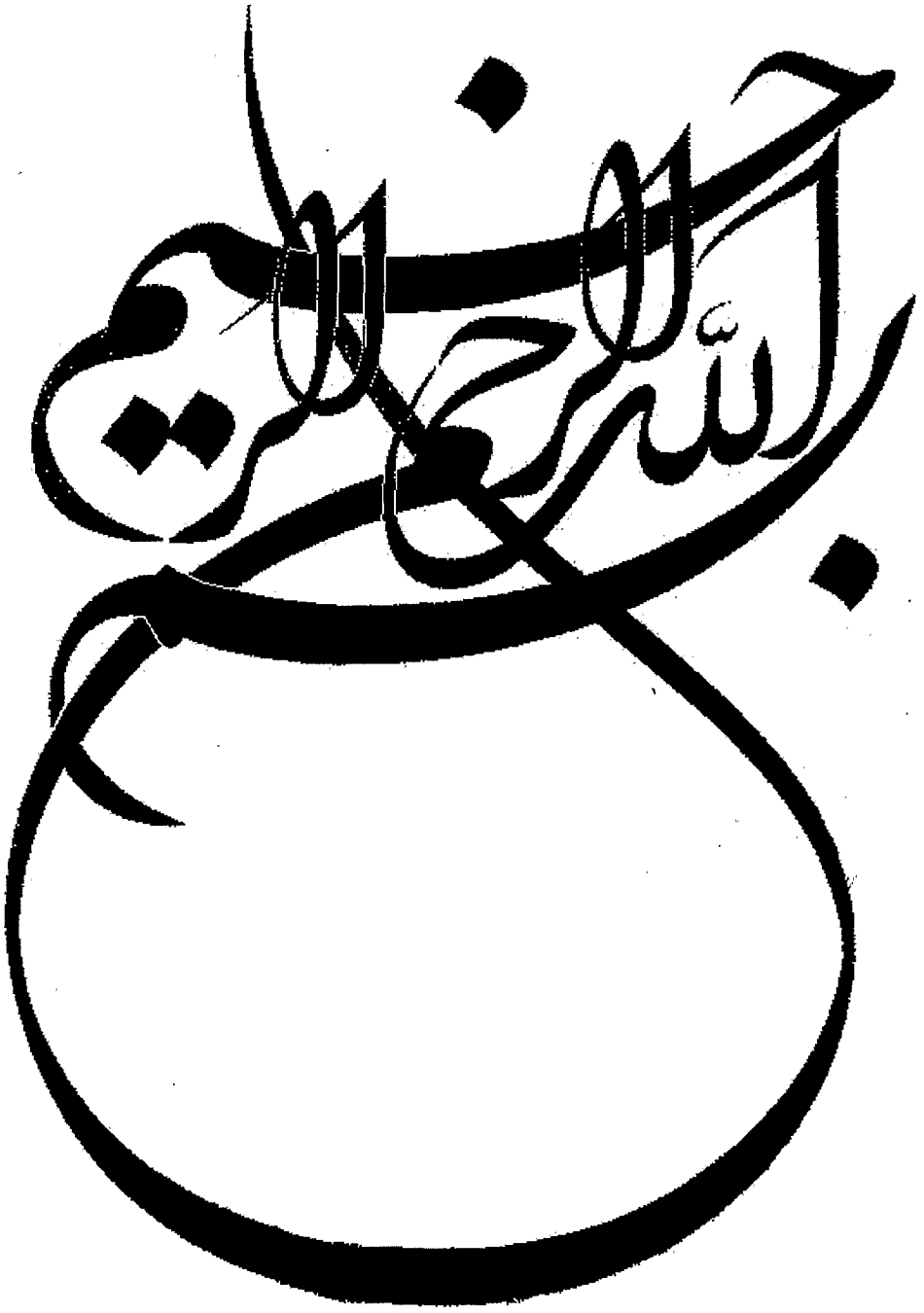


١٣٨٥٣٨

دانشگاه ارومیه

دانشکده کشاورزی

گروه مهندسی علوم خاک

پایان‌نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته علوم خاک

مطالعه‌ی رفتار اسیدهای آلی در جذب و واجذبی عناصر آهن، روی، مس و منگنز در خاک‌های اسیدی و آهکی

بهناز دره‌قایدی

اساتید راهنما:

دکتر میرحسن رسولی صدقیانی

دکتر حبیب خداوردی‌لو

۱۳۸۹/۲/۸

واحد اطلاعات مدارک علمی

اردیبهشت ۱۳۸۹

۱۳۸۵۳۸

پایان نامه خانم بهناز دره قایدی به تاریخ ۸۹/۲/۲۹ به شماره ۱۳۷-۲ک مورد پذیرش هیات محترم داوران با رتبه عالی و نمره ۱۹/- قرار گرفت.

۱-استاد راهنمای اول و رئیس هیئت داوران : دکتر [illegible]

۲-استاد راهنمای دوم: دکتر [illegible]

۳-استاد مشاور : —

٤-داور خارجی : دکتر [illegible]

٥-داور داخلی : دکتر [illegible]

٦- نماینده تحصیلات تکمیلی : دکتر [illegible]

حق طبع و نشر این رساله متعلق به دانشگاه ارومیه است.

پنجه مریم رسته در شکاف صخره ای، این همه رنگ از کجا آورده ای تا بشکوفی، قطره قطره شکوفه از سر صخره ها گرد آورده ام، از گلبرگ های سرخ دستمالی بافته ام تا آفتاب هدیه کنم.

تقدیم به

مهربان پدرم و نازنین مادرم

دو بیکران بی همتا، دو زلال اندیش، دو سرو قامتی که گوهر وجودشان، نسیم کلامشان و باران رحمتشان را همواره بی هیچ منت و ادعا مرهمی نمودند بر خستگی هایم، آنان که راستی قامتم در شکستگی قامتشان تجلی یافت و تقنوس جوانیشان به پای روشنایی حیات من سوخت. در برابر وجود گرانمایشان زانوی ادب بر زمین می نهم و با دلی مملو از عشق و محبت بر دستان پر مهرشان بوسه می زنم.

و تقدیم به

سه برادر عزیزم بهزاد، بهنام و بهروز ستاره هایی که عاشقانه دوستشان دارم

آنانکه سرچشمه گنجکاوی سال های کودکی ام بودند

و مهرشان بنایی شد برای تلاش پرشورم در کسب دانش

آنانکه شکوه نگرششان هنوز سراپای وجودم را فراگرفته

مهرشان همواره در دلم گرامی و مقدس است

تقدیر و تشکر

هر روز صبح با نام تو آغاز می شود، تویی که وقتی پلک باز می کنی زندگی جریان می یابد. انگار تو زودتر از همه بیدار می شوی و به ماه و ستاره ها می گویی که وقت خواب است. خورشید را بیدار می کنی که بدرخشد، به پرنده ها می سپاری که شعر بخوانند و به نسیم نهیب می زنی که آرام از کوچه های دل بگذرد.

خداوند بزرگ را سپاس که نقش علم بر دفتر اندیشه ام کشیده و چشمه سار زلال دانش و معرفت را ارزانی ام داشته و باران رحمت بی دریغش به کویر زندگی ام طراوت و شادابی بخشیده است.

اکنون در آستانه راهی نو به پاس نعمات بی حد پروردگارم، بر خود لازم می دانم سپاسگزار تمام عزیزانی باشم که در برابر سختی ها و ناملایمات روزگار یاریم نمودند.

آنانکه تا این مرحله از زندگانیم همواره مدیون لطف و مهربانی شان بوده ام، کسانی جز پدر و مادر عزیزم نیستند، امیدوارم بتوانم ذره ای از لطفشان را جبران نمایم.

تشکر و قدردانی فراوان از برادران عزیزم بهزاد، بهنام، بهروز، فرزاد و خانم ها مریم صفوران، لیلا پورحاجب و گلاله میرکی که محبت های بی دریغ شان همواره گرمی بخش زندگی ام بوده است.

سپاس فراوان از اساتید عزیزم جناب آقای دکتر محمدرضا نیشابوری و جناب آقای دکتر شاهین اوستان که لذت دانستن را در درونم بنا نهادند.

سپاس فراوان از استاد راهنمای بزرگوارم جناب آقای دکتر میرحسن رسولی صدقیانی که با صبر و شکیبایی فراوان سختی ها و مشکلات را برایم هموار کردند و در محضرشان درس علم و ادب آموختم، خدای بزرگ یار و پشتیبانشان باشد.

تشکر و قدردانی فراوان از جناب آقای دکتر حبیب خداوردی لو استاد راهنمای دوم که در اجرای این پایان نامه از بار علمیشان استفاده های زیادی نمودم.

از استاد ارجمند جناب آقای دکتر عباس حسنی (داور خارجی) به پاس قبول زحمت داوری و مطالعه متن پایان نامه و ارائه پیشنهادات ارزشمندشان کمال تقدیر و تشکر را دارم، همچنین از جناب آقای دکتر عباس صمدی (داور داخلی) که زحمت تصحیح و داوری این پایان نامه را برعهده داشتند، تشکر می کنم و از مساعدت و لطف نماینده تحصیلات تکمیلی، جناب آقای دکتر ایرج برنوسی سپاسگزاری می نمایم.

تشکر ویژه از جناب آقای دکتر بهنام دولتی که در اجرای این پایان نامه از دانسته هایشان استفاده نمودم.

همچنین از جناب آقای دکتر محسن برین به خاطر همکاری و مساعدتشان قدردانی می کنم.

از تکنسین محترم آزمایشگاه گروه خاکشناسی، به خاطر همکاری و مساعدتشان، جناب آقای یحیی حصیرچی سپاسگذاری می کنم.

از دوستان عزیزم: سمیه سید شربتی، دکتر معصومه مختارپور، مرضیه شریفیانا، مهندس فاطمه حاجی حیدری، مهندس لیلا عزیزالهی، دکتر سمیرا رهرویی، مهندس آزاده مختارپور، مهندس آرزو مختارپور، رضوان زاغیان، مهندس لیلا اشرفی، مهندس شهلا حاجی زاده، مهندس ندا مرادی، مهندس رقیه حمزه نژاد، مهندس شیوا حاجی زاده، مهندس مریم خلقی، زیبا اسعدی گلزار، مهندس محبوبه عبداللهی، فهیمه اطهری، فاطمه زارعی، مهندس رضا مختارپور، رونک محمدی، ستاره گرجی، سمیه شعبان صیمانه تشکر کرده و بهترین آرزوها را برایشان دارم.

و در پایان از کلیه دوستان و عزیزانی که نامشان از قلم افتاده و در مراحل مختلف مرا یاری و همراهی نمودند نهایت تشکر و قدردانی را دارم و امیدوارم که در تمام مراحل زندگیشان همواره موفق باشند.

بهناز دره قایدی

بهار ۸۹

فهرست مطالب

چکیده I

مقدمه ۱

کلیّات و بررسی منابع

۲-۱- روی ۷

۲-۱-۱- روی در خاک ۷

۲-۱-۲- روی در گیاه ۸

۲-۲- آهن ۱۰

۲-۲-۱- آهن در خاک ۱۰

۲-۲-۲- آهن در گیاه ۱۰

۲-۳- منگنز ۱۱

۲-۳-۱- منگنز در خاک ۱۱

۲-۳-۲- منگنز در گیاه ۱۲

۲-٤- مس ۱۳

۲-٤-۱- مس در خاک ۱۳

۲-٤-۲- مس در گیاه ۱٤

۲-۵- اسیدهای آلی ۱۵

۲-۵-۱- اسیدهای آلی در خاک ۱۹

۲-۵-۱-۱- ترشح اسیدهای آلی از گیاهان در خاک های آهکی و اسیدی ۱۹

۲-۵-۱-۲- اسیدهای آلی موجود در محلول خاک ۲۰

۲-۵-۱-۳- اسیدهای آلی و کمپلکس‌های فلزی در محلول خاک ۲۰

۲-۵-۲- مطالعات نظری ۲۲

۲-۵-۳- گیاهان و اسیدهای آلی ۲۳

۲-۵-۳-۱- عملکرد آنیون‌های آلی مترشحه به وسیله‌ی ریشه‌ها ۲٦

۲-۵-۳-۲- اسیدهای آلی در ریزوسفر ۲٦

۲-۵-٤- اسیدهای آلی و کمبود عناصر غذایی ۲۷

۲-۵-۵- کسب عناصر غذایی و فلزات سنگین..... ۲۹
۲-٦- هم‌دماهای جذب..... ۳۰

مواد و روش‌ها

۳-۱- خاک های مورد مطالعه..... ۳٤
۳-۲- تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک‌ها..... ۳٤
۳-۲-۱- بافت خاک..... ۳٤
۳-۲-۲- pH خاک..... ۳۵
۳-۲-۳- کربن آلی (OC)..... ۳۵
۳-۲-٤- کربنات کلسیم معادل (CCE)..... ۳٦
۳-۲-۵- ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (CEC)..... ۳٦
۳-۲-٦- مقدار قابل جذب عناصر Fe، Cu، Zn و Mn ۳۷
۳-۳- همدماهای جذب عناصر Fe، Cu، Zn و Mn ۳۷
۳-۳-۱- سیستم "خاک- آب- فلز"..... ۳۷
۳-۳-۲- سیستم "خاک- آب- اسید آلی- فلز"..... ۳۹
۳-۳-۳- سیستم "خاک- آب- گیاه- فلز"..... ۳۹
۳-٤- کمّی‌سازی فرآیندهای جذب و واجذب فلزات..... ٤۰

نتایج و بحث

٤-۱- ویژگی های عمومی خاک..... ٤۲
٤-۱-۱- بافت خاک..... ٤۲
٤-۱-۲- pH خاک..... ٤۲
٤-۱-۳- مواد آلی (OM)..... ٤۳
٤-۱-٤- ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)..... ٤۳
٤-۱-۵- کربنات کلسیم معادل خاک (CCE)..... ٤۳
٤-۱-٦- غلظت عناصر Fe، Cu، Zn و Mn در خاک‌ها..... ٤۳
٤-۲- جذب و واجذبی فلزات در خاک‌های اسیدی و آهکی در سیستم "خاک-آب-فلز"..... ٤٤
٤-۲-۱- پارامترهای معادلات جذب فلزات و منحنی‌های جذب..... ٤٤
٤-۲-۲- نامتحرک‌سازی فلزات در خاک‌های اسیدی و آهکی..... ۵۰
٤-۳- تاثیر افزایش مصنوعی اسیدهای آلی بر جذب و واجذبی فلزات در خاک‌های اسیدی و آهکی..... ۵٤

٤-٣-١- پارامترهای معادلات جذب فلزات و منحنی‌های جذب ٥٤
٤-٣-١-١- منگنز ٥٤
٤-٣-١-٢- آهن ٥٦
٤-٣-١-٣- مس ٥٩
٤-٣-١-٤- روی ٦٠
٤-٣-٢- نامتحرک‌سازی فلزات در خاک‌های اسیدی و آهکی در حضور اسیدهای آلی ٦٢
٤-٣-٢-١- منگنز ٦٢
٤-٣-٢-٢- آهن ٦٤
٤-٣-٢-٣- مس ٦٦
٤-٣-٢-٤- روی ٦٨
٤-٤- جذب و واجذبی فلزات در خاک‌های اسیدی و آهکی در حضور گیاه ٧٢
٤-٤-١-پارامترهای معادلات جذب فلزات و منحنی‌های جذب ٧٢
٤-٤-١-١- منگنز ٧٢
٤-٤-١-٢- آهن ٧٥
٤-٤-١-٢- مس ٧٧
٤-٤-١-٢- روی ٨٠

٥- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

٥-١- نتیجه‌گیری ٨٤
٥-٢- پیشنهادات ٨٥

منابع ٨٦

پیوست

چکیده انگلیسی

فهرست جدول‌ها

جدول ۲-۱- ثابت پایداری کمپلکس‌های (فلز – اسید آلی)..... ۲۱

جدول ٤-۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های آهکی و اسیدی..... ٤٤

جدول ٤-۲- مقادیر پارامترهای جذب منگنز مربوط به معادله‌ی فروندلیچ در خاک‌های مورد مطالعه در حضور اسیدهای آلی مختلف..... ٤٥

جدول ٤-۳- مقادیر پارامترهای جذب آهن مربوط به معادله‌ی فروندلیچ در خاک‌های مورد مطالعه در حضور اسیدهای آلی مختلف..... ٤٧

جدول ٤-٤- مقادیر پارامترهای جذب مس مربوط به معادله‌ی فروندلیچ در خاک‌های مورد مطالعه در حضور اسیدهای آلی مختلف..... ٤٨

جدول ٤-٥- مقادیر پارامترهای جذب روی مربوط به معادله‌ی فروندلیچ در خاک‌های مورد مطالعه در حضور اسیدهای آلی مختلف..... ٤٨

جدول ٤-٦- میانگین درصد نامتحرک‌سازی منگنز در حضور اسیدهای آلی در خاک‌های آهکی و اسیدی..... ٥٢

جدول ٤-۷- میانگین درصد نامتحرک‌سازی آهن در خاک‌های آهکی و اسیدی..... ٥٢

جدول ٤-۸- میانگین درصد نامتحرک‌سازی مس در حضور اسیدهای آلی در خاک‌های آهکی و اسیدی..... ٥٢

جدول ٤-۹- میانگین درصد نامتحرک‌سازی روی در حضور اسیدهای آلی در خاک‌های آهکی و اسیدی..... ٥٣

جدول ٤-۱۰- مقایسه‌ی جفتی تاثیر اسیدهای آلی بر پارامتر a معادله‌ی فروندلیچ برای داده‌های جذب منگنز در خاک‌های آهکی و اسیدی..... ٥٥

جدول ٤-۱۱- مقایسه‌ی جفتی تاثیر اسیدهای آلی بر پارامتر n معادله‌ی فروندلیچ برای داده‌های جذب منگنز در خاک‌های آهکی و اسیدی..... ٥٥

جدول ٤-۱۲- مقایسه‌ی جفتی تاثیر اسیدهای آلی بر پارامتر a معادله‌ی فروندلیچ برای داده‌های جذب آهن در خاک‌های آهکی و اسیدی..... ٥٧

جدول ٤-۱۳ مقایسه‌ی جفتی تاثیر اسیدهای آلی بر پارامتر n معادله‌ی فروندلیچ برای داده‌های جذب آهن در خاک‌های آهکی و اسیدی..... ٥٨

جدول ٤-۱٤- مقایسه‌ی جفتی تاثیر اسیدهای آلی بر پارامتر a معادله‌ی فروندلیچ برای داده‌های جذب مس در خاک‌های آهکی و اسیدی..... ٥٩

جدول ٤-١٥- مقایسه‌ی جفتی.تاثیر اسیدهای آلی بر پارامتر n معادله‌ی فروندلیچ برای داده‌های جذب مس در خاک‌های آهکی و اسیدی..... ٦٠
جدول ٤-١٦- مقایسه‌ی جفتی تاثیر اسیدهای آلی بر پارامتر a معادله‌ی فروندلیچ برای داده‌های جذب روی در خاک‌های آهکی و اسیدی..... ٦١
جدول ٤-١٧- مقایسه‌ی جفتی تاثیر اسیدهای آلی بر پارامتر n معادله‌ی فروندلیچ برای داده‌های جذب روی در خاک‌های آهکی و اسیدی..... ٦١
جدول ٤-١٨- مقایسه‌ی جفتی تاثیر اسیدهای آلی بر درصد نامتحرک‌سازی منگنز..... ٦٣
جدول ٤-١٩- مقایسه‌ی جفتی تاثیر اسیدهای آلی بر درصد نامتحرک‌سازی آهن..... ٦٥
جدول ٤-٢٠- مقایسه‌ی جفتی تاثیر اسیدهای آلی بر درصد نامتحرک‌سازی مس..... ٦٧
جدول ٤-٢١- مقایسه‌ی جفتی تاثیر اسیدهای آلی بر درصد نامتحرک‌سازی روی..... ٦٩
جدول ٤-٢٢- نتایج مقایسه‌ی جفتی تاثیر ریزوسفر بر پارامترهای معادله‌ی فروندلیچ منگنز در سیستم "خاک-آب-گیاه-فلز"..... ٧٣
جدول ٤-٢٣- نتایج مقایسه‌ی جفتی تاثیر ریزوسفر بر نامتحرک‌سازی منگنز در سیستم "خاک-آب-گیاه-فلز"..... ٧٣
جدول ٤-٢٤- مقادیر پارامترهای جذب منگنز مربوط به معادله‌ی فروندلیچ در سیستم "خاک-آب-گیاه-فلز"..... ٧٣
جدول ٤-٢٥- نتایج مقایسه‌ی جفتی تاثیر ریزوسفر بر پارامترهای معادله‌ی فروندلیچ آهن در سیستم "خاک-آب-گیاه-فلز"..... ٧٦
جدول ٤-٢٦- نتایج مقایسه‌ی جفتی تاثیر ریزوسفر بر نامتحرک‌سازی آهن در سیستم "خاک-آب-گیاه-فلز"..... ٧٦
جدول ٤-٢٧- مقادیر پارامترهای جذب آهن مربوط به معادله‌ی فروندلیچ در سیستم "خاک-آب-گیاه-فلز"..... ٧٦
جدول ٤-٢٨- نتایج مقایسه‌ی جفتی تاثیر ریزوسفر بر پارامترهای معادله‌ی فروندلیچ مس در سیستم "خاک-آب-گیاه-فلز"..... ٧٨
جدول ٤-٢٩- نتایج مقایسه‌ی جفتی تاثیر ریزوسفر بر نامتحرک سازی مس در سیستم "خاک-آب-گیاه-فلز"..... ٧٨
جدول ٤-٣٠- مقادیر پارامترهای جذب مس مربوط به معادله‌ی فروندلیچ در سیستم "خاک-آب-گیاه-فلز"..... ٧٨
جدول ٤-٣١- نتایج مقایسه‌ی جفتی تاثیر اسیدهای آلی بر پارامترهای معادله‌ی فروندلیچ روی در سیستم "خاک-آب-گیاه-فلز"..... ٨١

جدول ٤-٣٢- نتایج مقایسه‌ی جفتی تاثیر اسیدهای آلی بر نامتحرک‌سازی روی در سیستم"خاک-آب-گیاه-فلز"..... ٨١
جدول ٤-٣٣- مقادیر پارامترهای جذب روی مربوط به معادله‌ی فروندلیچ در سیستم"خاک-آب-گیاه-فلز"..... ٨١

فهرست شکل‌ها

شکل ۲-۱- توانایی سه اسید آلی در تشکیل کمپلکس‌های پایدار با Fe^{3+} به عنوان تابعی از pH ۲۲

شکل ۲- ۲- نمایی از دو مسیر اصلی ترشح اسید آلی از سیتوپلاسم ریشه به محلول خاک..... ۲٤

شکل ۲-۳- نمایی از روابط اصلی اسیدهای آلی در خاک..... ۲۵

شکل ۲-٤- نقش اسیدهای آلی در جذب آهن (Fe) از ریشه گیاهان دولپه‌ای..... ۲۸

شکل ٤-۱- منحنی‌های جذب فلزات در خاک‌های اسیدی و آهکی در سیستم "خاک-آب-فلز"..... ٤۹

شکل ٤-۲- منحنی‌های جذب فلزات در حضور اسیدهای آلی در خاک‌های آهکی و اسیدی در سیستم "خاک-آب-فلز"..... ۵۱

شکل ٤-۳- میانگین درصد نامتحرک‌سازی فلزات در خاک‌های اسیدی و آهکی در سیستم "خاک-آب-فلز"..... ۵۳

شکل ٤-٤- منحنی‌های جذب منگنز در حضور اسیدهای آلی در خاک‌های آهکی و اسیدی..... ۵٦

شکل ٤-۵- منحنی‌های جذب آهن در حضور اسیدهای آلی در خاک‌های آهکی و اسیدی..... ۵۸

شکل ٤-٦- منحنی‌های جذب مس در حضور اسیدهای آلی در خاک‌های آهکی و اسیدی..... ٦۰

شکل ٤-۷- منحنی‌های جذب روی در حضور اسیدهای آلی در خاک‌های آهکی و اسیدی..... ٦۲

شکل ٤-۸- منحنی‌های جذب منگنز در خاک‌های آهکی و اسیدی در سیستم "خاک-آب-فلز-گیاه"..... ۷٤

شکل ٤-۹- مقایسه‌ی منحنی‌های جذب منگنز در حضور اسیدهای آلی و گیاه..... ۷٤

شکل ٤-۱۰- منحنی‌های جذب آهن در خاک‌های آهکی و اسیدی در سیستم "خاک-آب-فلز-گیاه"..... ۷٦

شکل ٤-۱۱- مقایسه‌ی منحنی‌های جذب آهن در حضور اسیدهای آلی و گیاه..... ۷۷

شکل ٤-۱۲- منحنی‌های جذب مس در خاک‌های آهکی و اسیدی در سیستم "خاک-آب-فلز-گیاه"..... ۷۹

شکل ٤-۱۳- مقایسه‌ی منحنی‌های جذب مس در حضور اسیدهای آلی و گیاه..... ۷۹

شکل ٤-۱٤- منحنی‌های جذب روی در خاک‌های آهکی و اسیدی در سیستم "خاک-آب-فلز-گیاه"..... ۸۱

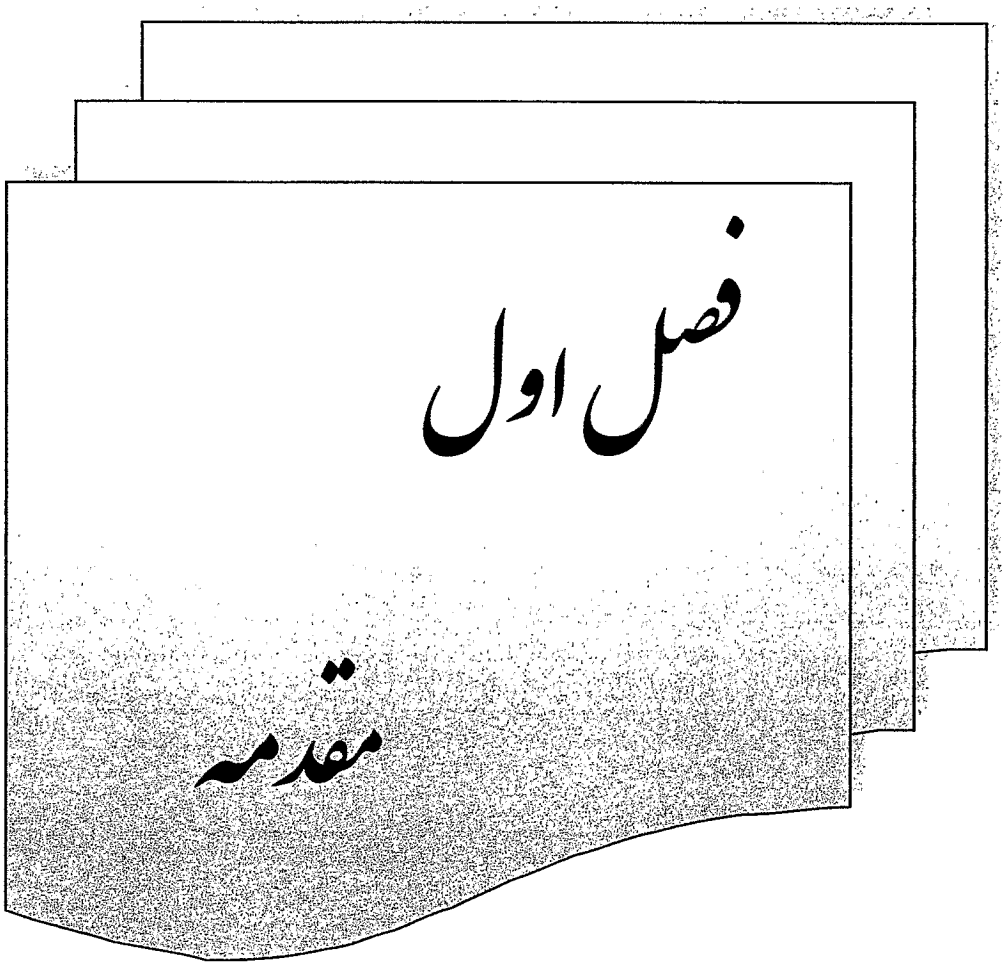
شکل ٤-۱۵- مقایسه‌ی منحنی‌های جذب روی در حضور اسیدهای آلی و گیاه ۸۲

چکیده

جذب و واجذب از مهم‌ترین فرآیندهای موثر بر رفتار فلزات سنگین و در نتیجه فراهمی و سمیّت بالقوه‌ی آنها در خاک هستند. عواملی پرشمار از جمله ترشحات ریشه‌ها به داخل خاک می‌توانند بر رهاسازی فلزات از فاز جامد خاک و گونه‌بندی آنها در محلول خاک موثر باشند. ترشحات ریشه‌ای قابلیت انحلال عناصر غذایی کم‌مصرف را افزایش داده و نقشی عمده در تعیین سرنوشت فلزات در سامانه‌ی خاک، بازی می‌کنند. به منظور بررسی تاثیر اسیدهای آلی بر جذب و واجذب عناصر Zn، Cu، Fe و Mn توسط خاک، چهار خاک غیرآهکی و چهار خاک آهکی به ترتیب از استان‌های گیلان و آذربایجان غربی تهیه شدند. جذب و واجذبی عناصر در سه سیستم (۱)- "خاک- آب- فلز"، (۲)- "خاک- آب- اسید آلی-فلز"، (۳)- "خاک- آب- گیاه-فلز" تعیین گردید. روش رگرسیون خطی جهت برازش شکل خطی معادلات همدمای لنگمویر و فروندلیچ به داده‌های جذب استفاده شد. نتایج نشان داد که برای همه‌ی فلزات، چه در خاک‌های آهکی و چه غیرآهکی، براساس ضرایب بین معادلات جذب(R^2)، معادله‌ی فروندلیچ (R^2>۰/۸۸) نسبت به معادله‌ی لنگمویر (R^2=۰/۲۸-۰/۹۰) برازش بهتری به داده‌های جذب و نگهداشت داشت. ظرفیت جذب و درصد نامتحرک‌سازی همه‌ی فلزات در خاک‌های آهکی نسبت به خاک‌های اسیدی بیشتر بود. آزمون مقایسه-ی جفتی داده‌ها نشان داد که ترتیب اثر اسیدها بر کاهش جذب عناصر به صورت سیترات > مالات > اگزالات می‌باشد. کاربرد اسیدهای آلی واجذب فلزات جذب شده را به محلول خاک افزایش داد. برای منگنز در خاک‌های آهکی و اسیدی مالات و سیترات بیشترین تاثیر را بر حداکثر جذب داشت، درحالیکه برای آهن و مس به ترتیب سیترات و مالات بیشترین تاثیر را داشتند. حضور اسیدهای آلی تاثیر معنی‌داری بر حداکثر جذب روی نداشت. در سیستم (۳) کشت گیاه، احتمالاً بدلیل ترشحات ریشه‌ای آنها، منجر به کاهش جذب و نامتحرک‌سازی عناصر گردید، که کمترین و بیشترین تاثیر به ترتیب مربوط به منگنز و مس بود. مقایسه بین

سیستم (۲) و (۳) نشان داد که در همه‌ی خاک‌ها شیب منحنی‌های جذب منگنز در سیستم (۳) با شیب منحنی‌های جذب منگنز در حضور اسید اگزالیک یکسان بود. برای هر خاک، شیب منحنی‌های جذب آهن در سیستم (۳) کمتر از شیب آن در سیستم (۲) بود. منحنی‌های جذب مس در خاک‌های اسیدی و آهکی در حضور گیاه شیب بیشتری نسبت به سیستم (۲) داشت و همانند شیب منحنی‌های جذب مس در سیستم (۱) بود. حضور گیاه در مقایسه با سیستم (۲) تاثیری بر جذب روی در خاک‌های مورد مطالعه نداشت. بطور کلی می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که افزودن اسیدهای آلی به خاک تحرّک و زیست فراهمی عناصر را افزایش می‌دهد.

کلمات کلیدی: اسیدهای آلی، جذب / واجذب، خاک‌های اسیدی و آهکی، آهن، روی، مس، منگنز.


فصل اول
مقدمه

۱- مقدمه

عناصر غذایی کم‌مصرف[1] عمدتاً در گروه فلزات سنگین[2] قرار دارند. عناصر غذایی کم‌مصرف برای رشد و نمو گیاهان ضروری هستند، ولی گیاهان در مقادیر کمتری به آنها نیاز دارند. بنابراین در منحنی‌های پاسخ گیاه به غلظت عناصر در خاک مرز کمبود و سمیّت این عناصر بسیار کوتاه بوده و می‌بایست در افزودن کودهای حاوی این عناصر جانب احتیاط رعایت شود. جذب و واجذبی فلزات سنگین در خاک‌هایی با ویژگی‌های مختلف با شدتی متفاوت انجام می‌گیرد و می‌تواند به عنوان شاخصی برای ارزیابی کمبود و سمیّت آنها به کار رود. گیاهان نیز ممکن است با تغییر نوع و مقدار مواد آلی خاک، رهاسازی ترشحات ریشه‌ای در فراریشه (ریزوسفر[3])، تنفس ریشه‌ای و ایجاد محیطی با ویژگی‌های خاص در ریزوسفر خود جذب و واجذبی یک فلز و سرنوشت آن را در خاک پیرامون ریشه نسبت به مناطق غیرریزوسفری تغییر دهند.

واکنش فلزات سنگین با خاک در تعیین سرنوشت فلزات در محیط دارای اهمیّت است. تحرّک[4] و فراهمی[5] فلزات با رفتار جذب و واجذب فلزات سنگین و ظرفیت نگهداری فاز جامد خاک برای فلز مورد نظر و خصوصیات خاک از جمله pH، پتانسیل اکسایش-کاهش، کانی‌های رس، مواد آلی، اکسیدهای آهن و منگنز و مقدار کربنات کلسیم در ارتباط است (Krishnamurti و همکاران، ۱۹۹۷). جذب و واجذب از مهم‌ترین فرآیندهای موثر بر رفتار فلزات سنگین در خاک می‌باشند، زیرا تعیین کننده‌ی فراهمی و سمیّت بالقوه‌ی آنها در خاک هستند (Backes و همکاران، ۱۹۹۵). عواملی گوناگون از جمله ترشحات ریشه‌ای در خاک می‌توانند بر رهاسازی فلزات از خاک و شکل‌های مختلف آنها در محلول خاک تاثیر گذارد (Mench و Martin، ۱۹۹۱؛ Rieuwert وهمکاران؛ ۱۹۹۸).

1- Micronutrients
2- Heavy metals
3- Rhizosphere
4- Mobility
5- Availability

شواهد زیادی وجود دارد که نشان می‌دهند ترشحات ریشه‌ای قابلیت انحلال‌پذیری عناصر غذایی معدنی نامحلول را افزایش می‌دهند که احتمالاً به دلیل تشکیل کمپلکس‌های فلزی محلول و پایدار است (Godo و Reisenuer، ۱۹۸۰؛ Hoffland و همکاران.، ۱۹۸۹) که نقشی مهم در سرنوشت فلزات بازی می‌کنند (Naidu و Harter، ۱۹۹۸؛ Glover و همکاران، ۲۰۰۲؛ Collins و همکاران، ۲۰۰۳؛ Onyatta و Huang، ۲۰۰۳). بنابراین ترشحات ریشه‌ای تثبیت فلزات را به وسیله مواد آلی خاک، اکسیدها و رس‌ها تعدیل می‌کنند و رهاسازی آنها را افزایش می‌دهند (Chen و همکاران، ۲۰۰۳؛ Krishnamurti و همکاران، ۱۹۹۷). چندین گزارش در مورد اثر اسیدهای آلی بر جذب سطحی فلزات وجود دارد (Haas و Horowitz، ۱۹۸٦؛ Chairdchai، ۱۹۹۰؛ Wu و همکاران، ۲۰۰۳). واکنش اسیدهای آلی با فلزات در خاک علاوه بر توانایی کمپلکس‌سازی اسیدهای آلی، به واکنش‌های جذب و واجذب فاز جامد، سرعت انتشار از ریشه، تجزیه‌ی میکروبی و هیدرولیز اسیدهای آلی وابسته است. بنابراین واکنش اسیدهای آلی با فلزات به شدت به نوع خاک بستگی دارد (Chen و همکاران، ۲۰۰۲).

Chen و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعات خود نشان دادند که اجزای اصلی ترشحات ریشه، اسیدهای آلی با وزن مولکولی کم هستند، که این اسیدهای آلی می‌توانند عناصر را فعال کنند و شدت افزایش فعالیت عناصر غذایی به شدت به مقدار و نوع اسید آلی افزوده شده و ویژگی‌های بیوشیمیایی و فیزیکوشیمیایی خاک بستگی دارد. رهاسازی اسیدهای آلی از ریشه به عنوان مکانیسم کلی تحرّک فلزات از ترکیبات معدنی نامحلول در خاک پیشنهاد شده است. گیاهان با افزایش ترشحات ریشه‌ای به کمبود عناصر گوناگون از جمله K (Kraffczyk و همکاران، ۱۹۸٤)، Zn (Zhang و همکاران، ۱۹۸۹)، Cu (Nielsen، ۱۹۷٦)، Fe (Treeby و همکاران، ۱۹۸۹؛ Zhang و همکاران، ۱۹۹۷) واکنش نشان می‌دهند. همچنین اسیدهای آلی به گونه‌ای موثر، بسیاری از کاتیون‌های فلزی از جمله Fe و Al (Gerke، ۱۹۹۲، ۱۹۹۳، ۱۹۹٤؛ Gerke و همکاران، ۱۹۹٤؛ Jones و Darrah، ۱۹۹٤b) و Mn (Jauregui و Reisenauer، ۱۹۸۲) را متحرّک و قابل انحلال می‌سازند.

در شرایط کمبود عناصر غذایی، غلظت اسیدهای سیتریک[1]، مالیک[2] و اگزالیک[3] در ترکیب ترشحات ریشه‌ای گیاهان افزایش می‌یابد. اگزالات در ریزوسفر تعداد زیادی از گونه‌های گیاهی به فراوانی یافت شده و با برخی از اجزای خاک از جمله اکسیدهای فلزی و کانی‌های رس واکنش‌پذیری بالایی نشان داده است (Luo و همکاران، ۲۰۰۶).

محققین بیان کرده‌اند که اسیدهای آلی نقشی اساسی در انحلال آهن و سایر عناصر کم‌مصرف برای رشد گیاه بازی می‌کنند (Rengel و Romheld، ۲۰۰۰؛ Romheld و Awad، ۲۰۰۰؛ Yang و Crowley، ۲۰۰۰). گونه‌های گیاهان تک‌لپه و دولپه، اسیدهای آلی مختلفی را در شرایط کمبود آهن ترشح می‌کنند (Landsberg، ۱۹۸۱). ترشحات ریشه‌ای با وزن مولکولی کم در ذرت کمپلکس‌هایی را با یون‌های فلزی تشکیل می‌دهند. اسیدهای آلی مشتق شده از ریشه (سیترات و مالات) در زمان کمبود عناصر کم‌مصرف در بیشترین مقدار خود رها می‌شوند. مالات و سیترات می‌توانند کمپلکس‌هایی بسیار پایدار با کاتیون‌های فلزی موجود در محلول خاک تشکیل دهند.

در مطالعات رهاسازی اسیدهای آلی از ریشه به عنوان مکانیسم کلی تحرّک فلزات از ترکیبات معدنی نامحلول در خاک بیان شده است. با اینکه پژوهش‌هایی چند در مورد اثر اسیدهای آلی بر جذب فلزات انجام گرفته است لیکن تاکنون تاثیر اسیدهای آلی بر جذب و واجذبی عناصر مورد مطالعه قرار نگرفته است. لذا اهداف این مطالعه عبارتند از:

- مطالعه‌ی جذب و واجذبی عناصر Fe، Cu، Zn و Mn در خاک‌های آهکی و اسیدی
- مقایسه‌ی تاثیر اسیدهای آلی بر جذب و واجذبی عناصر یاد شده در خاکهای آهکی و اسیدی
- مقایسه‌ی تاثیر گیاهان بر جذب و واجذبی عناصر یاد شده در خاک‌های اسیدی و آهکی
- مقایسه‌ی تاثیر افزایش مصنوعی اسیدهای آلی و تراوشات ریشه‌ی گیاهان بر جذب و واجذبی عناصر یاد شده

1- Citric acid
2- Malic acid
3- Oxalic acid