

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی -  
خاکشناسی

گرایش شیمی و حاصلخیزی خاک

عنوان پایان نامه

جذب سطحی بور (Boron) روی کائولینایت تابعی  
از غلظت تعادلی، pH و قدرت یونی

نگارنده

مریم آقایی

استاد راهنما

دکتر رسول راهنمایی

بهمن ۱۳۹۰

تایید اعضای هیأت داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

اعضای هیأت داوران نسخه ی نهائی پایان نامه خانم آقای مریم آقایی تحت عنوان : جذب سطحی بور (B) روی کائولینایت تابعی از غلظت های تعادلی، pH، غلظت کائولینایت و قدرت یونی

را از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد پیشنهاد می کنند.

اعضای هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه ی علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر رسول راهنمایی	استاد یار	
۲- استاد مشاور			
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر حسینعلی بهرامی	دانشیار	
۴- اساتید ناظر:			
۱- داخلی	دکتر مهدی همایی	استاد	
۲- داخلی	دکتر حسینعلی بهرامی	دانشیار	
۳- خارجی	دکتر محمد حسین داوودی	استاد یار	

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی  
دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان‌نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجوی مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان‌نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب و یا نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده‌ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده‌ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین‌نامه‌های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته‌ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب مریم آقایی دانشجوی رشته خاکشناسی ورودی سال تحصیلی ۱۳۸۸ مقطع کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته‌های علمی مستخرج از پایان‌نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آیین‌نامه فوق‌الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می‌دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هرگونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله براساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هرگونه اعتراض را از خود سلب نمودم.» امضاء:

تاریخ: ۹۱/۱۱/۲۵



## آیین نامه پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیت های علمی پژوهشی دانشگاه است. بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به دفتر "دفتر نشر آثار علمی" دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:

" کتاب حاضر، حاصل پایان نامه نگارنده در رشته خاکشناسی است که در سال ۱۳۹۰ در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی دکتر رسول راهنمایی از آن دفاع شده است.

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به "دفتر نشر آثار علمی" دانشگاه اهداء کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تادیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت های بهای خسارت، دانشگاه مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند، به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب مریم آقایی دانشجوی رشته خاکشناسی مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: مریم آقایی

تاریخ و امضا:

۹۱ / ۱۱ / ۷



تقدیر و تسکیر:

## « ن وَالْقَلَمِ وَمَا يَسْطُرُونَ »

پس ویتاش هر خدای راجل و جلالت که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تلبان است و انوار حکمت او در دل شرب تار، در نشان. آفریدگاری که یونشمن را به ما شناساند و درهای علم را بر ما کشود و عسری و منجستی عطا فرمود تا بدان، بنده ضعیف بنوش را در طریق علم و معرفت یازماید.

با تقدیر و تسکیر شایسته از استاد فیرینده و فرزانه جناب آقای دکتر باهنرانی که با نکته های دلاویز و گفته های بلند، به راه ما همتا و راه کشای نگارنده در اتمام و اكمال پایان نامه بوده اند.

با تقدیر و تسکیر از استاد ارجمند جناب آقای دکتر بهرامی که به عرفان نمانده می تحریکات تکلیفی و همپندین ناظر داخلی عزت گذارده و در پیشبرد این مهم بنده را یاری نمودند.

با تقدیر و تسکیر از اساتید گرامی جناب آقای دکتر بهایی که به عجز وان ناظر داخلی و جناب آقای دکتر داوودی که به عرفان ناظر خارجی با نظرات عالمانه خود در جهت بهتر شدن این مجله و بنده را یاری نمودند.

با تقدیر و تسکیر از زحمت همه کارخانم طیب زاده کارشناس به ترم آزمایشگاه کارشناسی که در انجام این مهم از چنگاکی درخ نورزیدند.

و در پایان تقدیر و تسکیر از همه دورستان و اسفانی که خالصانه به نوبه هر ادرا به انجام رساندن این مهم یاری نمودند، بوی ایشان از نگاه خداوند متعال آرزوی مفیرت روز افزون رسالت دارم.

و باریاس فراوان از خانواده عزیزم که ارباب آسایش و آراش را برای پیشرفت هرچه بهتر مریمن با تمام توان

فره‌م آوردند و بدن سان اگر قبال باشد:

تقدیرم به:

پدر و مادر عزیز

و

برادران مهربانم

## چکیده

گیاهان بور (B) مورد نیاز برای رشد خود را از محلول خاک تامین می‌کنند. غلظت بور در فاز محلول خاک به-وسیله واکنش‌های جذب سطحی و رهاسازی روی کلوئیدهای آلی و معدنی خاک کنترل می‌شود. از این رو، این واکنش‌ها از دیدگاه کشاورزی و زیست‌محیطی اهمیت بسیار زیادی دارند. کانی‌های رس آلومینوسیلیکاته، گروه مهمی از ذرات کلوئیدی خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک را تشکیل می‌دهند. از این رو در این پژوهش، رفتار جذب سطحی بور روی کانی کائولینایت، به عنوان نماینده‌ای از کانی‌های رس آلومینوسیلیکاته، تابعی از غلظت تعادلی، pH، غلظت کائولینایت، و قدرتیونی مورد بررسی قرار گرفت. همدماهای جذب سطحی بور روی کائولینایت تابعی از غلظت تعادلی در دو pH ۵ و ۸ نشان داد که در محدوده‌ی غلظت تعادلی ۰ تا ۱۵ میلی‌گرم در لیتر جذب سطحی بور با افزایش غلظت آن افزایش می‌یابد و ماکزیمم آن در pH ۸ به تقریباً ۰/۲ میلی‌گرم بر گرم کائولینایت می‌رسد. همدماهای جذب سطحی بور همچنین نشان داد که جذب سطحی بور با افزایش pH تا pH حدود ۹ افزایش می‌یابد و در این pH به حداکثر مقدار می‌رسد. سپس با افزایش مجدد pH مقدار آن تدریجاً کاهش می‌یابد. همچنین داده‌های آزمایشی نشان داد که در غلظت ثابت بور با افزایش غلظت کائولینایت از میزان جذب سطحی بور کاسته می‌شود. علاوه بر این، بررسی مقدار جذب سطحی بور در قدرت‌های یونی مختلف نشان داد که با افزایش قدرتیونی از ۰/۱ به ۰/۵ و ۰/۱ از مقدار جذب سطحی بور کاسته می‌شود. رابطه منفی قدرتیونی با جذب سطحی بور احتمالاً به دلیل اثر قدرتیونی بر رفتار باری کائولینایت و بر توزیع گونه‌های بور در فاز محلول و نیز اثر رقابتی آنیون بورات با آنیون نیترات است. مقایسه ایزوترم‌های جذب سطحی بور روی کائولینایت با جذب سطحی آن در خاک و روی اکسید آهن، کلسایت، و هیومیک اسید نشان داد که pH ماکزیمم جذب سطحی بور روی آنها تقریباً مشابه است، اما میزان جذب سطحی بر واحد وزن آنها بسیار متفاوت (اکسید آهن < هیومیک اسید < کائولینایت < خاک < کلسایت) است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کانی‌های رس



آلومینوسیلیکاته نقش مهمی در جذب سطحی بور در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک ایفا می‌کنند.

**واژه‌های کلیدی:** بور، بورات، جذب سطحی، کانی رس، کائولینایت، قدرتیونی

## فهرست مطالب

### فصل اول

۱-۱ مقدمه ..... ۲

### فصل دوم

۱-۲ عوامل موثر بر جذب سطحی بور در خاک ..... ۶

۱-۱-۲ اثر قدرتیونی بر جذب سطحی بور ..... ۶

۱-۲-۲ اثر pH بر جذب سطحی بور ..... ۸

۱-۲-۳ اثر غلظت تعادلی بر جذب سطحی بور ..... ۹

۱-۲-۴ اثر بافت خاک بر جذب سطحی بور ..... ۹

۱-۲-۵ اثر کانیهای خاک بر جذب سطحی بور ..... ۱۰

۱-۲-۶ اثر مواد آلی ..... ۱۲

### فصل سوم

۱-۳ آماده سازی و بررسی خصوصیات کائولینایت ..... ۱۳

۱-۱-۳ جداسازی ذرات کلوئیدی ..... ۱۳

۱-۱-۳ همگن سازی فاز تبادلی ..... ۱۴

۱-۱-۳ حذف نمک های اضافی ..... ۱۴

۱-۱-۳ حذف کربنات ها و بی کربنات های محلول ..... ۱۴

۱-۱-۳ تعیین خصوصیات کائولینایت ..... ۱۴

۱-۲-۳ آزمایش های جذب سطحی بور ..... ۱۵

۱-۲-۳ همدمای جذب سطحی بور تابعی از غلظت بور ..... ۱۵

۱-۲-۳ همدمای جذب سطحی بور تابعی از pH ..... ۱۶

۱-۲-۳ همدمای جذب سطحی بور تابعی از قدرت یونی .. ۱۶

۱-۲-۳-۴ همدمای جذب سطحی بور تابعی از غلظت

کائولینایت ..... ۱۶

۱-۲-۳ اندازه گیری غلظت بور ..... ۱۷

۱-۲-۳ آنالیز داده های حاصل از آزمایش ..... ۱۷

### فصل چهارم

۱-۴	خصوصیات کائولینایت.....	۱۹
۲-۴	همدمای جذب سطحی بور تابعی از غلظت تعادلی.....	۲۱
۳-۴	همدماهای جذب سطحی بور تابعی از pH.....	۲۲
۴-۴	اثر قدرت یونی بر همدمای جذب سطحی بور تابعی از	
	pH تعادلی.....	۲۵
۵-۴	اثر غلظت کائولینایت بر همدمای جذب سطحی بور	
	تابعی از pH تعادلی.....	۳۱
۶-۴	مقایسه جذب سطحی بور (Boron) روی کانیهای مختلف	
	خاک.....	۳۳

### فصل پنجم

۱-۵	جمع بندی کلی.....	۳۴
۳۵	فهرست منابع.....	

## فهرست جدول‌ها

جدول ۴-۱ مقایسه حداکثر مقدار جذب سطحی بور روی کانیهای مختلف خاک ..... ۳۳

## فهرست شکل‌ها

شکل ۴-۱ همدمای جذب سطحی بور تابعی از غلظت تعادلی بور در دو سطح pH ۵ و ۸، قدرت یونی ۰/۰۱ مولار نیترات سدیم و غلظت ۱۰ گرم در لیتر کائولینایت ..... ۲۲

شکل ۴-۲ جذب سطحی بور تابعی از pH تعادلی در سه غلظت اولیه ۵/۸، ۱۰ و ۱۵ میلی گرم در لیتر بور، قدرت یونی ۰/۰۱ مولار نیترات سدیم و غلظت ۱۰ گرم در لیتر کائولینایت ..... ۲۴

شکل ۴-۳ جذب سطحی بور تابعی از pH تعادلی در سه قدرت یونی ۰/۰۱، ۰/۱ و ۰/۵ مولار نیترات سدیم در غلظت اولیه ۸ میلی گرم در لیتر بور و ۱۰ گرم در لیتر کائولینایت ..... ۲۶

شکل ۴-۴ توزیع گونه های بور محلول تحت تاثیر تغییر pH و غلظت نیترات سدیم ..... ۲۷

شکل ۴-۵ رفتار باری کائولینایت تحت تاثیر pH و قدرت یونی ..... ۲۹

شکل ۴-۶ شکل شماتیک توزیع گونه های سطحی کائولینایت تحت تاثیر pH ..... ۳۰

شکل ۴-۷ جذب سطحی بور تابعی از pH تعادلی در سه غلظت ۵، ۱۰ و ۱۵ گرم در لیتر کائولینایت، قدرت یونی ۰/۰۱ مولار نیترات سدیم و غلظت اولیه ۱۰ میلی گرم در لیتر بور ..... ۳۲

**شکل ۸-۴** نمودار پیش بینی شده مقدار حداکثر جذب سطحی بور (Boron) بر اساس نتایج نمونه خاک های مجیدی (۱۳۸۹) و داده های به دست آمده از جدول ۸-۴..... ۳۴

## فصل اول

مقدمه و هدف

## ۱-۱ مقدمه

بور (B) یکی از عناصر غذایی کم‌مصرف اما ضروری برای رشد گیاهان است. دامنه ضرورت و سمیت بور در گیاه محدود است، به طوری‌که در غلظت‌های نسبی بالای ۰/۱ میلی‌مولار علایم سمیت و در مقادیر پایین‌تر از ۰/۰۲ میلی‌مولار علایم کمبود آن در گیاه مشاهده می‌شود (Adriano, ۱۹۸۶). شکل غالب بور در محلول‌ها، اسید بوریک ( $B(OH)_3$ ) است، که ساختار یک اسید لوویس قوی را دارد (Jun et al., ۱۹۹۵). کمبود بور معمولاً در مناطق با بارندگی زیاد و یا در خاک‌های شنی اتفاق می‌افتد (Goldberg et al., ۲۰۰۰). علائم کمبود بور در بخش‌هایی از باغ‌ها و زمین‌های زراعی در مناطق مختلف ایران نظیر همدان، لرستان، خوزستان، یزد و قزوین مشاهده شده است (خاوازی، ۱۳۸۳ و بلالی و همکاران، ۱۳۷۸). در مقابل، سمیت بور در خاک‌هایی که مواد مادری آن‌ها غنی از بور است و نیز در خاک‌هایی که میزان بور موجود در آب آبیاری آن‌ها بالا است مشاهده می‌گردد (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). سمیت بور، کاهش تولید محصول و بازده اقتصادی را به دنبال دارد (ملکوتی و کشاورز، ۱۳۸۴). علائم سمیت بور در بخش‌هایی از مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور نظیر اردکان، جهرم، جیرفت و نیز در مناطق نسبتاً خشک آذربایجان غربی گزارش شده است (کشاورز و ملکوتی، ۱۳۸۲؛ مجیدی و ملکوتی، ۱۳۸۶).

بور (B) در خاک عمدتاً به شکل بورات سدیم (بوراکس) و بورات کلسیم (تورمالین) وجود دارد. گیاهان بور مورد نیاز خود را از محلول خاک که با بور موجود در فاز جامد (بور موجود در کانی‌ها و بور جذب سطحی شده) در تعادل

است، جذب می‌کنند. بورات‌های کلسیم به دلیل مقاومت بالای آن‌ها در برابر هوازدگی‌های فیزیکی و شیمیایی از حلالیت کمی برخوردار هستند. در مقابل بورات‌های سدیم در آب بسیار محلول می‌باشند. بنابراین می‌توان گفت که کانی‌های حاوی بور یا خیلی نامحلول یا خیلی محلول هستند. بدین ترتیب نقش مهمی در تنظیم غلظت بور در محلول خاک ایفا نمی‌کنند. در واقع، واکنش‌های جذب سطحی و رهاسازی غلظت بور در محلول خاک را کنترل می‌کنند و بدین گونه رشد گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Goldberg, ۱۹۹۷).

هنگامی که کانی‌های حاوی بور در خاک حل می‌شوند اسیدبوریک آزاد می‌شود که بین فازهای جامد و محلول خاک توزیع می‌شود. بور محلول در آب به سرعت توسط گیاه جذب می‌شود. در حالی که بور جذب سطحی شده، منبع نسبتاً دراز مدت بور در خاک است و با توجه به تغییر غلظت بور محلول، بور را به محلول خاک رها یا از آن جذب می‌کند (Keren and Bar-Yosef, ۱۹۸۱; Goldberg, ۱۹۹۹a).

کلوئیدهای خاک مکان‌های مناسبی برای جذب سطحی مولکول‌ها و یون‌های موجود در محلول خاک از جمله بور می‌باشند. این کلوئیدها از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی با یکدیگر تفاوت زیادی دارند. لیکن بیشتر آن‌ها دارای سطوحی با بار منفی هستند. مقدار بار مثبت روی سطوح ذرات خاک بسیار کمتر است که این مقدار نیز با تغییر اسیدیته خاک دچار تغییر می‌شود (Bolt, ۱۹۸۲).

ذرات خاک را می‌توان در چهار گروه اکسیدها و هیدروکسیدهای آزاد، مواد آلی، کربنات‌ها و کانی‌های رسی دسته‌بندی کرد. اکسیدها و هیدروکسیدهای خاک به طور عمده



داراي بار وابسته به pH هستند که اغلب به دليل بالا بودن PZC اين ذرات نسبت به pH معمول خاک معمولاً داراي بار سطحي مثبت مي‌باشند. اين امر اهميت اين کلويدها را در جذب سطحي آنيون‌ها بيان مي‌کند (Goldberg et al., ۱۹۹۳). کربنات‌ها به ميزان زيادي در خاک‌هاي آهکي حضور دارند. کلسايت کاني غالب اين خاک‌ها است و مي‌تواند از طريق جذب- سطحي بور بر ميزان بور موجود در محلول خاک تاثير بگذارد. البته ميزان بور جذب سطحي شده توسط کربنات‌ها به دليل پايين بودن سطح فعال آن‌ها در مقايسه با اکسيدها و هيدروکسيدها بسيار کمتر مي‌باشد (Kosmulski, ۲۰۰۹). مواد آلي به دليل داشتن گروه‌هاي فعال بسيار در سطح خود و نيز ميل ترکيبي بالا براي واکنش با يون‌ها و مولکول‌هاي موجود در محلول خاک، از جمله بور، نقش بسزايي در واکنش‌هاي جذب سطحي دارند. ليکن، به دليل کمي مقدار مواد آلي در خاک‌هاي مناطق خشک و نيمه‌خشک، نقش چندانتي در جذب سطحي بور ندارند (Elrashidi and O connor, ۱۹۸۲). کانيه‌هاي رسي، گروه مهم ديگري از ذرات کلويدي هستند که در خاک‌هاي مناطق خشک و نيمه‌خشک از جمله اکثر مناطق کشورمان به وفور يافت مي‌شوند. بار سطحي کانيه‌هاي رسي عمدتاً منفي و ناشي از جايگزيني همشکل است. مقدار بار وابسته به pH در کانيه‌هاي رسي بسيار کم مي‌باشد (Bohn, ۲۰۰۱; McNeal et al., ۱۹۸۵). مقدار جذب سطحي بور علاوه بر مقدار اکسيدها و هيدروکسيدها، کربنات‌ها، مواد آلي خاک و مينرالوژي رس‌هاي خاک، تحت تاثير عوامل ديگري نظير pH محلول خاک، غلظت بور در فاز محلول، غلظت املاح موجود در محلول خاک، غلظت ماده ي جاذب و ... نيز قرار دارد. بنابراین با توجه به آنچه

گفته شد و نیز با توجه به اهمیت واکنش‌های جذب سطحی و رهاسازی از دیدگاه کشاورزی و زیست محیطی و نقش آن‌ها در تغذیه‌ی بهینه گیاهی، در این پژوهش، رفتار جذب سطحی بور روی کانی کائولینایت، به عنوان نماینده‌ای از کانیهای رس آلومینوسیلیکاته، تابعی از غلظت تعادلی، pH، غلظت کائولینایت و قدرتیونی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

## فصل دوم

مروري بر مطالعات انجام شده

گیاهان بور (B) مورد نیاز برای رشد خود را از محلول خاک تامین می‌کنند. غلظت بور در فاز محلول خاک به وسیله واکنش‌های جذب سطحی و رهاسازی روی کلوییدهای آلی و معدنی خاک کنترل می‌شود. علاوه بر این، واکنش‌پذیری و پویایی بور در محلول خاک تحت تاثیر عوامل مختلفی چون pH محلول خاک، غلظت املاح موجود در محلول خاک، بافت و مینرالوژی خاک، رطوبت خاک، دمای خاک و ... قرار دارد. در این فصل، به مطالعات گوناگونی که در زمینه جذب سطحی بور (B) روی خاک و اجزای آن مانند کانی‌های رسی و اکسیدهای آمورف و کریستالی آهن و آلومینیوم و ... تحت تاثیر عوامل مذکور صورت گرفته است، اشاره خواهد شد.

## ۱-۲ عوامل موثر بر جذب سطحی بور در خاک

### ۱-۱-۲ اثر قدرت‌یونی بر جذب سطحی بور

اثر قدرت‌یونی بر جذب سطحی بور روی خاک و سایر اجزای آن توسط محققان بسیاری مورد مطالعه قرار گرفته است (Goldberg, ۲۰۰۵; Keren and Sparks, ۱۹۹۴; et al., ۱۹۹۳). این مطالعات نشان می‌دهد که با تغییر خصوصیات چگون نوع کانی، نوع الکترولیت و اسیدیته محلول، اثر قدرت‌یونی بر جذب سطحی بور متفاوت می‌باشد. در این ارتباط، مطالعاتی که روی کانی بدون بار پیروفیلایت صورت گرفته حاکی از آن است که با افزایش قدرت‌یونی محلول، جذب سطحی بور افزایش می‌یابد (Spark and Keren, ۱۹۹۴). همچنین Keren و O Connor (۱۹۸۲) با بررسی اثر قدرت یونی محلول بر جذب سطحی بور توسط کانی مونت-موریلونایت، شاهد افزایش چشمگیر میزان جذب سطحی بور با افزایش قدرت‌یونی محلول بوده‌اند. مطالعه جذب سطحی بور