



اثر محلول‌پاشی ذرات نانو و میکرو سیلیکات سدیم بر غلظت و کارایی جذب عناصر در بخش

هوایی سیب زمینی

بیژن سعادتیان*^۱؛ محمد کافی^۲؛ محمد بنایان^۲؛ جعفر نباتی^۳

^۱دانشجو دکتری گروه زراعت دانشگاه فردوسی مشهد

^۲هیئت علمی گروه زراعت دانشگاه فردوسی مشهد

^۳هیئت علمی پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

bijan.saadatian@mail.um.ac.ir*

چکیده

اثرات سومند ترکیبات سیلیکاته بر رشد و جذب عناصر ضروری در گرامینه‌ها به اثبات رسیده است. اما مطالعات در این حوضه بر روی گیاهان دیگر و با تاکید بر نانو ذرات کمتر مورد توجه قرار گرفته است. لذا آزمایشی جهت تعیین اثر اندازه ذرات سیلیکات سدیم بر بخش هوایی سیب زمینی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سال ۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. تیمارها شامل دو سطح اندازه ذرات (نانو و میکرو) و سطوح غلظت صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. نتایج حاکی از اثر مثبت و معنی‌دار کاربرد سیلیکات سدیم بر غلظت عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، فسفر و سیلیسیم بود در بالاترین غلظت، صفات یاد شده در تیمار نانو نسبت به میکرو به ترتیب ۲۰، ۲۷، ۱۵، ۳۰، ۱۷ و ۱۷ درصد بیشتر بود. اثر نانو ذرات بر غلظت نیتروژن به طور معنی‌داری بیشتر از ذرات میکرو بود. همچنین با افزایش غلظت سیلیکات سدیم، غلظت نیتروژن برگ به طور معنی‌داری بیشتر شد. کارایی جذب سدیم و سیلیسیم بخش هوایی سیب زمینی در تیمار نانو به طور معنی‌داری بالاتر از میکرو بود. در هر یک از سطوح غلظت، کارایی جذب عناصر پتاسیم، کلسیم، منیزیم، فسفر و نیتروژن نانو ذرات به طور معنی‌داری بالاتر از ذرات میکرو بود. به طور کلی اثر نانو ذرات سیلیکات سدیم بر غلظت و کارایی جذب عناصر معدنی مورد مطالعه، بیشتر از ذرات میکرو بود و غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم بیشترین تاثیر را داشت.

کلمات کلیدی: اندازه ذرات، سیلیسیم، فسفر، نیتروژن.



مقدمه

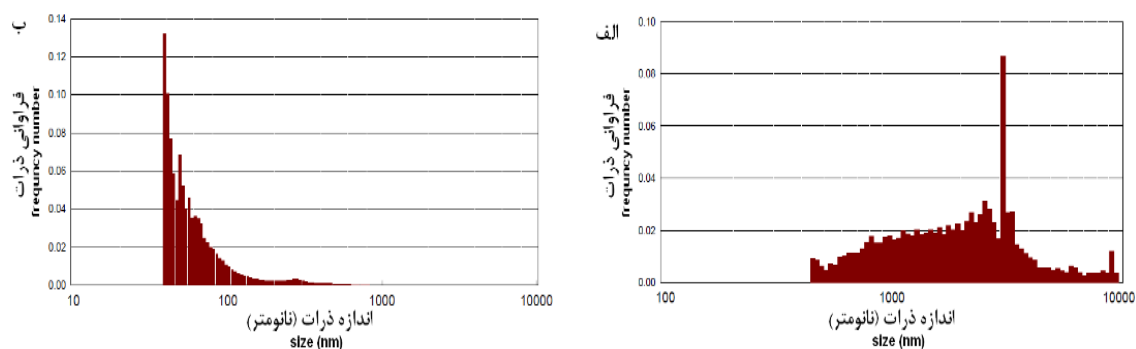
سیلیسیم دومین عنصر معدنی موجود در پوسته زمین است و در حدود ۲۷/۳ درصد پوسته زمین را تشکیل می‌دهد (Epstein, ۱۹۹۹). نقش سیلیسیم در زیست‌شناسی گیاهی به طور کامل روشن نشده است و مطالعاتی برای کشف ارتباط سیلیسیم با فعالیت‌های متابولیکی و فیزیولوژیکی در حال انجام می‌باشد هرچند سیلیسیم در بسیاری از گیاهان زراعی عنصری ضروری برای رشد محسوب نمی‌شود، اما بسیاری از گیاهان قادر به جذب سیلیسیم بوده و اثرات سودمندی بر رشد و نمو گیاهان دارد (Shen et al., ۲۰۱۰; Asmar et al., ۲۰۱۳). به طوری که از آن به عنوان یک عنصر شبه ضروری یاد شده است (Epstein, ۱۹۹۹).

امروزه استفاده از نانو ذرات مورد توجه بسیاری از محققین رشته کشاورزی قرار گرفته است (Haghighi and Pessarakli, ۲۰۱۳). نانو مواد به دلیل اندازه کوچک، خصوصیات منحصر به فردی از خود نشان می‌دهند و می‌توانند خصوصیات فیزیکی- شیمیایی را در مقایسه با شکل متداول مواد، تغییر دهند. ذرات نانو در مقایسه با ذرات متداول از سطح بیشتری برخوردارند و این ویژگی امکان افزایش حلالیت و واکنش پذیری سطحی را فراهم می‌نماید (Ruffini and Cremonini, ۲۰۰۹). با توجه به مطالب بیان شده به نظر می‌رسد که کاربرد سیلیسیم به ویژه نانو ذرات آن بر جذب و انتقال سایر عناصر معدنی در گیاه تاثیر داشته باشد. لذا بدین منظور آزمایشی برای مطالعه نقش محلول پاشی سیلیکات سدیم بر قابلیت جذب و کارایی عناصر معدنی بخش هوایی سیب زمینی انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سال ۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل دو سطح اندازه ذرات (نانو و میکرو) سیلیکات سدیم و سطوح غلظت صفر (آب مقطر)، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. برای بهبود جذب ذرات از مویان سیتوگیت به میزان دو در هزار

استفاده شد. تیمارها در دو مرحله آغازش استولون و آغازش غده بر روی بخش هوایی سیب زمینی پاشش شد. بوته های سیب زمینی رقم آگریا از طریق کشت بافت تهیه و در محیط کشت هیدروپونیک پرورش یافته و در طول دوره با محلول هوگلند تغذیه شدند. تولید نانو ماده سیلیکات سدیم با خلوص ۹۹/۹ درصد در دانشگاه فردوسی مشهد به روش رویکرد بالا به پایین انجام شد. تعیین میانگین قطر ذرات نمونه اولیه میکرو و نمونه نانو تولید شده توسط اشعه ایکس و با دستگاه تعیین اندازه ذرات (PSA) مدل VASCO³ ساخت شرکت Cor Douan فرانسه (دقت اندازه‌گیری در بازه ۶ میکرون تا ۱ نانومتر) انجام شد. میانگین قطر ذرات سیلیکات سدیم نانو و میکرو به ترتیب ۶۸ و ۲۳۷۱ نانومتر بدست آمد (شکل ۱).



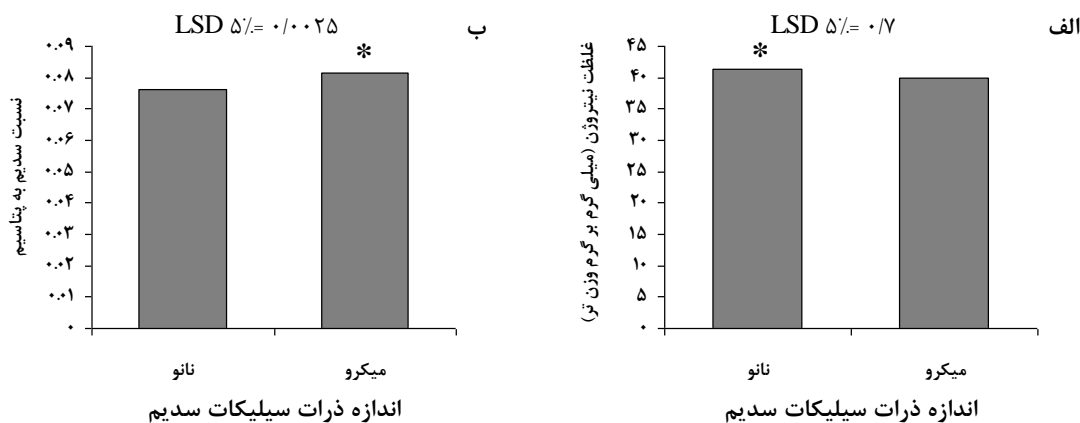
شکل ۱- نتایج حاصل از اندازه‌گیری قطر ذرات میکرو (الف) و نانو (ب) سیلیکات سدیم توسط دستگاه PSA.

پس از طی ۱۰۰ روز از آغاز آزمایش، بخش هوایی سیب زمینی برداشت شد و در دمای ۷۲ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک گردید. سپس با روش هضم خشک و استفاده از اسیدکلریدریک عصاره‌های لازم برای تعیین غلظت عناصر معدنی بخش هوایی تهیه شد. غلظت عناصر سدیم و پتاسیم از طریق نشر شعله‌ای و با استفاده از فیلم فتومتر تعیین گردید. غلظت‌های کلسیم و منیزیم با روش تیتراسیون تعیین شد. همچنین غلظت نیتروژن با استفاده از روش کج‌لدال بدست آمد. برای تعیین غلظت‌های فسفر و سیلیسیم از روش اسپکتروفتومتر استفاده شد. فسفر در طول موج ۶۶۰ نانومتر و سیلیسیم با روش رنگ سنجی مولیبدات در طول موج ۶۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (Elliot and Snyder, ۱۹۹۱). غلظت‌های بدست آمده عناصر در وزن خشک بخش هوایی ضرب و تقسیم بر مقادیر کل عناصر غذایی افزوده شده از طریق محلول هوگلند یا محلول پاشی به گیاهچه های سیب زمینی شد و در نهایت با ضرب در عدد ۱۰۰ کارایی جذب تعیین گردید. نسبت سدیم به پتاسیم نیز از تقسیم مقدار سدیم به پتاسیم بخش هوایی بدست آمد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS ۹.۱ انجام شد. در صورت معنی‌داری اثرات متقابل از بررسی اثرات ساده صرف نظر شد. مقایسات میانگین با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

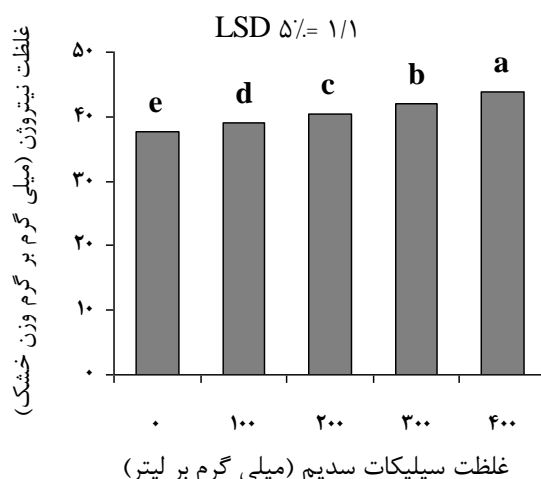
نتایج و بحث



کاربرد نانو ذرات سیلیکات سدیم در مقایسه با ذرات میکرو تاثیر معنی داری بر غلظت نیتروژن بخش هوایی سیب زمینی داشت (شکل ۲، الف). با افزایش غلظت سیلیکات سدیم، غلظت نیتروژن بخش هوایی سیب زمینی به طور معنی‌داری افزایش نشان داد. به طوری که بالاترین غلظت نیتروژن در تیمار ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد (شکل ۳). افزایش غلظت هر دو اندازه ذرات سیلیکات سدیم موجب افزایش غلظت عناصر معدنی سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، فسفر و سیلیسیم بخش هوایی سیب زمینی شد (جدول ۱). در هر سطح غلظت سیلیکات سدیم، غلظت عناصر معدنی یاد شده در تیمار نانو به طور معنی‌داری بالاتر از میکرو بود (جدول ۱). به طوری که در غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر، غلظت عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، فسفر و سیلیسیم بخش هوایی در تیمار نانو ذرات نسبت به ذرات میکرو به ترتیب ۲۰، ۲۷، ۱۵، ۳۰، ۱۷ و ۱۷ درصد بالاتر بود (جدول ۱). واکنش غلظت عناصر معدنی بخش هوایی به محلول پاشی سیلیکات سدیم متفاوت بود. به عبارت دیگر، افزایش غلظت تمامی عناصر به یک نسبت نبود. غلظت عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم و فسفر در اثر محلول پاشی غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نسبت به شاهد به ترتیب ۳۳، ۳۳، ۲۹ و ۳۱ درصد رشد نشان داد و در غلظت یاد شده تیمار میکرو نیز این میزان به ترتیب ۱۱، ۱۲، ۵ و ۱۱ درصد بدست آمد (جدول ۱). اما غلظت عناصر منیزیم و سیلیسیم در مقایسه با سایر عناصر با افزایش غلظت سیلیکات سدیم در هر دو اندازه ذره، رشد بسیار زیادی نشان داد. به طوری که در بالاترین سطح غلظت نانو و میکرو، غلظت منیزیم به ترتیب ۳/۹ و ۳ برابر بیشتر از تیمار شاهد بود. همچنین غلظت سیلیسیم نیز در تیمارهای یاد شده نسبت به شاهد رشدی ۲/۳ و ۲ برابری نشان داد (جدول ۱). نسبت سدیم به پتاسیم تیمار میکرو به طور معنی‌داری بالاتر از تیمار نانو بود (شکل ۲، ب). این نتیجه در اثر افزایش کمتر پتاسیم نسبت به سدیم در تیمار میکرو بود که سبب افزایش نسبت سدیم به پتاسیم در تیمار یاد شده گردید.



شکل ۲- اثر اندازه ذرات سیلیکات سدیم بر غلظت نیتروژن (الف) و نسبت سدیم به پتاسیم بخش هوایی سیب زمینی.



شکل ۳- اثر سطوح غلظت محلول پاشی سیلیکات سدیم بر غلظت نیتروژن بخش هوایی سبب زمینی.

جدول ۱- برهمکنش اندازه ذرات و غلظت محلول پاشی سیلیکات سدیم بر غلظت عناصر معدنی سدیم، پتاسیم، منیزیم، فسفر و سیلیسیم در بخش هوایی سبب زمینی.

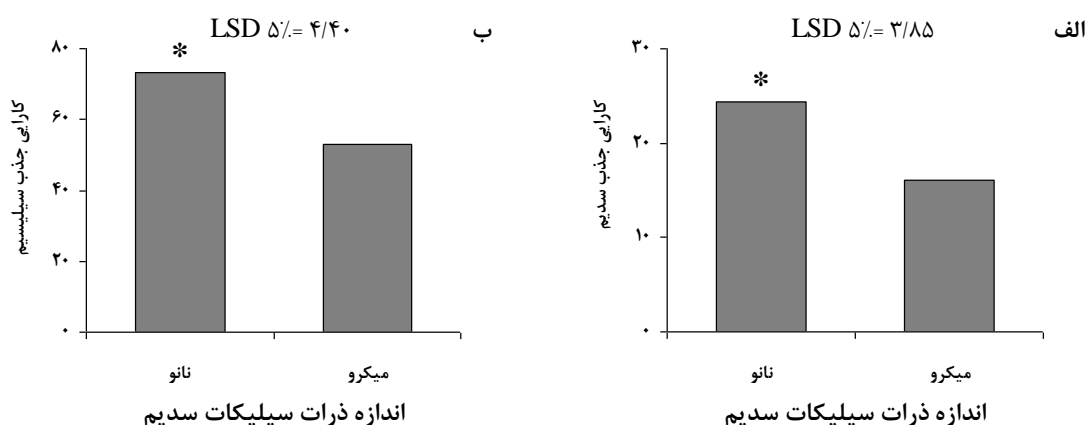
سیلیسیم	صفات (میلی گرم در گرم وزن خشک)					غلظت سیلیکات سدیم (میلی گرم در لیتر)	اندازه ذرات سیلیکات سدیم
	فسفر	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	سدیم		
۱/۵	۲/۶	۷/۳	۳۲/۳	۳۴/۸	۲/۷	صفر	نانو
۲/۱	۲/۷	۱۲/۱	۳۳/۹	۳۹/۳	۳/۰	۱۰۰	
۲/۸	۲/۹	۲۱/۱	۳۶/۰	۴۳/۹	۳/۲	۲۰۰	
۳/۲	۳/۱	۲۴/۷	۳۸/۲	۴۶/۰	۳/۴	۳۰۰	
۳/۵	۳/۴	۲۸/۴	۴۱/۶	۴۶/۳	۳/۶	۴۰۰	
۱/۵	۲/۶	۷/۳	۳۲/۳	۳۴/۸	۲/۷	صفر	میکرو
۱/۸	۲/۶	۱۳/۶	۳۳/۰	۳۴/۹	۲/۸	۱۰۰	
۲/۳	۲/۷	۱۷/۵	۳۳/۵	۳۵/۰	۲/۹	۲۰۰	
۲/۵	۲/۸	۱۹/۱	۳۴/۹	۳۵/۶	۲/۹	۳۰۰	
۳/۰	۲/۹	۲۱/۹	۳۶/۱	۳۶/۴	۳/۰	۴۰۰	
۰/۱۰	۰/۰۹	۱/۲۸	۱/۲۹	۱/۲۹	۰/۱۸	LSD %۵	

کارایی جذب عناصر سدیم و سیلیسیم تیمار نانو به طور معنی داری بالاتر از ذرات میکرو بود (شکل ۴). با توجه به آنکه منبع هر دو عنصر یاد شده از طریق محلول پاشی سیلیکات سدیم تامین شده بود، این نتایج مبین افزایش کارایی نانو ذرات نسبت به میکرو ذرات در جذب و انتقال به داخل اندام های گیاهی است. کارایی جذب عناصر معدنی پتاسیم، کلسیم، منیزیم، فسفر و نیتروژن توسط بخش هوایی سبب زمینی با افزایش غلظت سیلیکات سدیم افزایش یافت و در هر سطح غلظت، برتری با تیمار نانو بود (جدول ۲).



به طوری که در بالاترین سطح غلظت، کارایی جذب پتاسیم، کلسیم، منیزیم، فسفر و نیتروژن تیمار نانو نسبت به میکرو به ترتیب ۵/۶، ۳/۳، ۱۵/۴، ۹/۲ و ۱/۹ درصد بالاتر بود (جدول ۲). بیشترین تاثیر غلظت های مختلف ذرات نانو و میکرو بر کارایی جذب منیزیم مشاهده شد (جدول ۲).

گزارشات محققان نیز حاکی از اثرات مثبت ترکیبات حاوی سیلیسیم بر خصوصیات گیاهی داشته (Asmar et al., ۲۰۱۳); (Shen et al., ۲۰۱۰ Haghghi and Pessaraki, ۲۰۱۳)، ایشان این اثرات را در نتیجه تاثیر سیلیسیم بر بالانس عناصر مغذی گیاه دانسته (Epstein, ۱۹۹۹; Ruffini and Cremonini, ۲۰۰۹) و عنوان داشته اند که سیلیسیم در ابعاد نانو به دلیل کارایی بیشتر در جذب و تاثیر بر فرایندهای گیاهی، از اثر گذاری بیشتری بر بالانس عناصر غذایی و بهبود جذب آنها در بخش های مختلف گیاهی برخوردار است (Asmar et al., ۲۰۱۳; Haghghi and Pessaraki, ۲۰۱۳). تمامی نتایج این پژوهش با گزارشات سایر مطالعات در زمینه تاثیر مثبت سیلیسیم در گیاه و کارایی بیشتر نانو ذرات منطبق بود.



شکل ۴- اثر اندازه ذرات سیلیکات سدیم بر کارایی جذب سدیم (الف) و سیلیسیم در بخش هوایی سیب زمینی.

جدول ۲- برهمکنش اندازه ذرات و غلظت محلول پاشی سیلیکات سدیم بر کارایی جذب عناصر معدنی پتاسیم، کلسیم، منیزیم، فسفر و نیتروژن در بخش هوایی سیب زمینی.

اندازه ذرات سیلیکات سدیم	غلظت سیلیکات سدیم (میلی گرم در لیتر)	صفات (درصد)			
		پتاسیم	کلسیم	منیزیم	فسفر
نانو	صفر	۱۵/۰	۱۴/۱	۱۳/۲	۳۶/۷
	۱۰۰	۱۷/۸	۱۵/۶	۲۲/۹	۴۰/۰
	۲۰۰	۲۰/۴	۱۷/۰	۴۱/۱	۴۴/۰
	۳۰۰	۲۳/۴	۱۹/۷	۵۲/۶	۵۰/۹
	۴۰۰	۲۴/۹	۲۲/۷	۶۳/۸	۵۸/۸
میکرو	صفر	۲۱/۴	۲۳/۷	۲۵/۴	۲۸/۷



۲۱/۴	۳۶/۷	۱۳/۲	۱۴/۱	۱۵/۰	صفر	
۲۳/۴	۳۹/۲	۲۶/۳	۱۵/۴	۱۶/۱	۱۰۰	
۲۵/۷	۴۳/۷	۳۶/۱	۱۶/۸	۱۷/۳	۲۰۰	میکرو
۲۸/۰	۴۷/۷	۴۱/۴	۱۸/۴	۱۸/۴	۳۰۰	
۲۹/۸	۴۹/۶	۴۸/۴	۱۹/۴	۱۹/۳	۴۰۰	
۱/۰	۱/۹	۲/۵	۰/۸۶	۰/۶۶	LSD %۵	

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی نتایج بدست آمده حاکی از تاثیر مثبت محلول پاشی سیلیکات سدیم بر غلظت و کارایی عناصر سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، فسفر، نیتروژن و سلیم بود. افزایش غلظت سیلیکات سدیم سبب افزایش تاثیر آن بر غلظت و کارایی جذب عناصر معدنی مورد مطالعه گردید. در هر سطح غلظت، اثر محلول پاشی نانو ذرات سیلیکات سدیم در مقایسه با ذرات میکرو در افزایش غلظت و کارایی جذب عناصر معدنی بیشتر بود. افزایش کارایی جذب سدیم و سلیم در تیمار نانو نشان دهنده قابلیت جذب بالاتر نانو ذرات در مقایسه با ذرات میکرو در تیمار محلول پاشی بود. بیشترین تغییرات صفات در غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات سیلیکات مشاهده شد. لذا با توجه به نتایج به دست آمده توصیه می‌شود که برای افزایش کارایی جذب و غلظت عناصر ضروری در کشت هیدروپونیک سیب زمینی به منظور تولید ریزغده، از محلول پاشی سیلیکات سدیم به ویژه نانو ذرات آن استفاده شود.

فهرست منابع

- Asmar, S. A., Castro, E. M., Pasqual, M., Pereira, F. J., and J. D. R. Soares. ۲۰۱۳. Changes in leaf anatomy and photosynthesis of micro propagated banana plantlets under different silicon sources. *Scientia Horticulturae* ۱۶۱: ۳۲۸-۳۳۲.
- Epstein, E. ۱۹۹۹. Silicon, *Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology* ۵۰: ۶۴۱-۶۶۴.
- Elliot, C.L., and G.H. Snyder. ۱۹۹۱. Autoclave-induced digestion for the colorimetric determination of silicon in rice straw. *Agricultural and Food Chemistry* ۳۹: ۱۱۱۸-۱۱۱۹.
- Haghighi, M. and M. Pessarakli. ۲۰۱۳. Influence of silicon and nano-silicon on salinity tolerance of cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) at early growth stage. *Scientia Horticulturae* ۱۶۱: ۱۱۱-۱۱۷.



- Ruffini, C. M. and R. Cremonini. ۲۰۰۹. Nanoparticles and higher plants. *Caryologia* ۶۲(۲): ۱۶۱-۱۶۵.
- Shen, X., Zhou, Y., Duan, L., Li, Z., Eneji, A. E. and J. Li. ۲۰۱۰. Silicon effects on photosynthesis and antioxidant parameters of soybean seedlings under drought and ultraviolet-B radiation. *Journal of Plant Physiology* ۱۶۷: ۱۲۴۸-۱۲۵۲.

The effect of foliar application of nano and micro particles of sodium silicate on concentration and uptake efficiency of nutrition in the shoot of potato

Abstract

Positive effects of silicate compounds foliar application on growth and absorption of essential elements in poaceae family has been proven, but research on other plants about effects of nano particle received less attention. So this research designed to evaluate effect of sodium silicate particle size on potato shoot in form of randomized complete block design and factorial arrangement in ۲۰۱۳ in research greenhouse of Agriculture Faculty of Ferdowsi University of Mashhad. Treatments included two particle size (nano and micro) and concentrations (control, ۱۰۰, ۲۰۰, ۳۰۰ and ۴۰۰ mg l⁻¹). Results showed positive and significant effect of sodium silicate application on concentration of sodium, potassium, calcium, magnesium, phosphorus and silicon, and in highest level of concentration, mentioned character in nano particle were ۲۰, ۲۷, ۱۵, ۳۰, ۱۷ and ۱۷ percentage higher in comparison with the micro particles, respectively. With increase of sodium silicate concentration, nitrogen concentration in leaf increased significantly. Absorption efficiency of sodium and silicon in potato shoot was significantly higher in nano than micro. In each of concentrations level, absorption efficiency of potassium, calcium, magnesium, phosphorous and nitrogen were higher with nano particles, significantly. Overall, effects of nano particle of sodium silicate on concentration and

absorption efficiency of mentioned element, were more in comparison with micro particle and concentration of 400 mg l^{-1} had greatest effect.

Keywords: Nitrogen, Particle size, Phosphorous, Silicon.

