز بیشترین میزان کاروتنوئید مربوط به تیمار بنه‌های بیشتر از ۸ گرم برابر ٤/٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و در بنه‌های کمتر از ۸ گرم برابر ۳/٦۲ میلی‌گرم ب گرم وزن تر بود (جدول ٦).

جدول ۵: تجزیه واریانس صفات فیزیولوژی گیاه زعفران تحت نانوذره نقره و وزن بنه در سال اول

منابع تغییرات	درجه آزادی	سال اول			سال دوم		
		کلروفیل a (mg/g)	کلروفیل b (mg/g)	کاروتنوئید (mg/g)	کلروفیل a (mg/g)	کلروفیل b (mg/g)	کاروتنوئید (mg/g)
تکرار	۲	۰/٦٨$^{ns/}$	۰/۰۱^{ns}	۰/۱۰^{ns}	۰/۲۳^{ns}	۰/۸۱^{ns}	۰/۲۸^{ns}
نانو نقره	۱	۱۸/۵۸**	۳/۸۰**	۰/۷۳*	۸/٤۰**	۳/۸٦*	۱/۸٤^{ns}
وزن بنه	۱	٤/۵۷**	۱/۵٤*	۰/۷۱*	۱٦/٦**	٤/٤۱*	۱/۷۸^{ns}
نانو نقره× وزن بنه	۱	۰/۱۷^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۱۰^{ns}	۱/۵٤^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰٦^{ns}
خطا	٦	۰/۲۰٦	۰/۱۷	۰/۰۸	۰/۵۳	۰/۵۸	۰/٤۲
ضریب تغییرات		۸/٦۷	۱۲/۳۲	۱۰/۲۷	۵/۸۷	۱۸/۰۷	۱٦/۱٦

ns، *و** به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول ٦: مقایسه میانگین صفات فیزیولوژی زعفران در تیمارهای وزن بنه

	وزن بنه	کلروفیل a (mg/g)	کلروفیل b (mg/g)	کاروتنوئید (mg/g)
سال اول	کمتر از۸گرم	۵/۸۵a	۳/۷۹a	۳/۰۳a
	بیشتر از ۸ گرم	٤/٦۲b	۳/۰۷b	۲/۵٤b
سال دوم	کمتر از۸ گرم	۱۳/٦۱a	٤/۸٤a	٤/٤a
	بیشتر از ۸ گرم	۱۱/۲٦b	۳/٦۲b	۳/٦۲a

در هر ستون حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد

جدول ۷: مقایسه میانگین صفات فیزیولوژی زعفران در تیمارهای محلول نانو نقره

	مقدار محلول	کلروفیل a (mg/g)	کلروفیل b (mg/g)	کاروتنوئید (mg/g)
سال اول	۰	۳/۹۹b	۲/۸۷b	۲/۵٤b
	ppm۵۰	٦/٤۸a	۳/۹۹b	۳/۰۳a
سال دوم	۰	۱۱/٦۰b	۳/٦٦b	۳/٦۲a
	ppm۵۰	۱۳/۲۸a	٤/۸۰a	٤/٤a

در هر ستون حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد

کروسین، پیکروکروسین و سافرانال: نتایج نشان می‌دهد که در سال اول میزان پیکروکروسین، کروسین و سافرانال در نمونه‌های کمتر از ۸ گرم بدون نانو ذرات نقره به‌ترتیب برابر ٦/٦، ٦/٤۱ و ۱/۱٤ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک و نمونه استفاده شده از محلول نانو ذرات نقره ۹/۸۲، ۸/۷۲ و ۰/۷٤ میلیگرم بر گرم وزن خشک می‌باشد که می‌توان به وضوح مشاهده نمود که رنگیزه و طعم زعفران در نمونه‌ای که به محلول نانو نقره آغشته شده است افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته است. در نمونه‌های بیشتر از ۸ گرم نیز میزان پیکروکروسین، کروسین و سافرانال به ترتیب برابر ۱۱/٦٤، ۱۹/۳٦ و ۱/۰٦ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک و در نمونه‌ی آغشته به محلول نانو این ترکیبات به ترتیب برابر ۱۲/۵۲، ۱۸/۰۹و۱/۱۸ میلی‌گرم بر گرم وزن

خشک می‌باشد که این میزان نسبت به نمونه بدون نانو افزایش داشته ولی این افزایش نسبت به نمونه‌های کوچک‌تر کمتر می‌باشد (جدول ۸). در سال دوم نتایج نشان می‌دهد که میزان پیکروکروسین، کروسین و سافرانال در نمونه‌های کمتر از ۸ گرم بدون نانو به‌ترتیب برابر ۵/۹۰، ٦/۹۷ و ۰/۸۹ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک و نمونه استفاده شده از محلول نانو ۹/۱۸، ۷/۹۷ و ۱/۰۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک می‌باشد در این سال هم نیز می‌توان مشاهده نمود که رنگیزه و طعم و عطر زعفران در نمونه‌ای که به محلول نانو نقره آغشته شده است افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته است. در نمونه‌های بیشتر از ۸ گرم نیز میزان پیکروکروسین، کروسین و سافرانال به‌ترتیب برابر ۱۰/۱٤، ۱۷/٥٤ و ۱/۰۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک و در نمونه‌ای آغشته به محلول نانو این ترکیبات به ترتیب برابر ۱۲/۱۳، ۱۹/۱۱ و ۱/۲۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک می‌باشد که این میزان نسبت به نمونه بدون نانو افزایش داشته (جدول ۸).

جدول ۸: میزان پیکروکروسین، کروسین و سافرانال کلاله زعفران در دو سال ۱۳۹٤ و ۱۳۹٥با استفاده از روش **HPLC**

نام ماده	سال	پیکروکروسین	کروسین	سافرانال
زمان بازداری (دقیقه)	سال ۱۳۹٤	۱٤/۸	۱٦/۲	۲٦/۱
شماره پیک		۱	۲	۳
شماره نمونه		مقدار (mg/gr)	مقدار (mg/gr)	مقدار (mg/gr)
نمونه کوچک بدون نانو		٦/٦۰	٦/٤۱	۱/۱٤
نمونه کوچک با نانو		۹/۸۲	۸/۷۲	۰/۷٤
نمونه بزرگ بدون نانو		۱۱/٦٤	۱۹/۳٦	۱/۰٦
نمونه بزرگ با نانو		۱۲/٥۲	۱۸/۰۹	۱/۱۸
زمان بازداری (دقیقه)	سال ۱۳۹٥	۱۳/۹	۱٦/۹	۲٤/۳
شماره پیک		۱	۲	۳
شماره نمونه		مقدار (mg/gr)	مقدار (mg/gr)	مقدار (mg/gr)
نمونه کوچک بدون نانو		٥/۹۰	٦/۹۷	۰/۸۹
نمونه کوچک با نانو		۹/۱۸	۷/۹۷	۱/۰۱
نمونه بزرگ بدون نانو		۱۰/۱٤	۱۷/٥٤	۱/۰۳
نمونه بزرگ با نانو		۱۲/۱۳	۱۹/۱۱	۱/۲۱

بحث

صفات مورفولوژیک: استفاده از نانو کودها منجر به افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی، کاهش سمیت خاک، به حداقل رساندن اثرات منفی ناشی از مصرف بیش از حد کود و کاهش تعداد دفعات کاربرد کود می‌شود. با بکارگیری نانو کودها، زمان و سرعت رهاسازی عناصر با نیاز غذایی گیاه مطابق و هماهنگ می‌شود، لذا گیاه قادر به جذب بیشترین مقدار مواد غذایی بوده و در نتیجه ضمن کاهش آبشویی عناصر، عملکرد محصول نیز افزایش می‌یابد (Derosa et al., 2010).

Hossin Zadeh Namil و Jafari Karimi (۲۰۱٦) نشان دادند که با تیمار نانو نقره ۴۰ ppm در گیاه زعفران بیشترین ارتفاع برگ به دست‌آمده که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. Golzari Jahan Abadi و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که بیشترین طول، تعداد و وزن خشک برگ، در وزن بنه ۱۲-۱۰ گرم و کمترین میزان این صفات در وزن بنه ٦-٤ گرم

مشاهده شد، آنها بیان داشتند که براساس نتایج آزمایش، افزایش اندازه بنه‌های مادری زعفران نقش مؤثری در افزایش معنی‌دار شاخص‌های ذکر شده داشت. به‌طوری‌که بیشترین طول برگ زعفران در نتیجه کاشت بنه‌های مادری با وزن ۱۲-۱۰ گرم به دست آمد که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. عوامل زیادی مانند اقلیم، علف‌های هرز، بیماری‌ها، آبیاری، انبارداری و تاریخ کاشت، انواع کودها اعم از کودهای شیمیایی، بیولوژیک و حیوانی در تعیین کمیت و کیفیت زعفران تولیدی نقش بسزایی دارند (Hemati Kakhki and Hosseini, 2003).

Baghai و Farahani (۲۰۱٤) نشان داد که محلول‌پاشی نانو ذرات نقره (۵۰ppm) ارتفاع و وزن گیاه را افزایش داد، که این نتیجه با نتایج حاصل مطابقت دارد. در تحقیق Yosefzaei و همکاران در سال ۲۰۱٦ که بر روی تأثیر نانوذرات نقره بر برخی شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه ریحان انجام شد نیز نتایج نشان داد که با اعمال نانو ذرات در غلظت‌های (۵،۱ ppm و ۱۰) طول اندام هوایی نسبت به شاهد افزایش یافت که نتایج تحقیق حاضر را مورد تائید قرار می‌دهد. در تحقیق Koocheki و Sabet Teimouri (۲۰۱٤) نشان داده شد که با افزایش وزن بنه از ٤ گرم به ۸ تا ۱۲ گرم، بر عملکرد گل و کلاله افزوده شد، نتایج پژوهش نیز مطابق نتایج حاصل از پژوهش می‌باشد که نشان داده در تیمار وزن بنه بیشتر، عملکرد طول کلاله نسبت به سایر تیمارها بیشتر بوده است. که نتایج نشان دهنده تأثیر مستقیم وزن بنه بر عملکرد کلاله، گل و وزن تر و خشک برگ زعفران بود و از این نظر با نتایج سایر محققان نیز همخوانی دارد (Azizi, 2008; Sadeghi, 1997).

Baghai و Farahani (۲۰۱٤) در ارزیابی مقایسه کود کلات آهن با بنیان‌های نانو و میکرو بر عملکرد کمی و تخصیص مواد فتوسنتزی زعفران زراعی بیان کردند که کاربرد کود نانو کلات مؤثرتر از کود معمولی بوده است. میانگین وزن تر گل در تیمار پنج کیلوگرم نانو کلات و ۱۰ کیلوگرم کود کلات معمولی در یک گروه آماری قرار گرفت چنین به نظر می‌رسد که به علت کارایی بالاتر نانوکود کلات، با نصف مقدار کوددهی کود کلات معمولی، در این صفت مؤثر بوده است، لذا نتایج گویای این است که کودهای نانو تأثیر بسزایی در رشد گیاه داشته لذا با نتایج حاصل از این پژوهش همخوانی دارد. نانو کودها باعث افزایش سرعت فتوسنتز و در نتیجه افزایش تعداد گل در گیاه می‌شود (Zhang et al., 2005). Peyvandi و همکاران (۲۰۱۱) کوچک‌تر بودن ابعاد کودهای نانو را موجب جذب بیشتر و سریع‌تر مواد غذایی و به‌تبع افزایش کارایی در کودهای دارای ساختار نانو دانسته‌اند. Koocheki و همکاران (۲۰۱٤) بیان کردند که بیشترین تعداد گل حاصل بنه‌های دو ساله با وزن بیش از ۱۲ گرم و به مقدار ۳/٦ گل در بنه بود. که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد.

اما در مورد پارامتر ریشه می‌توان چنین بیان کرد که پاسخ حاصل از وساطت نیترات نقره با اتیلن، پلی آمین‌ها و مسیرهای وابسته به کلسیم نقش مهمی در تنظیم مورفوژنز ازجمله تولید ریشه بازی می‌کند (Rezvani, 2012). می‌توان نتیجه گرفت که نانو نقره نیز با اثر گذاشتن بر این مسیرها باعث افزایش تعداد ریشه‌های افشان می‌شود؛ که این نتایج، تحقیقات حاضر را جهت تأثیر محلول نانو ذرات نقره بر رشد ریشه گیاه مورد تائید قرار می‌دهد. نتایج مربوط به پژوهش‌های قبلی مشخص نموده که در بنه‌های درشت‌تر، تعداد ریشه‌ها افزایش یافته و در نتیجه بنه‌های دختری بزرگتری حاصل گردید. آنها

اشاره داشتند، بنه‌های ٦ تا ٨ گرمی که فقط جوانه اصلی را بر روی آن باقی گذاشته بودند، بیشترین وزن خشک بنه در بوته را داشتند (Tavakkoli et al., 2004). همانگونه که مشاهده می‌شود نتایج این محققین با نتایج حاصل از این مطالعه مطابقت دارد. نتایج Ajam و همکاران (٢٠١٤) نشان داد روند افزایش وزن جوانه‌های جانبی، تابع افزایش وزن بنه بود و گروه وزنی ١٢ گرم بالاترین میانگین وزن جوانه‌های جانبی (٤/٠٩گرم) را به خود اختصاص داد و کمترین وزن جوانه‌های جانبی (گرم) در گروه وزنی ٤ گرم ملاحظه شد، که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. Molina و همکاران (٢٠٠٥) گزارش کردند که در بنه‌های بزرگتر تقسیم سلولی و به‌دنبال آن رشد برگ‌ها نسبت به بنه‌های کوچکتر زودتر اتفاق می‌افتد. رشد زودتر برگ‌ها امکان استفاده بیشتر از شرایط محیطی و افزایش میزان مواد فتوسنتزی ساخته شده را به دنبال دارد و در نهایت موجب ایجاد بنه‌های بزرگتر در پایان فصل رشد می‌شود.

Hassanzadeh Aval و همکاران (٢٠١٣) در پژوهش خود بیان نمودند که با مقایسه تعداد بنه بیشتر از ٧/١ گرم در واحد سطح (درشت) و وزن‌های مختلف بنه مادری می‌توان دریافت که با افزایش وزن بنه مادری از ٣-١/١ گرم به ٩-٧/١ گرم، تعداد بنه‌های درشت تولید شده و در این راستا Tavakkoli و همکاران (٢٠٠٤) نیز گزارش نموده‌اند که در بنه‌های درشت‌تر، بنه‌های دختری بزرگتری حاصل می‌گردید، که نتایج حاصل از این پژوهش را مورد تایید قرار می‌دهند. Ajam و همکاران (٢٠١٤) بیان کردند که مقایسه میانگین وزن خشک کلاله تحت تیمار اندازه بنه نشان داد که بیشترین وزن خشک کلاله مربوط به‌بنه‌های ١٢ گرمی و سپس ١٦ گرمی است. درواقع با افزایش وزن بنه‌ها وزن خشک کلاله افزایش قابل‌توجهی می‌یابد، که نتایج این تحقیق با پژوهش حاضر همخوانی دارد.

Hassanzadeh Aval و همکاران (٢٠١٣) در تحقیقی بیان کردند که بنه‌های درشت از طریق تولید بنه‌های بیشتر و درشت‌تر ظرفیت گل‌آوری و عملکرد مزرعه را در دو سال بعد نیز افزایش می‌دهند که نتایج تحقیق آنها با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد. Omid Beigi و Ramezani (٢٠٠٢) همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین اندازه بنه، تعداد و عملکرد گل گزارش کرده‌اند. مطالعات Rangha (٢٠٠٣) در نیوزلند نشان داد که علیرغم رابطه مستقیم عملکرد زعفران با خصوصیات بنه و طول فصل رشد، اندازه بنه، تأثیر معنی‌داری بر تولید بنه‌های دختری، تولید گل و عملکرد زعفران در سال اول و سال‌های بعدی نشان داد.

صفات فیزیولوژیکی: نانو ذرات نقره، ذراتی آب‌دوست با خواص ویژه و کاربرد فراوان در تکنولوژی می‌باشند. به نظر می‌رسد این ذرات با از بین بردن کامل قارچ‌ها و باکتری‌ها برخلاف سایر آنتی‌بیوتیک‌ها هیچ گونه مقاومتی را در میکروب‌ها ایجاد نمی‌کنند. به‌طورکلی، یون نقره می‌تواند جایگزین یون‌های مس از پروتئین‌های پذیرنده شده و جذب اتیلن را مسدود کند، زیرا یون‌های مس نقش حیاتی در اتصالات اتیلن بر روی پذیرنده‌ها دارند و به‌این‌ترتیب باعث حفظ کلروفیل می‌شوند (Sabertanha et al., 2017). این اثر ضد اتیلنی یون نقره توسط محققان زیادی گزارش‌شده است (Strader et al., 2009; Chang and Chen, 2001; Moshtaghi al et., 2010).

Sabertanha و همکاران (٢٠١٧) در بررسی خود تحت عنوان اثرات الیسیتور نانو ذرات نقره و تنش خشکی بر بیان ژن بتاکاروتن هیدروکسیلاز (bch) بر

عملکرد کاروتنوئید زعفران بیان کردند که تولید کاروتنوئید در تنش خشکی و سطح ۵۵ پی پی‌ام نانو ذره نقره با میانگین ۱۱/۶۹ بیشترین میزان را نشان داد. نانو ذرات نقره با مسدود کردن سیگنال‌دهی اتیلن باعث بالا رفتن سرعت رشد زعفران می‌شود (Rezvani et al., 2012). نانو ذرات در گیاهان از طریق افزایش فعالیت نیترات ردوکتاز و گلوتامات دهیدروژناز بر متابولیسم نیتروژن اثر گذاشته و باعث افزایش رشد و میزان فتوسنتز می‌شود. این ذره نانویی به خاطر اندازه کوچک آن، به‌سرعت به درون سلول نفوذ کرده و منجر به افزایش میزان پروتئین و تحریک بیان ژن در سلول‌های گیاهی می‌شود (Yang et al., 2008).

مهم‌ترین مواد مؤثره زعفران عبارتند از کروسین‌ها (رنگیزه‌های کاروتنوئیدی محلول در آب)، پیکروکروسین (گلیکوزید تلخ‌مزه) و سافرانال که جزء اصلی مواد فرار معطر زعفران را تشکیل می‌دهد. ارزش اقتصادی و کیفیت زعفران وابسته به تعیین کمی ترکیبات کروسین، پیکروکروسین و سافرانال آن می‌باشد. و تاکنون میزان ترکیبات مؤثره زعفران در چند منطقه ایران به روش HPLC که روشی بسیار دقیق برای تعیین مقدار این ترکیبات می‌باشد صورت گرفته است (Tajik et al., 2012). Tajik و همکاران در سال ۲۰۱۲ به بررسی میزان رنگیزه کاروتنوئیدی کروسین، پیکروکروسین و سافرانال در گونه زعفران در مناطق قائن و طبس پرداختند. آن‌ها به روش HPLC زعفران را مورد تعیین کیفت قرار دادند، نتایج آن‌ها نشان داد که میزان پیکروکروسین، کروسین و سافرانال در منطقه قائن در یک مزرعه سه ساله به‌ترتیب برابر ۷/۰۷، ۲۹/۳۳ و ۳۰/۴۹ میلی‌گرم بر گرم و در مزرعه ای شش ساله در همین منطقه برابر ۶/۹۱، ۲۵/۸۳ و ۱۵/۶۹ میلی‌گرم بر گرم بود. نتایج آن‌ها در منطقه طبس نشان داد که میزان پیکروکروسین، کروسین و سافرانال در منطقه طبس در یک مزرعه سه ساله به ترتیب برابر ۶/۰۶، ۲۲/۹۷ و ۲۱/۳ میلی‌گرم بر گرم و در مزرعه‌ای شش ساله در همین منطقه برابر ۵/۲۸، ۱۹/۵۶ و ۲۰/۰۹میلی‌گرم بر گرم می‌باشد. آن‌ها بیان کردند که منطقه قائن دارای زعفرانی با ترکیبات کروسین، پیکروکروسین و سافرانال بیشتری نسبت منطقه طبس می‌باشد. بررسی تفاوت میزان کروسین (رنگ) در نمونه‌های کشت شده در دو منطقه طبس و قائن در سال سوم (۲۲/۹۷ و ۲۹/۳۳) با میزان کروسین گیاه زعفران کشت شده در منطقه سیستان که با محلول نانو نقره تغذیه شدند و برای سال دوم در نمونه بزرگ با نانو برابر ۱۹/۱۱میلی‌گرم بر گرم به‌دست‌آمده، با میزان رنگ زعفران نمونه طبس تفاوت چندانی نداشته و با نمونه برداشت شده از مزرعه سه ساله در قائن حدود ۳۰ درصد تفاوت دارد. تفاوت میزان ترکیبات موجود در کلاله زعفران در مکان‌های مختلف عمدتاً ناشی از تفاوت محیط، ژنتیک (واریته) و فعالیت‌های کشاورزی دانستند (Abdullave and Ortega, 2007). تحقیقات نشان می‌دهد که سن گیاه بر میزان متابولیت‌های ثانویه اثرگذار است (Spitaler et al., 2006). در یک بررسی دیگر، ۱۰ ترکیب فعال زعفران در سه منطقه مختلف اسپانیا به روش HPLC به صورت کمی مورد مطالعه قرار گرفت (Lozano et al., 1999). آزمایشات دیگری که به بررسی و مقایسه نمونه‌های زعفران مناطق مرند، کاشمر و نمونه تجاری در آزمایشگاه تولید و فرآوری گیاهان دارویی دانشگاه تبریز انجام شد، نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین میزان کروسین، پیکروکروسین و سافرانال وجود دارد. بالاترین میزان رنگیزه کروسین در اکوتیپ مرند و کمترین میزان آن در اکوتیپ کاشمر وجود داشت و

بالاترین میزان پیکروکروسین در اکوتیپ مرند و کمترین آن در اکوتیپ کاشمر با طول موج ۲۵۷ نانومتر تعیین شدند. تفاوت این ترکیبات در دو منطقه می‌تواند به دلیل شرایط اقلیمی این مناطق، ژنتیک و سن گیاه باشد. میزان سافرانال در نمونه تجاری بیشتر از دو نمونه دیگر، از سوی دیگر بین دو منطقه، میزان سافرانال در منطقه مرند بیشتر از کاشمر بود (Vakili gertavel and saleteh, 2016).

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طورکلی با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق و همچنین بررسی منابع موجود، مشخص گردید که نانو ذرات نقره در سال اول تاثیر معنی‌داری بر صفات مورفولوژیکی از قبیل: ارتفاع برگ، وزن تر و خشک گل، طول ریشه، قطر و تعداد برگ‌ها، وزن خشک و تر کلاله دارد. همچنین تاثیر وزن بنه نیز بر تمامی این خصوصیات معنی‌دار شد که باید به این نکته اشاره نمود که تمامی صفات در این سال در بنه‌های بزرگتر از ۸ گرم دیده شد، سال دوم نیز الگوی سال اول را داشته و تمامی صفات مورد مطالعه در تیمار نانو ذرات نقره مشاهده شد. و در بنه‌هایی که با محلول نانو آغشته شده بودند، افزایش قابل‌توجهی نسبت به گروه شاهد داشتند. تأثیر وزن بنه در صفات مورد آزمایش نیز الگوی سال اول را داشته و کلیه صفات در بنه‌های بیشتر از ۸ گرم نسبت به بنه‌های کوچکتر افزایش معنی‌دار نشان دادند. نتایج حاصل از تجزیه صفات کمی و رنگ زعفران که جزو صفات مهم و اقتصادی در این گیاه محسوب می‌شوند شامل کروسین‌ها (رنگیزه های کاروتنوئیدی محلول در آب)، پیکروکروسین (گلیکوزید تلخ‌مزه) و سافرانال که جزء اصلی مواد فرار معطر است مشاهده شد. در سال اول و دوم رنگیزه و طعم زعفران در بنه‌های آغشته به محلول نانو ذرات نقره و با وزن بیشتر از ۸ گرم افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته است. با توجه به اینکه رنگ زعفران کشت شده در این منطقه نسبت به دو نمونه دیگر در ایران مقایسه، و مشاهده شد که رنگ زعفران مورد مطالعه در منطقه سیستان به نسبت بیشتر از دو گونه مقایسه شده بود ولی از نظر طعم و بو با دو نمونه، تفاوت مشاهده شد که. لذا می‌توان نتیجه گرفت که گیاه زعفران درصورتی که در شرایط محیطی گرم و خشک تحت تأثیر محلول نانو نقره با غلظت‌های مناسب قرارگیرد می‌توان شاهد افزایش صفات کمی و کیفی و حتی بهبود صفات اقتصادی در این گیاه بود.

References

Abdullave, F. and Ortega, C. (2007). HPLC quantification of major active components from different saffron (*Crocus sativus* L.) sources. Food Chemistry. 10: 1126-1131

Aghamohammadi, Z. (1976). Investigation of the effect of saffron bulblee onion. Iranian Journal of Agricultural Science. 1: 97-105.

Ajam, A., BakhshChalarstah, K. and Sadr Abadi, R. (2014). Effect of Planting Concentration and Bennet Weight on the Yield and Characteristics of the Girl's Bane in Saffron Crop. 06th National Conference on New Ideas in Agriculture. 1-5.

Arnon, A.N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal, 23: 112- 121

Asgari, M., Azimi, M.H., Hamzehi, Z., Mortazavi, S.N. and Khodabandelu, F. (2013). Effect of nan- silver and sucrose on vase life of Tuberose (*Polianthes tuberosa* cv. peril) cut flowers. International Journal of Agronomy and Plant Production. 4(4): 680-687.

Baghai, N., and Farahani, S.M. (2014). Comparison of Nano and micro Chelated iron fertilizers on quantitative

yield and assimilates allocation of saffron (*Crocus sativus* L.). Researching Saffron. 1(2): 156-169.

Chang, Y.S., and Chen, H.C. (2001). Variability between silver thiosulfate and 1- naphthaleneacetic acid applications in prolonging bract longevity of potted bougainvillea. *Sci. Hort*. 87: 217-224.

Derosa, M.R., Monreal, C., Schnitzer, M., Walsh, R. and Sultan, Y. (2010). Nanotechnology in fertilizers. Nature Nanotechnol. 5:91.

Ghatre Saman, S. (2005). Application of Meteorology in Agriculture - The Effect of Low Temperature on Agricultural Products, Climatology Research Institute, Internal Publication, Tehran.

Golzari Jahan Abadi. M., Behdani, MA., 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.). Journal of Saffron Research. 4(2):172-186.

Gresta, F., Lombardo, G.M. and Avola, G. (2009). Saffron stigmas Production as affected by soil texture. 3th International Symposium on Saffron: Forthcoming Challenges in Cultivation, Research and Economics.

Grilli-Caiola, M. (2004). Saffron reproduction biology. Acta Horticulture, 650: 25-39.

Hassanzadeh Aval, F., Rezvani moghaddam, P., Bannayan aval, M. and Khorasani, R. (2013). Effects of maternal corm weight and different levels of cow manure on corm and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Saffron Aagronomy and Technology.1(1): 22-39.

Hemati Kakhki, A. and Hosseini, M. (2003). A Review on 15 Years on Research on Saffron in Khorasan. Institute of Research and Development of Technology. Ferdowsi University of Mashhad Publications. P. 114. (In Persian).

Joseph, T. and Morrison, M. (2006). Nanotechnology in agriculture and food. European Nanotechnology Gateway: 1-14.

Kafi, M., Rashed, M.H., Koocheki, A. and Mollafilabi, A., (2006). Saffron: Technology, Cultivation and Processing. Ferdowsi University of Mashhad Press. Center of Excellence for Special Crops. (In Persian)

Koocheki, A. and Sabet Teimouri, M. (2014). Effect of age of farm, corm size and manure fertilizer treatments on morphological criteria of Saffron (*Crocus sativus* L.) under Mashhad conditions. Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi).104: 148-157.

Lage, M. and Cantrell, Ch.L. (2009). Quantification of saffron metabolites crocins, picrocrocin and safranal determination of the spice grown under different environment morocan condition. Cientia Horticulture. 121: 366-373.

Mobaraki, Z. (2005). Location of saffron cultivation in Qazvin province, Master's thesis, Faculty of Geography, University of Tehran.

Moshtaghi, N., Ghahremanzadeh, R. and Marashi, H. (2010). Irrigation effects on pds and bch genes expression of the Iranian Saffron. Journal Cell Molecular Research. 2(2): 61-66.

Najari, Gh., Azami, F., Taghi Molaee, Y., and Fattahi, S. (2016). Morphological Study of Wild Species of Saffron in Forests and Rangelands of Ilam Province. Journal of Strategic Strategy of Forest. 1 (3): 47-52.

Omidi, H., Naghdibadi, H.A., Golzad, A., Torbati, H. and Fotookian, M.H. (2009). Effect of chemical and bio-fertilizer nitrogen on qualitative and quantitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal. Med Plants. 30(2):98-109. [in Persianwith English Summary].

Omid beigi, R. and Ramezani, A. (2002). Saffron cultivation area of seedbed preparation quality, Iranian Journal of Horticultural Science and Technology, 3: 167-178.

Peyvandi, M., Parande, H. and Mirza, M. (2011). Comparison of Nano Fe Chelate with Fe Chelate Effect on Growth Parameters and Antioxidant Enzymes Activity of Ocimum Basilicum. New Cellular and Molecular Biotechnology Journal. 1 (4): 89-98.

Rezvani, N., Sorooshzadeh, A. and Farhadi, N. (2012). Effect of nano-silver on growth of saffron in flooding stress. World Academy of Science, Engineering and Technology. 1: 6.

Sadeghi, B. (1993). Effet of corm weight on flowering of saffron. Research and indusial Institutes of Khorasan, Press. 73pp. (In Persian).

Sabertanha, B., Fakheri, B., Mahdinezhad, N. and Alizade, Z. (2017). Effects of silver nanoparticles elicitor and drought stress on the expression of beta -carotene hydroxylase (bch) gene on the yield of saffron carotenoid (*Crocus sativus* L.). Crop Biotechnology. 7(17): 1-13

Sharma, P., Bhatt, D., Zaidi, M.G., Saradhi, P.P., Khanna, P.K. and Arora, S. (2012). Silver nanoparticle mediated enhancement in growth and antioxidant status of *Brassica juncea*. Applied Biochemistry and Biotechnology, 167: 2225-2233.

Sharon, M., Choudhary, A.Kr. and Kumar, R. (2010). Nanotechnology in agricultural diseasis and food safity. Journal of Phytology. 2(4): 83-92.

Strader, L.C, Beisner, E.R. and Bartel, B. (2009). Silver ions increase auxin efflux independently of effects on ethylene response. Plant Cell. 21: 3585-3590.

Tajik, S., Zarin kamar, F. and Bothaee, S.Z. (2012). Quantification of crocin, picrocrocin and safranal components of saffron (*Crocus sativus* L.) in Ghaen and Tabas regions. 25 (3): 423-429

Yang, H., Sun, CH. And Zhang Qiao, Sh. (2008). Anatase TiO_2 single crystals With a large percentage of reactive factors. Nature, 453: 638- 641.

Yosefzaei, F., Poorakbar, L. and Farhadi, K. (2016). The effect of silver nanoparticles on morphological and physiological indexes of *Ocimum basilicum* L. Iranian Journal of Plant Physiology and Biochemistry. 1 (2): 63-73.

Zhang, L., Hong, F., Lu, S. and Liu, C. (2005). Effects of nano-TiO2 on strength of naturally aged seeds and growth of spinach. Biolology Trace Element Reserch. 105: 83- 91.

Alizadeh-Salteh, S. (2016). Evaluation of the effect of maternal corm and plantingmethods on lower and replacement cormsyield of two ecotypes of saffron (*Crocus Sativus L*.) in Tabriz. Saffron Agronomy andTechnology. 3: 251-259. [In Persian withEnglish Summary].

Mollafilabi, A. (2014). The effect of nutrition oncorm-bed for enlargement of saffroncorms.Research Project of Institute of Food Scienceand Technology, Khorasan Razavi, Iran. 23p. (InPersian).

Fallahi, H.R, Zamani, G.R, Aghhavani-Shajari, M. Samadzadeh, A.R. Branca, F. and Mehrabani, M. (2017). Saffron flower and stigma yield changes in response to application of different levels of super absorbent polymer. Journal of Medicinal Plants and Byproduct, 6(2): 145-151.

Abdel Kareem, M., Qayyum, S.H., Farooq, M., Abdel-Hadi, A.M., RabiaAbdur, R., Shafaqat, A., and Rizwan, M. (2017). Interactive effect of salinity andsilver nanoparticles on photosynthetic and biochemical parameters of wheat. Archives of Agronomy and Soil Science. 21-40.

(2014). Effect of silvernanoparticles and Pb $(NO_3)_2$ on the yield andchemical composition of mung bean (*Vignaradiata*). Journal of Stress Physiology and Biochemistry. 10(1): 316-325.

Raei, M., Angaji, A., Omidi, M., and Khodayari, D. (2014). Effect of abiotic elicitors on tissueculture of *Aloe vera*. International Journal

ofBiosciences (IJB). 5(1): 74-81.

Spitaler, R., Schlorhaufer, P.D, Ellmerer, E.P, Merfort, I., Bortenschlager, S., Stuppner, H., and Zidorn, C. (2006). Altitudinal variation of secondary metabolite profiles in flowering heades of Arnica. Montana. Phytochemistry. 67: 409-417.

Lozano, P., Castellar, M., Simancas, M., and Iborra, L. (1999). Quantitativ high-performance liquid chromatographic method to analysecommercial saffron (*Crocus sativus L.*)products. Journal of Chromatography.830: 477-483.

Vakiki Gertavel, M. and Alizadeh Saleteh, S. (2016). Comparison of effective compounds and antioxidant activity of saffron produced in Kashmar and Marand counties. Journal of Saffron Agriculture and Technology, Torbat Heydariyeh University. 4(3): 215-224.

Journal of Plant Environmental Physiology, Serial 61, 16th year, Number 1, Spring 2021

Effect of silver nanoparticles and corm weight on physiological and morphological traits of saffron (*Crocus Sativus*) under Sistan climatic conditions

Mahmoodi, F.[1], Mahdi Nezhad, N.[1]*, Fakheri, B.[1], Ahmadian, A.[2]

[1]Department of Plant Breeding and Biotechnology, Collage of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

[2]Department of Plant Production and Medical Plants, Research Institute of Saffron, Torbat Heidarieh University, Iran

Received date: 2018/05/26 Accepted date: 2018/11/25

Abstract

In order to survey the effect of silver nano-silver particles and weight of corm on physiological and morphological features of Crocus Sativus under climatic conditions in the area of Systan, an experiment was carried out based on a factorial randomized complete base-blocks design with three repetitions using two different weights of Crocus Sativus corm (more and less than 8 g) and two different concentrations of nano-silver treatment (zero and 50 ppm) in Dadi village located in Teymourabad district of Hamoun province during two consecutive years 2014-2016. Findings indicated that the treatment with nano-silver particles (AgNPs) had a significant effect on the morphological and physiological properties during the both study years and increased all traits under study as compared with the control. Moreover, the treatment including corm weight more than 8 g had significant effects on all properties under study during these two years. The results of analysis of the quantitative traits and color in saffron, which was done by HPLC method, showed that flavonoids, flavor, and odor of saffron in the sample soaked in the Ag Nanoparticles' solution remarkably increased in comparison with the control. Comparisons also indicated that the samples weighing more than 8 grams had a more significant increasing rate of the traits compared with the lighter samples. The results of the present study also showed that under hot and dry conditions and if the saffron corms with optimal size are exposed to suitable concentrations of Ag nanoparticle solution, increased qualitative and quantitative traits is observed, and this can even lead to improved economical properties in the plant.

Keywords: Crocin, Crostein, Corm, Picrocrocin, Safranal.

*Corresponding author; nmahdinezhad@uoz.ac.ir