

# جذب بر در بعضی از خاکهای خوزستان

قسمت اول - ایزوترم جذب و اثر نمکهای محلول

## ارسالان مظاهری

بمنظور آگاهی از رفتار بُر در خاک از نقطه نظر تغذیه گیاهی و برنامه‌های اصلاحی خاک مطالعاتی روی میزان و نحوه جذب بر و چگونگی حرکت آن در خاک و اثر چند عامل مختلف در سه سری از خاکهای خوزستان بعمل آمد. در این مقاله قسمت مربوط به ایزوترم جذب و اثر نمکهای محلول بحث شده و نتایج حاصله بررسی میگردد. میزان و نحوه جذب بر در این خاکها مطالعه گردیده و تطبیق نتایج حاصله با مدل‌های جذبی لانگ موئیر و فروند لیخ بررسی شده و فرمولهای تجربی جذب که بر اساس مدل فروند لیخ و regression analysis نتایج آزمایش بدست آمدند تشریح میگردد. درجه برگشت پذیری بر جذب شده و احتمال وقوع Hysteresis نیز بحث میشود. اثر نمکهای محلول مختلف روی میزان جذب بر مطالعه شده و از روی نتایج حاصله مکانیسم جذب این عنصر روی کلوئیدهای خاک مورد تجزیه و تحلیل قرار میگیرد.

### ۱- مقدمه و بررسی زمینه

با وجودیکه وجود بُر در بافتهای گیاهی برای اولین بار در سال ۱۸۵۷ کشف شد (۶) مطالعات انجام شده روی آن تا دهه سوم قرن بیستم بسیار اندک بود. کشف ارتباط بین امراض پوسیدگی مغزی (heart rot) و پوسیدگی خشک (dry rot) در چغندر قند با کمبود بُر توجه بیشتر محققین را به این عنصر جلب نموده و مطالعات وسیعی روی آن شروع شد بطوریکه فقط بین سالهای ۱۹۳۷ تا ۱۹۴۲ هشتصد مقاله مختلف در این باره به چاپ رسیده و نقش بر به عنوان یک عنصر غذائی لازم برای بسیاری از نباتات مسجل گردید (۳) این مطالعات همچنین نشان میداد که اضافه نمودن بُر بخاک احتیاج بدقت زیاد دارد چون مرز بین کمبود و مسمومیت بسیار باریک است بنحویکه وجود بُر در محلول خاک بمقدار کمتر از  $0/5-0/1$  PPM سبب کمبود و اضافه بر  $0/5-5/0$  PPM باعث بروز علائم مسمومیت در گیاه میشود (۳ و ۶)

---

۱- استادیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه جندی شاپور



بیشتر اطلاعات جمع آوری شده تاکنون درباره نقش تغذیه ای بُر در نباتات مختلف و عکس العمل رشد و عمل کرد آنها نسبت به دادن مقادیر مختلف کودهای برآکس میباشد. ولی هنوز دانش ما در مورد رفتار بُر در خاک مانند چگونگی جذب و آزاد شدن و یا نحوه حرکت و انتشار آن در محیط خاک بسیار محدود است. مشاهدات اولیه ای مانند شسته شدن سریع تر کودهای برآکس در خاکهای شنی نسبت به خاکهای رسی (۱) و یا احتمال کم تر وقوع مسمومیت بُر در خاکهای رسی (۳) همه حاکی از این بود که این عنصر بنحوی جذب سطح ذرات کلوئید خاک شده و جذب گیاهی بُر و انتشار آن در خاک تابع رابطه بین بُر جذب شده و بُر محلول میباشد (۱۳). مقالات معدودی که در این باره نوشته شده نشان میدهد که اولاً "هنوز یک مدل جامع که چگونگی جذب بُر را بیان کند تاکنون پیشنهاد نشده و ثانیاً "میزان و نحوه جذب به عوامل مختلف خاک بستگی زیاد داشته و در خاکهای مختلف بمقدار قابل توجهی تغییر میکند (۴).

در خاکهای مناطق خشک و گرم مانند خوزستان مسئله بُر بعلت احتمال تجمع زیاد آن در خاک اهمیت فوق العاده میکند. بُر در این خاکها از دو عامل عمده ناشی میگردد.

۱- عدم شستشوی طبیعی بُر آزاد شده از تخریب مواد اولیه خاک و مینرال تورمالین  
۲- اضافه شدن بر بخاک همراه با آب آبیاری (۹). وجود این عنصر همراه با نمک های محلول دیگر در خاکهای شور این مناطق، لزوم در نظر گرفتن آن را در برنامه های زهکشی و شیرین کردن خاک تأیید مینماید. از آنجائیکه این عنصر برخلاف نمکهای محلول مانند سولفاتها، کلرورها و نیتراتها جذب ذرات خاک می گردد. چگونگی و شدت شسته شدن آن از خاک کاملاً با نمکهای محلول متفاوت بوده و به پارامترها جذبی آن بستگی دارد.

بمنظور مطالعه جنبه های مختلف بُر در خاک از نقطه نظر تغذیه گیاهی، چگونگی حرکت آن در خاک، برنامه های اصلاحی خاکهای بُردار و اثر عوامل متعدد روی این پدیده ها آزمایش های مختلف روی سه سری از خاک های خوزستان انجام گردید. در این مقاله فقط آزمایش های مربوط به ایزوترم جذب و اثر نمکهای محلول روی آن شرح داده شده و نتایج حاصله بررسی میگردند.

## ۲- مواد و روشهای آزمایش

۲-۱- نوع خاک. سه سری مختلف از خاکهای خوزستان یعنی سری های هفت



تپه، فلاحت و شوش در این آزمایشها بکار رفته است. در انتخاب نمونه هاسعی گردید که: ۱- خاکهای بکار رفته نسبتاً "بکر باشند تا در این مرحله از آزمایش اثر آبیاری و برنامه‌ها زراعی برکنار باشد، ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها مختلف باشند تا نتایج حاصله کاربرد وسیع تری داشته باشند.

این خاکها عموماً " دارای کربنات کلسیم و منیزیم زیاد بوده و PH آنها بین ۷/۷ تا ۸/۵ میباشد. مواد آلی محتوی در این خاکها کم و در حدود یک در صد بوده و از نظر ظرفیت تعویض کاتیونی در ردیف متوسط پائین قرار میگیرند. بافت سه سری خاک مورد آزمایش بین لوم شنی تا لوم سیلتی متغییر میباشد

علیرغم آهکی بودن ماهیت این خاکها، پایداری ذرات آنها برای آزمایشهای ایزوترمی کافی نبوده و این آزمایشها در محلول ۵/۰۰۵ مولار کلرور کلسیم بعمل آمد. ۲-۲- روش تجزیه کمی بُر. روشهایی که معمولاً " برای اندازه‌گیری بُر بکار برده شده است عموماً "مشکل"، زمان گیر و احتیاج با استفاده از اسید سولفوریک غلیظ دارند (۴). به علت کثرت تعداد اندازه‌گیری در این آزمایش استفاده از این روشها غیر عملی بنظر رسیده و سعی گردید روش سریعتر و ساده تری بکار برده شود.

روش اتوآنالیز کالوریمتری با استفاده از ماده شیمیایی Azomethine-H و دستگاه Technicon Autoanaluzer (۲) متد مناسبی برای تجزیه کمی بُر تشخیص داده شد. آزمایشهای مقدماتی نشان داد که دقت، سرعت و قابلیت تکرار این روش رضایتبخش میباشد. مراحل مختلف تهیه Azomethine-H احتیاج به دقت زیاد داشته و کنترل PH و درجه حرارت و نحوه اضافه کردن اجزاء این ترکیب اساسی است. جزئیات این روش و طرز تهیه ماده شیمیایی فوق در مقاله جداگانه‌ای توسط نگارنده شرح داده شده است. (۱۰)

۲-۳- ایزوترم جذب. اندازه‌گیری میزان جذب در نسبتهای ۱ به ۱۰ خاک و محلولهای متعدد استاندارد بُر حاوی صفر، ۲/۵، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ PPM B بعمل آمد. برای ممانعت از "از هم پاشیدن" ذرات خاک و سهولت جدا نمودن محلول از خاک، استانداردهای فوق در محلول های ۵/۰۰۵ مولار کلرور کلسیم تهیه گردیدند.

محل های حاوی خاک و استاندارد بُر بمدت ۲۲ ساعت تکان داده شده و سپس بمدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه (rpm) سانتریفیوژ گردیدند. ۱۰ میلی لیتر از این محلول با پیپت برداشته شده و غلظت بر آن اندازه‌گیری گردید.



مقدار بر جذب شده از روی کاهش غلظت بُر در محلول استاندارد محاسبه شد .  
برای تعیین درجه آزاد شدن بُر جذب شده ، در پایان آزمایش های فوق  
۱۰ میلی لیتر محلول ۰/۰۰۵ کلرور کلسیم بدون بُر بهر یک از نمونه های فوق اضافه  
شده و عملیات تکان دادن ، سانتریفیوژ و برداشت ۱۰ میلی لیتر جهت اندازه گیری  
تکرار گردید . مقدار بُر آزاد شده از ازدیاد غلظت بُر در محلول محاسبه شد ، و  
عملیات متعاقب آن چند بار تکرار گردید تا غلظت بُر در محلول فوقانی خاک بمقدار  
ناچیزی کاهش یافت و بدینوسیله میزان آزاد شدن بر جذب شده در غلظت های  
مختلف محلول تعیین گردید .

تمام محلول های بکار رفته طوری تنظیم گردید تا PH آنها برابر PH  
خاک مورد آزمایش باشد . در خاتمه عملیات تکان دادن و سانتریفیوژ PH محلول  
ها مجدداً اندازه گیری شد .

۴-۲- اثر نمک های محلول . برای مطالعه اثر نمک های محلول روی میزان  
جذب بُر و درجه آزاد شدن آن ، محلول های گوناگون حاوی غلظت های مختلف ( ۰/۰۵  
تا ۰/۲ مولار ) نمک های سولفات و کلرور کلسیم ، منیزیم و سدیم بکار برده شدند . روش  
آزمایش بطریق شرح داده شده در بخش ( ۳-۲ ) می باشد فقط در هر مورد محلول  
استاندارد بُر در محلول نمک مورد نظر تهیه شده و سپس عملیات ذکر شده روی  
نمونه ها بعمل آمد .

در این آزمایشها نیز PH محلولها بدقت کنترل شده و کلیه عملیات آزمایشگاهی  
در درجه حرارت ثابت انجام گردید تا این عامل در میزان جذب اثری باقی نگذارد

### ۳- نتایج و بحث

۳-۱- ایزوترم جذب . پارامترهای جذب و ایزوترم آن در جدول و نمودار  
شماره ۱ نشان داده شده است . نتایج مشاهده شده نشان میدهد که نه تنها میزان  
جذب ، بلکه نحوه ازدیاد جذب یا تغییر غلظت محلول در سه سری خاک مطالعه  
شده متفاوت است . در سری فلاحه ماکزیمم جذب حاصل میشود ، در صورتیکه در  
دو سری خاک دیگر و بخصوص در سری شوش میزان جذب همچنان در حال افزایش  
است . این امر حاکی از آن است که در دو سری اخیر ازدیاد غلظت بُر در محلول  
خاک ، سبب باز شدن مکانهای جدید جذبی در سطح کلوئیدهای خاک میشود ( ۸ ) .  
در سری هفت تپه منحنی ایزوترم جذب بین ۲۰ تا ۴۰ ppm بُر محلول تقریباً ثابت



مانده و پس از آن دوباره صعود میکند . این نحوه جذب نظریه فوق را تأیید مینماید ولی حاکی از آن است که در بعضی از خاکها برای باز شدن مکانهای جذب بیشتر باید غلظت عنصر در محلول بحد معینی برسد . بطور کلی این خاکها قدرت قابل ملاحظه‌ای در جذب بُر از خود نشان میدهند .

۲-۳- مدل ایزوترم جذب . دو مدل مختلف برای مطالعه نتایج این آزمایش مورد مطالعه قرار گرفت . این دو شامل مدل لانگ موئیر (Langmuir) و مدل فروندلیخ (Freundlich) میباشد (۵ و ۷) . مدل لانگ موئیر که ابتدا برای جذب گازها در سطح مواد جامد پیشنهاد شد بر اساس تئوری سینتیک جذب یک لایه‌ای ملکولها بدست آمده و در آن فرض میشود که انرژی جذب همیشه ثابت بوده و ملکولهای جذب شده اثری روی همدیگر باقی نمیگذارند . فرمول این مدل در حالت معمولی (۱) و در حالت خطی و یا linear (۲) در زیر نشان داده میشود .

$$X = (g/g) \text{ میزان جذب}$$

$$C = (g/ml) \text{ غلظت محلول}$$

$$b = (g/g) \text{ غلظت ماکزیمم}$$

$$K = \text{ضریب شدت جذب}$$

$$(1) X = \frac{KbC}{1 + KC}$$

$$(2) \frac{C}{X} = \frac{1}{Kb} + \frac{C}{b}$$

در فرمول خطی لانگ موئیر ، ضرائب b و k بطریق زیر محاسبه میشود .

$$b = \frac{1}{\text{شیب خط}}$$

$$k = \frac{\text{شیب خط}}{\text{محل تلاقی خط با محور مقدار جذب}}$$

بر عکس مدل فوق ، مدل فروندلیخ هیچ نوع پایه تئوری نداشته و صرفاً " یک فرمول تجربی است که حالت ساده و خطی آن بترتیب در فرمول (۳) و (۴) زیر نوشته شده اند .

$$(3) X = K C \frac{1}{n}$$

$$(4) \log x = \log k + \frac{1}{n} \log c$$

شرح علائم در این فرمول ها بشرحی است که برای مدل لانگ موئیر ذکر گردید و n ضریب ثابت فروندلیخ است .

مطابقت نتایج آزمایش با نتایج پیش‌بینی شده از روی مدل لانگ موئیر نشان میدهد که این مدل برای بیان جذب بُر مناسب نیست . این امر حاکی از این است



که فرضیاتی که براساس آن فرمول لانگ موئیر بدست آمده در شرایط خاکهای مورد آزمایش و برای جذب عنصر برصادق نمیباشند. برعکس بطوریکه از نمودار ۲ پیداست جذب بر در کلیه نمونه ها از مدل تجربی فروندلیخ پیروی نموده و نتایج آزمایش و محاسبه شده بطور نزدیکی باهمدیگر مطابقت دارند. از مدل فروند لیخ و regression analysis نتایج مدل های زیر برای جذب بر در سه سری خاک مورد آزمایش بدست آمد. در این فرمولها X مقدار بر جذب شده برحسب میکروگرم بر درگرم خاک و C غلظت بر در محلول برحسب میکروگرم در میلی لیتر است. ضریب ارتباط (r) در تمام موارد از نظر آماری کاملاً " معنی دار است.

الف - سری هفت تپه

$$\log X = 0.703 \log C + 0.188$$

$$r = 0.984$$

ب - سری فلاح

$$\log X = 0.872 \log C + 0.246$$

$$r = 0.995$$

ج - سری شوش

$$\log X = 0.750 \log C + 0.547$$

$$r = 0.982$$

۳-۳- چگونگی آزاد شدن بر جذب شده. بطوریکه در نمودار شماره ۱ و جدول شماره ۲ نشان داده شده است جذب بر بطور صد درصد برگشت پذیر نبوده و منحنی آزاد شدن تفاوت هائی با منحنی جذب دارد بطوریکه با رقیق نمودن مکرر محلول خاک نمیتوان همه بر جذب شده را از سطح کلوئیدها جدا نمود. این پدیده که آنرا اصطلاحاً "هیستریسیس (Hysteresis) گویند دارای اهمیت فوق العاده بخصوص در مطالعه نحوه حرکت بر در خاک میباشد. وجود پدیده هیستریسیس نشان میدهد که نحوه تجمع و شستشوی بر در خاک احتمالاً "کاملاً" یکسان نبوده و در هر مورد باید پارامترهای خاص آن مورد بکار برده شود.

۳-۴- اثر نمک های محلول. نمکهای محلولی که در این آزمایش ها بکار رفتند شامل کلرور کلسیم، کلرور منیزیم، سولفات سدیم و سولفات پتاسیم بودند که در غلظت های مختلف بین ۰/۰۵ تا ۰/۲ مولار بکار برده شدند. این غلظتها معادل هدایت الکتریکی بین ۱۰ تا ۴۰  $\text{cm}^{-2}$  m mhos میباشد. (USDA- Handbook 60, 1953). هر نوع نمک در سه غلظت (کم، متوسط و بالا) بر مطالعه گردید تا بدینوسیله اثر متقابل بین نمک و بر نیز بررسی گردد.

اندازه گیری میزان بر جذب شده در حضور نمک های مختلف و مقایسه آنها



با مقدار جذب در غیاب این نمکها نشان داد که در هیچ موردی وجود نمک اثر محسوسی روی جذب بر نداشته و تفاوت های مشاهده شده در حد خطاهای آزمایشی میباشد. این امر نتیجه عملی مهمی دارد زیرا حاکی از اینست که در خاک های شور مناطق خشک که غلظت نمک محلول آنها بالا است، جذب بر تحت تاثیر قرار نگرفته و نتایج حاصله از تجزیه های آزمایشگاهی به آسانی در عمل کاربرد پیدا میکنند. علاوه بر آن، از مستقل بودن جذب بر از اثر نمک ها چنین میتوان نتیجه گرفت که در ضمن شستشوی این نوع خاکها که نمک های محلول با سرعت بیشتری از خاک خارج میشوند، کیفیت جذب بر تغییر نمی نماید.

علاوه بر جنبه عملی فوق، میتوان از نتایج این آزمایشها نتیجه گیری های زیر را در مورد مکانیسم جذب بر در خاکهای مطالعه شده بعمل آورد.

۱- مکانهای جذب بر در سطح کلوئیدهای خاک ویژه ای بوده و وجود آنیون های دیگر مانند سولفات و کلرور در اشغال این مکانها با بر رقابت نمی نمایند.

۲- جذب بر از تئوری لایه های جذبی مضاعف (diffused double layer) پیروی نمیکند. در صورتیکه غیر از این بود میبایست از دیاد غلظت نمکها با فشردن این لایه های مضاعف در جذب بر اثر میگذاشت.

۳- در کلیه آزمایشهایی که بعمل آمد هیچگونه تغییر محسوسی در PH خاک ایجاد نگردید این امر نشان میدهد که جذب بر از طریق تعویض آن با یون ( $\text{OH}^-$ ) در سطح کلوئیدها صورت نمیگیرد. در مواردیکه جذب آنیونها از طریق تعویض آنها با یونها ( $\text{OH}^-$ ) صورت میگیرد، عمل جذب همراه با ورود این یونها به محلول خاک و در نتیجه از دیاد PH میباشد.

نتایج این تحقیق و بررسی نوشته های قبلی بطور کلی دلالت بر این دارد که جذب بر از طریق تعویض رادیکالهای لیگاند (ligand exchange) بوده و در لایه های درونی هلمولتز (Inner Helmholtz layers) صورت میگیرد (۱۲). بررسی جزئیات این مکانیسم جذب خارج از دامنه بحث این مقاله بوده و فقط با اشاره مختصر فوق قناعت میگردد.

در این مرحله از کار فقط از نمکهای خنثی استفاده گردید تا خود این نمکها تغییر مستقیمی در PH خاک بوجود نیاورند. بجاست که با بکار بردن مواد شیمیائی مناسب PH خاک را تغییر داد تا هم اثر این عامل روی میزان جذب بر بررسی شود و هم نسبت بنوع ترکیبی که بر از طریق آن جذب میشود آگاهی پیدا گردد.



بی اثر بودن نمکهای محلول کلسیم در جذب بُر که در این تحقیق مشاهده گردید بخصوص شایان توجه است. بررسی نوشته ها نشان میدهد که تجریبات متعدد حاکی از اینست که اضافه نمودن مواد کلسیم دار بخاک سبب ایجاد کمبود بر محلول در خاک می شود (۱۱) اینطور تصور می شده که این پدیده یا بعلت رسوب بُر توسط ترکیبات کلسیم و یا بصورت ازدیاد جذب بُر صورت میگیرد. در صورتیکه نتایج این آزمایش حاکی از اینست که هیچیک از این دو واکنش انجام نشده و اضافه کردن کلسیم حتی در غلظت های بالا کاهشی در بر محلول ایجاد نمی نماید. احتمالاً "چنین میتوان تصور کرد که کمبود بُر ناشی از وجود کلسیم در خاک یک اثر غیر مستقیم است. بدین معنی که کلسیم با تشدید رشد موجودات ذره بینی سبب جذب بر توسط این موجودات خاکی میگردد و یا در صورتیکه اضافه نمودن کلسیم به خاک باعث بالا رفتن PH خاک شود، جذب کلوئیدی بُر از این طریق افزایش پیدا می نماید.



جدول شماره ۱- میزان جذب بُر بوسیله سه سری از خاکهای خوزستان در غلظتهای مختلف بُر محلول

سری فلاح		سری هفت تپه		سری شوش	
بر جذب شده میکروگرم در میلی لیتر	بر محلول میکروگرم در ایک گرم	بر جذب شده میکروگرم در میلی لیتر	بر محلول میکروگرم در یک گرم	بر جذب شده میکروگرم در میلی لیتر	بر محلول میکروگرم در یک گرم
۱/۷۵	۲/۵	۱/۸۰	۲/۰	۱/۶۰	۴/۰
۴/۳۵	۶/۵	۴/۵۵	۴/۵	۳/۹۷	۱۰/۳
۸/۷۰	۱۴/۰	۹/۱۶	۸/۴	۷/۹۵	۲۰/۵
۱۳/۱۵	۱۸/۵	۱۳/۸۰	۱۲/۰	۱۲/۲۰	۲۸/۰
۱۷/۷۰	۲۳/۰	۱۸/۶۰	۱۴/۰	۱۶/۷۵	۳۲/۵
۲۲/۲۵	۲۷/۵	۲۸/۴۵	۱۵/۵	۲۶/۲۰	۳۸/۰
۲۶/۸۰	۳۲/۰	۳۸/۴۵	۱۵/۵	۳۵/۶۵	۴۴/۳
۳۶/۳۰	۳۷/۰	۴۷/۷۵	۲۲/۵	۴۴/۶۵	۵۵/۵
۴۵/۷۰	۴۳/۰	۶۲/۲۰	۲۸/۰	۵۹/۶۵	۵۵/۵
۶۱/۴۰	۴۶/۰				



جدول شماره ۲- میزان آزاد شدن بر جذب شده

مقدار بر باقیمانده در سطح کلوئیدهای خاک در غلظتهای مختلف بر محلول

سری فلاح		سری هفت تپه		سری شوش	
بر جذب شده میکروگرم در میلی لیتر	بر محلول میکروگرم در یک گرم	بر جذب شده میکروگرم در میلی لیتر	بر محلول میکروگرم در یک گرم	بر جذب شده میکروگرم در میلی لیتر	بر محلول میکروگرم در یک گرم
۰/۰۸	۳/۰	۰/۱۸	۱/۰	۰/۳۰	۱/۵
۰/۵۵	۲/۵	۰/۴۰	۲/۰	۰/۸۵	۳/۰
۱/۳۰	۴/۵	۱/۰۲	۲/۰	۲/۲۰	۳/۵
۲/۰۲	۵/۶	۱/۴۰	۳/۰	۲/۸۲	۴/۵
۲/۵۵	۷/۰	۱/۹۰	۳/۲	۳/۳۰	۶/۲
۳/۱۵	۸/۰	۲/۶۵	۴/۶	۳/۴۲	۱۳/۰
۳/۴۰	۱۰/۵	۲/۷۰	۴/۸	۴/۴۵	۱۵/۵
۴/۱۰	۱۲/۵	۳/۷۵	۵/۸	۴/۸۵	۲۳/۰
۶/۳۴	۱۵/۵	۴/۶۰	۸/۲		



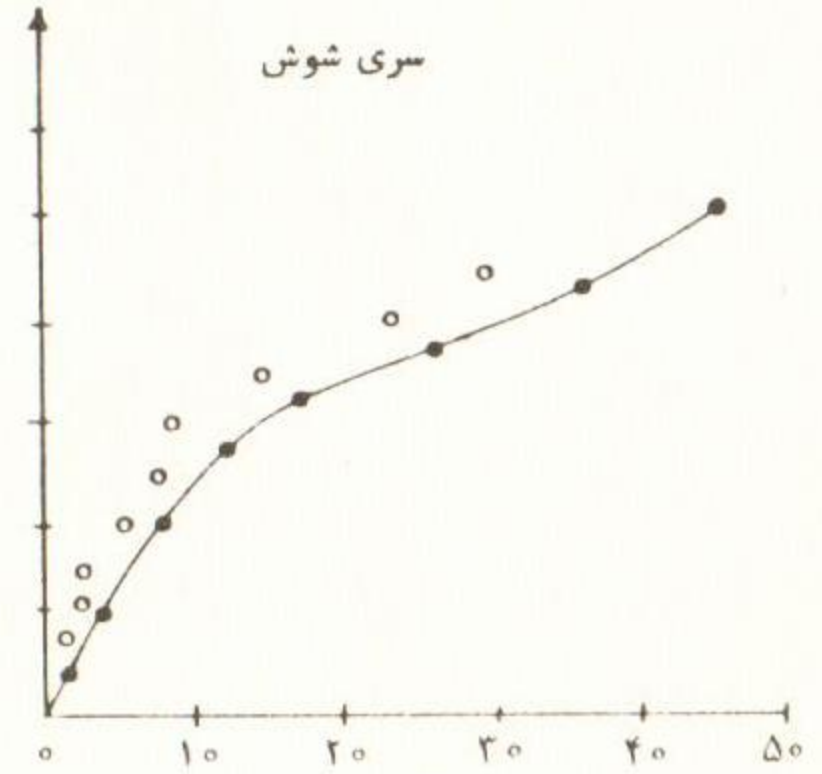
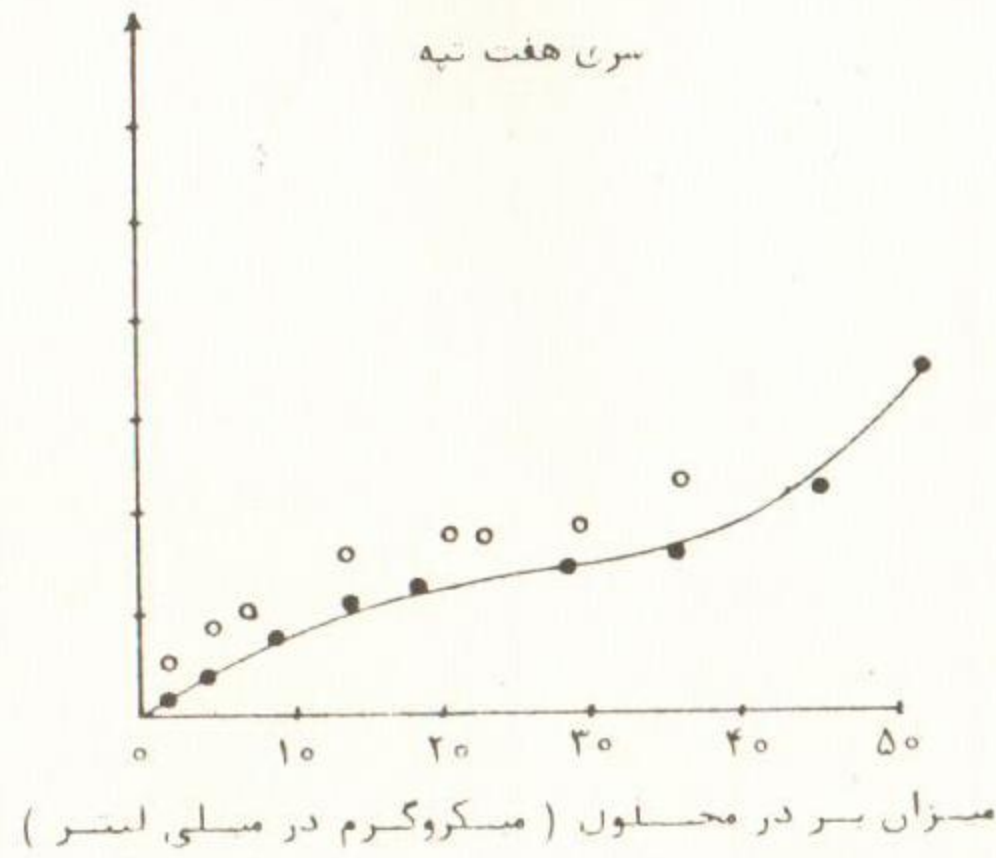
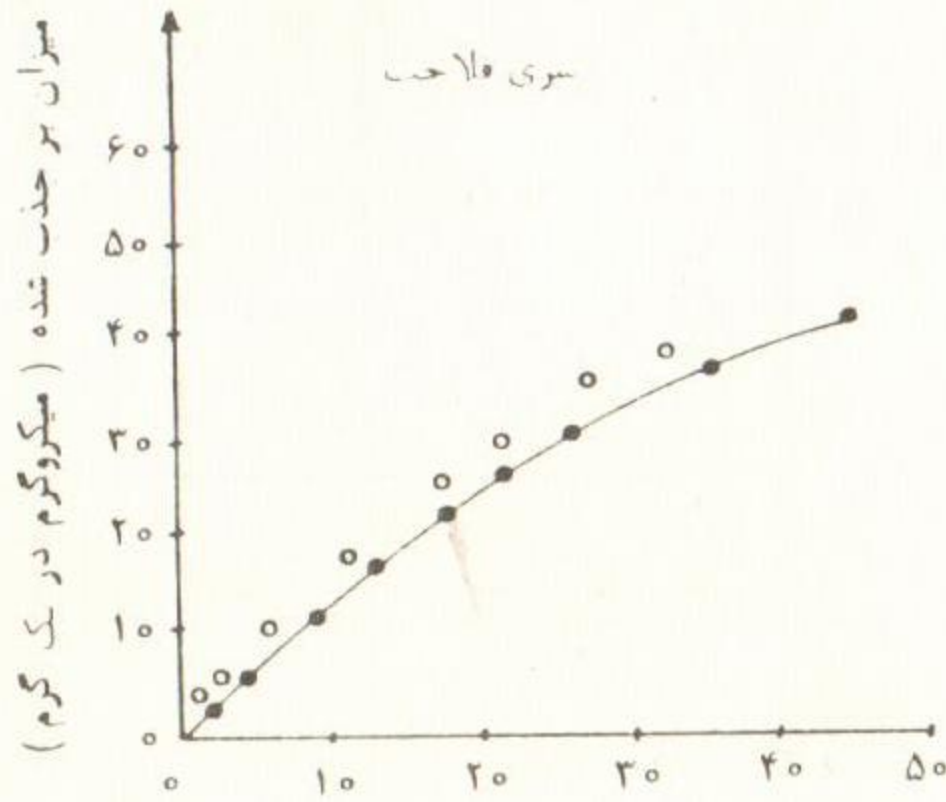
جدول شماره ۳- پارامترهای جذب بر طبق مدل‌های فروندلیخ و لانگ موئیر

سری خاک	مدل لانگ موئیر		مدل فروندلیخ	
	k	b	k	n
فلاحت	۰/۰۱۵	۰۸/۷	۱/۷۶	۱/۱۵
هفت تپه	۰/۰۲۶	۴۲/۴	۱/۴۹	۱/۴۲
شوش	۰/۰۳۵	۸۴/۷	۳/۵۲	۱/۳۳



نمودار شماره ۱ - ایزوترم جذب و آزاد شدن بر در سه سری از خاک های خوزستان

- ● ایزوترم جذب (adsorption)
- ○ ایزوترم آزاد شدن (desorption)

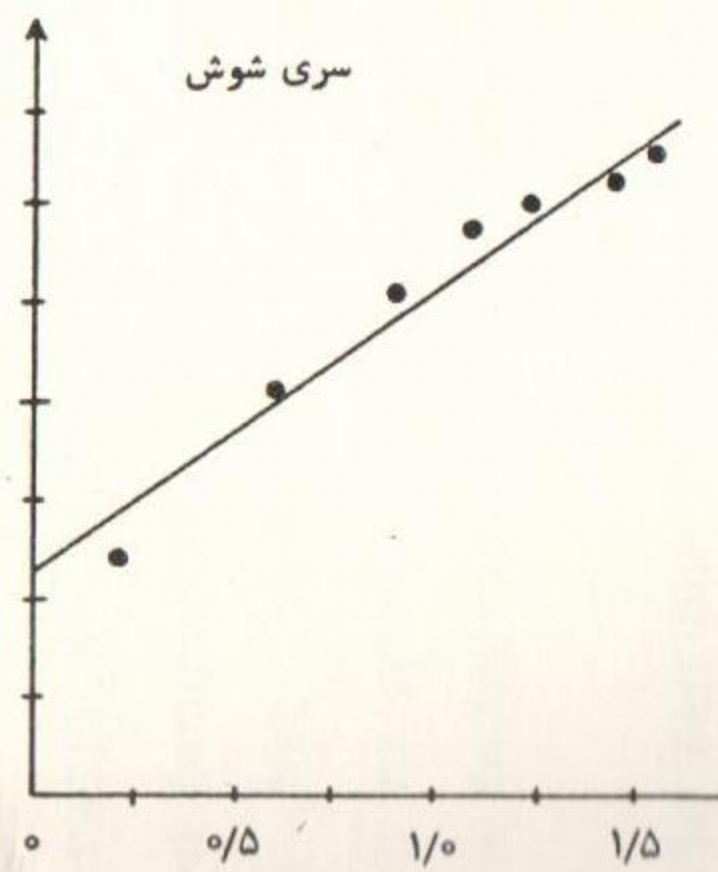
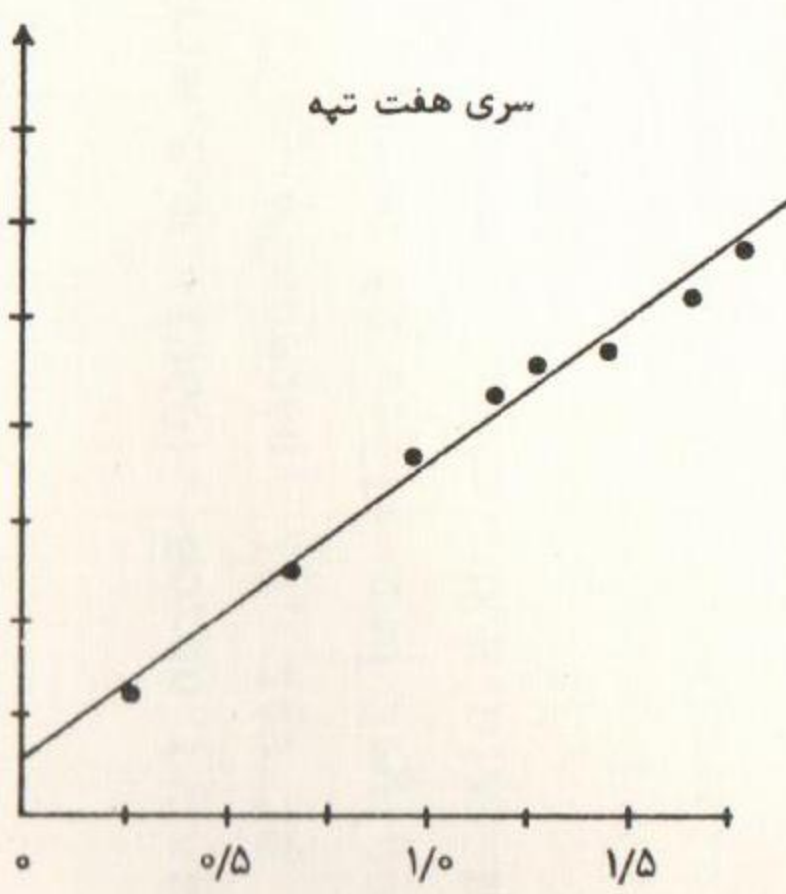
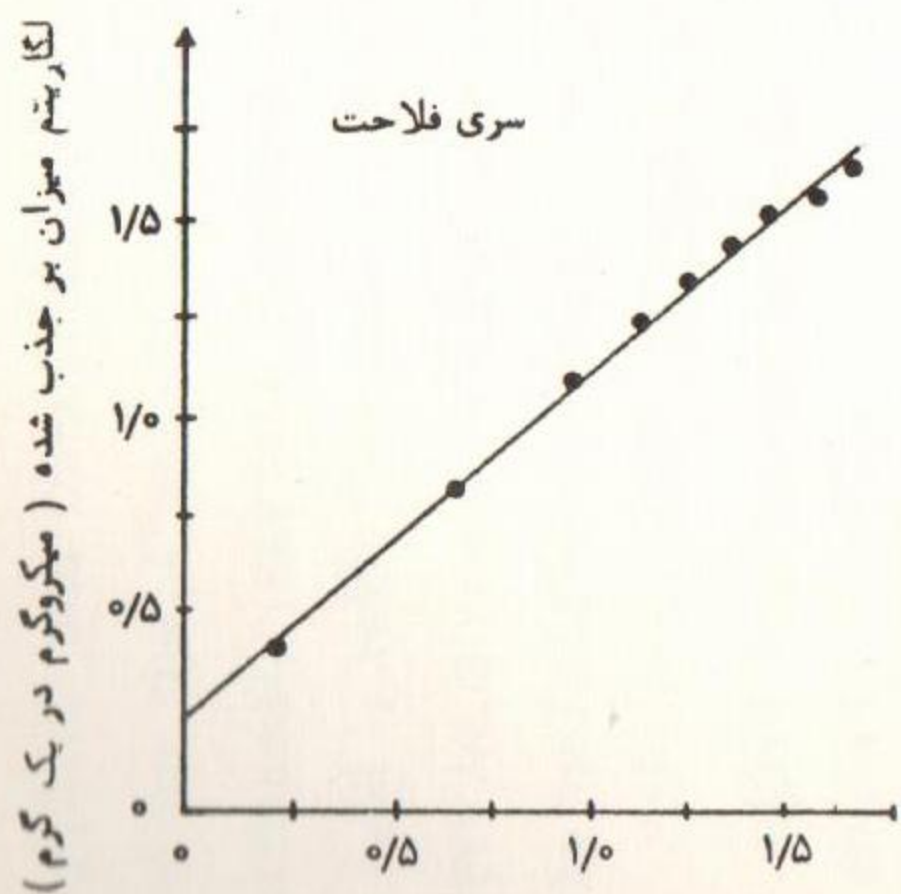




نمودار شماره ۲ - میزان جذب بر در سه سری خاک مختلف برطبق رابطه خطی فروندلیخ

نتایج حاصله از آزمایش

نتایج محاسبه شده از روی مدل فروندلیخ  
و فرمولهای تجربی بدست آمده



لگاریتم غلظت بر در محلول ( میکروگرم در میلی لیتر )



## منابع

1. Askew, H.O and Thompson, R.K.H. (1938). Leaching of applied boron in soil. *N.Z.J.sci.Tech.*, 20, 74-9.
2. Basson, W.D., Bohmer, R.G. and Stanton, D.A. (1969) an automated Procedure for the determination of boron in Plant tissue. *Analyst*, 94, 1135-41
3. Berger, K.C. (1949). Boron in soils and crops. *Adv. Agron.*, I, 321-51
4. Biggar, J.W. and Fireman, M. (1960). Boron adsorption and release by soils. *Soil sci.Soc.Amer.Proc.*, 24, 115-20
5. Couch, E.L. and Grim, E.R. (1968). Boron fixation by illites *Clays and Clay Minerals*, 16, 249-56
6. Eaton, F.M. (1935). *Boron in soils and Irrigated waters and its Effects on Plants*. U.S.D.A. Bull., No.448
7. Griffin, R.A. and Bureau, R.G. (1974). Kinetic and equilibrium studies of boron adsorption from soil. *Soil Sci. Soc.Amer Proc.*, 38, 892-97
8. Hatcher, J.T., Bower, C.A. and Clark, M. (1967). Adsorption of boron by soils as influenced by hydroxy aluminium and surface area. *Soil Sci.*, 104, 422-26
9. Kanwar, J.S. and Singh, S.S. (1961). Boron in normal and saline alkaline soils of the irrigated areas of the Punjab. *Soil Sci.*, 92, 207-11
10. Mazaheri, A. (1976), Preparation and use of Azomethine-H for colorimetric Determination of Boron, *Communications in Soil Sic. & Plant Analysis*, vol, 7, No.3, 331-34



11. Midgley, A.R. and Dunklee, D.E. (1939). The effect of lime on the fixation of borates in soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 4 302-7
12. Parks, R.O. (1944), Possible mechanisms of boron fixation in soil. *Soil Sci.*, 57-405-16
13. Singh, S.S. (1964). Boron adsorption equilibrium in soils. *Soil Sci.*, 98, 383-87
14. Wolf, B. (1971). The determination of boron in soil, Plant materials, composts, manures, water and nutrient solutions. *Soil Sci. and Plant Analysis*, 2, 363-74