رابطه بین ثابت های معادلات جذب و واجذب بور با ویژگی های خاک و پاسخ های دو رقم گندم در چند خاک آهکی

سید علی غفاری نژاد[۱]، محسن فرحبخش[۲]، رضا معالی امیری[۳] و حامد رضایی[۴]

۱و ۴– استادیار پژوهش و عضو هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، ۲ - عضو هیات علمی گروه مهندسی علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران و ۳- عضو هیات علمی گروه زراعت، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

چکیده:

این تحقیق به منظور ارزیابی تأثیر خصوصیات خاک بر فرآیند جذب و واجذب بور در چند خاک جنوب کرمان و بررسی برگشت پذیر بودن فرآیند واجذب و ارتباط بین پارامترهای جذب و واجذب در خاک با پاسخ‌های گیاهی اجرا شد. شش نمونه خاک که بویژه از لحاظ بور محلول حداکثر دامنه را داشتند انتخاب شدند. این خاک ها تحت آزمایش کشت گلخانه ای با دو رقم گندم قرار گرفتند. منحنی های جذب و واجذب بور در این خاک ها تهیه شد. نتایج نشان داد همه خاک‌های مورد آزمایش تمایل به جذب بور داشتند اما میزان جذب در آن‌ها متفاوت بود. ارزیابی فرآیند واجذب پسماند را نشان داد که بسته به نوع خاک بین ۸۱-۵۷٪ متغیر بود. ضریب K فروندلیچ با غلظت بور در اندام هوایی و ریشه هر دو رقم گندم همبستگی منفی و معنی‌داری را نشان داد، بنا براین در تعیین میزان بور قابل استفاده گیاه استفاده عملی دارد.

واژه های کلیدی: جذب و واجذب بور، ویژگی های خاک، پاسخ های گیاهی

مقدمه:

بور عنصری ضروری برای کلیه گیاهان آوندی است که کمبود یا سمیت آن باعث خسارات متابولیکی و فیزیولوژیک می‌شود. فرآیندهای جذب و واجذب بور نقش اساسی در مدیریت حلالیت بور در محلول خاک و قابلیت استفاده آن برای گیاه را دارند. با توجه به اینکه محدوده بین کمبود و سمیت بور اندک است بنابراین واکنش‌های جذب و واجذب در مدیریت و زیست فراهمی بور مهم می‌باشند (Sharma et al., 2006).

اکسیدهای آهن و آلومینیوم، کانی‌های رس، کربنات کلسیم، ماده آلی و هیدروکسید منیزیم مکان‌های اولیه جذب بور در خاک هستند. در فرآیندهای جذب، آنیون بورات $B(OH)^{4-}$ جایگزین گروه‌های هیدرکسیل اکسیدهای آهن و آلومینیوم، ماده آلی و رس‌ها می‌شود (Schnurbusch et al., 2010). طی دهه‌های اخیر جذب و واجذب بور به طور وسیع در خاک‌ها و مواد معدنی مطالعه شده است. در بررسی جذب و واجذب بور در ۱۰ خاک نیومکزیکو Elrashidi and O,Connor (1982) گزارش کردند جذب بور در هفت خاک از ۱۰ خاک مورد آزمایش (در غلظت‌های محدود) با معادلات جذب لانگمویر قابل برازش بود. اما منحنی جذب فروندلیچ در محدوده غلظت‌های به کار رفته (۱۰۰-۰ میکروگرم در میلی‌لیتر) در هر ۱۰ خاک قابل برازش بود. Majidi et al. (2010) به این نتیجه رسیدند که رابطه آماری معنی‌داری بین خواص خاک و پارامترهای مدل‌های جذب فروندلیچ و لانگمویر در خاک های آهکی وجود نداشت. در ارزیابی همدماهای جذب سطحی چهار خاک مناطق خشک و نیمه‌خشک هند Arora and Chahal (2010) همبستگی معنی‌داری بین حداکثر میزان جذب در معادله لانگمویر و میزان رس، ماده آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی گزارش کردند. داده‌های جذب با منحنی فروندلیچ در محدوده وسیع‌تر غلظت قابل برازش بود. خاک‌هایی که تمایل بیشتری به جذب بور داشتند،

تمایل کمتری به واجذب بور نشان دادند. مطالعه فرآیندهای جذب و واجذب بور در شش خاک مختلف توسط Goldberg and Suarez (2012)نشان داد رفتار جذب و واجذب بور بدون توجه به میزان ماده آلی پدیده پسماند را نشان نداد. نتایج بدست آمده در این بررسی افزایش پدیده پسماند با افزایش میزان ماده آلی را تأیید نکرد. این تحقیق به منظورارزیابی تأثیر خصوصیات خاک بر فرآیند جذب و واجذب بور در چند خاک آهکی جنوب کرمان و بررسی برگشت پذیر بودن فرآیند واجذب آن و بررسی ارتباط بین پارامترهای جذب و واجذب بور در خاک با پاسخ‌های گیاهی اجرا شد.

مواد و روش ها:

با توجه به مطالعات خاکشناسی انجام گرفته در منطقه جنوب استان کرمان و نقشه خاک‌ها تعداد ۳۰ نمونه خاک از سری-های خاک منطقه انتخاب و برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی طبق روش های استاندارد اندازه گیری شد. سپس شش نمونه خاک که حداکثر تنوع از نظر خواص فوق به‌ویژه میزان بور عصاره اشباع را داشتند انتخاب شد (جدول ۱). خاک های انتخاب شده تحت آزمایش کشت گلخانه ای با دو رقم گندم ارگ (مقاوم به سمیت بور) و چمران (حساس به سمیت بور) (Ghaffari NeJad et al., 2015) قرار گرفتند.

برای تهیه منحنی‌های جذب پس از تعیین زمان تعادل (۱۰ ساعت) ۲ گرم از خاک هوا خشک به ۱۰ لوله سانتریفوژ پلی‌اتیلنی در دو تکرار اضافه شد و با ۲۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۰۱ مولار کلرید کلسیم (Elrashidi and O,Connor 1982) که حاوی (صفر،۱، ۲/۵، ۵،۷/۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰ و۴۰ میلی‌گرم بور در لیتر) بود، به مدت ۱۰ ساعت دردمای ۲۵ درجه سانتیگراد با دستگاه تکان دهنده رفت و برگشتی با سرعت ۱۱۰ دور در دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تکان داده شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دور $g\times$ ۴۵۰۰ سانتریفوژ شدند و محلول صاف رویی توسط کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف شد و غلظت بور در آن اندازه‌گیری شد میزان بور جذب شده در هر تیمار از تفاوت بین بور اولیه اضافه شده و غلظت بور باقیمانده در محلول بدست آمد.

آزمایش واجذب بور فقط در سه غلظت اولیه ۲/۵، ۷/۵ و ۱۵ میلی‌گرم در لیتر انجام شد. بور واجذبی به صورت اختلاف بین غلظت بور تعادلی در مرحله واجذب و غلظت تعادلی بور قبل از مرحله واجذب تعریف می‌شود. مقدار بور باقیمانده در هر خاک طی فرآیند واجذب به صورت تفاوت بین مقدار بور نگهداری شده در مرحله قبلی و بور واجذبی در این مرحله تعریف می‌شود.

نتایج و بحث

نتایج بررسی جذب بور نشان داد همه خاک‌های مورد آزمایش تمایل به جذب بور دارند اما میزان جذب بور در آن‌ها متفاوت بود. معمولاً میزان جذب بور توسط خاک‌ها با افزایش غلظت بور در محلول تعادلی افزایش یافت. برای توصیف داده‌های مربوط به جذب و واجذب بور از همدماهای جذب سطحی فروندلیچ و لانگمویر و همچنین شکل خطی این معادلات استفاده شد (جدول ۲ و شکل های ۱ و۲).

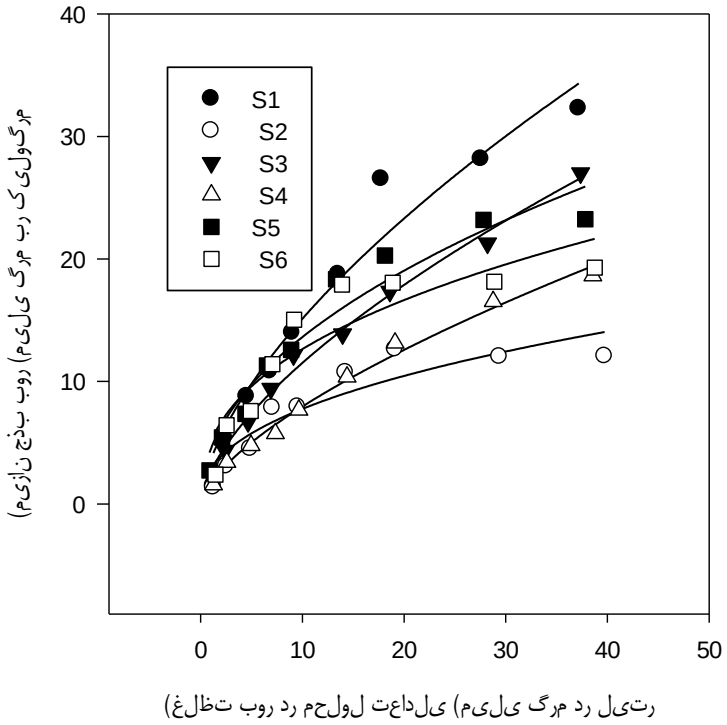
اطلاعات مربوط به جذب در این خاک‌ها قابل برازش با همدمای جذب فروندلیچ بود (جدول ۲). حداکثر جذب بور در خاک یک اتفاق افتاد که دارای بیشترین میزان رس و ماده آلی در بین خاک‌های مورد آزمایش بود. میزان کربنات کلسیم نیز در این خاک زیاد بود (۱۳٪). حداقل جذب بور در خاک‌های دو و چهار مشاهده شد که دارای کمترین مقدار رس، ماده آلی و کربنات کلسیم در بین خاک‌های مورد آزمایش بودند. همبستگی بالای بین غلظت تعادلی بور و میزان جذب آن در معادله فروندلیچ نشان داد که این معادله به خوبی قادر است جذب بور بر روی خاک‌های مورد آزمایش را توصیف کند.

جدول۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد استفاده در آزمایش

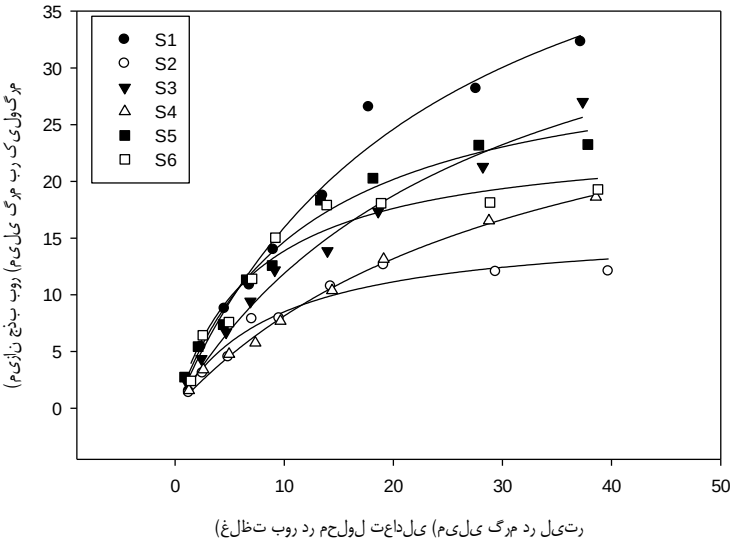
ویژگی خاک	خاک یک	خاک دو	خاک سه	خاک چهار	خاک پنج	خاک شش
قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	۲/۱۴	۳/۷۸	۱/۳۹	۵/۲۳	۰/۴۵	۳/۰۷
pH	۷/۹	۷/۷	۷/۹	۷/۶	۷/۵	۷/۹
رطوبت اشباع (درصد)	۵۶	۳۴	۵۳	۲۶	۳۸	۴۵
بور محلول (میلی‌گرم در لیتر)	۱/۷۰	۲/۷۸	۰/۸۶	۲/۴۱	۰/۲۶	۳/۴۸
بور قابل عصاره‌گیری با آب داغ (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۳/۷۸	۳/۸۸	۱/۸۰	۴/۰۷	۰/۴۴	۴/۶۸
کربنات کلسیم معادل (درصد)	۱۳	۱۰	۱۴	۱۲	۱۷	۱۳
کربن آلی (درصد)	۱/۶۲	۰/۷۳	۰/۹۷	۰/۴۵	۰/۶۵	۱/۴۶
شن (درصد)	۱۱	۵۸	۱۶	۶۸	۲۷	۲۷
سیلت (درصد)	۴۰	۲۲	۳۸	۲۴	۴۰	۴۱
رس (درصد)	۴۸	۲۰	۴۶	۸	۳۳	۳۲
ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی‌مول بار بر کیلوگرم)	۳۰	۲۲	۲۶	۹	۱۷	۱۲
رطوبت ظرفیت مزرعه (درصد)	۳۱	۱۸	۲۹	۱۳	۲۴	۲۴
فسفر قابل استفاده (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۱۳	۹	۵	۲۰	۱۷	۳۰
پتاسیم قابل استفاده (میلی‌گرم درکیلوگرم)	۴۴۶	۲۷۵	۲۳۴	۳۴۶	۲۷۵	۵۴۰

جدول۲- پارامترهای محاسبه شده معادلات فروندلیچ و لانگمویر برای توصیف داده‌های جذب سطحی بور. هر عدد نشان دهنده میانگین دو تکرار ± خطای استاندارد است

شماره خاک	فروندلیچ			لانگمویر		
	1/n	K (mg kg-1)	R^2	b ($mg\ kg^{-1}$)	K	R^2
۱	۰/۶۲±۰/۰۴	۳/۵۹±۰/۱۲	۰/۹۶	۵۳/۸۷±۲/۱۷	۰/۰۴۲±۰/۰۰۲	۰/۹۸
۲	۰/۴۳±۰/۰۴	۲/۸۸±۰/۰۸	۰/۸۶	۱۶/۲۹±۱/۰۵	۰/۱۱۰±۰/۰۰۴	۰/۹۵
۳	۰/۶۳±۰/۰۷	۲/۶۶±۰/۱۷	۰/۹۹	۴۴/۵۲±۱/۷۸	۰/۰۳۶±۰/۰۰۱	۰/۹۹
۴	۰/۶۶±۰/۰۸	۱/۷۳±۰/۱۱	۰/۹۹	۳۴/۸۲±۱/۳۹	۰/۰۳۰±/۰۰۱	۰/۹۹
۵	۰/۴۸±۰/۰۱	۴/۴۸±۰/۲۴	۰/۹۵	۳۲/۱۶±۱/۲۸	۰/۰۸۴±۰/۰۰۳	۰/۹۸
۶	۰/۴۰±۰/۰۳	۵/۰۷±۰/۲۴	۰/۸۵	۲۴/۱۲±۱/۲۴	۰/۱۳۵±۰/۰۰۵	۰/۹۴



شکل ۱- برازش همدمای فروندلیچ بر داده‌های جذب بور در شش خاک مورد آزمایش



شکل ۲- برازش همدمای لانگمویر بر داده‌های جذب بور در شش خاک مورد آزمایش

ضرایب همبستگی نشان می‌دهد اطلاعات مربوط به جذب در این خاک‌ها به خوبی قابل برازش با همدمای جذب لانگمویر بود (جدول ۲). همدماهای جذب از دو بخش تشکیل شده‌اند که در غلظت‌های تعادلی کم مقدار جذب تقریباً به طور خطی با افزایش غلظت تعادلی بور زیاد می‌شود، اما با افزایش غلظت تعادلی شدت افزایش جذب کم می‌شود. میزان واجذب بور در سه غلظت اولیه ۲/۵، ۷/۵ و ۱۵ میلی‌گرم بور در لیتر اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد با توجه به اینکه شاخص واجذب در تمامی خاک‌ها بیش از یک بود پسماند در کلیه خاک‌ها مشاهده شد. اما میزان آن در خاک‌های مورد آزمایش متفاوت بود. میزان فرآیند پسماند با افزایش غلظت بور در محلول تعادلی افزایش نشان داد. رسوب شیمیایی بور با تعدادی از کاتیون‌ها ممکن است در مکان‌های جذب به وقوع بپیوندد که این فرآیندها با افزایش غلظت بور در محلول بیشتر می‌شوند. درصد بور واجذبی در خاک‌های مورد آزمایش بین ۸۱ – ۵۷٪ بود. بین خصوصیات خاک و ثابت‌های معادله لانگمویر همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد که بیانگر پیچیدگی فرآیند جذب در خاک‌های مورد مطالعه است. Majidi et al. (2010) در بررسی جذب و واجذب بور در چند خاک آهکی گزارش کردند رابطه معنی‌داری بین خواص خاک و ضرایب معادلات جذب و واجذب وجود نداشت.

ضرایب همبستگی بین ثابت‌های معادلات جذب و واجذب و پاسخ‌های گیاهی دو رقم گندم کاشت شده (جدول ۳) نشان داد K فروندلیچ با غلظت بور در اندام هوایی و ریشه هر دو رقم گندم ارگ و چمران همبستگی منفی و معنی‌داری داشت. ضریب K در واقع شاخصی از ظرفیت جذب بور است یعنی هر چه ظرفیت جذب بور در خاک بیشتر باشد مقدار جذب آن در ریشه و اندام هوایی کم می‌شود. همچنین ضریب K1 فروندلیچ با غلظت بور در اندام هوایی رقم چمران و ریشه رقم ارگ همبستگی منفی و معنی‌داری را نشان داد. این نتایج نشان می‌دهد ضریب K معادله فروندلیچ در تعیین میزان بور قابل استفاده گیاه استفاده عملی دارد. Datta and Bhadoria (1999) در بررسی جذب و واجذب بور در خاک‌های اسیدی غرب بنگال در هند رابطه منفی معنی‌داری را بین K فروندلیچ و میزان جذب بور در گیاه سویا گزارش کردند. آن‌ها همچنین گزارش کردند ضرایب n معادله فروندلیچ و b و Kلانگمویر همبستگی منفی با بور واجذبی و جذب بور توسط گیاه دارند.

جدول ۳- ضریب تشخیص بین پارامترهای معادلات جذب و واجذب با پاسخ‌های گیاهی

	1/n فروندلیچ خطی	K فروندلیچ خطی ($mg\ kg^{-1}$)	bلانگمویر خطی ($mg\ kg^{-1}$)	K لانگمویر خطی ($L\ mg^{-1}$)	1/n1 فروندلیچ خطی	K1 فروندلیچ خطی ($mg\ kg^{-1}$)	شاخص واجذب
بور اندام هوایی ارگ	۰/۳۸	-۰/۶۷*	۰/۰۷	-۰/۳۶	۰/۴۲	۰/۵۳	-۰/۳۱
بور ریشه ارگ	۰/۳۸	-۰/۷۳**	-۰/۱۲	-۰/۳۸	۰/۴۶	-۰/۶۳*	-۰/۳۲
جذب بور اندام هوایی ارگ	۰/۲۱	-۰/۳۸	-۰/۱۳	۰/۰۴	۰/۶۲*	-۰/۱۲	-۰/۵۳
جذب بور ریشه ارگ	-۰/۱۵	-۰/۰۹	-۰/۲۲	۰/۰۷	۰/۲۷	-۰/۲۰	-۰/۲۴
بور اندام هوایی چمران	۰/۳۶	-۰/۷۲**	-۰/۱۹	-۰/۲۸	۰/۵۶*	-۰/۵۷*	-۰/۴۷
بور ریشه چمران	۰/۴۶	-۰/۶۹*	۰/۰۰۷	-۰/۴۳	۰/۴۰	-۰/۵۲	-۰/۲۳
جذب بور اندام هوایی چمران	۰/۰۲	-۰/۲۹	-۰/۳۲	۰/۲۲	۰/۶۴*	-۰/۰۶	-۰/۶۴*
جذب بور ریشه چمران	-۰/۲۶	۰/۱۲	-۰/۲۷	۰/۱۶	۰/۱۸	-۰/۱۳	-۰/۲۴

n.s.، **، * به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح یک، پنج درصد

منابع:

Arora, S. and Chahal, D. 2010. Effect of soil properties on boron adsorption and release in arid and semi-arid Benchmark soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 41(21): 2532-2544.

Datta, S. P. and Bhadoria, P. B. S. 1999. Boron adsorption and desorption in some acid soils of West Bengal, India. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 162(2): 183-191.

Elrashidi, M. and O'connor, V. 1982. Boron sorption and desorption in soils. Soil Science Society of America Journal, 46(1): 27-31.

Ghaffari Nejad, S. A., Savaghebi, G. R., Farahbakhsh, M., Maali Amiri, R., and Rezaei, H. 2015. Tolerance of some wheat varieties to boron toxicity. Cereal Research Communications, 43(3): 384-393.

Goldberg, S. and Suarez, D. L. 2012. Role of organic matter on boron adsorption-desorption hysteresis of soils. Soil Science, 177(7): 417-423.

Majidi, A., Rahnemaie, R. Hassani, A. and Malakouti. M. J. 2010. Adsorption and desorption processes of boron in calcareous soils. Chemosphere, 80(7): 733-739.

Schnurbusch, T., Hayes, J. and Sutton T. 2010. Boron toxicity tolerance in wheat and barley: Australian perspectives. Breeding Science, 60(4): 297-304.

Sharma, K., Srivastava, P. Ghosh, D. and Gangwar M. 1999. Effect of boron and farmyard manure application on growth, yields, and boron nutrition of sunflower. Journal of plant nutrition, 22(4-5): 633-640.

Relation between boron adsorption and desorption constants with soil properties and response of two wheat varieties

S. A. Ghaffari Nejad[1], M. Farahbakhsh[2], R. Maali Amiri[3], and H.Rezaei[4]

1, 4- Assistant Professors of Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. 2- Faculty member of Soil Science Department, Tehran University, Tehran, Iran. 3- Faculty member of Agronomy Department, Tehran University, Tehran, Iran.

Abstract:

In order to evaluate soil properties effect on boron (B) adsorption and desorption and its reversibility and evaluate B adsorption with plant responses in south of Kerman province an investigation was conducted. Six soil samples were selected based on soil properties especially soluble B. These soils were cultivated with two wheat varieties in a greenhouse experiment. B adsorption curves were prepared. Results showed that all soils have affinity to adsorb B but in different amounts. Desorption results showed hysteresis, 57-81% depend on soil type. Freundlich K constant showed a significant negative correlation with root and shoot B of both wheat varieties then it can be applied in determination of plant available B.

Key words: Boron adsorption and desorption, Plant responses, Soil properties