تاثیر محرکهای زیستی مختلف بر انتقال مجدد بور در گیاه اسفناج

فاطمه اکبرنژاد[۱]، رضا خراسانی[۲] ، امیر فتوت[۳]

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
fatemehakbarnezhad1980@gmail.com
۲و۳ دانشیارو استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

به منظور بررسی اثر محلولپاشی برگی محرکهای زیستی بر انتقال مجدد بور در گیاه اسفناج، آزمایشی با سه نوع ترکیب (آسکوربیک اسید، گلایسین و مانیتول) و هر کدام در سه سطح (صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر) بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. نتایج نشان داد کاربرد محلولپاشی این ترکیبات بر برگهای بالغ گیاه ، سبب کاهش غلظت بور در برگهای بالغ و افزایش غلظت بور در برگهای جوان، ریشه و ساقه گردید. اگرچه نقش مانیتول نسبت به آسکوربیک اسید و گلایسین در تغییرات غلظت بور در بخشهای مختلف گیاه بیشتر بود. با محلولپاشی محرکهای زیستی درصد توزیع بور در برگهای بالغ کاهش یافت و برگهای جوان و ریشه به ترتیب سهم بیشتری را به خود اختصاص دادند. احتمالا توانایی زیاد بوریک اسید برای تشکیل کمپلکس با این ترکیبات بویژه مانیتول و انتقال آنها در آوندهای آبکش سبب انتقال مجدد بور در گیاه شده است. نسبت غلظت بالای بور در برگهای جوان نسبت به برگهای بالغ (۱<) که به عنوان شاخص تحرک بور در گیاهان در نظر گرفته می‌شود، نیز می‌تواند دلیلی برای انتقال مجدد بور در گیاه اسفناج باشد.

واژگان کلیدی: توزیع بور، شاخص تحرک، مانیتول، محرکهای زیستی

مقدمه

جذب و انتقال بور در داخل گیاه دو عامل مهم در فراهمی بور می‌باشند و توانایی جذب بور و انتقال آن از ریشه‌ها به سایر بخشهای گیاه، پایه و اساس کارایی و راندمان بور است(Lili *et al*.,2015). از سوی دیگر بور تنها عنصر غذایی است که پویایی آن در بین گونه‌های گیاهی بسیار متغیر است بطوریکه در برخی گیاهان بور تحرک زیادی داشته و در برخی دیگر تحرک بور بسیار کم است، که خود عامل مهمی در ایجاد کمبود بور در گیاهان است (Brown and shelp.,1997). علت اختلاف در تحمل گیاهان به کمبود بور به تشکیل کمپلکسهای بور با ترکیبات دیول[۱] یا پلیول[۲] یا همان الکلهای قندی نسبت داده شده است(et Bellaloui al., 2003). اسیدبوریک(H_3BO_3) و بورات $B(OH)_4^-$ که دو فرم قابل جذب بور برای گیاهان بوده، به دلیل ساختار مولکولی و دارا بودن گروههای عاملی هیدروکسیل، توانایی تشکیل کمپلکسهای پایداری را با ترکیبات دیول و پلیول دارند(Camacho -Cristobal *et al*.,2011). علاوه بر ترکیبات ذکر شده،مولکولهای زیستی متعددی از قبیل نوکلئوتیدها، گلوکورونیدها، ویتامینها، پروتئینها، آمینواسیدها و تعداد زیادی از اسیدهای آلی نیز با بور واکنش می‌دهند (Koseand Zumreoglu-Karan.,2012).گیاهانی که توانایی تولید الکلهای قندی و انتقال آنها در آوند آبکش را دارند، پتانسیل زیادی برای انتقال مجدد بور از برگهای بالغ به برگهای جوان و اندامهای زایشی را داشته و پاسخ خوبی به برگپاشی می‌دهند(Wimmer and Eichert.,2013). علاوه بر این، جذب و انتقال بور در گیاهان به عوامل مختلفی از قبیل غلظت اسیدبوریک، نفوذپذیری غشاء، تشکیل کمپلکسهای داخل سلولی و شدت تنفس دارد. اما نقش پلی الزها می‌تواند از مهمترین عوامل در انتقال بور باشد (Hu and brown.,1997).کافی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که انتقال از محل تولید(منبع) [۳]به محل متابولیسم یا ذخیره(مخزن)[۴] صورت می‌گیرد. منبع، اندامهای صادر کننده‌ی گیاه مانند برگهای بالغ و مخزن، شامل ریشه‌ها، و اندامهای در

Diol[۱]
Polyol[۲]
Source[۳]
Sink[۴]

حال رشد مانند برگهای جوان می‌باشند. اشکال و فرمهای بور موجود در برگ گیاهان به شکل بور آزاد، بور نیمه کمپلکس شده و بور کاملا کمپلکس شده می‌باشد که در مجموع بور کل گیاه را تشکیل می‌دهد. تحرک بور ارتباط نزدیکی با بور نیمه کمپلکس شده در سلول دارد چون بور آزاد در سیمپلاست سلول محلول بوده و صرف عملکردهای فیزیولوژیکی گیاه می‌شود. مونوساکاریدهایی مانند مانیتول می‌توانند به راحتی با بور آزاد واکنش دهند. بور کمپلکس یافته مقدار بوری است که سبب استحکام دیواره سلولی گیاه می‌شود و به ندرت می‌تواند در گیاه انتقال یابد(Du *et al*., 2002). اخیرا استفاده از محرکهای زیستی[۵]به عنوان راهکاری جدید در کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گرفته است. یک محرک زیستی ترکیب یا ترکیباتی با فرمول مشخص است که بدون دارا بودن عناصر غذایی لازم برای گیاه می‌تواند سبب افزایش رشد رویشی و عملکرد گیاه، افزایش کارایی جذب و کارایی استفاده گیاه گردد. محرکهای زیستی از طریق تاثیر بر برخی فعالیتهای گیاه از جمله (جذب، سیگنالینگ، متابولیسم و مکانیسمهای انتقال) سبب این تغییرات در گیاه می‌گردند (Bulgari*et al*., 2014 and Yakhin *et al*., 2017). با توجه به مطالب گفته شده، می‌توان از این خصوصیت بارز ترکیبات ذکر شده برای افزایش تحرک بور در گیاهانی که تحرک بور در آنها کم است، استفاده کرد.

مواد و روشها:

با توجه به هدف تحقیق و بررسی انتقال مجدد بور، گیاه اسفناج با نیاز متوسط بور و عدم توانایی تولید ترکیبات انتقال دهنده‌ی بور انتخاب گردید. توصیه رایج کودی با توجه به خصوصیات خاک و نیاز گیاه اعمال شد. مقدار بور لازم در خاک (۱/۵کیلوگرم در هکتار) از منبع اسیدبوریک تامین گردید .پس از آماده سازی گلدانها، کشت اسفناج صورت گرفت. در طی رشد گیاه وقتی گیاه به مرحله‌ی ۱۰ برگی رسید، ۶ برگ ابتدایی گیاه را به عنوان برگهای بالغ درنظر گرفته و توسط یک نخ پنبه‌ای ظریف نشاندار کرده و محلولپاشی تیمارهای آزمایشی شامل آسکوربیک اسید،گلایسین و مانیتول در سه سطح(صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر)در دو نوبت با فاصله زمانی ۱۵ روز بر روی برگهای بالغ نشاندار شده انجام گرفت. دو هفته پس از محلولپاشی دوم برداشت گیاه صورت گرفت. غلظت بور موجود در بخشهای مختلف گیاه که شامل برگهای بالغ، برگهای جوان، ریشه و ساقه بودند به روش رنگ سنجی با استفاده از آزومتین اچ و بادستگاه اسپکتروفتومتردرطول موج ۴۲۰ اندازه گیری شد (Wolf, 1974). نتایج به دست آمده به کمک نرم افزار آماری Jump 8 تجزیهٔ واریانس شده و مقایسه‌ی میانگین‌ها با استفاده از روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن و در سطح اطمینان ۵ درصد بررسی شد. ترسیم نمودارها به کمک نرم افزارExcel انجام شد.

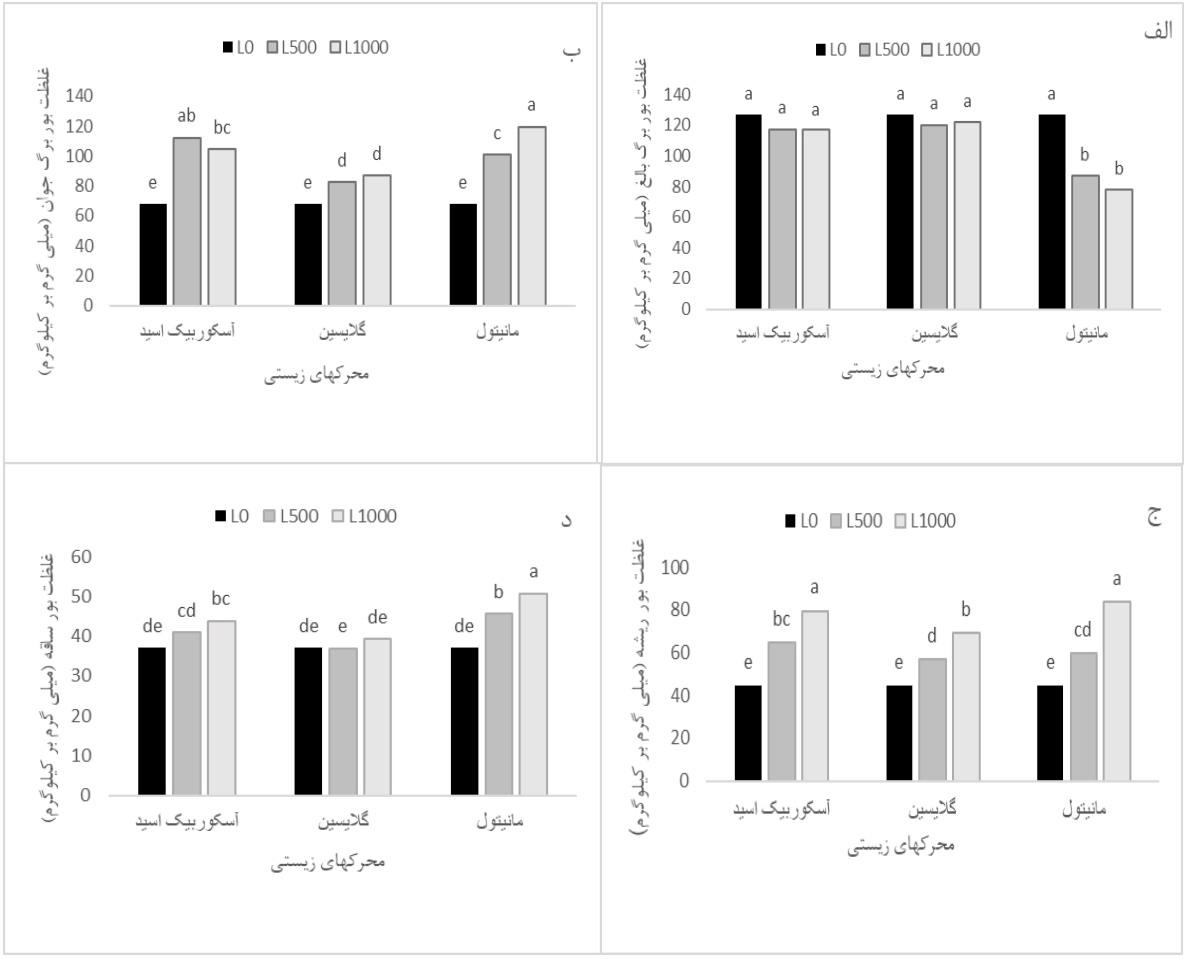
نتایج و بحث

تاثیر تیمارهای آزمایشی بر غلظت بور در اندامهای مختلف گیاه

با توجه به شکل (۱-الف)، اختلاف معنی داری بین سطوح مختلف آسکوربیک اسید و گلایسین بر غلظت بور در برگ بالغ مشاهده نشد. اما کاربرد سطوح مختلف مانیتول سبب کاهش معنی دار غلظت بور در برگهای بالغ شد. عدم تاثیر آسکوربیک اسید و گلایسین بر غلظت بور در برگ بالغ می تواند به دلیل عدم تشکیل کمپلکسهای محلول این مواد با ترکیبات بور موجود در برگ بالغ و یا تشکیل کمپلکسهای نامحلول در دیواره سلولی برگ بالغ باشد. اگر چه احتمال ترکیب کمپلکسهای بور با آسکوربیک اسید و گلایسین توسط دانشمندان ثابت شده است اما توانایی تشکیل کمپلکس اسید بوریک با الکلهای قندی و ورود بور به داخل آوندها، عامل اصلی انتقال بور در آوندهای آبکش است (Minchin *et al*., 2012) . اثر سطوح مختلف محرکهای زیستی بر غلظت بور در برگ جوان معنی دار شد شکل (۱- ب). با افزایش سطوح آسکوربیک اسید و گلایسین و مانیتول، غلظت بور در برگ جوان نسبت به شاهد افزایش معنی داری داشت. این موضوع دلالت بر این دارد که احتمالا این ترکیبات به راحتی وارد آوندهای آبکش گیاه شده و در انتقال بور محلول به برگهای جوان نقش داشته اند. Hajiboland *et al*.(2013) بیان کردند که در برگهای جوان گیاه چای، چه در شرایط کمبود و چه کفایت بور، مقادیر بور محلول و بور نامحلول (پیوند یافته با دیواره

Biostimulants[۵]

سلولی) تقریبا یکسان بود. اما در برگهای مسن بخصوص در شرایط کمبود بور، بخش بیشتر بور به صورت بور موجود در دیواره سلولی (نامحلول) می‌باشد. بور محلول تنها فرکشن بور بوده که می تواند متحرک شده و نیاز بور برگهای در حال رشد را تامین کند. با توجه به مطالب بیان شده می‌توان نتیجه گرفت که اثر افزایشی محرکهای زیستی بر غلظت بور برگ جوان با شکل بور محلول در برگهای جوان ارتباط مستقیم دارد و احتمالا بیشترین فرم بور به صورت آزاد یا محلول می‌باشد. اثر سطوح مختلف محرکهای زیستی بر غلظت بور ریشه معنی دار شد (شکل۱- ج).



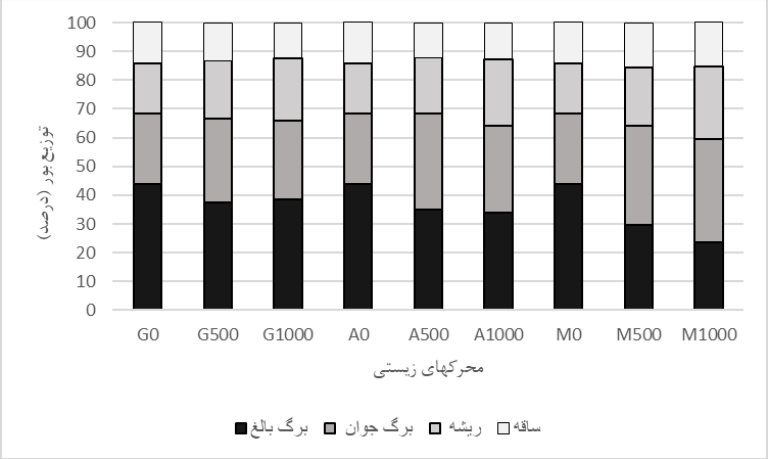
شکل ۱- برهمکنش سطوح محرکهای زیستی بر غلظت بور در برگ بالغ(الف)، برگ جوان(ب)، ریشه(ج) و ساقه(د
حروف مشترک در ستون ها، نشان دهنده ی عدم اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد بین تیمارها است.

این نتایج نشان می دهد که انتقال مجدد بور از برگهای بالغ به ریشه نیز صورت گرفته است. و با افزودن این ترکیبات و انتقال آنها در آوند آبکش، ورود مجدد بور به ریشه ها نیز امکانپذیر است. در مطالعه‌ای که توسط Hajiboland *et al.*(2010) بر روی گیاه شلغم انجام گرفت، در شرایط کمبود بور در فرآیند انتقال مجدد بور، مقدار بور ریشه کاهش نیافت که این دلالت بر تامین بور برگهای جوان از برگهای بالغ دارد (انتقال بور از برگ جوان به برگ بالغ). اما در شرایط کافی از بور، هم بور ریشه و هم بور برگهای بالغ در انتقال نقش دارند. احتمال دارد بخشی از بور جذب شده توسط ریشه‌ها نیز بتوانند توسط سایر مکانیسم‌های انتقال بور (انتقال از آوند چوبی-تنفس) خود را به برگ جوان رسانده و بنابراین انتقال مستقیم بور از ریشه به برگهای جوان را نیز نبایستی نادیده گرفت(Noguchi *et al.*, 2000). با توجه به شکل(۱-د) اثر سطوح مختلف آسکوربیک اسید و گلایسین بر غلظت بور ساقه معنی دار نشد اما با افزایش سطوح مانیتول غلظت بور ساقه افزایش یافت. گرچه این تغییرات در ساقه نسبت

به درصد افزایش غلظت بور در برگ جوان و ریشه و درصد کاهش غلظت بور در برگهای بالغ ناچیز بود که بیانگر اهمیت نقش برگهای بالغ و برگهای جوان و ریشه به عنوان منابع و مخازن گیاه که بیشترین تغییرات غلظتی بور در آنها رخ می دهد، می‌باشد.

درصد توزیع بور در بخشهای مختلف گیاه

با توجه به شکل۲، بیشترین غلظت بور در برگهای گیاه تجمع یافته است که تقریبا بین ۶۰ تا ۷۰ درصد بور کل را تشکیل می دهد. محلولپاشی محرکهای زیستی بویژه مانیتول بر برگهای بالغ سبب انتقال بور به برگهای جوان شده و توزیع بور در برگهای جوان نسبت به برگهای بالغ افزایش یافته است. ریشه تقریبا بین ۱۷ تا ۲۵ درصد از مقدار بور کل را به خود اختصاص داده است و ساقه هم کمترین مقدار بور را دارد (بین ۱۲ تا ۱۵ درصد). بطور کلی می‌توان بیان کرد که به دلیل عدم تحرک بور، برگهای بالغ مخزن اصلی بور در گیاه هستند که با محلولپاشی ترکیبات کمپلکس کننده با بور و انتقال آنها به مخازن گیاه، سهم برگهای جوان و ریشه نیز در دارا بودن بور بیشتر خواهد شد.



شکل ۲- تاثیر محرکهای زیستی آسکوربیک اسید (A)، گلایسین (G) و مانیتول (M) بر توزیع نسبی بور در بخشهای مختلف گیاه

Boarettoet *al.*(2008) با بررسی مقادیر بور تحت غلظتهای متفاوت در دو گونه از مرکبات نشان دادند که غلظت بور در برگهای گیاه بیشتر از سایر بخشهای گیاه از جمله شاخه، ریشه، میوه و گلها شد. در همین تحقیق نشان داده شده است که درصد توزیع بور چه در مرحله‌ی رویشی و چه زایشی در برگها نسبت به سایر بخشهای گیاه بیشتر بود و این افزایش غلظت در برگهای مسن گیاه نسبت به بخشهای جوان به دلیل عدم تحرک بور در گیاه بود. آنها بیان کردند که حدود ۲۰ تا ۳۵ درصد مقدار بور موجود در بخشهای جوان گیاه از بخشهای ذخیره یا مسن‌تر گیاه دریافت می‌شوندکه این موضوع با فراهمی و یا کمبود بور در ارتباط است. اگر گیاهان تحت شرایط کمبود رشد کنند احتمال انتقال بور در گیاه کمتر است(۲۰ درصد) اما زمانی که گیاهان در شرایط کفایت بور قرار می‌گیرند تحرک بور از بخشهای پایین‌تر به بالاتر بیشتر خواهد شد(۳۵ درصد). برخی از دانشمندان نسبت غلظت بور در برگهای جوان به برگهای بالغ را به عنوان شاخص انتقال مجدد بور[۶] در نظر گرفتند (Brown and shelp., 1997). با توجه به یافته‌های آنها، اگر غلظت بور در برگهای مسن نسبت به برگهای در حال رشد بیشتر باشد تحرک بور در گیاه کم بوده واحتمالا گیاه توان تولید الکلهای قندی را ندارد. مطالعات دیگر نیز نشان دادند زمانی که فراهمی بور برای گیاه کافی باشد و دسترسی به بور برای برگهای بالغ و جوان یکسان باشد می‌توان از شاخص انتقال مجدد بور استفاده کرد که اگر این نسبت بیشتر از یک باشد یعنی انتقال مجدد بور از برگهای بالغ به جوان صورت گرفته است (Boaretto *et al.*, 2008). در تحقیق انجام شده، با محلولپاشی سطوح مختلف محرکهای زیستی نسبت به شاهد (سطح صفر) شاخص انتقال(نسبت غلظت بور در برگ جوان به غلظت بور در برگ بالغ) افزایش داشت که این افزایش در مورد مانیتول بیشتر از یک بود که خود بیانگر انتقال مجدد بور توسط این ترکیب می‌باشد.

---

[۶] Re-translocation index

نتیجه‌گیری

محلولپاشی برگهای بالغ توسط محرکهای زیستی سبب ایجاد غلظتهای متفاوت در بخشهای مختلف گیاه از جمله برگهای بالغ، برگهای جوان، ریشه و ساقه گردید. توانایی متفاوت هر یک از این ترکیبات در ایجاد کمپلکس‌های محلول و نامحلول با بور و توانایی متفاوت در انتقال آنها در آوندهای آبکش می‌تواند بر غلظت بور در اندامهای مختلف گیاه تاثیرگذار باشد. از میان ترکیبات بکاربرده شده، قابلیت مانیتول برای انتقال بور به بخشهای هوایی گیاه و حتی ریشه بیشتر بود که تشکیل کمپلکسهای بور-پلیول و قابلیت زیاد برای ورود آنها به آوندهای آبکش می‌تواند دلیل اصلی این قضیه باشد. بطور کلی محلولپاشی این ترکیب برای تامین بور مورد نیاز گیاهانی که کارایی کمی در انتقال بور دارند، می‌تواند راهکاری مناسب در تامین بور مورد نیاز آنها باشد.

منابع:

۱- کافی، م.، زند، ا.، کامکار، ب.، مهدوی دامغانی، ع.،عباسی، ف.، شریعتی، ح.ر. (۱۳۹۰). فیزیولوژی گیاهی. جلد اول. (ترجمه) انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

2- Bellaloui, N., Yadavc,R.C., Chern, M.S., Hu,H., Gillen, A.M.,Greve, C., Dandekar, A.M., Ronald, P.C., Brown,P.H.(2003).Transgenically enhanced sorbitol synthesis facilitates phloem-boron mobility in rice. *Physiologia Plantarum*, 117, 79–84.

3- Boaretto R.M., Quaggio, J.A., Filho, F.D.A.A.M., Gine´, M.F., Boaretto, A.E. (2008). Absorption and Mobility of Boron in Young Citrus Plants. *Communications in Soil Science & Plant Analysis*, 39, 2501–2514, 2008

4- Brown, P.H., Shelp, B.J. (1997).Boron mobility in plants. *Plant & Soil*, 193, 85–101.

5- Bulgari, R., Cocetta, G., Trivellini, A., Vernieri, P., Ferrante, A. (2014). Biostimulants and crop responses: a review. *Biological Agriculture & Horticulture: An International Journal for Sustainable Production Systems*.

6- Camacho-Cristobal, J.J., Rexach, J., Gonzalez-Fontes, A., Herrera-Rodriguez, M. B., Navarro-Gochicoa,M.T., Gonzalez-Fontes, A. (2011). Boron deficiency and transcript level changes. *Plant Science*, 181, 85–89.

7- Du, C.W., Wang, Y.H., Xu, F.S., Yang, Y.H.,Wang, H.Y. (2002). Study on the physiological mechanism of boron utilization efficiency in rape cultivars. *Plant Nutrition*, 25(2), 231–244.

8- Hajiboland, R., Bahrami-Rad, S., Bastani, S., Roser, T., Poschenrieder, C. (2013). Boron re-translocation in tea (Camellia sinensis (L.) O. Kuntze) plants. *Acta PhysiologiaePlantarium*, 35, 2373–2381.

9- Hajiboland, R., Farhangi, F. (2010). Remobilization of boron, photosynthesis, phenolic metabolism and anti-oxidant defense capacity in boron-deficient turnip (Brassica rapa L.) plants .*Soil Science & Plant Nutrition*, 56, 427–437

10- Hu, H., Brown, P.H. (1997). Absorption of boron by plant roots. In Boron in soils and plants: Reviews, ed. B. Dell, P. H. Brown, and R. W. Bell, 49–58. Dordrecht: Kluwer Academic.

11- Kose, A.K., Zumreoglu-Karan, B. (2012). Mixed-ligand complexes of boric acid with organic biomolecules. *Chemical Papers*, 66(1), 54–60

12- Lili, G.,Mingjian, G., Lei, S., Zhuqing, Z., Duanwei, Z. (2015). Boron uptake and distribution in two oilseed rape (Brassica napus L.) cultivars with different boron efficiency and their plants grafted each other.*Agronomy*: *Soil Nutrition*, 223-227.

13- Minchin, P.E.H., Thorp,T.G,. Boldingh, H.L., Gould, N., Cooney, J.M., Negm, F.B., Focht, E., Arpaia, M.L., Hu, H., Brown, P. (2012). A possible mechanism for phloem transport of boron in 'Hass' avocado (Perseaamericana Mill.) trees. *Horticultural Science & Biotechnology*, 87(1), 23–28.

14- Noguchi, K., Dannel, F., Pfeffer, H., Ro¨mheld, V., Hayashi, H., Fujiwara,T.(2000). Defect in root-shoot translocation of boron inArabidopsis thaliana mutant bor1-1. *Plant Physiology*, 156,751–755.

15- Shelp, B.J., Shattuck, V.I., Proctor, J.T. (1987). Boron nutrition and mobility, and its relation to the elemental composition of greenhouse grown root crops. *Communication in Soil Science & Plant Analysis*, 18(2), 203-219.

16- Wimmer, M.A., Eichert, T. (2013). Review: Mechanisms for boron deficiency-mediated changes in plant water relations. *Plant Science*, 203– 204, 25– 32.

17- Wolf, B. (1974). Improvement in the azomethine-H method for the determination of boron.*Communication in Soil Science & Plant Analysis*, 5, 39-44.

18- Yakhin, O.I., Lubyanov, A.A., Yakhin, I.A., Brown, P.H. (2017). Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective.*Frontier in Plant Science*, 7, 2049.

Effect of different biostimulants on re-translocation of boron in spinach

FatemehAkbarnezhad[1], Reza Khorassani[2] and AmirFotovat[3]

[1]PhD student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

fatemehakbarnezhad1980@gmail.com

[2, 3]Associate Prof and Professor,Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Abstract

The effect of foliar application of biostimulants on boron re-mobilization in spinach **(***Spinacia oleracea L.*) with three types of compounds (ascorbic acid, glycine and mannitol) and each at three levels (0, 500 and 1000 mg l^{-1}) in a factorial experiment based on completely randomized design with three replications in the greenhouse of the Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad was investigated.The results showed that the application of foliar application of these compounds on mature leaves of the plant reduced the concentration of boron in mature leaves and increased the concentration of boron in young leaves, roots and stems.However, the role of mannitol was higher than that of ascorbic acid and glycine. With foliar application ofbiostimulants, the percentage of boron distribution in mature leaves decreased and young leaves and roots had higher proportion, respectively. Probably, complexation of boric acid with these compounds, especially mannitol, and their transfer to the phloem has caused the re-translocation of boron in the plant. The ratio of high boron concentration in young leaves to mature leaves (1<), which is considered as an indicator of boron mobility in plants, can also be a reason for boron re-translocation.

Keywords: Biostimulants-Boron remobilization- Mannitol- Retranslocation index