

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده کشاورزی

۹۳۱۵۸۱۶۶

پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش ارزیابی، پیدایش و رده بندی خاکها

عنوان

بررسی آزمایشگاهی برخی عوامل موثر بر رهاسازی عناصر از کانی های سیپولیت،

پالیگورسکیت و بنتونیت

استاد راهنما:

دکتر سعید حجتی

استاد مشاور:

دکتر احمد لندی

نگارنده:

زینب جناغ

بهمن ماه ۱۳۹۳

بسمه تعالی  
دانشگاه شهید چمران اهواز  
دانشکده کشاورزی

( نتیجه ارزشیابی پایان نامه کارشناسی ارشد )

پایان نامه خانم زینب جناغ دانشجوی رشته: خاکشناسی گرایش: ارزیابی، پیدایش و رده بندی خاکها







دانشکده کشاورزی به شماره دانشجویی: ۹۱۱۵۱۰۱

با عنوان:

"بررسی آزمایشگاهی برخی عوامل موثر بر رهاسازی عناصر از کانی های رسی سپیولیت ، پالیگورسکیت و بنتونیت"

جهت اخذ مدرک: کارشناسی ارشد در تاریخ: ۹۳/۱۱/۰۶ توسط هیأت داوران مورد ارزشیابی قرار گرفت

و با درجه ..... عالی ..... تصویب گردید.

| امضاء   | رتبه علمی | ۱. اعضای هیأت داوران:                                    |
|---|-----------|--|
|  | استادیار  | استاد راهنما: دکتر سعید حجتی                             |
|  | دانشیار   | استاد مشاور: دکتر احمد لندی                              |
|  | استادیار  | استاد داور: دکتر قدمعلی یزدانی کچوئی                     |
|  | استادیار  | استاد داور: دکتر مجتبی نوروژی مصیر                       |
|  | استادیار  | نماینده تحصیلات تکمیلی: دکتر رویا زلفی                   |
|  | دانشیار   | ۲. مدیر گروه: دکتر عبدالامیر معزی                        |
|   | دانشیار   | ۳. معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده: دکتر احمد لندی |
|   | استاد     | ۴. مدیر تحصیلات تکمیلی دانشگاه: دکتر عبدالرحمن راسخ      |

شکر و سپاس خدار که بزرگترین امید و یاور در محطه محطه زندگیست...

ماحصل آموخته‌هایم را تقدیم می‌کنم به آنان که مهر آسمانی‌شان آرام بخش آلام زمینی‌ام است

به استوارترین تکیه‌گاهم، دستان پر مهر پدرم

به سبزترین نگاه زندگیم، چشمان سبز مادرم

که هرچه آموختم در مکتب عشق شما آموختم و هرچه بگوختم قطره‌ای از دریای بی‌کران مهربانیتان را  
سپاس توانم بگویم .

امروز، هستی‌ام به امید شماست و فردا کلید باغ بهشتم رضای شما

ره آوردی گران‌سنگ‌تر از این ارزان‌نداشتم تا به خاک پایتان نثار کنم، باشد که حاصل تلاشم  
نسیم کوزه، غبار حسنگیتان را بروداید .

بوسه بر دستان پر مهرتان

هم‌چنین برادر عزیزم که وجودش شادی بخش و صفایش مایه‌ی آرامش من است.

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی‌شائبه‌ی او، بازبان قاصرو دست‌ناتوان، چیزی بنگاریم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، پاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تا این می‌کند و سلامت امانت‌هایی را که به دستش سپرده‌اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب ”من لم یسکر المنعم من المخلوقین لم یسکر الله عزوجل“:

از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر سعید محبتی که در کمال سه‌صدر، با حسن خلق و فروتنی، از بیج‌گلی در این عرصه بر من دریغ نمودند و زحمت راهمایی این پایان‌نامه را بر عهده گرفتند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارم، باشد که این خردترین، بخشی از زحمات ایشان را پاس گوید.

از استاد فریخته و فرزانه جناب آقای دکتر احمد لندی که مشاوره این پایان‌نامه را بر عهده داشتند بی‌نهایت سپاسگزارم. از جناب آقای دکتر قدوسی زردانی کوچنی و جناب آقای دکتر مجتبی نوروزی مصیر که زحمت داورى این پایان‌نامه را بر عهده داشتند، و هم‌چنین از ناظر تحصیلات تکلیفی سرکار خانم دکتر رویا زلفی کمال سپاسگزاری را دارم. در نهایت از دوستان خوبم خانم‌ها (شاهپوری ارانی، یاقوت‌نژاد، شوی، فیضی، صالحی و عموزاده)، مسئولین محترم آزمایشگاه سرکار خانم مهندس مکفی و جناب آقای حزیان، و دیگر دوستانی که بدون وجود پر مهر آن‌ها انجام این پایان‌نامه ممکن نبود، کمال تشکر را دارم.

## فهرست مطالب

| عنوان.....   | صفحه..... |
|--|-----------|
| چکیده.....   | ۱         |
| <b>فصل اول : مقدمه و هدف</b> .....   | ۳         |
| ۱-۱- مقدمه.....  | ۴         |
| ۱-۲- اهمیت کانی شناسی رس ها.....   | ۵         |
| ۱-۳- هوا دیدگی کانی های رسی تحت تاثیر اسیدهای آلی.....                                 | ۸         |
| ۱-۴- بررسی شرایط اکسیداسیون و احیاء.....   | ۹         |
| ۱-۵- شوری.....   | ۱۱        |
| ۱-۶- فرضیات و اهداف پژوهش.....   | ۱۲        |
| <b>فصل دوم : مروری بر منابع</b> .....  | ۱۵        |
| ۱-۲- هوا دیدگی.....  | ۱۶        |
| ۱-۱-۲- تعریف هوا دیدگی.....  | ۱۶        |
| ۲-۱-۲- انواع هوا دیدگی.....  | ۱۶        |
| ۳-۱-۲- فرآیندهای هوا دیدگی شیمیایی.....  | ۱۷        |
| ۴-۱-۲- عوامل موثر بر سرعت فرآیند هوا دیدگی.....  | ۱۹        |
| ۲-۲- کانی های رسی.....   | ۲۰        |
| ۳-۲- ساختار و خصوصیات کانی های رسی مورد مطالعه.....                                    | ۲۱        |
| ۱-۳-۲- سیولیت.....   | ۲۱        |
| ۲-۳-۲- پالیگورسکیت.....  | ۲۲        |
| ۳-۳-۲- بتونیت.....   | ۲۶        |
| ۴-۲- عناصر موجود در کانی.....  | ۲۸        |
| ۵-۲- اسیدهای آلی.....  | ۳۲        |
| ۱-۵-۲- مکانیسم های موثر در آزاد سازی عناصر به وسیله اسیدهای آلی در خاک.....            | ۳۵        |
| ۲-۵-۲- جذب اسیدهای آلی در خاک.....   | ۳۵        |
| ۳-۵-۲- تاثیر اسیدهای آلی بر تغییرات ساختاری کانی ها و استخراج عناصر معدنی از آنها..... | ۳۶        |

|    |   |
|----|---|
| ۴۷ | ۶-۲- انحلال و تجزیه کانی‌ها تحت تاثیر محلول‌های شور.....  |
| ۴۹ | ۷-۲- تاثیر دوره‌های خشک و مرطوب شدن بر رهاسازی عناصر از کانی‌ها.....  |
| ۵۱ | <b>فصل سوم : مواد و روش کار.....</b>  |
| ۵۲ | ۳-۱- مواد شیمیایی.....  |
| ۵۲ | ۳-۲- دستگاه‌های مورد استفاده.....   |
| ۵۳ | ۳-۳- تهیه و آماده‌سازی کانی‌های مورد مطالعه.....  |
| ۵۴ | ۳-۴- تهیه محلول‌های آزمایشی.....  |
| ۵۶ | ۳-۵- اعمال تیمارهای آزمایش.....   |
| ۵۶ | ۳-۵-۱- تیمارهای شوری و اسیدهای آلی.....   |
| ۵۶ | ۳-۵-۲- تیمار هم‌زمان شوری و اسیدهای آلی.....  |
| ۵۷ | ۳-۵-۳- تیمار مربوط به تناوب‌های خشک و مرطوب شدن.....  |
| ۵۸ | ۳-۵-۴- تیمار شاهد.....  |
| ۵۸ | ۳-۶- تجزیه و تحلیل آماری.....   |
| ۵۹ | <b>فصل چهارم : نتایج و بحث.....</b>   |
| ۶۰ | ۴-۱- ویژگی‌های مینرالوژیکی کانی‌های مورد مطالعه.....  |
| ۶۷ | ۴-۲- آزادسازی عناصر از کانی‌های مورد مطالعه تحت تاثیر اسیدهای آلی سیتریک و اگزالیک.....                       |
| ۶۷ | ۴-۲-۱- تاثیر اسیدهای آلی و نوع آن‌ها بر میزان رهاسازی عناصر از کانی‌های مورد مطالعه.....                      |
| ۷۴ | ۴-۲-۲- تاثیر نوع کانی و تاثیر متقابل نوع کانی در نوع اسید بر میزان رهاسازی عناصر از کانی‌های مورد مطالعه..... |
| ۸۰ | ۴-۳- تاثیر شوری تنها و در حضور اسیدهای آلی بر رهاسازی عناصر از کانی‌های مورد مطالعه.....                      |
| ۸۱ | ۴-۳-۱- تاثیر شوری بر میزان رهاسازی عناصر از کانی‌های مورد مطالعه.....   |
| ۸۳ | ۴-۳-۲- تاثیر نوع اسیدهای آلی بر میزان رهاسازی عناصر از کانی‌های مورد مطالعه در شرایط شور.....                 |
| ۸۴ | ۴-۳-۳- بررسی نوع کانی بر میزان رهاسازی عناصر تحت تاثیر اسیدهای آلی در شرایط شور.....                          |
| ۸۸ | ۴-۳-۴- تاثیر شوری در حضور اسیدهای آلی بر رهاسازی عناصر از کانی‌های مورد مطالعه.....                           |
| ۹۰ | ۴-۳-۵- اثر متقابل نوع کانی در نوع اسید در سطوح مختلف شوری.....  |

- ۴-۴- تاثیر تناوب‌های خشک و مرطوب‌شدن به‌تنهایی و درحضور اسیدهای آلی بر رهاسازی عناصر از کانی‌های پالیگورسکیت، سیپولیت و بتونیت..... ۹۴
- ۴-۴-۱- تاثیر دوره‌های خشک و مرطوب‌شدن بر میزان رهاسازی عناصر از کانی‌های مورد مطالعه..... ۹۶
- ۴-۴-۲- تاثیر نوع کانی بر میزان رهاسازی عناصر از کانی‌های مورد مطالعه تحت تاثیر تناوب‌های خشک و مرطوب..... ۹۹
- ۴-۴-۳- تاثیر نوع اسیدهای آلی بر میزان رهاسازی عناصر از کانی‌های مورد مطالعه تحت تاثیر تناوب‌های خشک و مرطوب..... ۱۰۲
- ۴-۴-۴- تاثیر تناوب‌های خشک و مرطوب‌شدن بر میزان رهاسازی عناصر درحضور اسیدهای آلی از کانی‌های مورد مطالعه..... ۱۰۴
- ۴-۴-۵- اثر متقابل نوع کانی در نوع اسید در دوره‌های خشک و مرطوب‌شدن..... ۱۰۸
- ۴-۵- نتیجه‌گیری..... ۱۱۲
- ۴-۶- پیشنهادات..... ۱۱۵
- منابع..... ۱۱۸
- چکیده انگلیسی..... ۱۳۴



## فهرست شکل ها

| عنوان.....  | صفحه..... |
|---|-----------|
| شکل ۴-۱- پراش نگاشت پرتوایکس مربوط به نمونه پودری کانی سپیولیت مورد استفاده در مطالعه.....                              | ۶۴.....   |
| شکل ۴-۲- پراش نگاشت پرتوایکس مربوط به نمونه پودری کانی پالیگورسکیت مورد استفاده در مطالعه.....                          | ۶۵.....   |
| شکل ۴-۳- پراش نگاشت پرتوایکس مربوط به کانی بتونیت مورد استفاده در مطالعه.....   | ۶۶.....   |
| شکل ۴-۴- تاثیر اسیدهای آلی بر میانگین رهاسازی عناصر از کانی های مورد مطالعه.....  | ۷۰.....   |
| شکل ۴-۵- تاثیر نوع اسیدهای آلی بر میانگین رهاسازی عناصر از کانی های مورد مطالعه.....                                    | ۷۴.....   |
| شکل ۴-۶- تاثیر متقابل نوع اسیدهای آلی در نوع کانی بر میزان رهاسازی عناصر.....   | ۷۶.....   |
| شکل ۴-۷- تاثیر اسیدهای آلی بر میانگین عناصر آزاد شده از کانی های سپیولیت، پالیگورسکیت و بتونیت.....                     | ۷۹.....   |
| شکل ۴-۸- تاثیر شوری تنها بر میانگین عناصر آزاد شده از کانی های مورد مطالعه.....   | ۸۲.....   |
| شکل ۴-۹- تاثیر نوع اسیدهای آلی بر میانگین رهاسازی عناصر از کانی های مورد مطالعه تحت شرایط شور.....                      | ۸۴.....   |
| شکل ۴-۱۰- تاثیر کانی های سپیولیت، پالیگورسکیت و بتونیت بر رهاسازی عناصر تحت شرایط شور در حضور اسیدهای آلی.....          | ۸۷.....   |
| شکل ۴-۱۱- تاثیر متقابل کاربرد اسیدهای آلی بر میزان رهاسازی عناصر در شرایط شور.....                                      | ۸۹.....   |
| شکل ۴-۱۲- سیلیسیم رهاسازی شده از کانی های سپیولیت، پالیگورسکیت و بتونیت در نتیجه کاربرد اسیدهای آلی در شرایط شور.....   | ۹۲.....   |
| شکل ۴-۱۳- آلومینیوم رهاسازی شده از کانی های سپیولیت، پالیگورسکیت و بتونیت در نتیجه کاربرد اسیدهای آلی در شرایط شور..... | ۹۲.....   |
| شکل ۴-۱۴- منیزیم رهاسازی شده از کانی های سپیولیت، پالیگورسکیت و بتونیت در نتیجه کاربرد اسیدهای آلی در شرایط شور.....    | ۹۳.....   |
| شکل ۴-۱۵- پتاسیم رهاسازی شده از کانی های سپیولیت، پالیگورسکیت و بتونیت در نتیجه کاربرد اسیدهای آلی در شرایط شور.....    | ۹۳.....   |

- شکل ۴-۱۶- آهن رهاسازی شده از کانی‌های سپیولیت، پالیگورسکیت و بنتونیت در نتیجه کاربرد اسیدهای آلی در شرایط شور..... ۹۴
- شکل ۴-۱۷- تاثیر دوره‌های خشک و مرطوب بر میانگین عناصر آزاد شده از کانی‌های مورد مطالعه..... ۹۸
- شکل ۴-۱۸- تاثیر نوع کانی بر میانگین عناصر آزاد شده از کانی‌های مورد مطالعه تحت شرایط تناوب‌های خشک و مرطوب شدن..... ۱۰۱
- شکل ۴-۱۹- تاثیر نوع اسیدهای آلی بر میانگین عناصر آزاد شده از کانی‌های مورد مطالعه تحت تاثیر تناوب‌های خشک و مرطوب..... ۱۰۴
- شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین رهاسازی عناصر در حضور اسیدهای آلی بعد از اعمال پیش تیمار تناوب‌های خشک و مرطوب..... ۱۰۷

## فهرست جدول ها

| عنوان.....  | صفحه..... |
|---|-----------|
| جدول ۴-۱- نتایج تجزیه عنصری کانی‌های مورد مطالعه بر حسب درصد به روش فلورسانس اشعه ایکس.....   | ۶۱.....   |
| جدول ۴-۲- نتایج سطح ویژه و ظرفیت تبادل کاتیونی کانی‌های مورد مطالعه.....  | ۶۲.....   |
| جدول ۴-۳- تجزیه واریانس تاثیر نوع اسیدهای آلی بر میزان رهاسازی عناصر از کانی‌های مورد مطالعه.....   | ۶۷.....   |
| جدول ۴-۴- مقایسه نسبت مجموع آلومینیوم، منیزیم و آهن به سیلیسیم آزاد شده از سه کانی سپیولیت و پالیگورسکیت و بنتونیت تحت تاثیر اسیدهای آلی.....                             | ۷۹.....   |
| جدول ۴-۵- تجزیه واریانس تاثیر سطوح مختلف شوری بر میزان رهاسازی عناصر در حضور اسیدهای آلی.....   | ۸۰.....   |
| جدول ۴-۶- مقایسه نسبت مجموع آلومینیوم، منیزیم و آهن به سیلیسیم آزاد شده از سه کانی سپیولیت و پالیگورسکیت و بنتونیت تحت تاثیر اسیدهای آلی در شرایط شور.....                | ۸۷.....   |
| جدول ۴-۷- تجزیه واریانس اثر دوره‌های خشک و مرطوب‌شدن بر میزان رهاسازی عناصر در حضور اسیدهای آلی.....  | ۹۵.....   |
| جدول ۴-۸- مقایسه نسبت مجموع آلومینیوم، منیزیم و آهن به سیلیسیم آزاد شده از سه کانی سپیولیت و پالیگورسکیت و بنتونیت تحت تاثیر دوره های خشک و مرطوب و حضور اسیدهای آلی..... | ۱۰۱.....  |
| جدول ۴-۹- ظرفیت تبادل کاتیونی کانی‌های مورد مطالعه بعد از اعمال تناوب های خشک و مرطوب در حضور اسیدهای آلی.....  | ۱۰۷.....  |
| جدول ۴-۱۰- روند آزادسازی عناصر مورد مطالعه تحت تاثیر اسیدهای آلی و دوره‌های خشک و مرطوب از کانی‌های مورد مطالعه.....  | ۱۰۹.....  |

### چکیده پایان نامه

|  |                         |   |
|--|-------------------------|---|
| شماره دانشجویی: ۹۱۱۵۸۰۱  | نام خانوادگی: جناغ      | نام: زینب                                       |
| <b>عنوان پایان نامه:</b> بررسی آزمایشگاهی برخی عوامل موثر بر رهاسازی عناصر از کانی های رسی سپیولیت، پالیگورسکیت و بنتونیت  |                         |   |
| <b>استاد راهنما:</b> دکتر سعید حجتی  |                         |   |
| <b>استاد مشاور:</b> دکتر احمد لندی   |                         |   |
| <b>درجه تحصیلی:</b> کارشناسی ارشد  | <b>رشته:</b> علوم خاک   | <b>گرایش:</b> ارزیابی، پیدایش و رده بندی خاک ها |
| <b>دانشگاه:</b> شهید چمران اهواز   | <b>دانشکده:</b> کشاورزی | <b>گروه:</b> خاکشناسی                           |
| <b>تاریخ فارغ التحصیلی:</b> ۱۳۹۳/۱۱/۰۶   |                         |   |
| <b>تعداد صفحات:</b> ۱۳۵  |                         |   |
| <b>کلید واژه ها:</b> سیتریک، اگزالیک، شوری، تناوب خشک شدن- مرطوب شدن   |                         |   |
| <p>کانی های رسی موجود در خاک تأثیر شگرفی بر تمامی ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارند. از عوامل موثر بر هوادیدگی کانی ها می توان به چرخه اکسیداسیون واحیا، آبگیری، هیدرولیز، انحلال، کلات شدن (پیوند یک یون فلزی با یک کپسول آلی)، جابجایی آلومینیوم از ساختمان رس به داخل هیدروکسیدهای آبدار از طریق جایگاه های تبادل اشاره کرد. از آنجایی که اطلاعات کمی در رابطه با تاثیر اسیدهای آلی در شرایط شور و همچنین تاثیر اسیدهای آلی بعد از اعمال تناوب های خشک و مرطوب شدن بر هوادیدگی و آزادسازی عناصر از کانی های سیلیکاته به ویژه کانی های فیبری وجود دارد، لذا این مطالعه با هدف بررسی آزمایشگاهی اثر دو نوع اسید آلی سیتریک و اگزالیک (با غلظت ثابت ۱۰ میلی مولار) در شوری های مختلف (۰، ۶، ۱۲ و ۲۴ دسی زیمنس بر متر) و تناوب های خشک و مرطوب شدن (۰، ۱، ۳، ۶ و ۹ مرتبه) بر هوادیدگی و آزادسازی عناصر سیلیسیم، آلومینیوم، منیزیم، پتاسیم و آهن از سه کانی پالیگورسکیت، سپیولیت و بنتونیت (در اندازه بین ۵۳ تا ۲۵ میکرون) در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل و در سه تکرار انجام شد. مقدار رهاسازی عناصر منیزیم، آهن و آلومینیوم با استفاده از دستگاه جذب اتمی و عناصر پتاسیم و سیلیسیم به ترتیب با دستگاه فلیم فتومتر و اسپکتروفتومتر اندازه گیری گردید. نتایج نشان داد که در همه تیمارها میزان رهاسازی عناصر به نوع عنصر مورد مطالعه، نوع اسیدهای آلی، مقدار شوری، نوع کانی و تعداد تناوب های خشک و مرطوب شدن بستگی دارد. از میان اسیدهای آلی مورد مطالعه، در تمام تیمارها میزان رهاسازی عناصر آلومینیوم و منیزیم در نمونه های تیمار شده با اسید سیتریک بیش از نمونه های تیمار شده با اسید اگزالیک می باشد. حال آن که، رهاسازی سیلیسیم، پتاسیم و آهن در نمونه های تیمار شده با اسید اگزالیک بیش از اسید سیتریک است. هم چنین نتایج نشان داد که با افزایش شوری رهاسازی</p> |                         |   |

عناصر از هر سه کانی پالیگورسکیت، سپیولیت و بتونیت افزایش می‌یابد، با این وجود در حضور اسیدهای آلی میزان رهاسازی عناصر از هر سه کانی پالیگورسکیت، سپیولیت و بتونیت نسبت به تیمارهای غیر شور کاهش معنی‌داری می‌یابد. در رابطه با تیمار تناوب‌های خشک و مرطوب شدن نیز با افزایش این دوره‌ها، میزان رهاسازی همه عناصر افزایش یافت. هم‌چنین اعمال این تیمار در حضور اسیدهای آلی منجر به افزایش معنی‌دار رهاسازی همه عناصر از هر سه کانی گردید. به‌علاوه، در همه تیمارها، نتایج نشان داد که نسبت سیلیسیم رهاسازی شده به مجموع آلومینیوم، منیزیم و آهن رهاسازی شده از کانی سپیولیت بیش از پالیگورسکیت و بتونیت است که بر پایداری بیش‌تر پالیگورسکیت و بتونیت نسبت به سپیولیت دلالت دارد و نشان می‌دهد که کانی سپیولیت تحت شرایط مطالعه بیش‌تر از دو کانی پالیگورسکیت و بتونیت هوادیده می‌شود.

# فصل اول

## مقدمه و هدف

خاک یکی از منابع طبیعی تقریباً غیر قابل بازگشت بوده، و به عنوان مهم‌ترین بستر حیات دارای جایگاه ویژه‌ای در بوم نظام هر منطقه‌ای می‌باشد (ظهیرنیا و محمودی، ۱۳۸۲). افزایش فوق‌العاده جمعیت از یک طرف و تقاضای انسان برای بهبود معیارهای زندگی از سوی دیگر، مستلزم توجه به تمام شئون وابستگی بشر به طبیعت بوده، و در این بین خاک از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. هم‌چنین با توجه به اهمیتی که خاک در ارتباط با تامین غذای جمعیت رو به رشد جهان ایفا می‌کند، شناختن کلیه خصوصیات خاک، اعم از ریخت‌شناسی، فیزیکی، شیمیایی و کانی‌شناسی ضروری است (رضاپور و باقر نژاد، ۱۳۸۰).

هوادیدگی منشأ اولیه بیشتر عناصر ضروری برای موجودات زنده است. در طی فرآیندهای فیزیکی شیمیایی و تجزیه سنگ‌های سطح زمین عناصری مانند فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم و تعدادی عناصر کم‌مصرف به شکل قابل دسترس برای موجودات زنده آزاد می‌شوند. موجودات زنده مانند باکتری‌ها و قارچ‌ها و ریشه گیاهان هر یک با مکانیسم‌های خاصی بر پدیده هوادیدگی سنگ‌ها و کانی‌های موجود در آن‌ها اثر می‌گذارند (ملکوتی و شهابی، ۱۳۸۴). هم‌چنین هوادیدگی با ایجاد منافذ ثانویه و ساختمان متخلخل به علت تخلیه قابل توجهی از کاتیون‌های اصلی و سیلیس، باعث افزایش هوادیدگی می‌شود. به دنبال تخلیه عناصر اصلی فازهای آب و هوا جایگزین می‌شوند و این دو فاز درصد بیش‌تری را نسبت به مواد مادری در خاک اشغال می‌کنند (رهااردجو و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۴).

---

1 . Rahardjo et al.

### ۱-۲- اهمیت کانی شناسی رس‌ها

اهمیت کانی شناسی در تکامل خاک به حدی است که به اعتقاد برادی و ویل<sup>۱</sup> (۱۹۸۸) نوع کانی‌های موجود در خاک بیانگر مرحله هوادیدگی خاک است. کانی‌های رسی از فراوان ترین کانی‌های موجود در خاک بوده و شامل آلومینوسیلیکات‌ها، آلفان‌ها و اکسیدهایی چون آهن و آلومینیوم می‌باشند. کانی‌های رسی موجود در خاک تأثیر شگرفی بر تمامی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارند. از این نظر شناخت ویژگی‌های آن‌ها و نیز شیوه تشکیل و تبدیل این کانی‌ها به یکدیگر جهت درک بهتر از تشکیل و تکوین خاک امری لازم و ضروری به نظر می‌رسد. ویژگی‌های اصلی فیزیکی و شیمیایی رس‌ها به ترکیب کانی شناسی آن‌ها وابسته است. ویژگی‌هایی هم‌چون موم‌سانی، شیمی سطح، سطح ویژه و بار سطحی مستقیماً با ترکیب کانی شناسی ارتباط دارند (ولده و مونیر<sup>۲</sup>، ۲۰۰۸). اطلاع از ویژگی‌های کانی‌های رسی جهت منشایابی آن‌ها و حل برخی از مسائل تغذیه‌ای مانند تثبیت و آزادسازی عناصر غذایی و عناصر ریز مغذی کاربرد دارد. کانی‌های رسی با خصوصیات ویژه خود محل تبادلات یونی برای گیاه می‌باشند و به‌عنوان ذخیره مواد غذایی خاک به‌شمار می‌روند (حسینی فرد و همکاران، ۱۳۸۰).

هوادیدگی و تغییر و تبدیل کانی‌های رسی در مناطق خشک و نیمه‌خشک نسبت به مناطق مرطوب محدود بوده از این رو بعضی از این کانی‌ها به دلیل مقاومت اندک آن‌ها در برابر هوادیدگی تنها در این نواحی یافت می‌شوند که از جمله آن‌ها می‌توان به کانی‌های فیبری سپیولیت و پالیگورسکیت اشاره کرد. ساختمان بلوری این دو کانی متفاوت از

1 . Brady and Weil

2 .Velde and Meunier



سیلیکات‌های ورقه‌ای ۱:۱، ۲:۱ و ۲:۱:۱ است. واحدهای  $(\text{SiO}_4)^{4-}$  در گروه‌های چهارتایی (پالیگورسکیت) یا شش‌تایی (سپولیت)، ورقه‌های هشت‌وجهی امتداد نیافته را تشکیل می‌دهند. این زنجیره‌ها به صورت طولی گسترش می‌یابند تا شکل بلورهای فیبری ظاهر گردد. کاتیون‌های اصلی موجود در ساختمان این کانی‌ها عمدتاً شامل  $\text{Al}$ ،  $\text{Mg}$ ،  $\text{Fe}^{2+}$  و  $\text{Fe}^{3+}$  می‌باشند و طوری مرتب شده‌اند که مکان‌های اشغال نشده و خالی در مرکز زنجیره قرار می‌گیرند. بار منفی کل در شبکه بلوری، حاصل جایگزینی  $\text{Al}$  به جای  $\text{Si}$  در چهاروجهی‌ها و یا کاتیون‌های دوظرفیتی ( $\text{R}^{2+}$ ) به جای کاتیون‌های سه ظرفیتی ( $\text{R}^{3+}$ ) در لایه‌های هشت‌وجهی می‌باشد. این بار منفی عموماً ضعیف بوده و به وسیله کاتیون‌های تبادلی متصل به مولکول‌های آب که در فضاها کانال‌ها مستقر هستند، متعادل می‌شود (سینگر<sup>۱</sup>، ۱۹۸۹).

از طرفی، از دیگر کانی‌های غالب در مناطق خشک و نیمه خشک کشور می‌توان به بخش قابل توجهی کانی‌های گروه اسمکتیت اشاره کرد (ویلسون<sup>۲</sup>، ۱۹۹۹). از این میان بنتونیت یک فیلوسیلیکات آلومینیوم‌دار می‌باشد که اساساً از مونتموریلونیت یا کانی‌های گروه اسمکتیت تشکیل شده است. کانی‌های گروه اسمکتیت شامل سری‌های دی‌اکتاهدرال و تری‌اکتاهدرال است. کانی‌های سری دی‌اکتاهدرال عبارتند از: مونتموریلونیت، بیدلیت و نانترونیت. انواع تری‌اکتاهدرال شامل کانی‌های هکتوریت و ساپونیت است. از خواص مهم کانی‌های خانواده اسمکتیت، جانشینی یونی، خاصیت شکل‌پذیری و انبساط و انقباض یونی آن‌ها را می‌توان نام برد. بر اثر هوازدگی در آب و هوای خشک اسمکتیت تشکیل می‌شود. اسمکتیت از تریاس تا عهد حاضر یافت می‌شود و با افزایش عمق ابتدا به رس‌های بین لایه‌ای و سپس می‌تواند به

---

1. Singer  
2. Wilson

ایلیت تبدیل شود. بتونیت در خانواده سیلیکات‌های صفحه‌ای و گروه اسمکتیت بوده و از نظر ساختمانی دارای ساختمان سه لایه‌ای هستند که یک لایه آلومینیوم هشت وجهی بین دو لایه سیلیس چهاروجهی آن توسط سه اتم اکسیژن با چهاروجهی‌های مجاور خود پیوند می‌یابد. بتونیت حاوی هیدروکسیل است که در مرکز حلقه شش‌تایی قرار می‌گیرند. صفحات چهاروجهی توسط صفحات هشت‌وجهی به یکدیگر متصل می‌شوند. صفحات هشت‌وجهی از کاتیون‌های دو و سه ظرفیتی تشکیل شده‌اند. نحوه قرارگرفتن صفحات چهاروجهی و هشت‌وجهی به حالت T-O-T است. فاصله بنیادی در این گروه ۱۴ آنگستروم بوده ولی به علت توانایی جذب مولکول‌های آب توسط اسمکتیت این فاصله می‌تواند از ۶/۹ تا ۴/۲۱ آنگستروم تغییر کند. بتونیت‌ها عمدتاً بر دو نوع هستند: بتونیت‌های متورم‌شونده یا بتونیت‌های سدیم‌دار و بتونیت‌های غیرمتورم یا بتونیت‌های کلسیم‌دار. خواص کانی‌های خانواده اسمکتیت به ترکیب شیمیایی و ساختمان آن‌ها بستگی دارد. در کانی بتونیت سدیم‌دار میزان جذب یونی، شکل‌پذیری و انبساط و انقباض از انواع کلسیم‌دار آن بیش‌تر است. ابعاد شبکه بتونیت سدیم و کلسیم‌دار از ۶/۹ آنگستروم در حالت معمولی به ۲۰ آنگستروم در صورتی که رطوبت محیط صد در صد باشد، افزایش خواهد یافت. بتونیت‌های متورم یا بتونیت‌های سدیم‌دار می‌توانند چندین برابر حجم معمولی خود آب جذب کنند و منبسط شوند، به طوری که حالت ژله‌ای، پلاستیکی و چسبندگی به خود می‌گیرند (کانلند، ۲۰۱۰).

انتخاب کانی‌های مورد بررسی بر اساس حضور فراوان این کانی‌ها در خاک‌های ایران و همچنین عدم بررسی آن‌ها بر رهاسازی عناصر و نقش قابل ملاحظه‌ای که در راستای فراهم آوردن عناصر مورد نیاز گیاه دارند، صورت گرفته است.

### ۱-۳- هوادیدگی کانی‌های رسی تحت تاثیر اسیدهای آلی

تجزیه مواد آلی موجود در خاک‌ها مهم‌ترین عامل تولید اسیدهای آلی در خاک است که باعث هوادیدگی کانی‌های رسی و رهاسازی عناصر می‌شوند. علاوه بر مقدار عناصر، سرعت رهاسازی و در دسترس بودن آن‌ها در طول دوره رشد گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد (اوگلینی و ایسلتن<sup>۱</sup>، ۱۹۹۱؛ کلی و همکاران<sup>۲</sup>، ۱۹۹۸؛ راسموسن و همکاران<sup>۳</sup>، ۱۹۹۸).

اسیدهای آلی مانند سیتریک و اگزالیک با تغییر در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ریزوسفر، غلظت فلزات و آنیون‌ها را در محلول خاک افزایش داده و قابلیت جذب عناصر را برای گیاهان افزایش می‌دهند. البته این فرآیند بستگی به غلظت اسیدهای آلی در محلول خاک، نوع اسیدآلی، فرم یونی، مدت زمان واکنش و نوع خاک دارد. هنگامی که اسیدهای آلی از ریشه ترشح می‌شوند واکنش‌های جذب، واجذب، رسوب و تجزیه میکروبی از مکانیسم‌های مهمی هستند که غلظت این اسیدها را در محلول خاک کنترل می‌کنند. با توجه به محدودیت جذب عناصر غذایی در خاک‌های آهکی که کاهش رشد گیاه و ریشه و در نهایت کاهش عملکرد را به دنبال خواهد داشت، اسیدهای آلی مانند سیتریک و اگزالیک می‌توانند در فرآیندهای ریزوسفر شرکت نموده و به‌عنوان یک عامل مفید در قابل جذب نمودن عناصر غذایی برای ریشه گیاه عمل نمایند. غلظت کل اسیدهای آلی ریشه گیاه معمولاً از ۱۰ تا ۲۰ میلی‌مولار می‌باشد که ۱ تا ۴ درصد کل وزن خشک گیاه است (جونز و همکاران<sup>۴</sup>، ۱۹۹۶).

---

1 . Ugolini and Sletten  
2 . Kelly et al.  
3 . Rasmussen et al.  
4 . Jones et al.

اسیدهای آلی مانند سیتریک، اگزالیک و مالیک در بسیاری از فرایندها شامل استخراج عناصر غذایی، سمیت زدایی فلزی، هوادیدگی کانی‌ها و جذب پاتوژن‌ها نقش دارند. البته تا زمانی که مکانیسم رهاسازی اسیدهای آلی و سرنوشت این ترکیبات در خاک کاملاً درک نشود ارزیابی کامل نقش اسیدهای آلی در فرایندهای یاد شده مقدور نخواهد بود (کرژیوسکا و همکاران<sup>۱</sup>، ۱۹۹۶).

گیاهانی که در خاک‌های آهکی رشد می‌کنند عمدتاً اسیدهایی با دو یا سه گروه کربوکسیل شامل سیتریک، اگزالیک و مالیک با ظرفیت بالای محلول سازی فسفر، آهن و منگنز ترشح می‌کنند (تیلر و اشتروم<sup>۲</sup>، ۱۹۹۵).

### ۴-۱- بررسی شرایط اکسیداسیون و احیاء

غرقاب و در نهایت شرایط احیاء یک خاک غیراشباع، مجموعه‌ای از تغییرات شیمیایی و الکتروشیمیایی را ایجاد می‌کند که این تغییرات حاصل از غرقاب شدن خاک به‌طور مستقیم و غیر مستقیم بر بسیاری از خصوصیات خاک، اعم از حلالیت، قابلیت دسترسی عناصر و انحلال و رسوب کانی‌ها در خاک تاثیر دارد (ترابی<sup>۳</sup>، ۲۰۰۱؛ پونامپروما<sup>۴</sup>، ۱۹۷۲). توسعه، تکامل، مورفولوژی و خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک‌های شالیزاری شدیداً تحت تاثیر شرایط غرقاب مصنوعی و خشک و مرطوب شدن متناوب قرار دارند (ویت و هافل<sup>۵</sup>، ۲۰۰۵). حضور آب در محیط عمل اکسیداسیون را تسریع می‌کند. اکسیداسیون و احیاء در سنگ‌ها بیش‌تر بر روی آهن و منگنز انجام می‌شود. در سیلیکات‌ها و نیز کربنات‌ها آهن

---

1 . Krzyszowska et al.  
2 . Tyler and Strom  
3 . Torabi  
4 . Ponnampereuma  
5 . Witt and Haefele