نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب) / الف / جلد 33 / شماره 1 / 1398

10.22092/ijsr.2019.122478.373

تأثیر کاربرد بُر و سیلیسیوم بر غلظت و توزیع عناصر پر نیاز در اندام‌های مختلف دانهال انبه

مریم قریشی، یعقوب حسینی[1] و منوچهر مفتون

کارشناس ارشد، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران؛ **maryamgh1967@yahoo.com**

استادیار پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران؛ **yaaghoob.hosseini@yahoo.com**

استاد دانشگاه آزاد مرودشت، فارس، ایران؛ **mmaftoon @hotmail.com**

دریافت: **97/5/15** و پذیرش: **97/10/10**

چکیده

سمیّت بُر یک اختلال تغذیه‌ای است که رشد گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک در سراسر دنیا را کاهش می‌دهد، با توجه به خشکسالی‌های اخیر در استان هرمزگان، سمیّت بُر به مقدار قابل توجهی افزایش یافته است، سمیّت بُر در خاک و گیاه، اغلب به‌علت فراوانی بُر در آب آبیاری است که سبب تجمع این عنصر در خاک و در نهایت در گیاه می‌شود، یکی از روش‌های عملی برای تعدیل سمیّت بور، کاربرد عناصری همچون سیلیسیوم در محیط رشد گیاه است، در این راستا پژوهشی، به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش سطح بُر (0، 5، 10، 20، 40، 80 میلی‌گرم بور در کیلوگرم خاک) از منبع H3BO3 و چهار سطح سیلیسیوم (0، 70، 140، 280 میلی‌گرم سیلیسیوم درکیلوگرم خاک) از منبع Na2Si3O7 در چهار تکرار برروی دانهال‌های انبه در ایستگاه تحقیقات میناب انجام گرفت، هفت‌ماه پس از کاشت، دانهال‌ها برداشت و عناصر B, Si, N, P, K, Ca, Mg در گیاه اندازه‌گیری شدند، نتایج نشان‌داد میانگین غلظت بُر در برگ با کاربرد بُر در بالاترین سطح، 2/4 برابر ساقه و 2/1 برابر ریشه بود، با افزایش سطوح کاربردی بُر غلظت نیتروژن در برگ و ریشه به ترتیب 11/8 و 4/2 درصد کاهش و در ساقه 6/9 درصد افزایش داشت، در سطح بالای کاربرد بُر با افزایش کاربرد سیلیسیوم، غلظت فسفر برگ روند صعودی را نشان داد، غلظت پتاسیم در برگ انبه با افزایش سطوح کاربردی بُر و سیلیسیوم افزایش نشان داد ولی در ساقه و ریشه روند کاهشی دنبال شد، تأثیر برهمکنش بور و سیلیسیوم در سطوح پایین بُر بر غلظت کلسیم روندی کاهشی و در سطوح بالای کاربرد بُر روندی افزایشی داشت؛ درحالی‌که تأثیر برهمکنش آنها بر غلظت منیزیم گیاه دارای روندی کاهشی بود. بطور کلی کاربرد بُر باعث شد غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و منیزیم در برگ نهال انبه کاهش و غلظت پتاسیم و کلسیم افزایش‌یابد، اگر چه با کاربرد سیلیسیوم تغییرات چشمگیری مشاهده نشد.

واژه‌های کلیدی: سمیّت بر، اختلال تغذیه‌ای، H_3BO_3

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: بندرعباس، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان، بخش تحقیقات خاک و آب.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

سمیّت بُر در خاک‌ها اغلب به علت، فراوانی بُر در آب آبیاری است که سبب تجمع این عنصر در خاک می‌شود. جذب این عنصر از خاک به درون ریشه گیاه از طریق غشاء پلاسمایی، که بیشتر فرآیند آن به صورت غیرفعال و سریع است، رخ می‌دهد. برخی از پژوهش‌ها (جونز و همکاران، 2007 a) نشان داده‌اند که کاربرد عنصر سیلیسیوم در محیط رشد گیاه توانسته است تا حدودی سمیّت بُر در گیاه را کاهش دهد. دلایلی برای این امر بیان گردیده که احتمالاً بر پایه برخی از مشابهت-هایی است که بین ملکول‌های $B(OH)_3$ و $Si(OH)_4$ وجود دارد. از جمله این مشابهت‌ها این‌که: هر دو ملکول در محلول آبی اسیدهای ضعیفی هستند، هر دو به صورت مولکولی جذب می‌شوند، هردوی آنها در سرتاسر غشائ بیولوژیکی به صورت غیر فعال حرکت می‌کنند و تجمع آنها در گیاه تا حد زیادی تحت تأثیر میزان تعرق می‌باشد (نابل و همکاران، 1997) در تحقیقی بر روی کلزا گزارش شد که میزان سیلیسیوم در گیاه همبستگی معنی‌داری با میزان بُر داشت؛ به‌گونه‌ای که کاربرد سیلیسیوم جذب و تجمع بُر به وسیله گیاه را، در شرایط کمبود بُر، افزایش داد، اما در شرایط زیادی بُر، افزودن سیلیسیوم به محیط رشد گیاه باعث کاهش غلظت بُر در گیاه گردید (لینگ و شن، 1994). بیشتر مطالعات بر روی اثرات مکانیکی سیلیسیوم متمرکز است و کمتر به نقش فیزیولوژیکی آن توجه شده است. اما در آزمایش محققین بر روی برنج، مشخص شد که سیلیسیوم بر فعالیت آنزیم‌های آسپاراژین، گلوتامین سینتتاز و گلوتامات سینتتاز که آنزیم‌های کلیدی در آسیملاسیون نیتروژن هستند، تأثیر می‌گذارد و با تغییر فعالیت این آنزیم‌ها، نسبت اسیدهای آمینه در برنج تغییر می‌کند (ملکوتی و کشاورز، 1384).

در پژوهش‌هایی (جونز و همکاران، 2007 a, c) که با گیاهان مختلف در خاک‌های دارای زیادی بُر انجام گرفت، نشان داده شد که کاربرد سیلیسیوم سبب افزایش تحمل جو، گندم، اسفناج و گوجه‌فرنگی به زیادی بُر گردید؛ به طوری که علائم تنش به ویژه در گندم کاهش پیدا کرد. همچنین سیستم آنتی‌اکسیدکننده نیز تحت تأثیر سیلیسیوم قرار گرفت. چندین محقق (جونز و همکاران، 2007 a ; زوکارینی، 2008) گزارش کردند که سیلیسیوم سبب کاهش غلظت یون‌های سمّی در قسمت‌های هوایی گیاهان می‌گردد. این موضوع احتمالاً بواسطه ایجاد محدودیت توسط سیلیسیوم برای جذب یون‌های سمی به وسیله گیاه و همچنین جابجایی آنها به سمت اندام‌های هوایی می‌باشد. اثر مفید سیلیسیوم ممکن است به دلیل کاهش آب از دست رفته بوسیله تعرق و نتیجتاً کاهش نسبت جذب غیرفعال و انتقال مواد معدنی به درون گیاه باشد (گو و همکاران، 2006 ؛ رومرو – آراندا و همکاران، 2006). گزارش شده است که سیلیسیوم ته‌نشین شده به شکل پلیمریزه SiO_2 در آپوپلاست (apoplast) ریشه، به طور قابل ملاحظه‌ای جابجایی یون را از ریشه به شاخه گیاه محدود می‌کند (وانگ و همکاران، 2004). در پژوهشی توسط سویلمازوگلو و همکاران، 2009 مشاهده نمودند که با کاربرد سیلیسیوم میزان مقاومت روزنه در گیاه کاهش می‌یابد که این باعث افزایش ظرفیت تعرق برای گیاه می‌شود، که نتیجه آن کمک به گیاه، جهت گرفتن مواد غذایی بیشتر و همچنین کمک به افزایش حجم جریان محلول غذایی در خاک است. در پژوهشی دیگر (هنان، 1996) ملاحظه گردید که تأثیر مثبت سیلیسیوم ممکن است به طریقه انتقال مشابه یون‌های سیلیکات و فسفات در گیاه نسبت داده شود. گزارش شده است که مصرف مقدار مناسب عنصر سیلیسیوم در درخت‌های یک‌ساله و دوساله پرتقال سبب گردید درختان تیمار شده با سیلیسیوم، عناصر غذایی بیشتری در مقایسه با شاهد جذب کنند (واتسچر،1989). همچنین در آزمایشی بر روی گوجه‌فرنگی و فلفل مشخص شد که کاربرد بُر، تأثیر معنی‌داری بر غلظت کلسیم در فلفل نداشته است ولی در سطوح بالای کاربرد بُر در گوجه-فرنگی، کاهش غلظت کلسیم را سبب گردیده است (ارسلن و همکاران، 2007).

در تحقیقی دیگر، مشخص گردید که کاربرد سیلیسیوم باعث کاهش غلظت منیزیم کلزا گردید؛ اما در غیاب سیلیسیوم با افزایش بُر، غلظت منیزیم افزایش پیدا کرد (لینگ و شن، 1994). همان‌گونه که اشاره شد با وقوع خشکسالی‌های اخیر در استان هرمزگان، سمیّت بُر به مقدار قابل توجهی افزایش یافته است. در این شرایط، ممکن است رشد گیاهان از طریق تغییراتی که در غلظت عناصر غذایی در گیاه ایجاد می‌شود، تحت‌تأثیر قرار گیرد. واضح است بررسی راهکارهای مدیریت این تغییرات مهم و با اهمیت می‌باشد. در این راستا پژوهش حاضر طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش ها

این پژوهش به صورت گلدانی و بر روی پایه نهال‌های انبه در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میناب واقع در 105 کیلومتری شرق بندرعباس با میزان میانگین بارندگی200 میلی‌متر و تبخیر 2361 میلی‌متر انجام پذیرفت. فاکتورهای آزمایش شامل سیلیسیوم و بُر و در مجموع آزمایش دارای 24 تیمار بود. فاکتور سیلیسیوم در

Archive of SID

www.SID.ir

چهار سطح و به مقادیر صفر، 70، 140 و 280 میلی‌گرم سیلیسیوم در کیلوگرم خاک از منبع $Na_2Si_3O_7$ و فاکتور بُر شامل شش‌سطح بُر به مقادیر صفر، 5، 10، 20، 40 و 80 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک از منبع H_3BO_3 بود. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام‌گرفت. ابتدا خاک مناسب (دارای شوری، بُر و سیلیسیوم کم) از مناطق انبه خیز میناب انتخاب و از آن برای پر کردن گلدان‌ها (پلی اتیلنی با عرض30 و ارتفاع 40 سانتی‌متر) استفاده گردید. نتایج تجزیه خاک قبل از استفاده در آزمایش در جدول شماره 1 آورده شده است.

جدول 1- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

Si	B	K	P	N	OC	SP	FC	Mg	Ca	Na	EC	بافت	pHs
mg/kg					%			meq/L			dS/m		
46/1	0/65	172	16/25	0/08	0/788	48/3	31	2/4	4/0	6/0	1/15	لومی	7/73

در مرحله بعد آماده‌سازی گلدان‌ها انجام و مقادیر عناصر سیلیسیوم و بُر مطابق سطوح گفته شده به خاک افزوده شدند. مقدار 10کیلوگرم خاک در هر گلدان ریخته و کاشت پایه نهال‌های 3 ماهه انجام شد. سی هفته پس از کاشت، نهال‌ها از طوقه قطع و نمونه‌های گیاهی به طور جداگانه شسته و اندازه‌گیری گردیدند. غلظت بُر در اندام‌های گیاهی به وسیله اسپکتروفتومتر (Pharmacia Novaspec II) در طول موج 430 نانومتر قرائت شد (امامی، 1375). اندازه‌گیری غلظت سیلیسیوم در اندام‌های گیاهی با استفاده از روش ذوب قلیایی و در طول موج 650 نانومتر با اسپکتروفتومتر انجام شد (حیکمن و همکاران، 2009). برای اندازه‌گیری نیتروژن 0/3گرم از نمونه گیاهی مورد نظر را وزن کرده و مقدار2/5 میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک به آن اضافه کرده و با روش سوزاندن تر همراه با آب اکسیژنه هضم، و سپس با دستگاه کجلدال (Vapodest 20) قرائت شد. برای اندازه‌گیری دیگر عناصر پرمصرف در اندام‌های مختلف گیاه از روش سوزاندن خشک استفاده شد؛ از عصاره حاصل جهت اندازه‌گیری غلظت عناصر پتاسیم و سدیم با دستگاه فلیم‌فتومتر (Corning 410) و برای اندازه‌گیری فسفر با افزودن محلول آمونیم مولیبدات و وانادات در اسید نیتریک از دستگاه اسپکتروفتومتر (Pharmacia Novaspec II) در طول موج 470 نانومتر استفاده شد. برای اندازه‌گیری غلظت‌کلسیم و منیزیم در عصاره حاصل از روش‌سوزاندن خشک از دستگاه جذب اتمی (Varian 220AA) استفاده شد (امامی، 1375). در نهایت تجزیه آماری داده‌های بدست آمده بوسیله برنامه آماری(6.1) SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و ترسیم شکل‌ها با کمک نرم‌افزار Excell انجام پذیرفت.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول 2 نشان داده شده است. همان‌گونه که در این جدول مشاهده می‌شود برهمکنش سطوح مختلف بُر و سیلیسیوم بر غلظت بُر در ساقه در سطح احتمال1% تأثیری معنی‌دار داشت، اما بر غلظت بُر دربرگ و ریشه معنی‌دار نبود. تأثیر بر همکنش آنها بر روی غلظت سیلیسیوم و فسفر در برگ در سطح سطح احتمال 5% معنی‌دار شد. برهمکنش سطوح مختلف بُر و سیلیسیوم بر غلظت کلسیم در برگ در سطح احتمال 5% و در ساقه و ریشه و به همین ترتیب بر روی غلظت منیزیم در برگ، ساقه و ریشه در سطح احتمال 1% تأثیر معنی‌دار داشت (جدول 2).

جدول 2- تجزیه آماری مربوط به پاسخ های گیاهی

منابع تغییر	درجات آزادی	غلظت بُر برگ	غلظت بُر ساقه	غلظت بُر ریشه	غلظت سیلیسیوم برگ	غلظت سیلیسیوم ساقه	غلظت سیلیسیوم ریشه	غلظت نیتروژن برگ
بلوک	3	137665/94^{ns}	4/7790^{ns}	6/8073^{ns}	0/0691^{ns}	0/0109^{ns}	0/1052^{ns}	0/0092^{ns}
بُر	5	6743040/46^{ns}	742/8333**	705/1181**	0/2664^{ns}	0/0296^{ns}	0/1202*	0/0242^{ns}
سیلیسیوم	3	93589/27^{ns}	26/2323^{ns}	11/8276^{ns}	0/1196^{ns}	0/0355^{ns}	0/0586^{ns}	0/0143^{ns}
بُر x سیلیسیوم	15	77722/87^{ns}	43/3252**	2/6625^{ns}	0/1012*	0/0155^{ns}	0/0490^{ns}	0/0237^{ns}
خطا	69	176984/75	15/1796	7/7903	0/0507	0/0202	0/0401	0/0226
ضریب تغییرات (CV)		25/0504	36/153	27/3261	15/6979	23/61	29/8029	20/5108

^{ns}، از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد، * و ** به ترتیب در سطح آماری 5 و 1 درصد معنی‌دار می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

ادامه جدول 2

منابع تغییر	درجات آزادی	غلظت نیتروژن ساقه	غلظت نیتروژن ریشه	غلظت فسفر برگ	غلظت فسفر ساقه	غلظت فسفر ریشه	غلظت پتاسیم برگ	غلظت پتاسیم ساقه
بلوک	3	0/1745^{ns}	0/3022*	0/0006^{ns}	0/0029^{ns}	0/0018^{ns}	0/009^{ns}	0/0777^{ns}
بُر	5	0/1485^{ns}	0/0353^{ns}	0/0007^{ns}	0/0033^{ns}	0/0089^{ns}	0/061*	0/1163*
سیلیسیوم	3	0/0303^{ns}	0/0640^{ns}	0/0009^{ns}	0/0007^{ns}	0/0021^{ns}	0/013^{ns}	0/0540^{ns}
بُر x سیلیسیوم	15	0/2045^{ns}	0/0883^{ns}	0/0023*	0/0077^{ns}	0/0081^{ns}	0/020^{ns}	0/0495^{ns}
خطا	69	0/1666	0/0998	0/0012	0/0042	0/0053	0/025	0/0371
ضریب تغییرات (CV)		9/9951	21/3447	25/0504	8/4571	27/7325	15/7165	18/9

ns: از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد، * و ** به ترتیب در سطح آماری 5 و 1 درصد معنی‌دار می‌باشد.

ادامه جدول 2

منابع تغییر	درجات آزادی	غلظت پتاسیم ریشه	غلظت کلسیم برگ	غلظت کلسیم ساقه	غلظت کلسیم ریشه	غلظت منیزیم برگ	غلظت منیزیم ساقه	غلظت منیزیم ریشه
بلوک	3	0/0018^{ns}	0/0289^{ns}	0/0088^{ns}	0/0032^{ns}	0/0016^{ns}	0/0129^{ns}	0/0002^{ns}
بُر	5	0/0090^{ns}	0/3436**	0/0396**	0/4277**	0/0107**	0/0287*	0/0286*
سیلیسیوم	3	0/0319^{ns}	0/0679^{ns}	0/0153^{ns}	0/4372**	0/0099*	0/0002^{ns}	0/0886**
بُر x سیلیسیوم	15	0/0173^{ns}	0/0220*	0/0261**	0/2749**	0/0070**	0/0283**	0/0332**
خطا	69	0/01850	0/0980	0/0077	0/0890	0/0025	0/0090	0/0086
ضریب تغییرات (CV)		28/0862	9/7915	9/2807	11/6759	50/5923	6/7254	1/0125

ns: از لحاظ آماری معنی‌دارنمی‌باشد، * و ** به ترتیب در سطح آماری 5 و 1 درصد معنی‌دار می‌باشد.

جدول 3- تأثیر سطوح بُر و سیلیسیوم بر میزان غلظت بُر، سیلیسیوم، کلسیم و منیزیم در برگ دانهال انبه

سطوح بُر (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	سطوح سیلیسیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)				
	0	70	140	280	میانگین
	غلظت بُر در برگ (mg/kg)				
0	272/5b*	195/9b	186/7c	184/6b	209/9e
5	592/4b	622/9b	642/6bc	545/1b	600/7d
10	1088/0ab	1054/9ab	892/3b	1408/9a	1111/0c
20	1663/0a	1281/7ab	1420/1ab	1608/8a	1493/4b
40	1690/6a	1632/8a	1841/5a	1879/0a	1761/0ab
80	1789/0a	1674/1a	2034/8a	1725/3a	1805/8a
میانگین	1182/6A	1077/0A	1169/7A	1225/3A	
	غلظت سیلیسیوم در برگ (%)				
0	0/9756ab*	0/9643ab	1/2125a	1/0985ab	1/0628a
5	1/1174ab	0/9029ab	0/9561ab	0/9482b	0/98116a
10	0/8338b	0/8179ab	0/9726ab	1/0211b	0/9114a
20	1/2598a	1/1203a	0/8703ab	1/0130b	1/0658a
40	0/7349b	0/6319b	0/7938b	0/7137b	0/7186b
80	0/7827b	0/7311ab	0/8710ab	1/3963a	0/9843a

Archive of SID

www.SID.ir

ادامه جدول 3

میانگین	0/9507AB	0/8614B	0/9721AB	1/0318A	
غلظت کلسیم دربرگ (%)					
0	1/6434ab*	1/7104ab	1/8366a	1/8563a	1/7617ab
5	2/1403a	2/0220a	1/7301a	1/7551ab	1/9119a
10	1/6604ab	1/3475b	1/7919a	0/9137b	1/4284c
20	1/8560ab	1/8672ab	1/5618a	1/8761a	1/7903ab
40	1/2976b	1/5633ab	1/8349a	1/6578ab	1/5884bc
80	2/0312a	1/7468ab	1/2238a	1/7194ab	1/6803abc
میانگین	1/7715A	1/7096A	1/6632A	1/6297A	
غلظت منیزیم در برگ (%)					
0	0/5942a*	0/4680ab	0/6389a	0/6310a	0/5831a
5	0/6007a	0/6087a	0/5495b	0/5718ab	0/5844a
10	0/5850a	0/4469b	0/7086a	0/5732ab	0/5785a
20	0/6027ab	0/5751ab	0/4811bc	0/6521a	0/5777a
40	0/5426ab	0/4671ab	0/5951ab	0/4838b	0/5226ab
80	0/5482a	0/4676ab	0/38163c	0/5235ab	0/4803b
میانگین	0/5803A	0/5056B	0/5592A	0/5726A	

*میانگین‌هایی که در هر ستون در یک حرف کوچک و یا در هر ردیف در یک حرف بزرگ مشترک می‌باشند طبق آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

بررسی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سطوح بُر در خاک، غلظت بُر در برگ انبه افزایشی معنی‌دار داشت. کاربرد 5، 10، 20 ، 40 و 80 میلی گرم بُر در کیلوگرم خاک بترتیب سبب افزایش غلظت بُر برگ به میزان 429، 611، 739 و 760 درصد نسبت به شاهد گردید (جدول 3). در تمام سطوح بُر با افزایش کاربرد سیلیسیوم تا سطح 140میلی‌گرم سیلیسیوم در کیلوگرم خاک، کاهش غلظت بُر در ساقه را درپی داشت. میزان این کاهش نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد سیلیسیوم) در سطوح مختلف بُر (5، 10، 20، 40 و 80 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک) به ترتیب50/5، 1/8، 37/3، 16 و 59 درصد بود. کاربرد 80 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک، غلظت بُر در ساقه را نسبت به شاهد 7/5 برابر کرد (جدول 4).

جدول 4- تأثیر سطوح بُر و سیلیسیوم بر میزان غلظت بُر، سیلیسیوم، کلسیم و منیزیم در ساقه دانهال انبه

سطوح بُر (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	سطوح سیلیسیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)				
	0	70	140	280	میانگین
غلظت بُر درساقه (mg/kg)					
0	35/2c*	37/9c	151/3b	179/2b	100/89de
5	208/9bc	188/9bc	103/4b	89/3b	147/63cd
10	59/8c	53/1c	58/7b	137/4b	77/25e
20	183/6bc	139/8bc	115/1b	232/7b	167/79c
40	293/2b	305/9b	246/2ab	425/3ab	317/66b
80	1102/1a	929/5a	451/9a	526/6a	752/52a
میانگین	313/79A	275/85A	187/76A	265/09A	
غلظت سیلیسیوم در ساقه (%)					
0	0/1781a*	0/1886a	0/2078a	0/2060b	0/1951b
5	0/1851a	0/1699a	0/2013a	0/2149b	0/1928b
10	0/2086a	0/1939a	0/2046a	0/2652b	0/2181ab
20	0/2649a	0/2414a	0/2323a	0/2311b	0/2424ab

Archive of SID

www.SID.ir

ادامه جدول 4

40	0/2309a	0/1940a	0/2198a	0/2580b	0/2257ab
80	0/2505a	0/2457a	0/1965a	0/9501a	0/4107a
میانگین	0/21970A	0/20557A	0/21038A	0/35431A	
		غلظت کلسیم درساقه (%)			
0	0/8764ab	1/0400a	1/0748a	0/9957ab	0/9967a
5	0/7901b	0/7820a	0/9419ab	0/7129b	0/8067b
10	0/7075b	0/8240a	0/6560b	1/2062a	0/8484b
20	0/7475b	1/0327a	1/2266a	1/3372a	1/0860a
40	0/7874b	0/8796a	0/7945ab	0/7764b	0/8095b
80	1/1808a	1/0108a	0/6954b	0/9110b	0/9495ab
میانگین	0/8483B	0/9282AB	0/8982AB	0/9899A	
		غلظت منیزیم در ساقه (%)			
0	0/4590b	0/5493a	0/4757a	0/5321a	0/5040bc
5	0/5760ab	0/5841a	0/5502b	0/3171ab	0/5068bc
10	0/4797b	0/5367a	0/6261a	0/6424ab	0/5712ab
20	0/4858b	0/4445a	0/5882bc	0/6939a	0/5531abc
40	0/4919b	0/49469a	0/4252ab	0/4937b	0/47640c
80	0/7522a	0/5820a	0/5543c	0/5394ab	0/60699a
میانگین	0/5408A	0/5319A	0/5366A	0/5364A	

*میانگین‌هایی که در هر ستون در یک حرف کوچک ویا در هر ردیف در یک حرف بزرگ مشترک می‌باشند طبق آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

بررسی سطوح مختلف کاربرد بُر نشان داد که با افزایش سطح بُر در خاک، غلظت بُر در ریشه نیز افزایش یافت اگر چه مقدار آن در سطوح 5 و 10 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند ولی با شاهد دارای تفاوتی معنی‌دار بودند. غلظت بُر در ریشه در سطوح کاربرد 20، 40 و 80 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک، نیز با یکدیگر و با سطوح 5 و 10 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک و همچنین با شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند. با افزایش سطوح بُر تا سطح80 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک غلظت بُر در ریشه به میزان 6/4 برابر نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول 5).

جدول 5- تأثیر سطوح بُر و سیلیسیوم بر میزان غلظت بُر، سیلیسیوم، کلسیم و منیزیم در ریشه دانهال انبه

سطوح بُر (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	سطوح سیلیسیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)				
	0	70	140	280	میانگین
		غلظت بُر درریشه (mg/kg)			
0	115/79c*	122/73c	158/56c	141/79c	134/72e
5	166/32c	183/32c	204/40c	208/43c	190/62d
10	166/34c	190/29c	198/87c	241/22c	199/18d
20	222/59c	308/28bc	271/09c	337/55bc	284/88c
40	537/72b	456/99b	445/10b	486/60b	481/60b
80	781/27a	890/54a	857/72a	933/40a	865/73a
میانگین	331/67A	358/69A	355/96A	391/50A	
		غلظت سیلیسیوم در ریشه (%)			
0	0/8921a*	1/0568ab	0/8921a	1/1803a	1/0053ab
5	1/0376a	1/0376ab	0/8888a	1/0003a	0/9616ab
10	0/9568a	1/7521a	1/1714a	1/3576a	1/3095a

Archive of SID

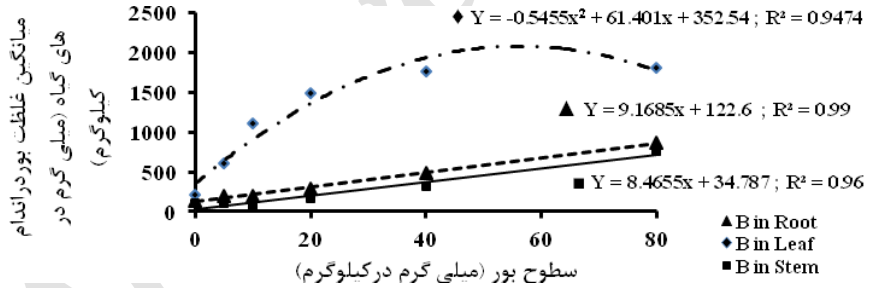
www.SID.ir

ادامه جدول 5

20	1/0075a	0/8161b	0/9605a	1/3716a	1/0389ab
40	1/5678a	0/7259b	0/6356a	0/7149a	0/9110b
80	0/7904a	0/7135b	0/6472a	1/0245a	0/7939b
میانگین	1/0223A	1/0170A	0/8659A	1/1082A	
		غلظت کلسیم درریشه (%)			
0	1/2181ab	1/1741ab	0/9900b	1/6554ab	1/2594ab
5	0/9741b	1/4369ab	1/3128ab	2/1227a	1/4616a
10	1/2585ab	1/4388a	1/7453a	1/6104ab	1/5132a
20	1/3136ab	0/8355b	0/9676b	1/3207b	1/1094b
40	1/6117a	0/9196ab	1/0834b	0/7828b	1/0994b
80	1/2289ab	0/7222b	10261b	1/3040b	1/1019b
میانگین	1/2675AB	1/0961B	1/2003B	1/4600A	
		غلظت منیزیم در ریشه (%)			
0	0/8802ab	0/8872ab	0/8516a	1/1941a	0/95261ab
5	0/8146b	0/8699ab	0/9993a	0/1074a	0/9478ab
10	0/0513ab	1/0014a	1/0191a	0/9860a	1/03290a
20	1/1539ab	0/5570b	0/8532a	1/0945a	0/9146abc
40	1/2541a	0/6464b	0/7405a	0/5248b	0/7915c
80	1/1839ab	0/5353b	0/8179a	0/9365a	0/8684bc
میانگین	1/0563A	0/7496C	0/8925B	0/9734B	

*میانگین‌هایی که در هر ستون در یک حرف کوچک ویا در هر ردیف در یک حرف بزرگ مشترک می‌باشند طبق آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

مقایسه میانگین غلظت‌های بُر در برگ ساقه و ریشه به صورت معادلات رگرسیونی در شکل 1 قابل مشاهده است (شکل 1).



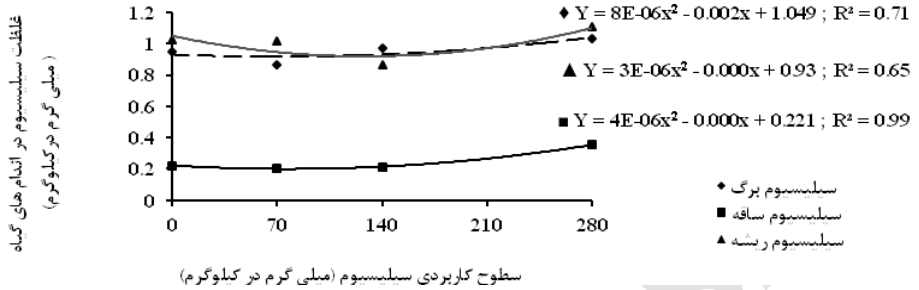
شکل 1- معادلات رگرسیونی بین سطوح بُر و غلظت بُر در اندام های مختلف گیاه

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول 2) برهمکنش بین سطوح مختلف بُر و سیلیسیوم بر روی غلظت سیلیسیوم در برگ در سطح احتمال 5% معنی‌دار بود. به طورکلی در تمام سطوح بُر با کاربرد سیلیسیوم در سطح 70 میلی‌گرم سیلیسیوم در کیلوگرم خاک یک روند نزولی در غلظت سیلیسیوم در برگ مشاهده شد اما با افزایش کاربرد سیلیسیوم یعنی در سطوح 140 و 280 میلی‌گرم سیلیسیوم در کیلوگرم خاک غلظت سیلیسیوم در برگ از یک روند رو به افزایش پیروی کرد. با بررسی میانگین غلظت سیلیسیوم و سطوح بُر مشاهده شد که غلظت سیلیسیوم در برگ در سطوح 5، 10 و 20 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری داشته؛ ولی در سطح 40 و 80 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک به ترتیب کاهش 32 و 7 درصدی نسبت به شاهد ملاحظه شد (جدول 3). بر اساس جدول تجزیه واریانس (جدول 2) تأثیر برهمکنش بین سطوح بُر و سیلیسیوم بر غلظت سیلیسیوم در ساقه معنی‌دار نبود، اما روندی افزایشی در میزان غلظت سیلیسیوم با افزایش سطوح بُر مشاهده گردید که این افزایش به ترتیب افزایش سطوح بُر، ابتدا 1% کاهش در سطح 5 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک و سپس 11/8، 15/۲۴،۷/2 و110 درصد افزایش غلظت سیلیسیوم در ساقه نسبت به شاهد درسطوح بالای

Archive of SID

www.SID.ir

بُر بود(جدول 4). همچنین مشاهده شد که تأثیر سطوح کاربردی بُر بر میزان غلظت سیلیسیوم در ریشه اختلافی معنی‌دار ایجاد کرد و به طورکلی غلظت سیلیسیوم در سطوح بالای کاربرد بُر کاهش یافت؛ اما این‌کاهش نسبت به شاهد معنی‌دار نبود (در سطح 80 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک نسبت به شاهد کاهشی معادل 21 در صد مشاهده شد). تأثیر سطوح مختلف کاربردی سیلیسیوم بر میزان غلظت سیلیسیوم درریشه معنی‌دار نبود. با افزایش کاربرد سیلیسیوم تا سطح 140 میلی‌گرم سیلیسیوم در کیلوگرم خاک کاهشی برابر با 15/3 درصد در غلظت سیلیسیوم ریشه مشاهده شد ولی با افزایش سطح سیلیسیوم به280 میلی‌گرم سیلیسیوم در کیلوگرم خاک غلظت سیلیسیوم نسبت به شاهد 8/4 درصد افزایش یافت (جدول 5). شکل 2 میانگین غلظت سیلیسیوم در برگ، ساقه و ریشه انبه در سطوح مختلف سیلیسیوم را نشان می دهد.



شکل 2- معادلات رگرسیونی بین سطوح سیلیسیوم و غلظت سیلیسیوم در اندام‌های مختلف گیاه

همان‌گونه که در جدول تجزیه واریانس (جدول 2) دیده می‌شود برهمکنش بین سطوح مختلف بُر و سیلیسیوم بر غلظت نیتروژن در اندام‌های مختلف انبه (برگ، ساقه و ریشه) در سطح احتمال 5 % معنی‌دار نبود. با افزایش سطوح کاربرد بُر در خاک، به طورکلی، غلظت نیتروژن در برگ و ریشه کاهش نشان داد که در بالاترین سطح بُر یعنی 80 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم میزان این کاهش در برگ و ریشه به ترتیب 11/8و 4/2 درصد بود. اما در ساقه با افزایش سطوح کاربردی بُر، به جز سطح 5 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک، در سایر سطوح روندی افزایشی در میزان غلظت نیتروژن در ساقه مشاهده شد که بیشترین آن در سطح 80 میلی‌گرم بُر در کیلو گرم خاک به میزان 6/9 درصد بود.

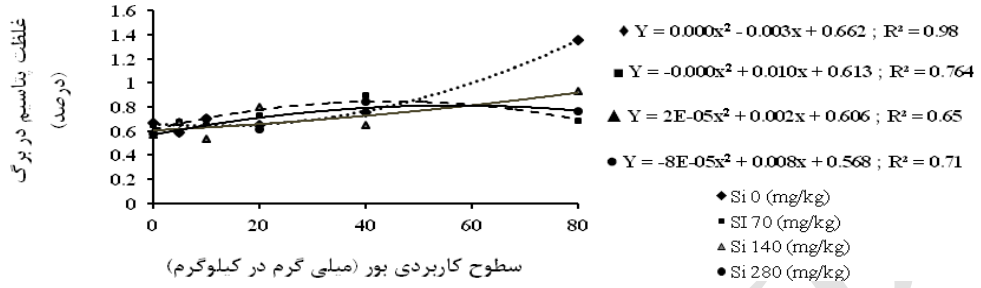
میانگین غلظت فسفر با افزایش سطوح کاربردی بُر و سیلیسیوم در برگ انبه کاهش یافت. بیشترین کاهش فسفر در سطح کاربرد 280 میلی‌گرم سیلیسیوم در کیلوگرم خاک دیده شد که کاهشی معادل 5/9 درصد را ایجاد کرد. غلظت فسفر در ساقه انبه با افزایش سطوح کاربردی سیلیسیوم افزایش یافت و بیشترین مقدار آن مربوط به کاربرد سطح 140 میلی‌گرم سیلیسیوم در کیلوگرم خاک بود که افزایش 4/8 درصدی داشت، اگرچه این افزایش معنی‌دار نبود. تأثیر سطوح مختلف بُر بر میزان میانگین غلظت فسفر در ساقه نشان داد که با افزایش سطوح بُر تا سطح 20 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک با کاهش همراه بود، اما در سطوح بالای بُر غلظت فسفر افزایش یافت. بررسی میانگین‌های غلظت فسفر ریشه به هنگام کاربرد بُر نشان داد که در سطوح پایین کاربرد بُر (5 و 10 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک) نسبت به شاهد تقریباً یک مقدار ثابتی بود ولی در سطوح بالای بُر غلظت فسفر ریشه نسبت به شاهد افزایش یافت و بیشترین مقدار آن در سطح 40 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک با 28/6 درصد افزایش نسبت به شاهد مشاهده شد.

غلظت پتاسیم در برگ انبه با افزایش سطوح کاربردی بُر افزایش نشان داد. اگر چه که در سطوح پایین بُر این افزایش نسبت به شاهد معنی‌دار نبود، اما در سطوح بالا به ویژه در سطح 80 میلی گرم بُر در کیلو گرم خاک با شاهد در سطح 5% دارای تفاوتی معنی‌دار بود. همان‌طور که مشاهده شد با افزودن بُر در خاک به مقادیر 5، 10 ، 20 ، 40 و 80 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک غلظت پتاسیم در برگ نسبت به شاهد به ترتیب ابتدا در 5 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک 2/8 درصد کاهش و سپس 4/8، 13، 27 و 51 درصد افزایش نشان داد. سطوح کاربردی سیلیسیوم بر میزان پتاسیم در برگ تأثیر معنی‌داری نداشت ولی به طورکلی با افزایش سطوح آن، میزان پتاسیم کاهش یافت. بیشترین میزان کاهش در سطح 280 میلی‌گرم سیلیسیوم در کیلوگرم خاک با 16/2 درصد بود. میانگین غلظت پتاسیم در ساقه با افزایش بُر و سیلیسیوم در خاک روندی کاهشی را نشان داد. در مورد

Archive of SID

www.SID.ir

سیلیسیوم، بیشترین میزان کاهش پتاسیم در سطح 140 میلی‌گرم سیلیسیوم در کیلوگرم خاک با 14/8 درصد نسبت به شاهد بود. روند تغییرات پتاسیم در ریشه انبه در سطوح پایین بُر تا سطح 10 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک روندی کاهشی ولی با افزایش سطوح بُر تا سطح 40 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک روندی افزایشی را نسبت به سطوح پایین تر نشان داد. به طورکلی تأثیر بر همکنش سطوح مختلف بُر و سیلیسیوم بر میزان پتاسیم در برگ، ساقه و ریشه انبه معنی‌دار نبود، ولی از یک روند افزایشی نسبت به شاهد پیروی می‌کند(شکل 3).



شکل 3- معادلات رگرسیونی تأثیر بر همکنش سطوح بُرو سیلیسیوم برغلظت پتاسیم (درصد) در برگ

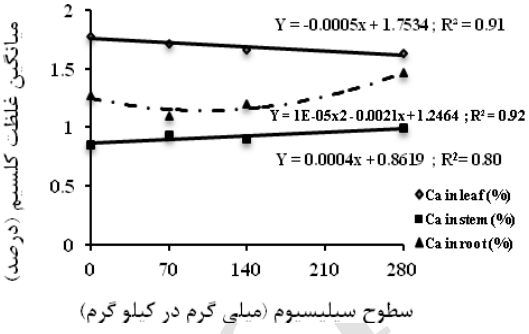
تأثیر برهمکنش سطوح مختلف بُر و سیلیسیوم بر غلظت منیزیم در برگ، ساقه و ریشه نهال انبه در سطح احتمال 1% معنی‌دار بود. تأثیر برهمکنش بُر و سیلیسیوم بر میزان غلظت منیزیم در برگ در سطح صفر بُر با افزایش کاربرد سیلیسیوم روندی افزایشی و در سطوح دیگر بُر با افزایش کاربرد سیلیسیوم روند کاهشی نشان داد (جدول3). غلظت منیزیم در ساقه در سطوح صفر، 10 ، 20و 40 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک با افزایش کاربرد سیلیسیوم، به طورکلی، روندی افزایشی نشان داد ولی در دو سطح دیگر بُر با کاربرد سیلیسیوم کاهش یافت (جدول-4). تأثیر برهمکنش بُر و سیلیسیوم بر غلظت منیزیم در ریشه در سطوح پایین بُر (0، 5 و 10 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک) با کاربرد سیلیسیوم از یک روندی افزایشی پیروی کرد؛ ولی غلظت منیزیم در سطوح بالای بُر (20، 40 و 80 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک) با افزایش کاربرد سیلیسیوم، روندی‌کاهشی را نسبت به‌شاهد نشان داد (جدول 5). میانگین غلظت منیزیم در برگ با افزایش سطوح بُر کاهش یافت و در سطح 80 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک نسبت به شاهد، 17/6 درصد کاهش نشان داد. میانگین غلظت منیزیم در ساقه با افزایش سطوح بُر افزایش یافت و بالاترین مقدار افزایش در سطح 80 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک معادل 20/4 درصد بود. در کل، غلظت منیزیم در ریشه با افزایش سطوح کاربردی بُر از یک روند مشخصی پیروی نکرد، بیشترین و کمترین مقدار غلظت به ترتیب در سطح 10 و 40 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک با 8/4 درصد افزایش و 16/9 درصد کاهش نسبت به شاهد مشاهده شد (شکل4). افزایش سطح سیلیسیوم نیز باعث کاهش در میانگین غلظت منیزیم در برگ، ساقه و ریشه گردید و بیشترین میزان کاهش مربوط به سطح 70 میلی‌گرم سیلیسیوم در کیلوگرم خاک است که به ترتیب 12/8، 1/6 و29در صد نسبت به شاهد کاهش داشت.

برهمکنش سطوح مختلف بُر و سیلیسیوم بر غلظت کلسیم در برگ، ساقه و ریشه انبه در سطح احتمال 5 % معنی‌دار شد (جدول 2). تأثیر برهمکنش بُر و سیلیسیوم بر غلظت کلسیم برگ نشان داد که در سطوح پایین بُر (5 و10 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک) با کاربرد سیلیسیوم غلظت کلسیم در برگ روندی کاهشی داشت؛ اما این روند با افزایش سطح بُر یعنی در سطوح 20 و 40 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک با کاربرد سیلیسیوم افزایشی بود (جدول 3). تأثیر برهمکنش بُر و سیلیسیوم بر غلظت کلسیم ساقه در سطوح صفر، 10 و 20 و40 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک با کاربرد سیلیسیوم به طورکلی روند افزایشی نشان داد؛ ولی در سایر سطوح بُر این روند کاهشی بود (جدول 4). در سطوح صفر، 20 و80 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک با افزایش کاربرد سیلیسیوم غلظت کلسیم در ریشه تا سطح 140 میلی‌گرم سیلیسیوم درکیلوگرم خاک کاهش یافت و سپس با افزایش کاربرد سیلیسیوم تا سطح 280 میلی‌گرم سیلیسیوم در کیلوگرم خاک باعث افزایش غلظت کلسیم گردید (جدول 5). افزایش سطوح بُر باعث افزایش غلظت کلسیم در برگ نسبت به شاهد شد که بیشترین به میزان 8/5 درصد در سطح 5 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک بود. غلظت کلسیم

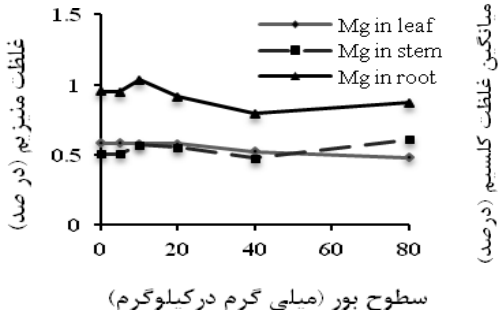
Archive of SID

www.SID.ir

در ریشه با افزایش سطوح بُر تا سطح 10 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک روندی افزایشی داشت ولی در سطوح بالاتر بُر کاهشی بود. غلظت کلسیم در ریشه با افزایش سطوح سیلیسیوم سیری افزایشی به میزان 5/2 درصد نسبت به شاهد نشان داد. افزایش سطوح سیلیسیوم، میانگین غلظت کلسیم برگ را کاهش داد و بیشترین مقدار کاهش مربوط به سطح 280 میلی‌گرم سیلیسیوم در کیلوگرم خاک با 8 درصد کاهش، ولی در ساقه و ریشه غلظت کلسیم سیری افزایشی داشت. میزان افزایش غلظت نسبت به شاهد به ترتیب 16/7و 15/2درصد بود (شکل 5).



شکل 4- تأثیر سطوح بور بر غلظت منیزیم (درصد) در برگ، ساقه و ریشه



شکل 5- معادلات رگرسیونی تأثیر سطوح سیلیسیوم بر غلظت کلسیم (درصد) در برگ، ساقه و ریشه

بحث

باید در نظر داشت که محل اصلی تجمع بُر در برگ است و سپس با غلظت نسبتاً کمتری در ریشه، بافت چوبی، میوه و سایر محل‌های تجمع و بافت‌های مریستمی گیاهان وجود دارد. این موضوع نشان می‌دهد که بُر به وسیله جریان تعرقی به برگ انتقال می‌یابد ولی انتقال دوباره بُر از برگ به اندام‌های دیگر دارای محدودیت است (ایتون، 1944). کاربرد 70 میلی‌گرم سیلیسیوم در کیلوگرم خاک اندکی کاهش در غلظت بُر در برگ را سبب شد. علت کاهش غلظت بُر در برگ و ساقه با کاربرد سیلیسیوم می‌تواند به هم‌آوری‌های ممکن بین بُر و سیلیسیوم نسبت داده شود. گفته شده است (ریچموند و ساسمن، 2003) که جابجایی بُر و سیلیسیوم درون گیاه، تابعی از جریان تعرقی گیاه و حرکت آب در گیاه است. بنابراین افزودن سیلیسیوم ممکن است ازجابجایی بُر از ریشه به اندام هوایی گیاه ممانعت کند (جونز و همکاران، 2007 c). غلظت بُر در برگ نسبت به غلظت آن در ساقه و ریشه دانهال انبه به مقدار قابل توجهی بیشتر است که علت آن می‌تواند تأثیر جریان تعرقی بر جذب و انتقال بُر در گیاه، و اینکه برگ‌ها مقصد انتهایی جریان تعرقی و به تبع آن بُر همراه جریان تعرقی می‌باشند. با افزایش سطوح کاربردی سیلیسیوم 70، 140 و 280 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، غلظت بُر در ساقه به ترتیب 12، 40 و 15/5 درصد کاهش یافت. در پژوهشی (وییز و همکاران، 2007) مشاهده شد که میزان بُر در گیاه با کاربرد سیلیسیوم کاهش یافت. در تحقیقی(لینگ و شن، 1994) گزارش شد که میزان سیلیسیوم در گیاه همبستگی معنی‌داری با میزان بُر در خاک دارد و به نظر می‌رسد که سیلیسیوم جذب و تجمع بُر به وسیله گیاه را، در شرایط کمبود بُر، افزایش می‌دهد، اگر چه افزایش سطوح سیلیسیوم در سطوح بالای بُر باعث کاهش بُر در گیاه می‌گردد. با افزایش سطوح بُر تا سطح 80 میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک غلظت بُر در ریشه به میزان 6/4 برابر افزایش یافت. در پژوهشی بر روی نخود (آردیک و همکاران، 2009) مشاهده شد که با افزایش سطح بُر به 6/4 میلی مول، میزان بُر در ریشه تقریباً 6 برابر شاهد گزارش شد. سطوح کاربردی سیلیسیوم بر غلظت بُر در ریشه تأثیری معنی‌دار نداشت. در پژوهشی (جونز و همکاران، 2007 a) بر روی اسفناج و گوجه‌فرنگی گزارش شد که با افزایش کاربرد بُر همراه با کاربرد سیلیسیوم غلظت بُر در ریشه کاهش یافت که با نتایج حاصل از پژوهش حاضر مطابقت ندارد. کاهش بُر در ریشه ممکن است به علت تشکیل کمپلکس‌های بُر-سیلیکات در خاک که منجربه کاهش بُر قابل دسترس می‌شود، باشد.

همانطور که در قسمت نتایج بیان شد در این تحقیق افزایش کاربرد سیلیسیوم بر افزایش غلظت آن در برگ تأثیر معنی‌داری نداشت، که با نتایج حاصل از پژوهشی بر روی انگور (سویلمازوگلو و همکاران، 2009) مطابقت دارد. لازم به ذکر است که بر اساس جدول تجزیه

Archive of SID

www.SID.ir

واریانس (جدول 2) برهمکنش سطوح کاربردی سیلیسیوم و بُر بر روی غلظت سیلیسیوم در ریشه انبه معنی‌دار نبود. گفته شده است جذب سیلیسیوم در گیاه به‌صورت غیرفعال انجام می‌گیرد و سیلیسیوم ازریشه به طرف درون آوند چوبی جابجا می‌شود، بنابراین غلظت سیلیسیوم در شاخه گیاه بیشتر از ریشه آن است و حتی در برگ‌های پیر نیز بیشتر از برگ‌های جوان است (وییز و همکاران، 2007).

همانطورکه در قسمت نتایج بیان گردید برهمکنش بُر و سیلیسیوم بر میزان نیتروژن تأثیر معنی‌داری نداشت که این نتیجه با نتایج برخی پژوهش‌های دیگر مطابقت داشت. در مطالعه‌ای بر روی کیوی (سوتیروپولس و همکاران، 2002) گزارش شد که افزایش غلظت بُر در محلول غذایی بر جذب و یا انتقال سایر مواد معدنی تأثیری نداشت که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در پژوهشی (سویلمازوگلو و همکاران، 2009) ملاحظه گردید که با کاربرد سیلیسیوم میزان مقاومت روزنه در گیاه کاهش می‌یابد که این امر باعث افزایش ظرفیت تعرق گیاه شده، که نتیجه آن کمک به گیاه، جهت جذب مواد غذایی بیشتر و همچنین کمک به افزایش حجم جریان محلول غذایی در خاک است.

میانگین غلظت فسفر با افزایش سطوح کاربردی بُر در برگ انبه کاهش یافت که احتمالاً یکی از دلایل کاهش میزان فسفر می‌تواند رقابت دو یون دارای بار منفی هستند. در مطالعه‌ای بر روی کیوی (سوتیروپولس و همکاران، 2002) رابطه‌ای بین کاربرد بُر و غلظت فسفر در گیاه مشاهده نگردید. همانطور که گفته شد کاربرد سیلیسیوم نیز باعث کاهش میزان فسفر در انبه گردید. در مطالعه‌ای (لینگ و شن، 1994) بر روی کلزا نشان داده شد که کاربرد سیلیسیوم باعث کاهش میزان جذب فسفر در گیاه گردید و در غیاب سیلیسیوم، با افزایش بُر، غلظت فسفر نیز افزایش پیدا کرده است. در برخی از منابع (مارچنر، 1995) گفته شده که سیلیسیوم اثر مستقیمی بر روی جذب و انتقال فسفر به ریشه‌ها ندارد.

افزایش کاربرد بُر باعث افزایش پتاسیم در برگ و ریشه نهال انبه گردیدکه با نتایج پژوهشی بر روی گوجه-فرنگی (ارسلن و همکاران، 2007) که مشاهده شد کاربرد بُر تا سطح 5 میلی‌گرم در کیلوگرم باعث کاهش غلظت پتاسیم و در سطوح بالاتر باعث افزایش آن در گوجه-فرنگی گردیده است، مطابقت دارد. در پژوهشی دیگر بر روی دو رقم پسته نشان داده شد که تیمار بُر تا 40 میلی-گرم در لیتر در آب آبیاری پس از دو ماه از اعمال تیمار بر روی میزان پتاسیم در برگ، ساقه و ریشه گیاه تأثیر معنی-داری نداشته است (حکم آبادی و همکاران، 2007). در مطالعه‌ای بر روی کلزا کاربرد سیلیسیوم باعث کاهش میزان پتاسیم گردید که این ممکن است به علت کاهش رشد در گیاه و کاهش عملکرد و ماده خشک در اندام هوایی گیاه باشد و در غیاب سیلیسیوم، با کاربرد بُر، میزان پتاسیم نیز افزایش پیدا کرد (لینگ و شن، 1994). در پژوهشی بر روی گندم (میتوالی و همکاران، 2012) ملاحظه شد که یکی از پاسخ‌های گیاه در شرایط سمیّت بُر، انتشار پتاسیم به خارج از برگ‌ها می‌باشد. ممکن است علت تجمع بیشتر پتاسیم در برگ‌ها نسبت به ساقه و ریشه در این پژوهش هم به خاطر پاسخ گیاه انبه به سمیّت بُر باشد.

میانگین غلظت منیزیم با افزایش سطوح بُر در برگ کاهش و در ساقه افزایش یافت لیکن در ریشه روند مشخصی نداشت. افزایش سطح سیلیسیوم در خاک باعث کاهش درمیانگین غلظت منیزیم در همه اندام‌های انبه گردید. در آزمایشی بر روی گوجه‌فرنگی و فلفل (ارسلن و همکاران، 2007) نشان داده شد که افزایش کاربرد بُر، تأثیر معنی‌داری بر غلظت منیزیم در گوجه‌فرنگی نداشت ولی در فلفل باعث کاهش غلظت منیزیم گردید که این تأثیرات بُر بر روی جذب عناصر می‌تواند به اثر بُر بر مکانیسم دیواره سلول و یکپارچگی غشاء (integrity membrane) نسبت داده شود. در تحقیقی دیگر، بر روی کلزا مشخص گردید که کاربرد سیلیسیوم درسطح بالای بُر باعث کاهش غلظت منیزیم گردید که این مشاهده ممکن است به علت کاهش رشد در گیاه و کاهش عملکرد و ماده خشک در اندام هوایی گیاه باشد که در اثر برهمکنش بُر و سیلیسیوم بوجود آمده است (لینگ و شن، 1994).

میانگین غلظت کلسیم در برگ تحت تأثیرسطوح بُر، از یک روندی مشخص پیروی نکرد. همچنین افزایش سطوح سیلیسیوم، میانگین غلظت کلسیم برگ را کاهش داد. در پژوهشی (ما و تاکاهاشی، 1993) بر روی برنج جذب و انتقال کلسیم را به عمل تعرق در گیاه نسبت دادند و همچنین ذکر کردند که با اضافه کردن سیلیسیوم نسبت تعرق به طوری معنی‌دار کاهش می‌یابد که این امر سبب کاهش جذب کلسیم شده است. در پژوهشی بر روی کیوی (سوتیروپولوس و همکاران، 2002) مشاهده شد که کاربرد بُر در محلول غذایی بر جذب و یا انتقال کلسیم در برگ تأثیر زیادی داشته و باعث کاهش غلظت کلسیم شده است. کاربرد سیلیسیوم در کلزا در سطح بالای بُر باعث کاهش میزان کلسیم گردید که علت آن

Archive of SID

www.SID.ir

کاهش رشد گیاه، کاهش عملکرد و ماده خشک در اندام هوایی گیاه بیان شد. همچنین افزودن بُر به خاک، بدون کاربرد سیلیسیوم، غلظت کلسیم را افزایش داد (لینگ و شن، 1994). این تأثیرات بُر بر روی جذب عناصر می‌تواند به اثر بُر، بر مکانیسم دیواره سلول و یکپارچگی غشاء (integrity membrane) نسبت داده شود (ارسلن و همکاران، 2007).

نتیجه‌گیری

افزایش مصرف بُر سبب افزایش غلظت و جذب کل آن در اندام‌های گیاه بویژه برگ گردید، اگرچه کاربرد سیلیسیوم در سطح 70 میلی‌گرم سیلیسیوم در کیلوگرم خاک غلظت بُردر برگ را کاهش داد اما مقدار آن قابل‌ملاحظه نبود. افزایش کاربرد سیلیسیوم و بُر باعث افزایش غلظت آنها درگیاه گردید. برهمکنش بُر و سیلیسیوم بر غلظت N و K در گیاه تأثیری چشمگیر نداشت، لیکن باعث افزایش غلظت کلسیم در تمام سطوح بُر و غلظت منیزیم درسطوح پایین بُر در اندام‌های مختلف نهال انبه شد. برهمکنش بُر و سیلیسیوم همچنین غلظت فسفر گیاه را به طور معنی‌داری تغییر داد. بطورکلی می‌توان نتیجه گرفت که با وجود گزارش‌های متعدد پژوهشگران مبنی بر اثرات تعدیل‌کننده کاربرد سیلیسیوم بر سمیّت بُر در گیاهان دیگر، در این پژوهش کاربرد سیلیسیوم نتوانست نقش چشمگیری بر کاهش سمیّت بُر و غلظت عناصر پرمصرف در دانهال انبه ایفا نماید. پیشنهاد می‌گردد که بررسی واکنش های شیمیایی و مکانیسم جذب بُر و سیلیسیوم در خاک‌های مختلف و مقایسه آنها در نهال‌های انبه مورد بررسی قرار گیرد.

فهرست منابع:

1. امامی، ع. 1375. *روش های تجزیه گیاه*. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه شماره 982. تهران، ایران.
2. ملکوتی، م. ج. و پ. کشاورز.1384. *نگرشی بر حاصلخیزی خاک های ایران*. انتشارات سنا، تهران، ایران.
3. Ardic, M., A. H. Sekmen., I. Turkan, S. Tokur., and F. Ozdemir. 2009. The effects of boron toxicity on root antioxidant system of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. Plant Soil, 314:99-108.
4. Eaton, F. M. 1944. Deficiency, toxicity and accumulation of boron in plants. J. Agri. Res. 69: 237-242.
5. Eraslan, F., A. Inal, A. Gunes., and M. Alpaslan. 2007. Boron toxicity alters nitrate reductase activity, proline accumulation, memberane permeability and mineral constituents of tomato and pepper plants. J. Plant Nutr. 30(6): 981-994.
6. Gao, X., C. H. Zou., L. Wang., and F. Zhang. 2006. Silicon decreases transpiration rate and conductance from stomata of maize plants. J. Plant Nutr. 29:1637-1647.
7. Gunes, A., A. Inal., E.G. Bagci., and S. Coban. 2007c. Silicon-mediated changes on some physiological and enzymatic parameters symptomatic of oxidative stress in barley grown in sodic-B toxic soil. J. Plant Physiol. 164: 807-811.
8. Gunes, A., A. Inal., E. G. Bagci,, and D. J. Pilbeam. 2007a. Silicon-mediated changes of some physiological and enzymatic parameters symptomatic for oxidative stress in spinach and tomato grown in sodic- B toxic soil. Plant Soil, 290: 103-114.
9. Hanan, M. S. 1996. Studies on silicon in some Egyption soils. M.Sc. Thesis. Cairo University, Egypt.
10. Heckman, J., and A. Wolf. 2009. Recommended soil and plant tests for silicon. In: Recommended soil testing procedures for the Northeastern United States. Chapt. 12: 1-5.
11. Hokmabadi, H., K. Arzani., B. Gheibi., and F. Hadavi. 2007. Growth and leaf chemical composition of three pistachio (Pistacia vera L.) rootstock seedlings in response to boron excess in irrigation water. Acta Horticulturae 726:363-366.
12. Liang, Y., and Z. Shen, 1994. Interaction of silicon and boron in oilseed rape plants. J. Plant Nutr. 17(2-3): 415-425.
13. Ma, J. F., and E. Takahashi. 1993. Interaction between calcium and silicon in water cultured rice plants. Plant Soil, 148: 107-113.

Archive of SID

www.SID.ir

14. Marschner,H. 1995. Silicon. In: Mineral nutrition of higher plants.Second edition. Pp 417-426. Academic Press, London, England.
15. Metwally, A., R. El-shazoly., and A. M. Hamada., 2012. Effect of boron on growth criteria of some wheat cultivars. J. Biol. Earth Sci. 2 (1):B1-B9.
16. Nable, R. O., G. S. Banuelos., and J. G. Paull. 1997. Boron toxicity. Plant Soil, 193: 181-198.
17. Ricchmond, K. E., and M. Sussman. 2003. Got silicon? The non-essential beneficial plant nutrient. Curr. Opinion Plant Biol. 6: 268-272.
18. Romero-Aranda, M. R., O. Jurado., and J. Cuartero. 2006. Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. J. Plant Physiol. 163:847-855.
19. Sotiropoulos, T. E., I. N. Therios., K. N. Dimassi., A. Bosabalidis., and G. Kofidis. 2002. Nutritional status, growth, CO_2, assimilation and leaf anatomical responses in two kiwifruit species under boron toxicity. J. Plant Nutr. 25(6): 1249-1261.
20. Soylemezoglu, G., K. Demir., A. Inal., and A. Gunes. 2009. Effect of silicon on antioxidant and stomatal response of two grapevines (*Vitis vinifera* L.) rootstocks grown in boron toxic, saline and boron toxic-saline soil. Sci. Hort. 123: 240-246.
21. Wang, J. J., S. K. Dodla., and R. E. Henderson. 2004. Soil silicon extractability with seven selected extractants in relation to colorimetric and ICP determination. Soil Sci. 169: 861-870.
22. Wiese, H., M. Nikolic., and V. Romheld. 2007. Silicon in plant nutrition: Effects on zinc, manganese and boron leaf concentrations and compartmentation. B., Sattelmacher, and W. J. Horst, (eds.), The apoplast of higher plants: compartment of storage, transport and reactions,(pp 33-47). Springer.
23. Wutscher, H. K. 1989. Growth and mineral nutrition of young orange trees grown with high levels of silicon. Hort. Sci. 24: 275-277.
24. Zuccarini P. 2008. Effects of silicon on photosynthesis, water relations and nutrient uptake of Phaseolus vulgaris under NaCL stress. Biol. Plant, 52:157-160.

Archive of SID

www.SID.ir

Effects of Boron and Silicon Application on Concentration and Distribution of Macronutrients in Different Tissues of Mango Seedlings

M. Ghoreishi, Y. Hosseini[1], and M. Maftoon

MSc., Soil and Water Research Department, Hormozgan Agricultural Research, Education, and Natural Resources Center, AREEO, Bandar Abbas, Iran; E-mail: maryamgh1967@yahoo.com
Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Hormozgan Agricultural Research, Education, and Natural Resources Center, AREEO, Bandar Abbas, Iran;
E-mail: yaaghoob.hosseini@yahoo.com
Professor, Soil Department, Azad University of Marvdasht, Fars, Iran;
E-mail: mmaftoon@hotmail.com

Received: August, 2018 and Accepted: December, 2018

Abstract

Due to recent drought periods in Hormozgan province, boron toxicity has been increased significantly**.** One of the applicable practices to rectify toxicity of boron is application of some nutrients such as silicon to the plant growth medium. To investigate this phenomenon, an experiment with the following treatments was designed and conducted. Six levels of boron, i.e. 0, 5, 10, 20, 40 and 80 mg B per kg of soil from the H_3BO_3 source and four levels of silicon, i.e. 0, 70, 140 and 280 mg Si per kg of soil from the $Na_2Si_3O_7$ source, in four replications on potted mango seedlings. Seven-month old seedlings were harvested and B, Si, N, P, K, Na, Ca and Mg were measured in the plants tissue. The results indicated that application of the highest level of B resulted in high concentration of boron with different ratios in different tissues. The average concentration of B measured for the leaves was 2.4 X and root 1.2 X compared to the stem tissue. With increasing levels of boron, nitrogen concentration in leaves and roots decreased by 11.8% and 4.2%, respectively, and in opposite direction, nitrogen increased in the stems by 6.9%. However, at high levels of boron, with increased application of silicon, phosphorus concentration of the leaves exhibited an upward trend. Concentration of potassium in mango leaves increased by increasing levels of boron and silicon, but it was the opposite in the stem and root where the trend was decreasing. Interaction effects between boron and silicon in lower levels of boron was found a decreasing effect in absorption of calcium, which changed the direction to increasing effect in higher levels of boron. The interaction was always a decreased effect on concentration of magnesium. In overall, excessive boron caused a negative effect on concentration of nitrogen, phosphorus, and magnesium, and a positive effect on concentration of potassium and calcium. However, silicon application failed to exhibit a generally impressive correction role to suggest for field conditions.

Keywords: Boron toxicity, Excessive boron, H_3BO_3, Nutritional imbalance

[1] Corresponding author; Soil and Water Research Department, Hormozgan Agricultural Research, Education, and Natural Resources Center- Bandar Abbas, Iran.

Archive of SID

www.SID.ir