

تأثیر نانو نقره بر خصوصیات رشد رویشی زعفران

مقاله کوتاه

نسیم رضوانی^{۱*} و علی سروش زاده^۲

تاریخ پذیرش: ۱۵ اردیبهشت ۱۳۹۳

تاریخ دریافت: ۱۹ آبان ۱۳۹۲

چکیده

آزمایشی در قالب طرح فاکتوریل و در چهار تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. در این آزمایش اثر پیش تیمار غلظت‌های صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ پی‌پی‌ام محلول نانو نقره و برهم‌کنش این تیمارها با شرایط تنش غرقابی و عدم تنش غرقابی بر روی ریشه‌های زعفران موردبررسی قرار گرفت. در شرایط بدون تنش غلظت‌های ۴۰ و ۸۰ پی‌پی‌ام نانو نقره تعداد ریشه را افزایش داد، اما طول ریشه با پیش تیمارهای آب و نانو نقره ۴۰ پی‌پی‌ام در سطح اطمینان ۹۹ درصد افزایش پیدا کرد. در شرایط تنش غرقابی کاربرد غلظت‌های ۴۰ و ۸۰ پی‌پی‌ام اثر تنش را بر تعداد ریشه جبران کرد و کاربرد غلظت ۴۰ پی‌پی‌ام نه تنها موجب جبران اثر تنش روی طول ریشه شد، بلکه میزان این صفت را به بیشتر از میزان آن در شرایط شاهد بدون تنش افزایش داد. همچنین کلیه پیش تیمارها موجب جبران اثر تنش بر وزن خشک و وزن تر ریشه شدند.

کلمات کلیدی: پیش تیمار، تعداد ریشه، طول ریشه، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه.

۱- کارشناس ارشد زراعت، دانشگاه تربیت مدرس.

۲- دانشیار گروه زراعت، دانشگاه تربیت مدرس.

(* - نویسنده مسئول: Nasim_rezvani@yahoo.com)

مقدمه

زعفران، گران‌قیمت‌ترین چاشنی در جهان، از کلاله‌های خشک شده گیاه زعفران بانام علمی *Crocus sativus* L. به دست می‌آید. زعفران یک گیاه ژئوفیت است که گلدهی آن در فصل پاییز صورت می‌گیرد (Molina et al., 2005). به دلیل اینکه بنه‌ها تنها راه تکثیر این گیاه می‌باشند و از خصوصیات گیاه محافظت می‌کنند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند (Keyhani et al., 2004). فصل گلدهی این گیاه از مهر تا آبان ماه می‌باشد. این گیاه کاربرد تجاری گسترده‌ای در زمینه مواد غذایی، رنگ‌آمیزی، لوازم‌آرایی و بهداشتی و اهداف درمانی دارد (Rangahau et al., 2003; Molina et al., 2005). مطالعات اخیر نشان داده است که این گیاه یک داروی پیشگیری‌کننده و درمانی مفید برای سرطان‌های مختلف است (Keyhani et al., 2004; Sharon et al., 2010).

وقوع بارندگی‌های سنگین در اوایل دوره رشد زعفران (فصل پاییز)، در برخی مناطق از جمله نواحی شمالی کشور از جمله گلستان، غرب گیلان، دیلمان و... می‌تواند خطر تنش غرقابی را افزایش دهد. این تنش در رشد بسیاری از گیاهان از جمله زعفران که دارای اندام تکثیری زیرزمینی است اختلال ایجاد می‌نماید. مهم‌ترین اثر مخرب تنش غرقابی بر زعفران، ایجاد پوسیدگی و گسترش فعالیت قارچ‌ها بر بنه زعفران است. همچنین تنش غرقابی بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک، مورفولوژیک و بیوشیمیایی گیاه از جمله ظرفیت فتوسنتزی، مقدار رشد ریشه و ساقه، میزان تولید توده زنده گیاه، روابط آبی، متابولیسم کربوهیدرات‌ها، ساختار سلول، تغذیه، تعادل بین هورمون‌ها و بیان ژن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Perata & Alpi, 1993; Crawford & Andle., 1996; Biemelt et al., 1999). تنش غرقابی منجر به کمبود اکسیژن و تجمع اتیلن در گیاهان می‌شود. ریشه و بنه‌ها حساس‌ترین اندام این گیاه به این تنش می‌باشد. تنش غرقابی می‌تواند از رشد و نفوذپذیری ریشه در اکثر گیاهان به‌جز گیاهان آب‌دوست مانند برنج جلوگیری کند (Visser et al., 1997; Visser & Pierik, 2007).

تاکنون تحقیقات بسیار اندکی در رابطه با اثر تنش غرقابی بر رشد زعفران صورت گرفته است. کیهانی و همکاران (Keyhani et al., 2004) گزارش کردند که بسته به مرحله نموی زعفران، تنش کمبود اکسیژن و نبود اکسیژن به‌عنوان سیگنالی برای افزایش الکل‌دهیدروژناز و لاکتات‌دهیدروژناز وابسته به NAD عمل می‌کند. آن‌ها اثرات این تنش را بر خصوصیات رشدی زعفران مورد بررسی قرار ندادند. امروزه یون‌های نقره به‌عنوان یک جایگزین شیمیایی در کشاورزی شناخته شده‌اند.

این یون‌ها میکروارگانیزم‌های نامطلوب را در خاک‌های زراعی و دستگاه‌های هیدروپونیک محدود می‌کنند و به‌صورت اسپری روی برگ برای متوقف کردن بیماری‌های قارچی، پوسیدگی و سایر بیماری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. علاوه بر این ترکیبات نقره از جمله نمک نقره، سیلیکات و پلیمرهای قابل‌حل در آب و اشعه‌ی رادیواکتیو آن به‌عنوان یک محرک‌کننده رشد گیاهی بسیار عالی محسوب می‌شوند (Sharon et al., 2010). در گزارش‌های متعددی یون‌های نقره به‌عنوان بازدارنده فعالیت اتیلن شناخته شده‌اند (Beyer, 1976; Chamani et al., 2005; Gad & Atta-Aly, 2006; Reggiani, 2006; Eo & Lee, 2007; An et al., 2008). که تیو سولفات نقره ۰/۵ میلی‌مولار فعالیت اتیلن را به مدت ۱۰ روز در گیاه آنتوریوم کاهش داد (Macnish et al., 2010).

(2000 اثر محلول پاشی نانو نقره بر کاهش تنش غرقابی در زعفران توسط سیف سهندی و همکاران (۲۰۱۱) مورد بررسی قرار گرفت، نتایج این تحقیق نشان داد استفاده از نانو نقره ۵۰ و ۱۰۰ پی پی ام، اثرات منفی تنش غرقابی را بر ارتفاع گیاه و تعداد بنه جبران کرد (Seif Sahandi et al., 2011).

نانوتکنولوژی مواد دارای خصوصیات ویژه‌ای است که در آینده برنامه‌های کاربردی در زمینه‌های مختلف را نوید می‌دهد. از آنجایی که فناوری جدید نانو ذرات نقره امکان استفاده کاربردی و مقرون به صرفه از این فلز را ایجاد کرده است، در این تحقیق از این فناوری استفاده شده است. با توجه به اینکه میزان نانو نقره مورد استفاده در روش پیش تیمار کردن بنه‌ها بسیار کمتر و مؤثرتر از کاربرد انواع قارچ کش‌ها است، این روش اقتصادی و مؤثر است. این تحقیق با استفاده از نانو ذرات نقره سعی بر آن دارد که اثرات نامطلوب ناشی از تنش غرقابی را بر رشد ریشه گیاه زعفران کاهش دهد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه دانشکده کشاورزی تربیت مدرس تهران با استفاده از روش کشت آبکشت و به مدت ۱۰ روز و در قالب طرح فاکتوریل انجام شد. تیمارها شامل غلظت‌های صفر (پیش تیمار آب)، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ پی پی ام محلول نانو نقره در شرایط تنش غرقابی و عدم تنش غرقابی بودند. این غلظت‌ها بر اساس غلظت‌های به کار رفته در تحقیق مشابه سیف سهندی و همکاران (Seif Sahandi et al., 2011) انتخاب شدند. روش پیش تیمار کردن به این صورت بود که بنه‌های زعفران قبل از اینکه کشت شوند به مدت ۹۰ دقیقه در محلول‌های نانو سیلور با غلظت‌های ذکر شده آغشته شدند. پس از بیرون آوردن بنه‌ها از محلول، در گلدان‌های حاوی پرلیت کشت شدند. در هر گلدان یک بنه کشت گردید. در طول مدت آزمایش، محیط کشت بنه‌هایی را که می‌بایست در معرض تنش غرقابی قرار بگیرند، به طور کامل در آب غرقاب شدند و بقیه گلدان‌ها در شرایط غیر غرقاب و به صورت هر پنج روز یک بار آبیاری شدند. پس از ۱۰ روز بنه‌ها را از گلدان‌ها خارج نموده و بلافاصله برای ثبت اندازه‌گیری‌ها به محیط آزمایشگاه منتقل گردیدند. در این تحقیق صفاتی چون تعداد ریشه، طول ریشه، وزن تر و وزن خشک ریشه، تعداد جوانه در هر بنه، طول جوانه و وزن تر و خشک جوانه مورد بررسی قرار گرفتند. از نرم افزار SAS برای تجزیه آماری داده‌ها استفاده شد و با مشاهده تفاوت معنی‌دار در آنالیز واریانس (ANOVA)، مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال (P < 0.05) صورت گرفت.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج به دست آمده از این آزمایش 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. هر چند بر تعداد جوانه در هر بنه و طول جوانه هیچ گونه اثر منفی نداشت (جدول ۱). کلیه پیش تیمارهای نانو سیلور و آب اثرات جبران کننده تنش غرقابی و حتی در برخی موارد اثرات بهبوددهنده بر صفات اندازه‌گیری شده را نشان دادند. این نتایج، اولین فرضیه ما را مبنی بر اینکه تنش غرقابی رشد نرمال زعفران را به دلیل کاهش میزان دسترسی ریشه به اکسیژن و افزایش احتمال ایجاد بیماری‌های قارچی و پوسیدگی بنه کاهش می‌دهد و دومین فرضیه اینکه تنش غرقابی در اوایل دوره رشدی گیاه

خصوصیات ریشه را بیشتر از جوانه‌های برگ‌گی تحت تأثیر قرار می‌دهد، تأیید می‌کند.

جدول ۱- تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات آزمایشی
Table 1- Analysis of variance mean square testing traits

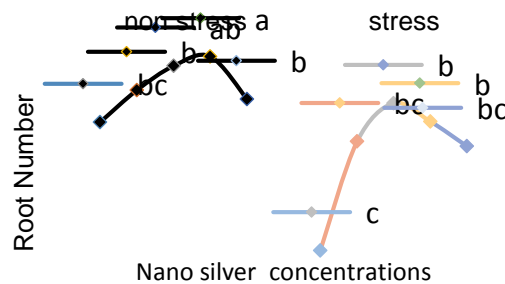
منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد ریشه	طول ریشه	وزن ریشه	وزن خشک ریشه	طول جوانه	تعداد جوانه	وزن جوانه	وزن خشک جوانه	وزن تر جوانه
Sources of variation	Degrees of freedom	Root number	Root length	Root wet weight	Root dry weight	Bud length	Bud number	Bud wet weight	Bud dry weight	Bud wet weight
تکرار	3	23.55	0.97	0.006	0.051	0.9	0.8	0.001	0.001	0.03
سطح تنش	1	2090.91**	39.56**	0.027**	2.55**	0.29	1.72	0.008**	0.008**	0.001
سطوح نانو نقره	4	1549.41**	7.21**	0.002**	0.45**	3.11**	2.73	0.004**	0.004**	0.05**
اثر متقابل تنش و نانو نقره	4	637.84**	2.87**	0.0002	0.058	3.58**	0.93	0.007**	0.007**	0.06**
اشتباه	27	46.92	0.63	0.0045	0.059	0.29	0.73	0.001	0.001	0.007
خطای	-	14.66	9.4	14.2	14.6	12.8	13.2	10.9	10.9	11.4
ضریب تغییرات	-									
Coefficient of variation	-									

ns, * and ** represent non-significant, significant at 5% level and significant at 1% level of probability, respectively.

اصلی‌ترین نتیجه تنش غرقابی نبود اکسیژن کافی برای ریشه‌ها می‌باشد. در اغلب موارد کمبود اکسیژن به‌طور مستقیم ریشه‌ها 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 فتوسنتز را در بسیاری از گونه‌های گیاهی به‌ویژه گیاهانی که حساس به غرقابی هستند، کاهش می‌دهد (Bradford, 1983; Pezeshiki et al., 1996; Gravatt & Kirby, 1998). کاهش فتوسنتز به بسته شدن روزنه‌ها، کاهش کلروفیل برگ (Bradford, 1983)، تولید اتیلن (Pallas & Kays, 1982) و کاهش تقاضای مقصد (Wample & Thornton, 1984) نسبت داده می‌شود. در گزارشی آمده است فتوسنتز گیاهان غرقاب شده ۶۰-۷۰ درصد نسبت به شاهد بدون غرقاب در طول ۵۰-۱۵ روز تنش غرقابی در گیاه *Latifolium Lepidium L.* کاهش یافت (Hongjun Chen, 2005). همچنین این محقق دریافت که این تنش کل بیوماس و نسبت ریشه به ساقه را نیز در گیاهان تحت تنش به‌طور معنی‌داری کاهش داد. گزارش دیگری آمده است که پس از ۳۰ روز غرقاب، بیوماس برگ، ساقه و ریشه به ترتیب ۹۵، ۶۰ و ۴۲ درصد گیاهان شاهد در گیاهچه‌های گیاه *Quercus macrocarpa Michx* بود و نسبت ریشه به ساقه کمتر از ۵۰ درصد گیاهانی بود که تحت تنش غرقابی قرار نگرفته بودند (Tang & Kozlowski, 1982).

تعداد ریشه

در شرایط عدم تنش غرقابی استفاده از برخی تیمارها موجب بهبود میزان صفات اندازه‌گیری شده نسبت به شاهد بدون تنش شدند. غلظت‌های ۴۰ و ۸۰ پی‌پی‌ام نانوسیلور بیش از سایر تیمارها تعداد ریشه را افزایش دادند و اثر نانوسیلور ۱۲۰ پی‌پی‌ام و پیش تیمار آب روی این صفت یکسان بود؛ اما در تیمار شاهد تنش غرقابی تعداد ریشه کاهش یافت. کاربرد پیش تیمارهای ۴۰ و ۸۰ پی‌پی‌ام بیش از سایر تیمارها، اثرات منفی تنش غرقابی را روی تعداد ریشه جبران کردند.

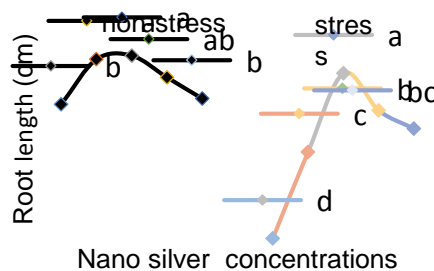


شکل ۱- اثر غلظت‌های مختلف نانو نقره بر تعداد ریشه در تنش غرقابی و عدم تنش غرقابی. NS: نانو نقره

Figure 1- Effect of various nano silver concentrations on root number under flooding stress and non stress. NS= Nano Silver

طول ریشه

در شرایط عدم تنش غرقابی استفاده از آب و نانو سیلور ۴۰ پی پی ام بیش از سایر تیمارها روی طول ریشه اثرگذار بودند و به یک اندازه طول ریشه را نسبت به شاهد بدون تنش در سطح اطمینان ۹۹ درصد افزایش دادند. همچنین آب و غلظت‌های ۴۰ و ۸۰ پی پی ام نیز موجب افزایش وزن خشک و وزن تر ریشه گردیدند. تنش غرقابی طول ریشه را نیز کاهش داد. غلظت ۴۰ پی پی ام نانو سیلور نه تنها موجب جبران اثر تنش روی طول ریشه شد بلکه میزان این صفت را به بیشتر از میزان آن در شرایط شاهد بدون تنش افزایش داد.



شکل ۲- اثر غلظت‌های مختلف نانو نقره بر طول ریشه در تنش غرقابی و عدم تنش غرقابی. NS: نانو نقره

Figure 2- Effect of various nano silver concentrations on root length under flooding stress and non stress. NS= Nano Silver

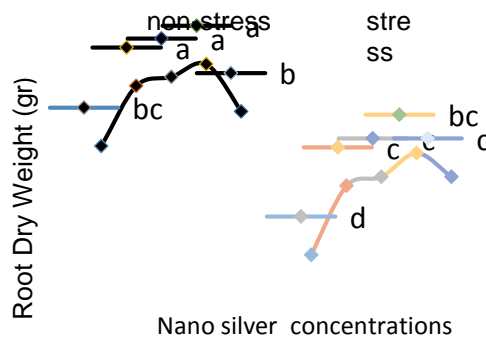
همچنین اثر نیترات نقره بر تشکیل ریشه در کشت بافت گیاه *Decalepis hamiltonii* L. موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد افزودن ۴۰ میکرومولار نیترات نقره موجب شروع رشد و طولی شدن ریشه شد (Bais et al., 2001). همچنین اثر نیترات نقره بر تولید ریشه و ساقه در گیاه *Vanilla planifolia* L. نشان داد که بیشترین تعداد ریشه و بالاترین طول ریشه در محیط کشتی حاوی ۲۰ میکرومولار نیترات نقره به دست آمد. این ماده نه تنها تکثیر ساقه را افزایش داد بلکه ریشه دهی ریز نمونه‌های این گیاه را نیز بهبود بخشید (Giridhar et al., 2003). نیترات نقره به میزان ۲/۶۹ میکرومولار، ریشه‌دهی و گل‌دهی را در کشت بافت *Rotula aquatic* L. افزایش داد و همچنین در این آزمایش محلول ۱۱/۷ میکروکولار آن راندامان ریشه دهی را افزایش داد (Sunandakumari, 2004).

وزن خشک و تر ریشه

در شرایط عدم تنش غرقابی، پیش تیمار با آب و نانو سیلور ۴۰ و ۸۰ پی پی ام به ویژه غلظت ۸۰ پی پی ام وزن تر و خشک ریشه را افزایش دادند؛ اما تنش غرقابی وزن تر و وزن خشک ریشه را نیز کاهش داد. در شرایط تنش نانو سیلور ۸۰ موجب جبران اثر تنش بر وزن خشک و وزن تر ریشه شد.

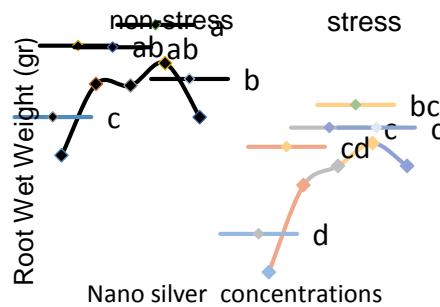
تعداد جوانه

در شرایط عدم تنش غرقابی پیش تیمار آب تعداد جوانه را کاهش داد و نانو سیلور ۱۲۰ پی پی ام موجب افزایش آن شد. تنش غرقابی اثری بر این صفت نداشت و نانو سیلور ۸۰ پی پی ام توانست تعداد جوانه را نسبت به شاهد تنش غرقابی افزایش دهد.



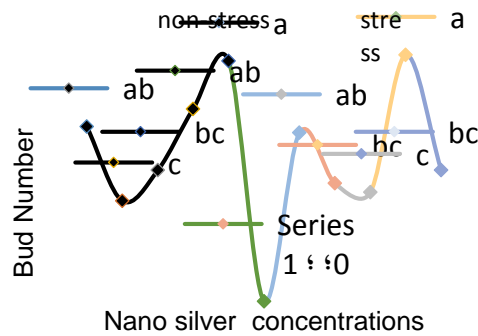
شکل ۳- اثر غلظت‌های مختلف نانو نقره بر وزن خشک ریشه در تنش غرقابی و عدم تنش غرقابی. NS: نانو نقره

Figure 3- Effect of various nano silver concentrations on root dry weight under flooding stress and non stress. NS= Nano Silver



شکل ۴- اثر غلظت‌های مختلف نانو نقره بر وزن تر ریشه در تنش غرقابی و عدم تنش غرقابی. NS: نانو نقره

Figure 4- Effect of various nano silver concentrations on root wet weight under flooding stress and non stress. NS= Nano Silver

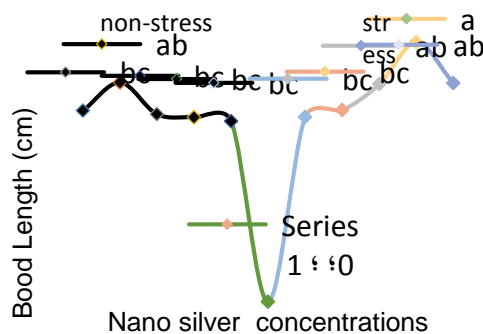


شکل ۵- اثر غلظت‌های مختلف نانو نقره بر تعداد جوانه در تنش غرقابی و عدم تنش غرقابی. NS: نانو نقره

Figure 5- Effect of various nano silver concentrations on leaf bud number under flooding stress and non stress. NS= Nano Silver

طول جوانه

پیش تیمار آب موجب افزایش طول جوانه در شرایط عدم تنش شد. تنش غرقابی اثر معنی‌داری بر این صفت نداشت؛ اما نانوسیلور ۸۰ پی‌پی‌ام میزان آن را نسبت به شاهد تنش غرقابی افزایش داد.



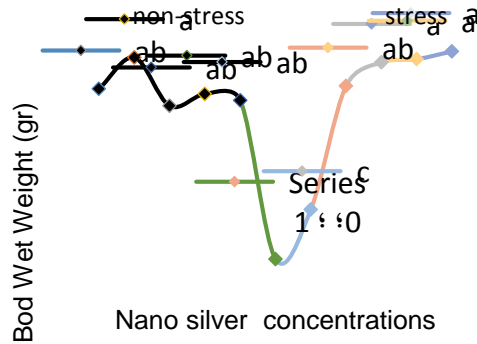
شکل ۶- اثر غلظت‌های مختلف نانو نقره بر طول جوانه در تنش غرقابی و عدم تنش غرقابی. NS: نانو نقره

Figure 6- Effect of various nano silver concentrations on leaf bud length under flooding stress and non stress. NS= Nano Silver

وزن خشک و تر جوانه

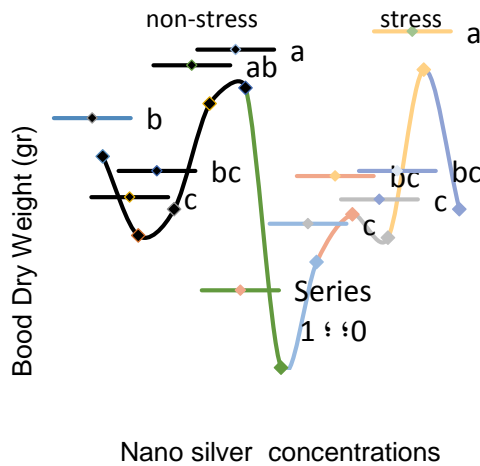
نانو سیلور ۱۲۰ و ۸۰ پی‌پی‌ام وزن خشک جوانه را افزایش دادند. همچنین تنش غرقابی موجب کاهش وزن تر و خشک جوانه گردید. نانو سیلور ۸۰ پی‌پی‌ام وزن خشک جوانه را نسبت به شاهد تنش غرقابی افزایش داد. نانو سیلور

۱۲۰ برخلاف اثر مثبتی که بر وزن خشک جوانه در شرایط بدون تنش داشت، میزان این صفت را در تنش غرقابی کاهش داد. غلظت‌های ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ پی‌پی‌ام نانو سیلور نیز به‌طور معنی‌داری وزن تر جوانه را افزایش دادند.



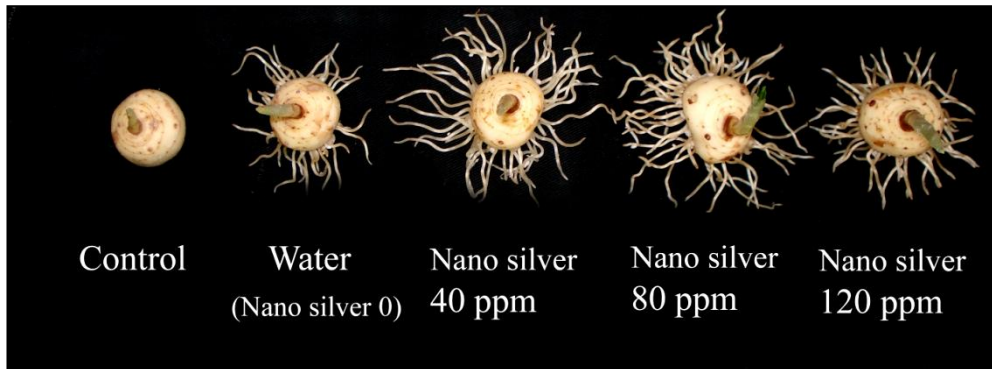
شکل ۷- اثر غلظت‌های مختلف نانو نقره بر وزن تر جوانه در تنش غرقابی و عدم تنش غرقابی. NS: نانو نقره

Figure 7- Effect of various nano silver concentrations on leaf bud wet weight under flooding stress and non stress. NS= Nano Silver



شکل ۸- اثر غلظت‌های مختلف نانو نقره بر وزن خشک جوانه در تنش غرقابی و عدم تنش غرقابی. NS: نانو نقره

Figure 8- Effect of various nano silver concentrations on leaf bud dry weight under flooding stress and non stress. NS= Nano Silver



شکل ۹- اثر سطوح مختلف نانو نقره بر رشد ریشه زعفران در شرایط غرقابی
Figure 9- Effect of different levels of nano silver on root growth of saffron in hypoxic condition.

به نظر می‌رسد 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). رابطه بین اتیلن و تنش غرقابی زمانی کشف شد که ریشه‌های گوجه‌فرنگی با استفاده از گاز نیتروژن تحت شرایط بی‌هوایی قرار گرفتند و افزایش سطح اتیلن در بخش هوایی گیاه مشاهده شد (Jackson & Campbell, 1975). (Bradford & Dilley, 1978; Jackson & Gales, 1978) تجمع اتیلن در گیاهان از رشد ریشه و قدرت زنده‌مانی اغلب گیاهان جلوگیری می‌کند (Visser et al., 1997; Visser & Pierik, 2007; Abeles, 1973). در تنش‌های مختلف گیاهی تولید اتیلن یکی از رایج‌ترین مراحل زنجیره وقایعی است که منجر به واکنش‌های مختلف از سوی گیاه می‌شود (Grichko et al., 2001). سنتز اتیلن به وسیله سیگنال‌های محیطی و درونی که به وسیله تنش‌های زنده و غیرزنده از جمله تنش بی‌هوایی تحریک می‌شوند، تنظیم می‌گردد (Wang & Ecker, 2002). از این رو با تنظیم تولید و فعالیت اتیلن، رشد و نمو در تنش‌های ناخواسته مختلف از جمله غرقابی می‌تواند کنترل گردد.

در این تحقیق برای اولین بار استفاده از نانو سیلور ۴۰ و ۸۰ پی‌پی‌ام بیش از سایر غلظت‌های مورد مطالعه اثرات منفی تنش را در اغلب صفات مورفولوژیک زعفران جبران کرد. از آنجایی که در این تنش میزان اتیلن افزایش می‌یابد، برخی از نتایج در این تحقیق می‌تواند به اثر نقره در جلوگیری از فعالیت اتیلن مرتبط باشد. تحقیقات بسیاری نشان می‌دهند که یون‌های نقره نقش مهمی را در کشت بافت جنین‌زایی سوماتیکی، رشد کالوس، تشکیل ساقه و ریشه و بازی زایی در گیاهان تک‌لپه و دولپه بازی می‌کند (Roustan et al., 1990; Biddington, 1992; Pua & Chi, 1993; Bais et al., 2000; Bais et al., 2001a & 2001; Bais et al., 2001; Giridhar et al., 2003).

برای اولین بار در گزارشی در سال ۱۹۷۶ مطرح شد که یون‌های نقره قادر به جلوگیری از فعالیت اتیلن مصنوعی در واکنش‌هایی مانند ریزش، پیری و کاهش رشد هستند (Beyer, 1976). این اثر یون‌های نقره بر اتیلن در گزارش‌های متعددی آمده است (Beyer, 1976; Chamani et al., 2005; Gad & Atta-Aly, 2006).

(Reggiani, 2006; An et al., 2008; Eo & Lee, 2007) در تحقیقی اثر نیترات نقره بر سیب‌زمینی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان دادند که محیط کشت MS آغشته به نیترات نقره بر گاز اتیلن تولید شده توسط سیب‌زمینی اثر بازدارنده داشت (Turhan, 2004). مهار تولید اتیلن توسط نقره، باز زایی ساقه را در ریز نمونه‌های کوتیلدون آفتابگردان تحریک کرد (Chraibi et al., 1991). همین نتایج نیز در سال ۲۰۰۴ بر روی گیاه پنبه به دست آمده آمد (Ouma et al., 2004). افزایش نسبت جوانه‌زنی جوانه‌های انتهایی و رشد ساقه قهوه تحت تأثیر یون‌های نقره گزارش شد (Giridhar et al., 2003; Ganesh & Sreenath, 1996).

از این رو به نظر می‌رسد واکنش‌های واسطه‌ای یون‌های نقره‌ای به نقش آن‌ها در مسیرهای تولید و فعالیت اتیلن، پلی‌آمین‌ها و کلسیم و نقش مهم این یون‌ها در تنظیم مورفوژنز از جمله القای ریشه دهی، مرتبط باشد. یون‌های نقره می‌توانند جایگزین یون‌های مس در گیرنده‌های پروتئینی شوند. همچنین ثابت شده است که این یون‌ها با ممانعت از اتصال اتیلن به گیرنده‌ها در سلول‌های گیاهی، از فعالیت اتیلن جلوگیری می‌کند (Kushad & Poovaiah, 1984; Mishra et al., 2008). همچنین سایر محققین گزارش کردند که تحمل به غرقابی در گیاهان با استفاده از بازدارنده‌های اتیلن مانند ۱- متیل سیکلوپروپین افزایش می‌یابد.

دلیل استفاده ما از ذرات نانو نقره در این تحقیق، اندازه کوچک این ذرات و در نتیجه افزایش چسبندگی این ذرات به بافت‌های گیاه بود. با توجه به استفاده مقرون‌به‌صرفه‌تر و کارا تر یون‌های نقره در نانو نقره، می‌توان این ماده را به جای سایر ترکیبات نقره مانند نیترات نقره به کار برد. در این آزمایش استفاده از غلظت‌های ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ نانو نقره بر اکثر صفات اندازه‌گیری شده اثر بهبوددهنده مشابهی داشتند. از این رو در مناطقی که احتمال غرقاب شدن خاک وجود دارد، غوطه‌ور کردن بنه‌های زعفران به مدت ۹۰ دقیقه در محلول نانو نقره قبل از کشت توصیه می‌شود. با توجه به اینکه استفاده از غلظت‌های کمتر این ماده از نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌تر می‌باشد استفاده از این ماده با غلظت ۴۰ می‌تواند خطر تنش غرقابی را در این گیاه کاهش دهد.

منابع

- Abeles, F.B. 1973. Ethylene in plant biology. *Ant Cell Reports* 20(6): 547-555.
- An, J., Zhang, M., Wang, S.H., and Tang, J. 2008. Physical, chemical and microbiological change in stored green asparagus spears as affected by coating of silver nanoparticle-pvp. *LWT - Food Science and Technology* 41(6): 1100-1107.
- Bais, H.P., Sudha, G.S., and Ravishankar, G.A. 2001a. Influence of putrescine AgNO₃ and polyamine inhibitors on the morphogenetic response in untransformed and transformed tissues of *Chichorium intybus* and their regenerants. *Plant Cell Reports* 20(6): 547-555.
- Bais, H.P., Sudha, G.S., and Ravishankar, G.A. 2001b. Putrescine influences growth and production of coumarins in transformed and untransformed root cultures of witloof chicory (*Chichorium intybus* L. cv lucknow local). *Acta Physiologia*

- Plantarum 23(3): 319-327.
- Bais, H.P., Sudha, G., Suresh, B., and Ravishankar, G.A. 2000. AgNO₃ influences in vitro root formation in *Decalepis hamiltonii* Wight. Current Science 79(3): 894-898.
- Bais, H.P., Venkatesh, R.T., Chandrashekar, A., and Ravishankar, G.A. 2001c. *Agrobacterium rhizogenes* mediated transformation of wtl of chiocory in vitro shoot regeneration and induction of flowering. Current Science 80: 83-87.
- Beyer, E.M. 1976a. A potent inhibitor of ethylene action in plants. Plant Physiology 58:268-271.
- Beyer, E.M. 1976b. Silver ion: a potent anti-ethylene agent in cucumber and tomato. HortScience 11(3): 175-196.
- Biddington, N.L. 1992. The influence of ethylene in plant tissue culture. Plant Growth Regulation 11(2):173-178.
- Biemelt, S., Hajirezai, M.R., and Melzer, M. 1999. Sucrose synthase activity does not restrict glycolysis in roots of transgenic potato plants under hypoxic conditions. Planta 210: 41-49.
- Bradford, K.J. 1983. Effect of soil flooding on leaf gas exchange of plants. Plant Physiol 73(2): 475-479.
- Bradford, K.J., and Dilley, D.R. 1978. Effects of root anaerobiosis on ethylene production, epinasty and growth of tomato plants. Plant Physiol 61(4): 506-509.
- Chamani, A.E., Khalighi, B.A., Joyce, A.C., Donald, E., Irving, A., Zamani, B., Mostofi, B., and Kafi, B.M. 2005. Ethylene and anti-ethylene treatment effects on cut 'First Red' rose. Horticulture 7(1): 3-7.
- Chraibi, B.K.M., Latche, A., Raustan, J.P., and Fallot, J. 1991. Stimulation of shoot regeneration from cotyledons of *Helianthus annuus* by ethylene inhibitors silver and cobalt. Plant Cell Reports 10(4): 204-207.
- Crawford, R.M.M., and Andle, R.B. 1996. Oxygen deprivation stress in a changing environment. Journal of Experimental Botany 47: 145-159.
- Eo, J., and Lee B.Y. 2009. Effects of ethylene, abscisic acid and auxin on fruit abscission in water dropwort (*Oenanthe stolonifera* DC.). Scientia Horticulturae 123(2): 224-227.
- Gad, N., and Atta-Aly, M.A. 2006. Effect of cobalt on the formation, growth and development of adventitious roots in tomato and cucumber cuttings. Science Research 2(7): 423-429.

- Ganesh, S.D., and Sreenath, H.L. 1996. Silver nitrate enhanced shoot development in cultured apical shoot buds of *Coffea arabica* cv cauvery. *Journal of Plantation Crops* 24(1): 577-580.
- Giridhar, P., Indu, E.P., Vijaya ramu, D., and Ravishankar, G.A. 2003. Effect of silver nitrate on in vitro shoot growth of *Coffea*. *Tropical Science* 43(3): 144-146.
- 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.
- Grichko, P.V., and Glick, R. 2001. Ethylene and flooding stress in plants, *Plant Physiology and Biochemistry* 39(1): 1-9.
- Hongjun, R.G., Qualls, C., and Robert Blank, R. 2005. Effect of soil flooding on photosynthesis, carbohydrate partitioning and nutrient uptake in the invasive exotic *Lepidium latifolium*. *Aquatic Botany* 82(4): 250-268.
- Jackson, M.B., and Campbell, D.J. 1976. Waterlogging and petiole epinasty in tomato: The role of ethylene and low oxygen. *New Phytology* 76(2): 21-29.
- Jackson, M.B., Gales, K., and Campbell, D.J. 1978. Effect of waterlogged soil conditions on the production of ethylene and on water relationships in tomato plants. *Journal of Experimental Botany* 29(4): 83-193.
- Keyhani, E., and keyhani, J. 2004. Hypoxiya/anoxia as signaling for increased alcohol dehydrogenase activity in saffron corm. *Annals New York Academy of Science* 1030:449-457.
- Kushad, M.M., and Poovaiah, B.W. 1984. Deferral of senescence and abscission by chemical inhibition of ethylene synthesis and action in bean explants. *Plant Physiology* 76(2):293-296.
- Mishra, A., Khare, S., Trivedi, P.K., and Nath, P. 2008. Effect of ethylene, 1- MCP, ABA and IAA on break strength, cellulose and polygalacturonase activities during cotton leaf abscission. *South Africa Journal of Botanica* 282(2):6-12.
- Molina, R.V., Valero, M., and Navarro, Y. 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae* 103:361-379.
- Ouma, J.P., Young, M.M., and Reichert, N.A. 2004. Optimization of in vitro regeneration of multiple shoots from hypocotyl sections of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *African Journal of Biotechnology* 3(3): 169-173.
- Pallas, J.R., and Kays, S.J. 1982. Inhibition of photosynthesis by ethylene a stomatal

- effect. *Plant Physiology* 70(2):598–601.
- Perata, P., and Alpi, A. 1993. Plant responses to anaerobiosis. *Plant Science* 93:1–17.
- Pezeshiki, S.R., DeLaune, A.D., Klude, H.K., and Choi, H.S. 1996. Photosynthesis and growth responses of cattail (*Typha domingensis*) and sawgrass (*Cladium jamaicense*) to soil redox conditions. *Aquatic Botany* 54(1):25–35.
- Pua, E.C., and Chi, G.L. 1993. De novo shoot morphogenesis and plant growth of mustard (*Brassica juncea* L.) in vitro in relation to ethylene. *Physiologia Plantarum* 88(3):467-474.
- Rangahau, M.K. 2003. Growing saffron - The world's most expensive spice. *Crop and Food Research* 20:1-4.
- Reggiani, R. 2006. A role for ethylene in low-oxygen signaling in rice roots. *Amino Acids* 30(3):31–38.
- Roustan, J.P., Latche, A. and Fallot, J. 1990. Control of carrot somatic embryogenesis by AgNO₃ and inhibitor of ethylene action effect on arginine decarboxylase activity. *Plant Science* 67(1):89-95.
- Seif Sahandi, M., Sorooshzadeh, A., Rezazadeh, H., and Naghdiabadi, H.A. 2011. Effect of nano silver and silver nitrate on seed yield of borage. *Journal of Medicinal Plants Research* 5(2):171-175. (In Persian).
- Sharon, M., Choudhary, A.Kr., and Kumar, R. 2010. Nanotechnology in agricultural diseases and food safety. *Journal of Phytology* 2(4):83–92.
- Sunandakumari, C., Martin, K.P., Chithra, M., and Madhusoodanan, P.V. 2004. Silver nitrate induced rooting and flowering in vitro on rare rheophytic woody medicinal plant, *Rotula aquatica* Lour. *Indian of Biotechnology* 3(3): 418-421.
- Tang, Z.C., and Kozlowski, T.T. 1982. Some physiological and morphological responses of *Quercus macrocarpa* L. seedlings to flooding. *Canadian Journal of Forest Research* 12(2):196–202.
- Topa, M.A., and Cheeseman, J.M. 1992. Carbon and phosphorus partitioning in *Pinus serotina* seedlings growing under hypoxic and low-phosphorus conditions. *Tree Physiol* 10(2):95–207.
- Turhan, H. 2004. The effect of silver nitrate (Ethylene inhibitor) on in vitro shoot development in potato (*Solanum tuberosum* L.), *Biotechnology* 3(1):72-74.
- Turkova, N.S. 1944. Growth reactions in plants under excessive watering, *Dokl. Academy science* 42(3):87–90.

- Visser, E.J.W., and Pierik, R. 2007. Inhibition of root elongation by ethylene in wetland and non-wetland plant species and the impact of longitudinal ventilation. *Plant Cell Environ* 30 (1):31–38.
- Visser, E.J.W., Nabben, R.H.M., Blom, C.W.P.M., and Voesenek, L.A.C.J. 1997. Elongation by primary lateral roots and adventitious roots during conditions of hypoxia and high ethylene concentrations. *Plant Cell Environment*. 20:647–653.
- Wample, R.L., Thornton, R.K. 1984. Differences in the responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) subjected to flooding and drought stress. *Physiology Plant* 61(4):611–616.
- Wang, K.L., Hai, C.L., and Ecker, J.R. 2002. Ethylene biosynthesis and signaling networks. *Plant Cell*. 14:S131-S151 Supplement.

Effect of nano-silver on root and bud growth of saffron in flooding stress condition

Short Communication

Nasim Rezvani^{1*} and Ali Sorooshzadeh²

Received: 8 November, 2013

Accepted: 4 May, 2014

Abstract

Saffron (*Crocus sativus* L.) is cultivated as spices, medicinal and aromatic plant species. At autumn season, heavy rainfall can cause flooding stress and inhibits growth of saffron. Thus this research was conducted to study the effect of silver ion (as an ethylene inhibitor) on growth of saffron under flooding conditions. The corms of saffron were soaked with one concentration of nano silver (0, 40, 80 or 120 ppm) and then planting under flooding stress and non flooding stress conditions. Results showed that number of roots, root length, root fresh and dry weight, leaves fresh and dry weight were reduced by 10 day flooding stress. Soaking saffron corms with 40 or 80 ppm concentration of nano silver rewarded the effect of flooding stress on the root number, by increasing it. Furthermore, 40 ppm of nano silver increased root length in stress. Nano silver 80 ppm in flooding stress, increased leaves dry weight.

Keywords: Corm, Flooding stress, Nano silver, Root dry weight, Root length, Saffron.

1- M.Sc. in Agronomy, Zanjan Agricultural and Natural Resources Research Center.

2- Associate Professor, Agronomy Department, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran.

(*- Corresponding author Email: Nasim_rezvani@yahoo.com)