



مقاله علمی - پژوهشی

## تنش کم آبی و اثر نانو ذرات نقره بر صفات مورفولوژیک برخی اکوتیپ‌های زعفران (*Crocus sativus* L.) خراسان جنوبی

سارا صابر تنها<sup>۱\*</sup>، براتعلی فاخری<sup>۲</sup>، نفیسه مهدی نژاد<sup>۳</sup> و زهره علیزاده<sup>۴</sup>

تاریخ پذیرش: ۲۷ دی ۱۳۹۶

تاریخ دریافت: ۲۵ فروردین ۱۳۹۶

صابر تنها، س.، فاخری، ب.، مهدی نژاد، ن.، و علیزاده، ز. ۱۳۹۷. تنش کم آبی و اثر نانو ذرات نقره بر صفات مورفولوژیک برخی اکوتیپ‌های زعفران (*Crocus sativus* L.) خراسان جنوبی. زراعت و فناوری زعفران، ۶(۴): ۴۸۵-۴۷۳.

### چکیده

این پژوهش به منظور بررسی تأثیر تنش کم آبی و نانو ذرات نقره بر صفات مورفولوژیک برخی اکوتیپ‌های زعفران انجام شد. آزمایش به صورت اسپیلت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بیرجند با دو سطح آبیاری کامل و کم آبی بر روی ۱۰ اکوتیپ زعفران و در سه سطح نانو ذرات نقره شامل تیمار شاهد (آب مقطر)، ۵۵ و ۱۱۰ پی‌پی‌ام اجرا شد. صفاتی مانند تاریخ جوانه‌زنی (سبز شدن)، تعداد بنه جوانه‌زده، تعداد پنجه، تعداد برگ، طول برگ، طول غلاف و عرض برگ اندازه‌گیری شد. بهترین تاریخ خروج جوانه (سبز شدن) و بیشترین تعداد پنجه در تیمار آبیاری کامل، تحت تیمار آب مقطر (شاهد) مشاهده شد. بیشترین تعداد بنه جوانه‌زده در شرایط آبیاری در غلظت ۵۵ پی‌پی‌ام نانو ذرات نقره در اکوتیپ قاین مشاهده شد. بیشترین طول برگ تحت تنش خشکی در تیمار با آب مقطر (شاهد) مشاهده شد. بیشترین تعداد برگ و عرض برگ تحت تنش خشکی در غلظت ۵۵ پی‌پی‌ام نانو ذرات نقره مشاهده شد. بر اساس نتایج چنین استدلال شد برخی از صفات در شرایط تنش خشکی تحت نانو ذرات نقره با غلظت ۵۵ پی‌پی‌ام و برخی از صفات در آبیاری کامل و عدم استفاده از نانو ذرات نقره بهترین عملکرد داشتند که احتمالاً می‌توان گفت در تنش خشکی میزان اتیلن افزایش می‌یابد، برخی از نتایج در این تحقیق می‌تواند به اثر نقره در جلوگیری از فعالیت اتیلن مرتبط باشد.

**کلمات کلیدی:** تنش خشکی، تعداد بنه، تعداد پنجه، پیاز.

- ۱- کارشناسی ارشد، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
  - ۲- استاد اصلاح نباتات، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
  - ۳- استادیار اصلاح نباتات، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
  - ۴- استادیار اصلاح نباتات، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
- \*- نویسنده مسئول: Sabertanha67@gmail.com

## مقدمه

و ریشه‌ها بستگی به سطح فتوسنتز کننده و راندمان فتوسنتز در واحد سطح برگ دارد. یکی از مهم‌ترین اختصاصات برگ‌های زعفران عدم توان استقرار به‌صورت قائم و حتی افقی در زمان بلوغ می‌باشد. برگ زعفران در ابتدای ظهور در پاییز کاملاً عمودی است و با طول‌تر شدن، برگ‌ها از حالت عمودی به حالت افقی درآمده و در زمان تکمیل رشد رویشی روی زمین می‌افتد. این توزیع فضایی و نحوه استقرار برگ از نظر اکوفیزیولوژیکی دارای راندمان فتوسنتزی بالایی نمی‌باشد. از اختصاصات دیگر زعفران نیز این است که رگبرگ اصلی آن که درصد قابل توجهی از سطح برگ را شامل می‌شود سفید رنگ بوده و فاقد رنگیزه‌های فتوسنتز کننده می‌باشد (Shirmohammadi & Khani, 2003).

امروزه نانو فناوری به علت کاربرد وسیع و فراوان در علوم و صنایع با سرعت بالایی در حال رشد می‌باشد. نانو فناوری علمی است بر پایه نانو ذرات استوار است (Kaviya et al., 2011). نانو ذرات موادی با ساختار سه‌بعدی که اندازه آن‌ها از یک تا ۱۰۰ نانومتر متغییر است (Harrison, 2002). نانوذره نقره خواص ضد میکروبی قوی دارند به طوری که ثابت شده است نانو ذرات نقره علیه طیف وسیعی از باکتری‌ها اثر ضد میکروبی دارند (Marambio-Jones & Hoek, 2010). ذرات نانو نقره ذراتی آب‌دوست با خواص ویژه و کاربرد فراوان در صنعت می‌باشند. به نظر می‌رسد این ذرات با از بین بردن کامل قارچ‌ها و باکتری‌ها برخلاف سایر آنتی‌بیوتیک‌ها هیچ‌گونه مقاومتی را در میکروب‌ها ایجاد نمی‌کنند. ذرات نانو نقره دارای قطری در حدود یک تا ۱۰۰ نانومتر می‌باشند که هسته آن را فلز نقره و اطراف آن را اکسید نقره در بر گرفته است (Park et al., 2006). در پژوهشی کاربرد نانو ذرات نقره باعث افزایش تحمل گیاه ذرت شیرین در شرایط تنش خشکی شد و از کاهش عملکرد تا حدودی

زعفران گیاهی چندساله بانام علمی (*Crocus sativus* L.) و متعلق به خانواده زنبقیان که گلدهی آن در پاییز است و در بهار و تابستان برگ‌ها خشک‌شده و به خواب می‌رود (Molina et al., 2004). مراحل رشد و نمو زعفران متأثر از عوامل محیطی و فیزیولوژی پیاز است (Fallahghalhari & Ahmadi, 2015). زعفران دارای ساقه زیرزمینی یا بنه معروف به پیاز زعفران است. پیاز زعفران مدور، سخت، گوشت‌دار و سفیدرنگ می‌باشد. پوشش پیازها متشکل از الیاف‌های طولی موازی و به رنگ قهوه‌ای است. قطعات پوششی از قاعده پیاز می‌رویند و در بالای پیاز به‌صورت قطعات باریکی درآمده از جوانه‌های رأسی پیاز محافظت می‌کنند (Dadkhah et al., 2011). در رأس پیاز بستگی به درشتی و شادابی آن‌ها از یک تا چهار جوانه رأسی مشاهده می‌شود. وظیفه این جوانه‌ها ایجاد گل و برگ می‌باشد. چون به‌طورمعمول جوانه‌های رأس ایجاد گل و برگ می‌کنند، پیازهای جدید اغلب در بالای پیازهای قبلی و به تعداد کمتر در اطراف و قاعده پیازهای قبلی به وجود می‌آیند (Dadkhah et al., 2011). گل زعفران نخستین اندامی است که در اوایل پاییز ظاهر می‌شود. در سال نخست کشت، به علت ضعف پیازها و عدم استقرار کامل آن‌ها در خاک و کشت عمقی، جوانه‌های گل توان کافی برای رویش ندارند و حتی برگ‌ها در سال اول دیرتر از معمول ظاهر می‌شوند (Kazemi et al., 2011).

طول دوره‌ی رشد ظاهری زعفران حدود هفت ماه است که در این مدت برگ‌ها به‌عنوان اندام تولیدکننده مواد فتوسنتزی آسیمیلات‌های لازم برای بنه‌ها و ریشه زعفران را تهیه و به اندام‌های زیرزمینی انتقال می‌دهند. میزان مواد انتقال یافته به بنه

بنه کاشته شد و درون هر چاله یک بنه قرار داده شد تا صفات با دقت بیشتری برای بررسی تأثیر نانوذره نقره اندازه‌گیری شوند. قبل از کشت، بنه‌ها به مدت ۹۰ دقیقه در آب مقطر (شاهد)، آب مقطر حاوی نانو ذرات نقره با غلظت‌های ۵۵ و ۱۱۰ پی‌پی‌ام غوطه‌ور شد، سپس کشت انجام شد. برای جوانه‌زنی بنه‌ها آبیاری به صورت کرتی و سنگین (غرقاب) انجام شد. هنگامی که زمین گاو رو شد. برای خروج بهتر جوانه‌ها سله شکنی انجام شد. بعد از خروج گل‌ها آبیاری دوم فقط برای شرایط نرمال هر سه هفته یک‌بار انجام شد.

### اندازه‌گیری صفات مورفولوژی

برای اندازه‌گیری تاریخ جوانه‌زنی (سبز شدن)، از زمان اولین آبیاری تا خروج اولین جوانه هر دو روز بررسی و تاریخ زده شد. درون هر کرت ۲۵ بنه کشت شد بدین صورت تعداد بنه سبز شده درون هر کرت محاسبه شد. از هر کرت به صورت دوره‌ای هر یک ماه یک بنه انتخاب شد و تعداد پنجه، تعداد برگ، طول برگ، طول غلاف و عرض برگ اندازه‌گیری شد. داده‌های به دست آمده از آزمایشات با آزمون توکی در سطح احتمال یک درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه 9.2 و Excel بررسی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژی (جدول ۱) نشان داد که اثرات اصلی اکوتیپ برای تمامی صفات، اثر اصلی تنش خشکی برای صفات تعداد پنجه، تاریخ خروج (سبز شدن) و عرض برگ و اثر اصلی نانوذره نقره برای صفات طول برگ، تعداد پنجه، تعداد برگ، تعداد بنه و عرض برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل اکوتیپ×تنش خشکی برای همه صفات به جز تاریخ خروج (سبز شدن) و طول غلاف، اثر متقابل اکوتیپ×نانوذره نقره در تمامی صفات به جز طول غلاف و

جلوگیری کرد (Shams et al., 2015). اثر محلول‌پاشی نانوذره نقره بر کاهش تنش غرقابی در زعفران مورد بررسی قرار گرفت، نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از نانوذره نقره ۵۰ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام، اثرات منفی تنش غرقابی را بر ارتفاع گیاه و تعداد بنه جبران کرد (Seif Sahandi et al., 2011) در این پژوهش به بررسی تنش کم‌آبی و اثر نانو ذرات نقره به عنوان ماده ضد میکروبی و بازدارنده اتیلین بر صفات مورفولوژیک برخی اکوتیپ‌های زعفران (*Crocus sativus* L.) خراسان جنوبی پرداخته شد.

### مواد و روش‌ها

#### جمع‌آوری نمونه و طرح آزمایش

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بیرجند انجام شد. آزمایش تحت اثرات نانو ذرات نقره در سه آب مقطر (شاهد)، ۵۵ و ۱۱۰ پی‌پی‌ام و تنش خشکی در دو سطح آبیاری و عدم آبیاری به صورت طرح اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. اکوتیپ‌های زعفران از ۱۰ منطقه خراسان جنوبی شامل بیرجند، نصرآباد، گازار، آراین شهر، قاین، هاشمیه، سرایان، آیسک، سرند، باغستان جمع‌آوری و مورد بررسی قرار گرفت.

#### کشت و تیمار با نانو ذرات نقره

ذرات نقره محصول شرکت آمریکایی US Research Nanomaterials بود که از شرکت پیشگامان نانو مواد ایرانیان تهیه شد. اندازه ذرات نانو نقره ۲۰ نانومتر و لیکوئیدی است. قبل از کشت زمین آماده شد. اندازه کرت‌ها ۱×۱ متر و فاصله بین کرت‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین هر بلوک یک متر در نظر گرفته شد. فاصله کرت‌ها در دو سطح تنش و غیر تنش دو متر فاصله گذاشته شد. بنه‌ها در عمق ۱۵ سانتی‌متری و در فاصله ۲۰ سانتی‌متری از یکدیگر کشت شدند. در هر مترمربع ۲۵ عدد

نقره در تمامی صفات به جز عرض برگ در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد.

اثر متقابل تنش خشکی×نانوذره نقره برای صفات طول برگ، تعداد برگ، تعداد بنه و عرض برگ در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. اثر متقابل سه گانه اکوتیپ×تنش خشکی×نانوذره

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورفولوژی  
Table 1- Analysis of variance morphology

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	تعداد		تعداد برگ Number of leaves	تعداد بنه Number of corm	تاریخ خروج Date of emergence	عرض برگ Leaf width	طول غلاف برگ Leaf pods length
		طول برگ Leaf length	پنجه Number of tillers					
تکرار (Repeat)	2	0.26 <sup>ns</sup>	0.41 <sup>ns</sup>	0.10 <sup>ns</sup>	<sup>ns</sup> 0.87	50.15 <sup>ns</sup>	0.004*	<sup>ns</sup> 0.42
اکوتیپ (Ecotype)	9	160.25**	5.72**	21.64**	21.00**	84.55**	0.009**	0.80**
تکرار*اکوتیپ (Repeat* Ecotype)	18	7.14 <sup>ns</sup>	<sup>ns</sup> 24.0	1.00 <sup>ns</sup>	1.12 <sup>ns</sup>	18.86 <sup>ns</sup>	0.0009 <sup>ns</sup>	0.39*
تنش خشکی (Drought stress)	1	22.75 <sup>ns</sup>	18.0**	<sup>ns</sup> 0.93	<sup>ns</sup> 0.27	646.00**	0.036**	<sup>ns</sup> 0.08
نانوذره نقره (Silver nanoparticles)	2	375.31**	6.65**	** 28.03	116.87**	12.83 <sup>ns</sup>	0.008**	0.37 <sup>ns</sup>
اکوتیپ* تنش خشکی (Ecotype * Drought stress)	9	49.99**	** 3.05	3.44**	** 2.96	21.82 <sup>ns</sup>	0.003**	<sup>ns</sup> 0.33
اکوتیپ* نانوذره نقره (Ecotype * Silver nanoparticles)	18	69.5**	3.77**	4.36**	9.44**	61.1**	** 0.004	<sup>ns</sup> 0.37
تنش خشکی* نانوذره نقره (Drought stress* Silver nanoparticles)	2	146.20**	1.51 <sup>ns</sup>	15.23**	** 4.40	<sup>ns</sup> 4.70	0.021**	<sup>ns</sup> 0.37
اکوتیپ* تنش خشکی* نانوذره نقره (Ecotype * Drought stress * Silver nanoparticles)	18	28.7**	1.92**	3.83**	5.50**	39.2**	0.002 <sup>ns</sup>	0.48**
خطا (Error)	100	7.69	0.53	1.01	0.73	5.44	0.001	0.23
ضریب تغییرات (Coefficient of variation (%))		63.17	66.19	35.18	45.19	16.18	97/17	28.14

به ترتیب نشانه عدم معنی داری و معنی داری در سطح ۵ درصد و ۱ درصد.

<sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup> and <sup>ns</sup> on the sign of a meaningful and significant at 5% and 1%, respectively.

طول برگ با میانگین ۲۰/۸۸ سانتی متر و بیشترین عرض برگ با میانگین ۰/۲۵ میلی متر در اکوتیپ سرند مشاهده شد. مقایسه میانگین اثر اصلی تنش خشکی صفات مورفولوژی (جدول ۳) نشان داد که بیشترین عرض برگ با میانگین ۰/۲۲ میلی متر در تنش خشکی و بیشترین تعداد پنجه با میانگین ۴/۰۳ عدد و بهترین تاریخ خروج جوانه (سبز شدن) با میانگین ۸۰/۱۵ روز در آبیاری کامل مشاهده شد. طول برگ، تعداد برگ، تعداد

مقایسه میانگین اثر اصلی اکوتیپ صفات مورفولوژی (جدول ۲) نشان داد که بیشترین تعداد پنجه با میانگین ۴/۶۶ عدد و تعداد برگ با میانگین ۷/۷۷ عدد در اکوتیپ قاین مشاهده شد. بهترین تاریخ خروج جوانه (سبز شدن) با میانگین ۸۱/۵۰ روز در اکوتیپ بیرجند مشاهده شد. بیشترین تعداد بنه سبز شده با میانگین ۶/۸۸ عدد و بیشترین طول غلاف با میانگین ۳/۷۷ سانتی متر در اکوتیپ هاشمیه مشاهده شد. همچنین بیشترین

بنه و طول غلاف برگ تفاوت معنی‌داری نشان ندادند.

جدول ۲- اثرات اصلی صفات مورفولوژی بر اکوتیپ  
Table 2- The main effects of morphological traits of the ecotypes

اکوتیپ Ecotype	طول برگ Leaf length (cm)	تعداد پنجه Number of tillers	تعداد برگ Number of leaves	تعداد بنه Number of corm	تاریخ خروج Date of emergence (day)	عرض برگ Leaf width (mm)	طول غلاف برگ Leaf pods length (cm)
گازار (Gazar)	12.11 <sup>de</sup>	3.27 <sup>cd</sup>	3.61 <sup>e</sup>	6.77 <sup>a</sup>	78.44 <sup>ab</sup>	0.18 <sup>c</sup>	3.50 <sup>ab</sup>
بیرجند (Birjand)	17.05 <sup>bc</sup>	4.11 <sup>ab</sup>	5.94 <sup>bc</sup>	3.72 <sup>d</sup>	81.50 <sup>a</sup>	0.18 <sup>c</sup>	3.05 <sup>b</sup>
هاشمیه (Hashemie)	17.27 <sup>bc</sup>	4.22 <sup>a</sup>	5.11 <sup>cd</sup>	6.88 <sup>a</sup>	78.94 <sup>ab</sup>	0.21 <sup>bc</sup>	3.77 <sup>a</sup>
قاین (Ghaen)	16.66 <sup>bc</sup>	4.66 <sup>a</sup>	7.77 <sup>a</sup>	6.55 <sup>a</sup>	79.22 <sup>ab</sup>	0.18 <sup>c</sup>	3.33 <sup>ab</sup>
آیسک (Ayask)	18.16 <sup>ab</sup>	4.11 <sup>ab</sup>	6.33 <sup>b</sup>	6.11 <sup>ab</sup>	79.77 <sup>ab</sup>	0.23 <sup>ab</sup>	3.50 <sup>ab</sup>
سارند (Sarand)	20.88 <sup>a</sup>	3.16 <sup>d</sup>	5.11 <sup>cd</sup>	5.38 <sup>bc</sup>	73.55 <sup>c</sup>	0.25 <sup>a</sup>	3.55 <sup>ab</sup>
آرین شهر (Ariyan shahr)	13.00 <sup>de</sup>	3.11 <sup>d</sup>	5.88 <sup>bc</sup>	5.50 <sup>bc</sup>	78.44 <sup>ab</sup>	0.21 <sup>abc</sup>	3.44 <sup>ab</sup>
باغستان (Baghestan)	14.55 <sup>cd</sup>	3.33 <sup>bcd</sup>	5.27 <sup>bcd</sup>	4.27 <sup>d</sup>	78.94 <sup>ab</sup>	0.20 <sup>bc</sup>	3.33 <sup>ab</sup>
نصرآباد (Nasrabad)	11.22 <sup>e</sup>	4.00 <sup>abc</sup>	4.77 <sup>d</sup>	4.61 <sup>cd</sup>	78.66 <sup>ab</sup>	0.18 <sup>c</sup>	3.16 <sup>b</sup>
سرایان (Sarayan)	16.38 <sup>bc</sup>	3.16 <sup>d</sup>	5.11 <sup>cd</sup>	5.44 <sup>bc</sup>	76.11 <sup>bc</sup>	0.21 <sup>bc</sup>	3.22 <sup>b</sup>

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنادار ندارند.

In each column, the averages of the same letters based on the Tukey test are not significantly different at 1% probability level.

جدول ۳- اثرات ساده تنش بر صفات مورفولوژی در اکوتیپ‌ها  
Table 3- The effects of stress on morphological attributes of the ecotypes

سطح تنش آبی Water stress level	طول برگ Leaf length (cm)	تعداد پنجه Number of tillers	تعداد برگ Number of leaves	تعداد بنه Number of corm	تاریخ خروج Date of emergence (day)	عرض برگ Leaf width (mm)	طول غلاف برگ Leaf pods length (cm)
آبیاری کامل Watering	15.37 <sup>a</sup>	4.03 <sup>a</sup>	5.56 <sup>a</sup>	5.56 <sup>a</sup>	80.15 <sup>a</sup>	0.19 <sup>b</sup>	3.41 <sup>a</sup>
تنش خشکی Drought stress	16.0 <sup>a</sup>	3.40 <sup>b</sup>	5.42 <sup>a</sup>	5.48 <sup>a</sup>	76.36 <sup>b</sup>	0.22 <sup>a</sup>	3.36 <sup>a</sup>

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنادار ندارند.

In each column, the averages of the same letters based on the Tukey test are not significantly different at 1% probability level.

تعداد برگ‌ها در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. این کاهش را می‌توان ناشی از اثرات سمیتی نانو ذرات نقره به دلیل اندازه بسیار کوچک، قدرت نفوذ بالا و همچنین فراهم‌آوری سطح عملکردی بسیار بالایشان در گیاه گوجه‌فرنگی دانستند (Karami et al., 2013). پژوهشگران مشاهده کردند میزان جوانه‌زنی نسبی، شاخص مقاومت ریشه و شاخص جوانه‌زنی خردل سیاه بسته به غلظت مورد آزمایش متفاوت بود. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت، میزان این پارامترها کاهش یافت که بیشترین میزان هر سه پارامتر در غلظت شاهد و کمترین

مقایسه میانگین اثر اصلی نانوذره نقره صفات مورفولوژی (جدول ۴) نشان داد که بیشترین طول برگ با میانگین ۱۸/۱۰ سانتی‌متر، تعداد پنجه با میانگین ۴/۰۸ عدد و عرض برگ با میانگین ۰/۲۲ میلی‌متر در شاهد مشاهده شد. تعداد برگ و تعداد بنه در سطح ۵۵ پی‌پی‌ام نانوذره نقره و شاهد به یک‌میزان افزایش یافته است. تاریخ خروج جوانه (سبز شدن) و طول غلاف تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. نتایج پژوهشی بر روی گوجه‌فرنگی نشان داد با افزایش میزان غلظت نانو ذرات نقره میزان بیوماس گیاه، رشد ریشه، رشد اندام هوایی و همچنین

میزان در غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نانوذره نقره مشاهده شد (Tabatabai Far et al., 2014).

جدول ۴- اثرات اصلی نانوذره نقره بر صفات مورفولوژی بر اکوتیپ ها

Table 4- The main effects of silver nanoparticles on the morphology characteristics of ecotypes

غلظت نانو ذره نقره Nanoparticle concentration of silver (ppm)	طول برگ Leaf length (cm)	تعداد پنجه Number of tillers	تعداد برگ Number of leaves	تعداد بنه Number of corm	تاریخ خروج Date of emergence (day)	عرض برگ Leaf width (mm)	طول غلاف برگ Leaf pods length (cm)
شاهد Control	18.10 <sup>a</sup>	4.08 <sup>a</sup>	6.00 <sup>a</sup>	6.36 <sup>a</sup>	77.76 <sup>a</sup>	0.22 <sup>a</sup>	3.45 <sup>a</sup>
55 ppm	15.98 <sup>b</sup>	3.63 <sup>b</sup>	5.76 <sup>a</sup>	6.30 <sup>a</sup>	78.68 <sup>a</sup>	0.20 <sup>ab</sup>	3.41 <sup>a</sup>
110 ppm	13.11 <sup>c</sup>	3.43 <sup>b</sup>	4.71 <sup>b</sup>	3.91 <sup>b</sup>	78.32 <sup>a</sup>	0.19 <sup>b</sup>	3.30 <sup>a</sup>

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنادار ندارند.

In each column, the averages of the same letters based on the Tukey test are not significantly different at 1% probability level.

مشاهده شد. بیشترین طول غلاف در اکوتیپ هاشمیه با میانگین ۴/۰۰ سانتی‌متر در تیمار ۱۱۰ پی‌پی‌ام نانوذره نقره مشاهده شد. در مطالعه‌ای نانوذره نقره روی بر بیومس چاودار بررسی شد که نتایج حاکی از آثار منفی این نانوذره بر بیومس گیاه بود (Lin & xing, 2008). در پژوهشی مشاهده کردند اثر کاهش نانو ذرات بر سرعت جوانه‌زنی یونجه در مقایسه با شاهد معنادار بود. نانوذره روی در غلظت‌های بالای ۴۰ و ۸۰ میلی‌گرم بر لیتر، کاهش معناداری را در سرعت جوانه‌زنی سبب شد اما غلظت ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر آن تأثیری بر سرعت جوانه‌زنی نشان نداد (Ramezani et al., 2014). در بررسی دو بذر سورگوم و لوبیا مشاهده شد گیاهانی که تحت تأثیر نانوذره نقره بودند، رشد کمتری نسبت به شاهد نشان دادند (Lee et al., 2012). در تحقیقی تأثیر دو نانو ذرات نقره و پلی‌وینیل پیرولیدین-نیترات نقره بر جوانه‌زنی و رشد اولیه یازده گیاه بررسی و مشاهده شد که نانوذره نیترات نقره تأثیر منفی ناچیزی بر سبز شدن گیاه داشت، ولی نانوذره پلی وینیل پیرولیدین-نیترات نقره تنها سبب کاهش جوانه‌زنی و قدرت سبز شدن یکی از گیاهان شد (Yin et al., 2012). با افزایش فلزات سنگین در وضعیت رشد گیاهان، مقدار ABA در بذر گیاهان افزایش یافت و این می-

مقایسه میانگین اثرات متقابل اکوتیپ×تنش خشکی صفات مورفولوژی (جدول ۵) نشان داد بیشترین مقدار صفات طول برگ با میانگین ۲۳/۰۰ سانتی‌متر در اکوتیپ سرند، تعداد پنجه با میانگین ۵/۳۳ عدد در اکوتیپ قاین، تعداد بنه با میانگین ۷/۱۱ عدد در اکوتیپ هاشمیه، تاریخ خروج جوانه (سبز شدن) با میانگین ۸۴/۱۱ روز در اکوتیپ بیرجند و طول غلاف با میانگین ۳/۸۸ سانتی‌متر در اکوتیپ هاشمیه در آبیاری کامل مشاهده شد. بیشترین تعداد برگ در اکوتیپ قاین در تنش خشکی با میانگین ۸/۰۰ عدد مشاهده شد. عرض برگ عدم معنی‌داری بین دو سطح تنش خشکی و عدم تنش خشکی نشان داد.

مقایسه میانگین اثرات اکوتیپ×نانوذره نقره صفات مورفولوژی (جدول ۶) نشان داد بیشترین مقدار صفات طول برگ با میانگین ۲۵/۵۰ سانتی‌متر در اکوتیپ سرند، تعداد پنجه با میانگین ۵/۶۶ عدد در اکوتیپ‌های قاین و بیرجند، تعداد بنه با میانگین ۸/۳۳ عدد در اکوتیپ هاشمیه و عرض برگ با میانگین ۰/۲۸ میلی‌متر در اکوتیپ سرند در تیمار شاهد (آب مقطر) مشاهده شد. بیشترین تعداد برگ در اکوتیپ قاین با میانگین ۸/۶۶ عدد و بهترین تاریخ خروج جوانه (سبز شدن) با میانگین ۸۳/۸۲ روز در اکوتیپ آیسک در تیمار ۵۵ پی‌پی‌ام نانوذره نقره

تواند دلیلی برای کاهش جوانه‌زنی در حضور فلزات باشد  
(Munzuroglu et al., 2008).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل اکوتیپ × تنش خشکی صفات مورفولوژی  
Table 5- Comparison of interaction effects ecotypes × Drought stress Morphological traits

صفات / واحد Traits / unit	سطح تنش Stress level	Gazar گازار	Birjand بیرجند	Hashemi هاشمی	Ghaen قاین	Ayask آیسک	Sarand سرند	Ariyan shahr آرین شهر	Baghesta n باغستان	Nasrab ad نصرآباد	Sarayan سرایان
طول برگ Leaf length (Cm)	آبیاری کامل Watering	11.00 <sup>e</sup> <sub>f</sub>	16.55 <sup>bcd</sup>	17.77 <sup>bc</sup>	16.44 <sup>bcd</sup>	17.66 <sup>bc</sup>	23.00 <sup>a</sup>	13.88 <sup>cde</sup>	14.11 <sup>b-e</sup>	6.88 <sup>f</sup>	16.44 <sup>bcd</sup>
	تنش خشکی Drought stress	13.22 <sup>c</sup> <sub>de</sub>	17.55 <sup>bc</sup>	16.77 <sup>bcd</sup>	16.88 <sup>bc</sup>	18.66 <sup>ab</sup>	18.77 <sup>ab</sup>	12.11 <sup>de</sup>	15.00 <sup>bcd</sup>	15.55 <sup>bc</sup> <sub>de</sub>	16.33 <sup>bcd</sup>
تعداد پنجه Number of tillers	آبیاری کامل Watering	4.22 <sup>a-e</sup>	4.44 <sup>abc</sup>	4.88 <sup>ab</sup>	5.33 <sup>a</sup>	3.88 <sup>b-f</sup>	3.44 <sup>d-h</sup>	3.22 <sup>d-h</sup>	4.00 <sup>b-f</sup>	3.77 <sup>b-g</sup>	3.11 <sup>e-h</sup>
	تنش خشکی Drought stress	2.33 <sup>h</sup>	3.77 <sup>b-g</sup>	3.55 <sup>d-f</sup>	4.00 <sup>b-f</sup>	4.33 <sup>abcd</sup>	2.88 <sup>fgh</sup>	3.00 <sup>fgh</sup>	2.60 <sup>gh</sup>	4.22 <sup>a-e</sup>	3.2 <sup>d-h</sup>
تعداد برگ Number of leaves	آبیاری کامل Watering	3.55 <sup>f</sup>	7.00 <sup>abc</sup>	5.55 <sup>cde</sup>	7.55 <sup>ab</sup>	6.00 <sup>b-e</sup>	5.44 <sup>cde</sup>	5.77 <sup>cde</sup>	4.88 <sup>ef</sup>	4.88 <sup>ef</sup>	5/00 <sup>def</sup>
	تنش خشکی Drought stress	3.66 <sup>f</sup>	4.88 <sup>ef</sup>	4.66 <sup>ef</sup>	8.00 <sup>a</sup>	6.66 <sup>a-d</sup>	4.77 <sup>ef</sup>	6.00 <sup>b-e</sup>	5.66 <sup>cde</sup>	4.66 <sup>ef</sup>	5.22 <sup>def</sup>
تعداد بنه Number of corm	آبیاری کامل Watering	6.77 <sup>ab</sup>	3.88 <sup>gh</sup>	7.11 <sup>a</sup>	6.77 <sup>ab</sup>	6.33 <sup>a-d</sup>	5.80 <sup>a-f</sup>	5.77 <sup>a-f</sup>	4.77 <sup>f-h</sup>	3.88 <sup>gh</sup>	4.77 <sup>e-h</sup>
	تنش خشکی Drought stress	6.77 <sup>ab</sup>	3.55 <sup>h</sup>	6.66 <sup>abc</sup>	6.33 <sup>a-d</sup>	5.88 <sup>a-f</sup>	4/80 <sup>e-h</sup>	5.22 <sup>d-g</sup>	4.11 <sup>gh</sup>	5.33 <sup>b-f</sup>	6.11 <sup>a-e</sup>
تاریخ خروج Date of emergence (day)	آبیاری کامل Watering	79.44 <sup>a</sup> <sub>-d</sub>	84.11 <sup>a</sup>	80.77 <sup>abc</sup>	80.44 <sup>abc</sup>	80.22 <sup>abc</sup>	74.44 <sup>cd</sup>	79.66 <sup>a-d</sup>	82.77 <sup>ab</sup>	80.11 <sup>abc</sup>	79.55 <sup>a-d</sup>
	تنش خشکی Drought stress	75.44 <sup>b</sup> <sub>cd</sub>	78.88 <sup>a-d</sup>	77.11 <sup>a-d</sup>	78/00 <sup>a-d</sup>	79.33 <sup>a-d</sup>	72.66 <sup>d</sup>	77.22 <sup>a-d</sup>	75.11 <sup>cd</sup>	77.22 <sup>a-d</sup>	72.66 <sup>d</sup>
عرض برگ Leaf width (mm)	آبیاری کامل Watering	0.16 <sup>de</sup>	0.15 <sup>e</sup>	0.20 <sup>a-e</sup>	0.20 <sup>a-e</sup>	0.22 <sup>a-d</sup>	0.25 <sup>a</sup>	0.21 <sup>a-e</sup>	0.17 <sup>b-e</sup>	0.15 <sup>e</sup>	0.18 <sup>b-e</sup>
	تنش خشکی Drought stress	0.21 <sup>a-e</sup>	0.21 <sup>a-e</sup>	0.22 <sup>a-d</sup>	0.17 <sup>cde</sup>	0.24 <sup>ab</sup>	0.25 <sup>a</sup>	0.22 <sup>a-d</sup>	0.22 <sup>a-d</sup>	0.22 <sup>a-d</sup>	0.23 <sup>abc</sup>
طول غلاف برگ Leaf pods length (Cm)	آبیاری کامل Watering	3.77 <sup>a</sup>	2.88 <sup>b</sup>	3.88 <sup>a</sup>	3.44 <sup>ab</sup>	3.55 <sup>ab</sup>	3.44 <sup>ab</sup>	3.55 <sup>ab</sup>	3.22 <sup>ab</sup>	3.11 <sup>ab</sup>	3.22 <sup>ab</sup>
	تنش خشکی Drought stress	3.22 <sup>ab</sup>	3.22 <sup>ab</sup>	3.66 <sup>ab</sup>	3.22 <sup>ab</sup>	3.44 <sup>ab</sup>	3.66 <sup>ab</sup>	3.33 <sup>ab</sup>	3.4 <sup>ab</sup>	3.22 <sup>ab</sup>	3.22 <sup>ab</sup>

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنادار ندارند.

In each column, the averages of the same letters based on the Tukey test are not significantly different at 1% probability level.

سنگین در مراحل مختلف فزیولوژیکی بذر، متفاوت خواهد بود  
(Li et al., 2007). نانو ذرات نقره توانایی تغییر در رشد گیاه و  
تغییر تولید متابولیت‌های ثانویه را دارند (Najafi et al., 2013).

در تحقیقی روی جوانه‌زنی و رشد آرابیدوپسیس گزارش شد  
که رشد گیاهچه نسبت به جوانه‌زنی، به فلزاتی چون جیوه،  
سرب، روی و مس حساسیت بیشتری داشت. سمیت فلزات

در مطالعاتی که روی زعفران صورت گرفته مشاهده شد که با اسپری کردن نانو نقره وزن ریشه و بنه زعفران افزایش

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات اکوتیپ × نانو ذره نقره صفات مورفولوژی

Table 6- Compares the average of ecotype × silver nanoparticle morphology characteristics

صفات/واحد Traits/unit	سطوح نانو Nano-level	گازار Gazar	بیرجند Birjand	هاشمیه Hashemie	قاین Ghaen	آیسک Ayask	سرند Sarand	آرین Ariyan shahr	باغستان Baghestan	نصرآباد Nasrabad	سرایان Sarayan
طول برگ Leaf length (Cm)	صفر(0)	18.83 <sup>b-f</sup>	19.16 <sup>b-e</sup>	22.50 <sup>abc</sup>	17.50 <sup>b-g</sup>	16.66 <sup>c-h</sup>	25.50 <sup>a</sup>	9.83 <sup>ij</sup>	19.00 <sup>b-e</sup>	15.33 <sup>d-l</sup>	16.66 <sup>c-h</sup>
	ppm 55	11.00 <sup>hij</sup>	15.16 <sup>d-l</sup>	16.16 <sup>d-h</sup>	15.50 <sup>d-l</sup>	23.33 <sup>ab</sup>	18.83 <sup>b-f</sup>	16.33 <sup>d-h</sup>	11.33 <sup>hij</sup>	11.83 <sup>g-j</sup>	20.33 <sup>a-d</sup>
	110 ppm	6.05 <sup>j</sup>	16.83 <sup>c-h</sup>	13.16 <sup>e-l</sup>	17.00 <sup>c-h</sup>	14.50 <sup>d-l</sup>	18.83 <sup>b-f</sup>	12.83 <sup>f-l</sup>	13.33 <sup>e-l</sup>	6.05 <sup>j</sup>	12.16 <sup>g-j</sup>
تعداد پنجه Number of tillers	صفر(0)	2.66 <sup>ef</sup>	5.66 <sup>a</sup>	4.16 <sup>a-e</sup>	5.66 <sup>a</sup>	3.83 <sup>b-f</sup>	3.50 <sup>b-f</sup>	3.50 <sup>b-f</sup>	3.66 <sup>b-f</sup>	4.16 <sup>a-e</sup>	4.00 <sup>b-f</sup>
	ppm 55	4.66 <sup>abc</sup>	2.83 <sup>ef</sup>	3.66 <sup>b-f</sup>	3.83 <sup>b-f</sup>	4.50 <sup>a-d</sup>	3.33 <sup>b-f</sup>	2.66 <sup>ef</sup>	3.00 <sup>def</sup>	4.83 <sup>ab</sup>	3.00 <sup>def</sup>
	110 ppm	2.50 <sup>f</sup>	3.83 <sup>b-f</sup>	4.83 <sup>ab</sup>	4.50 <sup>a-d</sup>	4.00 <sup>b-f</sup>	2.66 <sup>ef</sup>	3.16 <sup>d-f</sup>	3.33 <sup>b-f</sup>	3.00 <sup>def</sup>	2.50 <sup>f</sup>
تعداد برگ Number of leaves	صفر(0)	4.66 <sup>d-l</sup>	5.06 <sup>a-e</sup>	6.16 <sup>b-e</sup>	7.50 <sup>ab</sup>	6.33 <sup>b-e</sup>	5.83 <sup>b-f</sup>	5.33 <sup>b-h</sup>	5.00 <sup>d-h</sup>	6.00 <sup>b-e</sup>	6.66 <sup>a-d</sup>
	ppm 55	3.66 <sup>f-l</sup>	5.33 <sup>b-h</sup>	4.66 <sup>d-l</sup>	8.66 <sup>a</sup>	7.50 <sup>ab</sup>	4.83 <sup>d-h</sup>	6.00 <sup>b-e</sup>	6.50 <sup>a-e</sup>	5.00 <sup>d-h</sup>	5.50 <sup>b-g</sup>
	110 ppm	2.50 <sup>l</sup>	6.00 <sup>b-e</sup>	4.50 <sup>d-l</sup>	7.16 <sup>abc</sup>	5.16 <sup>c-h</sup>	4.66 <sup>d-l</sup>	6.33 <sup>b-e</sup>	4.33 <sup>e-l</sup>	3.33 <sup>ghi</sup>	3.16 <sup>hi</sup>
تعداد بنه Number of corm	صفر(0)	6.83 <sup>a-e</sup>	5.50 <sup>c-g</sup>	8.33 <sup>a</sup>	7.66 <sup>ab</sup>	7.16 <sup>a-d</sup>	7.66 <sup>ab</sup>	3.50 <sup>h-k</sup>	5.00 <sup>e-h</sup>	5.83 <sup>b-f</sup>	6.16 <sup>b-e</sup>
	ppm 55	7.33 <sup>abc</sup>	3.66 <sup>g-j</sup>	7.33 <sup>abc</sup>	6.66 <sup>a-e</sup>	7.00 <sup>a-d</sup>	6.83 <sup>a-e</sup>	7.16 <sup>a-d</sup>	4.16 <sup>f-l</sup>	5.66 <sup>c-f</sup>	7.16 <sup>a-d</sup>
	110 ppm	6.16 <sup>b-e</sup>	2.00 <sup>jk</sup>	5.00 <sup>e-h</sup>	5.33 <sup>d-h</sup>	4.16 <sup>f-l</sup>	1.66 <sup>k</sup>	5.83 <sup>b-f</sup>	3.66 <sup>g-j</sup>	2.33 <sup>ijk</sup>	3.00 <sup>ijk</sup>
تاریخ خروج Date of emergence (day)	صفر(0)	75.16 <sup>ab</sup>	80.66 <sup>a</sup>	75.83 <sup>ab</sup>	77.83 <sup>a</sup>	76.50 <sup>ab</sup>	77.00 <sup>a</sup>	79.33 <sup>a</sup>	81.50 <sup>a</sup>	77.66 <sup>a</sup>	76.16 <sup>ab</sup>
	ppm 55	76.00 <sup>ab</sup>	83.00 <sup>a</sup>	80.00 <sup>a</sup>	78.83 <sup>a</sup>	82.83 <sup>a</sup>	76.66 <sup>a</sup>	75.00 <sup>ab</sup>	79.83 <sup>a</sup>	81.00 <sup>a</sup>	73.66 <sup>ab</sup>
	110 ppm	81.16 <sup>a</sup>	83.80 <sup>a</sup>	81.00 <sup>a</sup>	81.00 <sup>a</sup>	80.00 <sup>a</sup>	67.00 <sup>b</sup>	81.00 <sup>a</sup>	75.50 <sup>ab</sup>	77.33 <sup>a</sup>	78.50 <sup>a</sup>
عرض برگ Leaf width (mm)	صفر(0)	0.20 <sup>abc</sup>	0.20 <sup>abc</sup>	0.23 <sup>abc</sup>	0.181 <sup>bc</sup>	0.25 <sup>ab</sup>	0.28 <sup>a</sup>	0.20 <sup>abc</sup>	0.23 <sup>abc</sup>	0.213 <sup>abc</sup>	0.213 <sup>abc</sup>
	ppm 55	0.168 <sup>bc</sup>	0.168 <sup>bc</sup>	0.218 <sup>abc</sup>	0.181 <sup>bc</sup>	0.26 <sup>a</sup>	0.23 <sup>ab</sup>	0.25 <sup>ab</sup>	0.218 <sup>abc</sup>	0.168 <sup>bc</sup>	0.181 <sup>bc</sup>
	110 ppm	0.20 <sup>abc</sup>	0.181 <sup>bc</sup>	0.181 <sup>bc</sup>	0.20 <sup>abc</sup>	0.181 <sup>bc</sup>	0.25 <sup>ab</sup>	0.20 <sup>abc</sup>	0.150 <sup>c</sup>	0.181 <sup>bc</sup>	0.23 <sup>ab</sup>
طول غلاف برگ Leaf pods length (Cm)	صفر(0)	3.50 <sup>ab</sup>	2.83 <sup>b</sup>	3.83 <sup>ab</sup>	3.50 <sup>ab</sup>	3.66 <sup>ab</sup>	3.33 <sup>ab</sup>	3.50 <sup>ab</sup>	3.83 <sup>ab</sup>	3.16 <sup>ab</sup>	3.33 <sup>ab</sup>
	ppm 55	3.66 <sup>ab</sup>	3.33 <sup>ab</sup>	3.50 <sup>ab</sup>	3.33 <sup>ab</sup>	3.66 <sup>ab</sup>	3.66 <sup>ab</sup>	3.33 <sup>ab</sup>	3.33 <sup>ab</sup>	3.00 <sup>ab</sup>	3.33 <sup>ab</sup>
	110 ppm	3.33 <sup>ab</sup>	3.00 <sup>ab</sup>	4.00 <sup>a</sup>	3.16 <sup>ab</sup>	3.16 <sup>ab</sup>	3.66 <sup>ab</sup>	3.50 <sup>ab</sup>	2.83 <sup>b</sup>	3.33 <sup>ab</sup>	3.00 <sup>ab</sup>

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنادار ندارند.

In each column, the averages of the same letters based on the Tukey test are not significantly different at 1% probability level.

مشاهده شد. بیشترین تعداد بنه در تنش خشکی در تیمار نانو ذره نقره ۱۱۰ پی‌پی‌ام با میانگین ۳/۶۶ عدد مشاهده شد. در صورتی که بین سه سطح نانو اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بهترین تاریخ خروج جوانه (سبز شدن) در آبیاری کامل در تیمار نانو ذره نقره ۱۱۰ پی‌پی‌ام با میانگین ۸۰/۵۳ روز مشاهده شد. بیشترین طول غلاف در آبیاری کامل در تیمار آب مقطر (شاهد)

میانگین اثرات متقابل دوگانه تنش خشکی × نانو ذرات نقره صفات مورفولوژی (جدول ۷) نشان داد بیشترین طول برگ با میانگین ۲۰/۰۶ سانتی‌متر، تعداد برگ با میانگین ۶/۵۰ عدد و عرض برگ با میانگین ۰/۲۴ میلی‌متر در تنش خشکی تحت تیمار آب مقطر (شاهد) مشاهده شد. بیشترین تعداد پنجه با میانگین ۴/۳۰ عدد در آبیاری کامل تحت تیمار آب مقطر (شاهد)



فتوستنتز را در بسیاری از گونه‌های گیاهی به‌ویژه گیاهانی که حساس به غرقابی هستند، کاهش می‌دهد (Gravatt & Kirby, 1998). احتمالاً می‌تواند اثرات مضر تنش غرقابی بر زعفران به دلیل تجمع اتیلن در این شرایط باشد. در این زمینه شباهت بین واکنش گیاهان به آبیاری بیش‌ازحد و پاسخ آن‌ها به تیمار با اتیلن قابل توجه است (Turkova, 1944). نانو نقره می‌تواند به دیواره سلولی نفوذ کرده و تغییر در نفوذپذیری دیواره ایجاد کند و با تغییر در جذب و دفع مواد توسط دیواره روی بسیاری از فرآیندهای داخل سلول تأثیرگذار باشد. نانو نقره می‌تواند به فسفر و سولفور موجود در دیواره متصل شود و به این صورت به DNA متصل شود و حتی در ساختار و عملکرد پروتئین‌ها و آنزیم‌ها نیز تغییر نیز ایجاد کند (Alirezaee et al., 2014).

با میانگین ۳/۵۳ سانتی‌متر مشاهده شد ولی بین سه سطح نانو اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در پژوهشی بر روی زعفران در شرایط تنش غرقابی مشاهده شد تنش غرقابی بر اغلب صفات اندازه‌گیری شده از جمله تعداد ریشه، طول ریشه، وزن تر و وزن خشک ریشه و وزن تر و خشک جوانه تأثیر منفی داشت. هرچند بر تعداد جوانه در هر بنه و طول جوانه اثر منفی نداشت (Rezvani & Sorooshzadeh, 2014). اصلی‌ترین نتیجه تنش غرقابی نبود اکسیژن کافی برای ریشه‌ها می‌باشد. در اغلب موارد کمبود اکسیژن به‌طور مستقیم ریشه و به‌طور غیرمستقیم بخش هوایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین این تنش موجب کاهش پتانسیل اکسیداسیون-احیا در خاک می‌شود که این امر به تدریج منجر به افزایش تقاضا به اکسیژن در خاک و در نتیجه افزایش استرس بر ریشه می‌گردد. این تنش سرعت

جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی × نانو ذرات نقره صفات مورفولوژی

Table 7- Comparison of interaction affects Drought stress × silver nanoparticles morphological traits

Traits / صفات / واحد / unit	Stress level سطح تنش	صفر (0)	ppm 55	ppm 110
طول برگ Leaf length (Cm)	آبیاری کامل (Watering) تنش خشکی (Drought stress)	16.13 <sup>b</sup> 20.06 <sup>a</sup>	15.73 <sup>b</sup> 16.23 <sup>b</sup>	14.26 <sup>b</sup> 11.96 <sup>c</sup>
تعداد پنجه Number of tillers	آبیاری کامل (Watering) تنش خشکی (Drought stress)	4.30 <sup>a</sup> 4.12 <sup>ab</sup>	3.86 <sup>ab</sup> 3.13 <sup>d</sup>	3.66 <sup>bc</sup> 3.20 <sup>cd</sup>
تعداد برگ Number of leaves	آبیاری کامل (Watering) تنش خشکی (Drought stress)	5.50 <sup>bc</sup> 6.50 <sup>a</sup>	6.03 <sup>ab</sup> 5.50 <sup>bc</sup>	5.16 <sup>c</sup> 4.26 <sup>d</sup>
تعداد بنه Number of corm	آبیاری کامل (Watering) تنش خشکی (Drought stress)	6.10 <sup>a</sup> 6.63 <sup>a</sup>	6.43 <sup>a</sup> 6.16 <sup>a</sup>	4.16 <sup>b</sup> 3.66 <sup>b</sup>
تاریخ خروج Date of emergence (day)	آبیاری کامل (Watering) تنش خشکی (Drought stress)	79.60 <sup>ab</sup> 75.93 <sup>c</sup>	80.33 <sup>a</sup> 77.03 <sup>bc</sup>	80.53 <sup>a</sup> 76.13 <sup>c</sup>
عرض برگ Leaf width (mm)	آبیاری کامل (Watering) تنش خشکی (Drought stress)	0.19 <sup>c</sup> 0.24 <sup>a</sup>	0.18 <sup>c</sup> 0.22 <sup>ab</sup>	0.20 <sup>bc</sup> 0.18 <sup>c</sup>
طول غلاف برگ Leaf pods length (Cm)	آبیاری کامل (Watering) تنش خشکی (Drought stress)	3.53 <sup>a</sup> 3.36 <sup>a</sup>	3.46 <sup>a</sup> 3.36 <sup>a</sup>	3.32 <sup>a</sup> 3.36 <sup>a</sup>

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنادار ندارند.

In each column, the averages of the same letters based on the Tukey test are not significantly different at 1% probability level.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه اکوتیپ «تنش خشکی × نانو ذرات نقره صفات مورفولوژی

Table 8- The comparison of the average interaction of the three ecotypes × Silver × Drought stress Morphological traits

	تیمارها Treatments	طول برگ Leaf length (cm)	تعداد پنجه Number of tillers	تعداد برگ Number of leaves	تعداد بنه Number of corm	تاریخ خروج Date of emergence (day)	عرض برگ Leaf width (mm)	طول غلاف برگ Leaf pods length (cm)	
شاهد Control	غاز Gazar	16.00 <sup>b-n</sup>	4.33 <sup>a-f</sup>	5.00 <sup>b-j</sup>	7.33 <sup>a-e</sup>	75.33 <sup>a-d</sup>	0.20 <sup>abc</sup>	3.66 <sup>a</sup>	
	بیرجند Birjand	22.00 <sup>a-e</sup>	6.33 <sup>a</sup>	7.33 <sup>a-e</sup>	6.33 <sup>a-g</sup>	83.33 <sup>abc</sup>	0.16 <sup>bc</sup>	3.00 <sup>a</sup>	
	هاشمیه Hashemie	21.66 <sup>a-f</sup>	5.33 <sup>abc</sup>	5.33 <sup>b-j</sup>	8.33 <sup>ab</sup>	77.66 <sup>abc</sup>	0.20 <sup>abc</sup>	4.00 <sup>a</sup>	
	قاین Ghaen	16.33 <sup>a-n</sup>	6.00 <sup>ab</sup>	7.00 <sup>a-f</sup>	7.33 <sup>a-e</sup>	81.66 <sup>abc</sup>	0.16 <sup>bc</sup>	4.00 <sup>a</sup>	
	آیسک Ayask	14.00 <sup>c-q</sup>	3.33 <sup>c-g</sup>	6.00 <sup>a-i</sup>	8.00 <sup>abc</sup>	73.33 <sup>a-d</sup>	0.23 <sup>ab</sup>	3.66 <sup>a</sup>	
	سرنند Sarand	25.33 <sup>ab</sup>	3.33 <sup>c-g</sup>	6.33 <sup>a-h</sup>	7.66 <sup>a-d</sup>	75.00 <sup>a-d</sup>	0.26 <sup>ab</sup>	3.00 <sup>a</sup>	
	آرین شهر Ariyan shahr	9.00 <sup>k-q</sup>	3.66 <sup>b-f</sup>	3.33 <sup>c-j</sup>	2.33 <sup>ijk</sup>	81.33 <sup>abc</sup>	0.16 <sup>bc</sup>	3.66 <sup>a</sup>	
	نصرآباد Nasrabad	15.66 <sup>c-o</sup>	4.33 <sup>a-f</sup>	3.33 <sup>c-j</sup>	5.00 <sup>c-j</sup>	85.33 <sup>a</sup>	0.20 <sup>abc</sup>	3.66 <sup>a</sup>	
	باغستان Baghestan	8.66 <sup>e-q</sup>	3.33 <sup>c-g</sup>	5.66 <sup>b-i</sup>	4.33 <sup>e-j</sup>	79.66 <sup>abc</sup>	0.16 <sup>bc</sup>	3.00 <sup>a</sup>	
	سرایان Sarayan	12.66 <sup>c-q</sup>	3.00 <sup>c-g</sup>	5.66 <sup>b-i</sup>	4.33 <sup>e-j</sup>	83.33 <sup>abc</sup>	0.16 <sup>bc</sup>	3.66 <sup>a</sup>	
	آبیاری Watering	غاز Gazar	12.00 <sup>g-q</sup>	5.33 <sup>abc</sup>	3.66 <sup>f-j</sup>	6.33 <sup>a-g</sup>	77.66 <sup>abc</sup>	0.13 <sup>bc</sup>	4.00 <sup>a</sup>
		بیرجند Birjand	11.33 <sup>h-q</sup>	3.33 <sup>c-g</sup>	6.00 <sup>a-i</sup>	3.33 <sup>g-k</sup>	85.00 <sup>a</sup>	0.13 <sup>bc</sup>	3.00 <sup>a</sup>
هاشمیه Hashemie		15.66 <sup>c-o</sup>	4.00 <sup>a-f</sup>	5.66 <sup>b-i</sup>	7.00 <sup>a-f</sup>	83.66 <sup>abc</sup>	0.20 <sup>abc</sup>	3.66 <sup>a</sup>	
قاین Ghaen		17.33 <sup>a-m</sup>	4.66 <sup>a-e</sup>	8.00 <sup>abc</sup>	8.66 <sup>a</sup>	77.66 <sup>abc</sup>	0.20 <sup>abc</sup>	3.66 <sup>a</sup>	
آیسک Ayask		21.33 <sup>a-g</sup>	5.00 <sup>a-d</sup>	6.66 <sup>a-g</sup>	6.00 <sup>a-g</sup>	84.33 <sup>ab</sup>	0.23 <sup>ab</sup>	4.00 <sup>a</sup>	
سرنند Sarand		21.33 <sup>a-g</sup>	4.00 <sup>a-f</sup>	5.00 <sup>b-j</sup>	7.66 <sup>a-d</sup>	76.33 <sup>a-d</sup>	0.23 <sup>ab</sup>	3.66 <sup>a</sup>	
آرین شهر Ariyan shahr		17.66 <sup>a-q</sup>	3.33 <sup>c-g</sup>	6.33 <sup>a-h</sup>	8.33 <sup>ab</sup>	76.00 <sup>a-d</sup>	0.23 <sup>ab</sup>	3.66 <sup>a</sup>	
نصرآباد Nasrabad		12.33 <sup>f-q</sup>	3.66 <sup>b-f</sup>	6.66 <sup>a-g</sup>	5.00 <sup>c-j</sup>	81.66 <sup>abc</sup>	0.20 <sup>abc</sup>	3.33 <sup>a</sup>	
باغستان Baghestan		6.33 <sup>o-pq</sup>	4.33 <sup>a-f</sup>	6.33 <sup>a-h</sup>	5.33 <sup>b-i</sup>	84.33 <sup>ab</sup>	0.100 <sup>c</sup>	2.66 <sup>a</sup>	
سرایان Sarayan		22.00 <sup>a-e</sup>	3.66 <sup>b-f</sup>	6.00 <sup>a-i</sup>	6.66 <sup>a-f</sup>	76.66 <sup>a-d</sup>	0.16 <sup>bc</sup>	3.00 <sup>a</sup>	
55 ppm		غاز Gazar	5.00 <sup>q</sup>	3.00 <sup>c-g</sup>	2.66 <sup>ij</sup>	6.66 <sup>a-f</sup>	85.33 <sup>a</sup>	0.16 <sup>bc</sup>	3.66 <sup>a</sup>
		بیرجند Birjand	16.33 <sup>a-n</sup>	3.66 <sup>b-f</sup>	7.66 <sup>a-d</sup>	2.00 <sup>jk</sup>	84.00 <sup>ab</sup>	0.16 <sup>bc</sup>	2.66 <sup>a</sup>
	هاشمیه Hashemie	16.00 <sup>b-n</sup>	5.33 <sup>abc</sup>	5.66 <sup>b-i</sup>	6.00 <sup>a-g</sup>	81.00 <sup>abc</sup>	0.20 <sup>abc</sup>	4.00 <sup>a</sup>	
	قاین Ghaen	15.66 <sup>c-o</sup>	5.33 <sup>abc</sup>	7.66 <sup>a-d</sup>	4.33 <sup>e-j</sup>	82.00 <sup>abc</sup>	0.23 <sup>ab</sup>	2.66 <sup>a</sup>	
	آیسک Ayask	17.66 <sup>a-q</sup>	3.33 <sup>c-g</sup>	5.33 <sup>b-j</sup>	5.00 <sup>c-j</sup>	83.00 <sup>abc</sup>	0.20 <sup>abc</sup>	3.00 <sup>a</sup>	
	سرنند Sarand	22.33 <sup>a-d</sup>	3.00 <sup>c-g</sup>	5.00 <sup>b-j</sup>	2.33 <sup>ijk</sup>	72.00 <sup>a-d</sup>	0.26 <sup>ab</sup>	3.66 <sup>a</sup>	
	آرین شهر Ariyan shahr	15.00 <sup>c-p</sup>	2.66 <sup>d-g</sup>	7.66 <sup>a-d</sup>	6.66 <sup>a-f</sup>	81.66 <sup>abc</sup>	0.23 <sup>ab</sup>	3.33 <sup>a</sup>	
	نصرآباد Nasrabad	14.33 <sup>c-q</sup>	4.00 <sup>a-f</sup>	4.66 <sup>c-j</sup>	3.33 <sup>g-k</sup>	81.33 <sup>abc</sup>	0.13 <sup>bc</sup>	2.66 <sup>a</sup>	
	باغستان Baghestan	5.66 <sup>p-q</sup>	3.66 <sup>b-f</sup>	2.66 <sup>ij</sup>	2.00 <sup>jk</sup>	76.33 <sup>a-d</sup>	0.20 <sup>abc</sup>	3.66 <sup>a</sup>	
	سرایان Sarayan	14.66 <sup>c-p</sup>	2.66 <sup>d-g</sup>	3.33 <sup>g-j</sup>	3.33 <sup>g-k</sup>	78.66 <sup>abc</sup>	0.23 <sup>ab</sup>	3.00 <sup>a</sup>	
	110 ppm	غاز Gazar	21.66 <sup>a-f</sup>	1.00 <sup>g</sup>	4.33 <sup>d-j</sup>	6.33 <sup>a-g</sup>	75.00 <sup>a-d</sup>	0.20 <sup>abc</sup>	3.33 <sup>a</sup>
		بیرجند Birjand	16.33 <sup>a-n</sup>	5.00 <sup>a-d</sup>	5.66 <sup>b-i</sup>	4.66 <sup>d-j</sup>	78.00 <sup>abc</sup>	0.23 <sup>ab</sup>	2.66 <sup>a</sup>
هاشمیه Hashemie		23.33 <sup>abc</sup>	3.00 <sup>c-g</sup>	7.00 <sup>a-f</sup>	8.33 <sup>ab</sup>	74.00 <sup>a-d</sup>	0.26 <sup>ab</sup>	3.66 <sup>a</sup>	
قاین Ghaen		18.66 <sup>a-j</sup>	5.33 <sup>abc</sup>	8.00 <sup>abc</sup>	8.00 <sup>abc</sup>	74.00 <sup>a-d</sup>	0.20 <sup>abc</sup>	3.00 <sup>a</sup>	
آیسک Ayask		19.33 <sup>a-i</sup>	4.33 <sup>a-f</sup>	6.66 <sup>a-g</sup>	6.33 <sup>a-g</sup>	79.66 <sup>abc</sup>	0.26 <sup>ab</sup>	3.66 <sup>a</sup>	
سرنند Sarand		25.66 <sup>a</sup>	3.66 <sup>b-f</sup>	5.33 <sup>b-j</sup>	7.66 <sup>a-d</sup>	79.00 <sup>abc</sup>	0.30 <sup>a</sup>	3.66 <sup>a</sup>	
آرین شهر Ariyan shahr		10.66 <sup>i-q</sup>	3.33 <sup>c-g</sup>	7.33 <sup>a-e</sup>	4.66 <sup>d-j</sup>	77.33 <sup>abc</sup>	0.23 <sup>ab</sup>	3.33 <sup>a</sup>	
نصرآباد Nasrabad		22.33 <sup>a-d</sup>	3.00 <sup>c-g</sup>	6.66 <sup>a-g</sup>	5.00 <sup>c-j</sup>	77.66 <sup>abc</sup>	0.26 <sup>ab</sup>	4.00 <sup>a</sup>	
باغستان Baghestan		22.00 <sup>a-e</sup>	5.00 <sup>a-d</sup>	6.33 <sup>a-h</sup>	7.33 <sup>a-e</sup>	76.00 <sup>a-d</sup>	0.26 <sup>ab</sup>	3.33 <sup>a</sup>	
سرایان Sarayan		20.66 <sup>a-h</sup>	5.00 <sup>a-d</sup>	7.66 <sup>a-d</sup>	8.00 <sup>abc</sup>	69.00 <sup>cd</sup>	0.26 <sup>ab</sup>	3.00 <sup>a</sup>	
شاهد Control		غاز Gazar	10.00 <sup>i-q</sup>	4.00 <sup>a-f</sup>	3.66 <sup>f-j</sup>	8.33 <sup>ab</sup>	74.33 <sup>a-d</sup>	0.20 <sup>abc</sup>	3.33 <sup>a</sup>
		بیرجند Birjand	19.00 <sup>a-j</sup>	2.33 <sup>efg</sup>	4.66 <sup>c-j</sup>	4.00 <sup>f-k</sup>	81.00 <sup>abc</sup>	0.20 <sup>abc</sup>	3.66 <sup>a</sup>
	هاشمیه Hashemie	16.66 <sup>a-n</sup>	3.33 <sup>c-g</sup>	3.66 <sup>f-j</sup>	7.66 <sup>a-d</sup>	76.33 <sup>a-d</sup>	0.23 <sup>ab</sup>	3.33 <sup>a</sup>	
	قاین Ghaen	13.66 <sup>d-q</sup>	3.00 <sup>c-g</sup>	9.33 <sup>a</sup>	4.66 <sup>d-j</sup>	80.00 <sup>abc</sup>	0.16 <sup>bc</sup>	3.00 <sup>a</sup>	
	آیسک Ayask	25.33 <sup>ab</sup>	4.00 <sup>a-f</sup>	8.33 <sup>ab</sup>	8.00 <sup>abc</sup>	81.33 <sup>abc</sup>	0.30 <sup>a</sup>	3.33 <sup>a</sup>	
	سرنند Sarand	16.33 <sup>a-n</sup>	2.66 <sup>d-g</sup>	4.66 <sup>c-j</sup>	6.00 <sup>a-g</sup>	77.00 <sup>abc</sup>	0.23 <sup>ab</sup>	3.66 <sup>a</sup>	
	آرین شهر Ariyan shahr	15.00 <sup>c-p</sup>	2.00 <sup>fg</sup>	5.66 <sup>b-i</sup>	6.00 <sup>a-g</sup>	74.00 <sup>a-d</sup>	0.26 <sup>ab</sup>	3.00 <sup>a</sup>	
	نصرآباد Nasrabad	10.33 <sup>i-q</sup>	2.33 <sup>efg</sup>	6.33 <sup>a-h</sup>	3.33 <sup>g-k</sup>	78.00 <sup>abc</sup>	0.23 <sup>ab</sup>	3.33 <sup>a</sup>	
	باغستان Baghestan	17.33 <sup>a-m</sup>	5.33 <sup>abc</sup>	3.66 <sup>f-j</sup>	6.00 <sup>a-g</sup>	77.66 <sup>abc</sup>	0.23 <sup>ab</sup>	3.33 <sup>a</sup>	
	سرایان Sarayan	18.66 <sup>a-j</sup>	2.33 <sup>efg</sup>	5.00 <sup>b-j</sup>	7.66 <sup>a-d</sup>	70.66 <sup>a-d</sup>	0.20 <sup>abc</sup>	3.66 <sup>a</sup>	
	خشکی کامل Drought stress	غاز Gazar	8/00 <sup>m-q</sup>	2.00 <sup>fg</sup>	3.00 <sup>hij</sup>	5.66 <sup>a-h</sup>	77.00 <sup>abc</sup>	0.23 <sup>ab</sup>	3.00 <sup>a</sup>
		بیرجند Birjand	17.33 <sup>a-m</sup>	4.00 <sup>a-f</sup>	4.33 <sup>d-j</sup>	2.00 <sup>jk</sup>	77.66 <sup>abc</sup>	0.20 <sup>abc</sup>	3.33 <sup>a</sup>
هاشمیه Hashemie		10.33 <sup>i-q</sup>	4.33 <sup>a-f</sup>	3.33 <sup>g-j</sup>	4.00 <sup>f-k</sup>	81.00 <sup>abc</sup>	0.16 <sup>bc</sup>	4.00 <sup>a</sup>	
قاین Ghaen		18.33 <sup>a-k</sup>	3.66 <sup>b-f</sup>	6.66 <sup>a-g</sup>	6.33 <sup>a-g</sup>	80.00 <sup>abc</sup>	0.16 <sup>bc</sup>	3.66 <sup>a</sup>	
آیسک Ayask		11.33 <sup>h-q</sup>	4.66 <sup>a-e</sup>	5.00 <sup>b-j</sup>	3.33 <sup>g-k</sup>	77.00 <sup>abc</sup>	0.16 <sup>bc</sup>	3.33 <sup>a</sup>	
سرنند Sarand		14.33 <sup>c-q</sup>	2.33 <sup>efg</sup>	4.33 <sup>d-j</sup>	1.00 <sup>K</sup>	62.00 <sup>d</sup>	0.23 <sup>ab</sup>	3.66 <sup>a</sup>	
آرین شهر Ariyan shahr		10.66 <sup>i-q</sup>	3.66 <sup>b-f</sup>	5.00 <sup>b-j</sup>	5.00 <sup>c-j</sup>	80.33 <sup>abc</sup>	0.16 <sup>bc</sup>	3.66 <sup>a</sup>	
نصرآباد Nasrabad		12.33 <sup>f-q</sup>	2.66 <sup>d-g</sup>	4.00 <sup>c-g</sup>	4.00 <sup>f-k</sup>	70.66 <sup>bcd</sup>	0.16 <sup>bc</sup>	3.00 <sup>a</sup>	
باغستان Baghestan		7.33 <sup>m-q</sup>	2.33 <sup>efg</sup>	4.00 <sup>c-g</sup>	2.66 <sup>h-k</sup>	78.33 <sup>abc</sup>	0.16 <sup>bc</sup>	3.00 <sup>a</sup>	
سرایان Sarayan		9.66 <sup>f-q</sup>	2.33 <sup>efg</sup>	3.00 <sup>hij</sup>	2.66 <sup>h-k</sup>	78.33 <sup>abc</sup>	0.23 <sup>ab</sup>	3.00 <sup>a</sup>	

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنادار ندارند.

In each column, the averages of the same letters based on the Tukey test are not significantly different at 1% probability level.

هیدروپونیک *Bacopa monnieri* دریافتند و متوجه شدند که بیوستنژ نانو ذرات نقره اثر قابل توجهی بر جوانه‌زنی و القای سنتز پروتئین و کربوهیدرات و کاهش محتویات فنل کل و فعالیت کاتالاز و پراکسیداز نشان می‌دهد (Krishnaraj et al., 2012). همچنین سنتز بیولوژیکی نانو ذرات نقره جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه‌های درختان *Boswellia ovalifoliolata* را افزایش می‌دهد (Savithamma et al., 2012). نانو ذرات نقره مشخصات رشدی گیاه (طول ساقه و ریشه و سطح برگ) و ویژگی‌های بیوشیمیایی (محتویات کلروفیل، کربوهیدرات و پروتئین، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی) در براسیکا جانسیا (کلزا)، لوبیا و ذرت افزایش یافته است (Salama, 2012; Sharma et al., 2012). اثر نانو ذرات بستگی به غلظت و از گیاهی به گیاهی دیگر متفاوت است. باین‌حال نانو ذرات نقش قابل قبولی در جوانه‌زنی بذر، ریشه، رشد گیاه (ریشه و ریشه زیست‌توده) و فتوسنتز ایفا می‌کنند (Hatami et al., 2014).

#### نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده می‌توان نتیجه گرفت که اکوتیپ‌های قاین، هاشمیه و سرند برای برخی از صفات در شرایط تنش خشکی تحت نانو ذرات نقره با غلظت ۵۵ پی‌پی‌ام بیشترین تولید را نشان دادند که بیانگر عملکرد بالای صفات در این شرایط می‌باشد. همچنین این اکوتیپ‌ها برای برخی صفات در آبیاری کامل و عدم استفاده از نانوذره نقره بهترین عملکرد داشتند که احتمالاً می‌توان گفت در تنش خشکی میزان اتیلن افزایش می‌یابد، برخی از نتایج در این تحقیق می‌تواند به اثر نقره در جلوگیری از فعالیت اتیلن مرتبط باشد.

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه اکوتیپ×تنش خشکی×نانو ذرات نقره صفات مورفولوژی (جدول ۸) نشان داد بیشترین تعداد پنجه با میانگین ۶/۳۳ عدد در اکوتیپ بیرجند و بهترین تاریخ خروج جوانه (سبز شدن) با میانگین ۸۵/۳۳ روز در اکوتیپ نصرآباد در آبیاری کامل تحت تیمار آب مقطر (شاهد) مشاهده شد. همچنین بیشترین تعداد برگ در اکوتیپ قاین با میانگین ۹/۳۳ عدد و عرض برگ در اکوتیپ آیسک با میانگین ۰/۳۰ میلی‌متر در تنش خشکی تحت تیمار نانوذره نقره ۵۵ پی‌پی‌ام مشاهده شد. اکوتیپ سرند با میانگین ۲۵/۶۶ سانتی‌متر در تنش خشکی تحت تیمار آب مقطر (شاهد) بیشترین طول برگ را نشان داد. بیشترین تعداد بنه در اکوتیپ قاین تحت تیمار نانوذره نقره ۵۵ پی‌پی‌ام در آبیاری کامل با میانگین ۸/۶۶ عدد مشاهده شد. طول غلاف در بین اکوتیپ‌ها و سطوح تنش خشکی و نانو ذرات نقره اختلاف معناداری نشان نداد.

محققین گزارش کردند که سمیت نانو ذرات ZnO در گونه‌های مختلف متفاوت است به‌طور مشابه اثرات نانو ذرات نقره نیز می‌تواند از گونه‌ای به گونه دیگر متفاوت باشد (Lin & Xing, 2008). پژوهشگران مشاهده کردند که رشد ریشه و اندام هوایی نسبت به جوانه‌زنی بیشتر تحت تأثیر اثرات نانو ذرات نقره قرار می‌گیرند (Ruffini & Cremonini, 2009) مطالعه‌ای بر روی گیاهان *Phaseolus vulgaris* و *Zea mays* نشان داد که نانو ذرات نقره در غلظت ۶۳ ppm سبب افزایش رشد در گیاهان می‌شود و در غلظت‌های بالاتر از آن اثرات مهاری بر روی رشد گیاه دارد (Kumari et al., 2009). نانو ذرات دارای اثر مثبت و منفی بر رشد و توسعه گیاهان دارند. به‌تازگی اثر بیولوژیکی سنتز نانو ذرات نقره را بر روی متابولیسم رشد کشت

- Alirezaee, F., Kiarostami, KH., and Hossein Zadeh Namin, M. 2014. The effect of nano silver phenolic compounds and rosmarinic acid in callus tissue culture of lavender. First National Congress of Electronic biology and natural sciences, Iran.
- Dadkhah, M.R., Ehtesham, M., and Fekrat, H. 2011. Iranian Saffron Unknown Gem (planting, keeping, harvesting and processing). Second edition, Publications Shahr Ashub, 160 p.
- Fallahghalhari, Gh.A., and Ahmadi, H. 2015. The estimation of phenological thresholds of Saffron cultivation in Isfahan province based on the daily temperature statistics. *Saffron Agronomy and Technology* 3 (1): 49-65. (In Persian with English Summary).
- Gravatt, D.A., and Kirby, C.J. 1998. Patterns of photosynthesis and starch allocation in seedlings of four bottomland hardwood tree species subjected to flooding. *Tree Physiology* 18 (6): 411-417.
- Harrison, R. 2002. Measurement of number mass and size distribution of particles in the atmosphere. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 358: 2567-2580.
- Hatami, M., Hhatamzadeh, A., Ghasemnezhad, M., Hasan sajadi, R., and Ghorbanpour, M. 2014. Changes in antioxidant enzymes activity in two *Pelargonium zonale* cultivars by nanosilver particles during dark storage. *Plant Production Technology* 5 (2): 99-108. (In Persian with English Summary).
- Karami mehrian, S.S., Heydari, R., and Rahmani, F. 2013. Effects of silver nanoparticles on the physiological and morphological characteristics of tomato (*Lycopersicon esculentum mill*). Second National Conference on new issues in agriculture. (In Persian with English Summary).
- Kaviya, S., Santhanalakshmi, J., Viswanathan, B., Muthumary, J., and Srinivasan K. 2011. Biosynthesis of silver nanoparticles using *Citrus sinensis* peel extract and its antibacterial activity. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 79: 594-598.
- Kazemi, M., Talebifar, M., Abedin, A., and Safariyan, A. 2011. Saffron (acquaintances, crop management and production, chemical composition and cost) 1st Ed. Ayyz Press. 75 p.
- Krishnaraj, C., Jagan, E.G., Ramachandran, R., Abirami, S.M., Mohan, N., and Kalaichelvan, P.T. 2012. Effect of biologically synthesized silver nanoparticles on *Bacopa monnieri* (Linn.) Wettst. *Plant growth metabolism. Process Biochem* 47 (4): 651-658.
- Kumari, M., Mukherjee, A., and Chandrasekaran, N. 2009. Genotoxicity of silver nanoparticles in *Allium cepa*. *Science of the Total Environment* 407: 5243-5246.
- Lee, W.M., Kwak, Jin., and An, Y.J. 2012. Effect of silver nanoparticles in crop plants *Phaseolus radiates* and *Sorghum bicolor*: Media effect on phytotoxicity. *Chemosphere* 86: 491-499.
- Li, W., Khan, M. A., Yamaguchi, S., and Kamiya, Y. 2007. Effects of heavy metals on seed germination and early seedling growth of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Growth Regulation* 46: 45-50.
- Lin, D., and Xing, B. 2008. Root uptake and phytotoxicity of ZnO nanoparticles. *Environmental Science Technology* 42: 5580-5585.
- Marambio-Jones, C., and Hoek, EMV. 2010. A review of the antibacterial effects of silver nanomaterials and potential implications for human health and the environment. *Journal of Nanoparticle Research* 12 (5): 1531-1551.
- Molina, R.V., Garcia-Luis, A., Cool, V., Ferrer, C., Valero, M., Navarro, Y., and Guardiola, J. L. 2004. Flower formation in the saffron *Crocus* (*Crocus sativus* L.). The role of temperature. *Acta Hydrobiologica Sinica* 650: 39-47.
- Munzuroglu, O., Zengin, F.K., and Yahyagil, Z. 2008. The Abscisic acid levels of wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Çakmak 79) seeds that

- were germinated under heavy metal (Hg<sup>++</sup>, Cd<sup>++</sup>, Cu<sup>++</sup>) stress. Gazi University Journal of Science 21: 1-7.
- Najafi, S., Heidari, R., and Jamei, R. 2013. Influence of silver nanoparticles and magnetic field on phytochemical, antioxidant activity compounds and physiological factors of *Phaseolus vulgaris*. Technical Journal of Engineering and Applied Sciences 2812-2816.
- Park, H.J., Kim, S.H., Kim, H.J., and Choi, S.H. 2006. A new composition of nanosized silica-silver for control of various plant diseases. Journal Plant Pathology 22: 295-302.
- Ramezani, F., Shayanfar, A., and Rezaei, K.A. 2014. The effect of nano silver, nickel, zinc and zinc - copper on germination, establishment and enzymatic activity *Medicago sativa* seed. Iranian Journal of Field Crop Science 1 (45): 107-118. (In Persian with English Summary).
- 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: 517-522.
- Rezvani, N., and Sorooshzadeh, A. 2014. Effect of nano-silver on root and bud growth of saffron in flooding stress condition. Saffron Agronomy and Technology 2 (1): 91-104 (In Persian with English Summary).
- Ruffini Castiglione, M., and Cremonini, R. 2009. Nanoparticles and higher plants. Caryologia 62: 161-165.
- Seif Sahandi, M., Sorooshzadeh, A., Rezazadeh, H., and Naghdiabadi, HA. 2011. Effect of nano silver and silver nitrate on seed yield of borage. Journal of Medicinal Plants Research 5 (2): 171-175.
- Salama, H.M.H. 2012. Effects of silver nanoparticles in some crop plants, common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and corn (*Zea mays* L.). International Research Journal of Biotechnology 3 (10): 190-197.
- Savithramma, N., Ankanna, S., and Bhumi, G. 2012. Effect of nanoparticles on seed germination and seedling growth of *Boswellia ovalifoliolata* an endemic and endangered medicinal tree taxon. Nano Vision 2: 61-68.
- Shams, H., Ghoshchi, F., and Kasraie, P. 2015. The effect of foliar silver nano particles on yield and yield components sweet corn under water deficit stress. Iranian Journal of Dynamic Agriculture 12 (1): 13-21. (In Persian).
- 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.
- Shirmohammadi, Z., and Khani, A. 2003. Evaluation of the methods and the number of irrigation water on leaf area index canopy temperature and saffron plant performance. Shiraz University master's thesis. (In Persian with English Summary).
- Tabatabai Far, F. S., Amooaghaei, R., and Ahadi, A.M. 2014. Oxygenase 1 gene expression is influenced by silver nanoparticles in black mustard. National Science and Engineering Conference on Environment and Sustainable Development. (In Persian with English Summary).
- Turkova, N.S. 1944. Growth reactions in plants under excessive watering. Doklady Academy Science 42 (3): 87-90.
- Yin, L., Colman, B.P., McGill, B.M., Wright, J.P., and Bernhardt, E.S. 2012. Effects of silver nanoparticle exposure on germination and early growth of eleven wetland plants. PLoS ONE 7 (10): e47674.

## Water deficit and the effect of silver nanoparticles on Morphological traits on some saffron ecotypes (*Crocus sativus* L.) in South Khorasan

Sara Sabertanha<sup>1\*</sup>, Barat Ali Fakheri<sup>2</sup>, Nafiseh Mahdinezhad<sup>3</sup> and Zohre Alizade<sup>4</sup>

Submitted: 14 April 2017

Accepted: 17 January 2018

Sabertanha, S., Fakheri, B. A., Mahdinezhad, N., and Alizade, Z. 2019. Water Deficit and the Effect of Silver Nanoparticles on Morphological Traits on Some Saffron Ecotypes (*Crocus sativus* L.) in South Khorasan. Saffron Agronomy & Technology 6(4): 473-485.

### Abstract

The present research was conducted to investigate the effect of water stress and silver nanoparticles on morphological traits of some saffron ecotypes. The experiment was done in the form of split plot factorial in a randomized complete block design format in three replications at the research farm of Birjand University with two levels including full and low water irrigation on 10 ecotypes of saffron and at three levels of silver nanoparticles including control treatment (distilled water), 55 and 110 ppm. Traits such as germination date (germination), the number of germinated corms, the number of tillers, the number of leaves, leaf length, the pods length and leaf width were measured. The best date of emergence and the largest number of paws in complete irrigation treatment was observed under distilled water treatment (control). The highest number of corm germinated was observed in irrigated conditions at 55 ppm of silver nanoparticles in the Qaen ecotype. The highest leaf length was observed under drought stress in the treatment with distilled water (control). The largest number of leaves and leaf width were observed under drought stress at 55 ppm of silver nanoparticles. According to the obtained results of this study, some of the traits at the conditions of drought stress under silver nanoparticles with a concentration of 55 ppm and some of the traits in the full irrigation and lack of use of silver nanoparticles had the best performance. Thus, it could be said that probably, in stress dryness, the amount of ethylene increases. Some of the obtained results of this study can be related to the effect of silver in preventing ethylene activity.

**Keywords:** Drought stress, Corm Number, Tillers Number, Onion

1 - MSc Student, Department of Plant Breeding and Biotechnology, College of Agriculture, University of Zabol.

2 - Full Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Zabol.

3 - Assistant Professors, Department of Plant Breeding and Biotechnology, College of Agriculture, University of Zabol

4 - Assistant Professors, Department of Plant Breeding and Biotechnology, College of Agriculture, University of Birjand

(\*-Corresponding author Email: Sabertanha67@gmail.com)

DOI: 10.22048/jsat.2018.82080.1223