بررسی تأثیر محلول‌پاشی نانو ذرات سیلیکون بر گیاه گشنیز در شرایط تنش سرب

حمیده فاطمی*[۱]، بهروز اسماعیل‌پور[۱]، علی اشرف سلطانی[۲]، علی نعمت اله زاده[۳]

[۱]* گروه علوم باغبانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

[۲] گروه مهندسی خاک، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

[۳] گروه مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

*نویسنده مسئول: ha.fatemi@uma.ac.ir

چکیده

به‌منظور بررسی اثر سیلیکون در افزایش تحمل به آلودگی سرب در گیاه گشنیز، آزمایشی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار در گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی به اجرا درآمد. فاکتورهای آزمایشی شامل سرب در چهار سطح (صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ mg/kg خاک) از منبع کلرید سرب و محلول‌پاشی نانو ذره سیلیکون در سطوح صفر و ۱,۵ و ۳ میلی‌مولار بود. صفاتی نظیر ارتفاع بوته، وزن تر و خشک اندام هوایی، تعداد برگ، قطر ساقه، سطح برگ، رنگیزه‌های فتوسنتزی، پرولین و... اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد، که اثر متقابل تنش سرب و کاربرد سیلیکون بر روی بسیاری از صفات مورد مطالعه مؤثر بود. که درمجموع نتایج این پژوهش نشان داد که به‌منظور افزایش شاخص‌های رشد محصول گشنیز در شرایط تنش سرب، می‌توان پیشنهاد نمود که محلول‌پاشی این گیاه با نانو ذره سیلیکون انجام شود.

***کلمات کلیدی:* تنش فلزات سنگین، صفات مورفولوژیک، نانو ذره سیلیکون، پرولین، گشنیز**

مقدمه

فلزات سنگین یکی از مهم‌ترین این آلاینده‌ها می‌باشند، که شامل عناصری با عدد اتمی بالاتر از ۲۰ و چگالی بالاتر از ۵ گرم بر سانتی‌متر می‌شوند (Allovay, 2010). برخی از این فلزات از قبیل مس، روی، نیکل، مولیبدن، منگنز و آهن در زمره عناصر کم‌مصرف قرار می‌گیرند که در رشد طبیعی، واکنش اکسایش و احیاء، انتقال الکترون و بسیاری از فرآیندها در گیاهان شرکت دارند، که اگر از حد مجاز بالاتر روند سبب بروز اختلالاتی در گیاه می‌شوند، دسته دیگری از این عناصر مانند سرب، کادمیوم، جیوه و... حتی در مقادیر کم نیز برای گیاه سمی هستند.

یکی دیگر از راه‌کارهای کاهش اثرات زیان‌بار تنش فلزات سنگین، استفاده از روش‌های صحیح تغذیه معدنی گیاهان است که نقش قابل‌ملاحظه‌ای در افزایش عملکرد دارند. در همین ارتباط نقش برخی عناصر نظیر سیلیکون مورد توجه برخی متخصصین تغذیه گیاهی قرار گرفته است (Khoshgoftarmanesh, 2007). سیلیکون جزء یکی از عناصر فراوان موجود در زمین است، به دلیل اینکه در دسته عناصر ضروری برای رشد گیاهان قرار نگرفته توجه زیادی به نقش بیولوژیکی آن در گیاه نشده است. اخیراً در پژوهش‌های صورت گرفته به اثرات مفید و حاصلخیزی آن در چندین گونه گیاهی اشاره‌شده است. علی رغم فراوان بودن این ماده در سطح کره زمین به دلیل همراه بودن آن با سایر عناصر از دسترس گیاه خارج است. بنابراین می‌توان با افزودن کودهای سیلیکون که حاوی فرم قابل دسترس آن $Si(OH)$ می‌باشد، گیاه را در برابر تنش‌های محیطی مقاوم نمود (Amini Hadad, 2007) . علاوه بر آن محققین اثبات کردند سیلیکون در تنش‌های فیزیکی (بارگیری، خشکی، دمای بالا، فریز و اشعه ماوراء بنفش) و شیمیایی (نمک، سمیت فلزات، عدم تعادل عناصر غذایی) را کاهش می‌دهد (Chen et al., 2011; Ahmed et al., 2011; Ma & Yamaji, 2008; Gagoonani et al., 2011). سیلیکون با تحریک سیستم آنتی‌اکسیدانی در گیاه، تشکیل کمپلکس با فلزات سنگین و انتقال فلزات سنگین به اندام‌هایی نظیر واکوئل سلول‌های گیاهی باعث کاهش اثرات تنش و سمیت فلزات سنگین در گیاهان می‌شود (Liang et al., 2005).

با تمامی نتایج سودبخش سیلیکون بر گیاه تحقیقات کمتری در رابطه با نانو ذرات سیلیکون صورت گرفته است. در سال‌های اخیر نانو تکنولوژی در کشاورزی و تولیدات غذایی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. نانو کودها ممکن است توسط گیاه بطور کامل و با سرعت جذب شوند، شاید دلایل افزایش رویه مصرف آن‌ها به همین دلیل باشد. با توجه به این تفاسیر پژوهشی با هدف بررسی تأثیر نانو ذرات سیلیکون بر رشد گیاه گشنیز در شرایط تنش سرب پایه‌ریزی و انجام شد.

مواد و روش‌ها

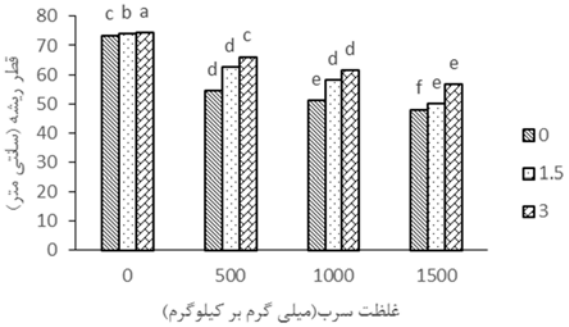
به‌منظور بررسی اثرنانوذرات سیلیکون بر شاخص رشدی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه گشنیز در شرایط تنش سرب، آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۹۶- ۱۳۹۵ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار اجرا شد، که فاکتورهای آزمایشی شامل کلرید سرب در غلظت‌های صفر (شاهد)، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ پی‌پی‌ام و سیلیکون در ۳ غلظت صفر (شاهد)، ۱,۵ و ۳ میلی‌مولار در نظر گرفته شد. خاک مناسب جهت کشت گشنیز تهیه و پس از انجام آنالیز توسط محلول کلرید سرب به‌طور یکنواخت آلوده و به مدت شش ماه تر و خشک گردید تا به شرایط آلودگی درازمدت و طبیعی نزدیک‌تر شود. پس از پایان این مرحله بذور گشنیز بومی نهاوند کشت و گلدان‌های کشت شده تحت شرایط کنترل‌شده قرار داده شدند.

گیاهان تا مرحله‌ی گلدهی نگهداری و سپس داده‌برداری از خصوصیات مورفولوژی (تعداد برگ، سطح برگ، ارتفاع بوته، وزن تک بوته، قطر ساقه، درصد ماده خشک و طول ریشه)، محتوای کلروفیل و کارتنوئید برگ با استفاده از روش آرنون (۱۹۴۹)، میزان پرولین از برگ‌ها با استفاده از روش بیتس و همکاران (۱۹۷۳) اندازه‌گیری شد. داده‌های حاصل از این آزمایش با نرم‌افزار آماری SAS 9.4 مورد تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

طبق نتایج تجزیه واریانس در جدول ۱ سرب سبب تأثیر معنی‌دار بر فاکتورهای مورفولوژیک مانند ارتفاع، ماده خشک برگ و ریشه، سطح برگ، طول و قطر ریشه در گیاه گشنیز شد. بطوریکه با افزایش سطح سرب به ترتیب سبب کاهش۵۷، ۵۰، ۲۰، ۴۱، ۱۵، ۴۲ و ۲۵ درصدی در صفات وزن تک بوته، وزن ریشه، قطر طوقه، قطر ریشه، طول ریشه، ارتفاع برگ، سطح برگ، درصد ماده خشک برگ شد، اما استفاده از تیمار سیلیکون خصوصاً تیمار ۳ میلی‌مولار سبب بهبود خصوصیات رشدی در گیاه شد و اکثر این نقصان‌ها را جبران کرد.

در پژوهش حاضر، کاربرد سیلیکون موجب بهبود بسیاری از شاخص‌های رشدی و بیوشیمیایی در گیاه "گشنیز گردید که نتایج با دست آمده با گزارشات حاصل از سایر محققین هم‌سویی دارد. گزارش‌های متعددی از کاهش اثرات تنش‌های متعدد ازجمله سمیت فلزات سنگین، خشکی و شوری با تغذیه سیلیکون وجود دارد (Peyvast, 2009). سیلیکون می‌تواند به دو روش بر وضعیت تغذیه‌ای گیاه تأثیر بگذارد. نخست این‌که سبب تقویت ویژگی‌های محافظتی گیاه در برابر آفات، بیماری‌ها و شرایط نامطلوب جوی شده و دیگر آن‌که از راه بهبود وضعیت آب و خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و گیاه و حفظ عناصر در شکل قابل‌استفاده به‌وسیله گیاه، سبب ارتقای حاصلخیزی خاک گردد. تأمین سیلیکون کافی، مقاومت گیاه به تنش‌های زیستی و غیرزیستی را افزایش می‌دهد. اثرات سودمند سیلیکون در رشد، توسعه و مقاومت گیاهان در برابر تنش فلزات سنگین در برخی از گونه‌های گیاهی گزارش شده است (Ye et al., 2012).



شکل ۱- تأثیر غلظت‌های مختلف سرب و محلول‌پاشی با نانو ذرات سیلیکون بر قطر ریشه در گیاه گشنیز رقم نهاوند

افزایش رشد و عملکرد گیاه در حضور سیلیکون از طریق بهبود توانایی مکانیکی ساقه و برگ‌ها در جذب نور و افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه می‌باشد. نتایج بسیاری از تحقیقات نیز حاکی از تأثیر مثبت کاربرد سیلیکون بر عملکرد گیاه می‌باشد (Zafar et al., 2004). همچنین گزارش‌ها نشان داده که سیلیکون باعث افزایش ضخامت، سفتی و ایستادگی برگ‌های گیاهان شده و نفوذ نور به تاج پوشش را تسهیل می‌نماید (Samuels et al., 1993). سیلیکون باعث افزایش معنی‌داری در ارتفاع گیاهان می‌شود، محققین زیادی گزارش کردند که سیلیکون در رشد و ارتفاع و عملکرد گیاهان و همچنین در فیزیولوژی و متابولیسم گیاهان مختلف، اثرات مثبت بی‌شماری را دارا می‌باشد (Gong et al., 2003). در رشد و ارتفاع و عملکرد گیاهان و هم‌چنین در فیزیولوژی و متابولیسم گیاهان مختلف، اثر مثبت بی‌شماری را دارا می‌باشد (Amiri et al., 2013). سیلیکون با ترشح فنول در ریشه گیاه ذرت، و ایجاد کمپلکس و تثبیت فلزات سنگین در قسمت ریزوسفر، مانع انتقال فلزات سنگین از ریشه به ساقه می‌شود (Shi et al., 2010; Kidd et al., 2001)

جدول ۲: تجزیه واریانس تأثیر سرب و سیلیکون بر خواص مورفولوژیک گشنیز تحت تنش سرب

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		وزن تک بوته	قطر طوقه	تعداد برگ	طول ریشه	ارتفاع گیاه	سطح برگ	درصد ماده خشک برگ
تنش سرب	۳	۰,۳۴**	۰,۰۹ **	۱,۸۲**	۷,۴۶**	۴۴,۲۳**	۶۰۱۲۶,۱۸**	۱۱,۱۲**
سیلیکون	۲	۰,۱۲**	۱,۰۴ **	۰,۹۰ns	۱۷,۷۴**	۴۰,۱۳**	۸۶۳۳۸,۱۴**	۶۷,۳۴**
سرب× سیلیکون	۶	۰,۰۲ **	۰,۲۱**	۳,۸۱**	۶,۹۲**	۲۳,۹۷**	۱۰۵۳۷,۸۸**	۴۴,۸۸**
اشتباه آزمایش	۳۶	۰,۰۰	۰,۰۱۸	۰,۹۰۹	۰,۵۸۲	۴,۹۵۲	۸۷۷,۲۷	۱۱,۰۷

جدول ۲: تجزیه واریانس تأثیر سرب و سیلیکون بر خواص بیوشیمیایی گشنیز تحت تنش سرب

منابع تغییرات	درجه	میانگین مربعات				
		کلروفیل آ	کلروفیل ب	کلروفیل کل	کارتنوئید	پرولین
تنش سرب	۳	۴۴۷,۵۱**	۲۶,۴۶ **	۷۵۲,۳۵ **	۴۴,۱۳۸**	۰,۱۱۵**
سیلیکون	۲	۵۳,۶۲	۲۹,۲۲ **	۱۰۴,۵۹ **	۲۹,۷۸**	۰,۰۹۷**
سرب× سیلیکون	۶	۹۳,۷۳ **	۸,۹۵ **	۸۲,۶۶**	۱۲,۱۴**	۰,۰۲۲**
اشتباه آزمایش	۳۶	۰,۰۰	۰,۱۶	۰,۱۶	۰,۳۰	۰,۰۰۵

منابع

خوش گفتارمنش، امیرحسین، ۱۳۸۶، مبانی تغذیه گیاهی، چاپ دوم، اصفهان: انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

پیوست، غلامعلی، ۱۳۸۱، سبزیکاری، چاپ چهارم، رشت: انتشارات دانش پذیر.

Ahmed, M., Hassen, F. and Yasir Khurshid, Y. 2011. Does silicon and irrigation have impact on drought tolerance mechanism of sorghum? Agricultural Water Management, 98(12): 1808-1812.

Alloway, BJ. 2010. Heavy metals in soils. 2nd Edition, Blackie Academic and Professional. London, England.

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

Bates, L. S., Waldron, R. P., and Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil, 39: 205-217.

Gagoonani, S., Enteshari, S., Delvar, K. and Behyar M. 2011. Interactive effects of silicon and aluminum on the malondialdehyde (MDA), proline, protein and phenolic compounds in *Borago officinalis* L. Journal of medicinal plant research 5(24):5818-5827

Liang, YC., Wong, J.W.C. and Long, W. 2005. Silicon-mediated enhacement of cadmium tolerance in maize (*Zea mays* L.) grown in cadmium contaminated soil. Chemosphere 58: 475-483

Ma, J., Yamaji, N. 2008. Functions and transport of silicon in plants. Cellular and Molecular Life Sciences, 65(19):3049-3057.

Kidd, P.S., Llugany, M., Gunse, B. and Barcelo, J. 2001. The role of root exudates in aluminium resistance and silicon induced amelioration of aluminium toxicity in three varieties of maize (Zea mays L.). Journal of Experimental Botany 52: 1339-1352.

Shi, GR., Cai, QS. and Liu, CF. 2010. Silicon alleviates cadmium toxicity inmpeanut plants in relation to cadmium distribution and stimulation of antioxidative enzymes. Plant Growth Regul 61:45–52.

Samuels, A.L., Glass, A.D.M., Ehret, D.L. and Menzies, J.G. 1993. The effects of silicon supplementation on cucumber fruit: Changes in surface characteristics. J. Ann. Bot. 72: 433-440.

Amiri, A., Bagheri, A., Khaje, M., Najafabadi, N., Yadollahi, P. 2013. Effect of spraying silicon on yield and antioxidant enzyme in drought stress. Journal of crop production research. 4(5): 361-372.

Ye, J., Yan, CL., Liu, JC., Lu, HL., Liu, T. and Song, Z.F. 2012. Effects of silicon on the distribution of cadmium compartmentation in root tips of Kandelia obovata (S., L.) Yong. Environ Pollut 162:369–373.

Gong, H., Zhu, X., Chen, K., Suomin, W. and Zhang, C.H. 2005. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. Plant Science 169: 313-321.

Zafar, S., Ashraf, M.Y., Sarvar, G., Mahmood, S. and Ali, I. 2004. Variation in growth and ion uptake in salt tolerant and sensitive rice cultivars under NaCl salinity. Plant Sci. 3: 156-158.