تأثیر کشت گیاه بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) و کاربرد کود دامی بر تغییر و تحولات کانی‌های بخش رس و سیلت خاک

زهره مصلح[۱*]، محمد حسن صالحی[۱] و محمد رفیعی‌الحسینی[۲]

(تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۰۳/۰۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۵/۰۹)

چکیده

تاکنون مطالعات فراوانی در زمینه تأثیر ریزوسفر (ریشه سپهر) گیاهان بر هوادیدگی کانی‌های خالص صورت پذیرفته است، اما اطلاعات در رابطه با تأثیر ریزوسفر گیاهان بر هوادیدگی کانی‌هایی که به‌طور طبیعی در خاک وجود دارند کمتر بررسی شده است. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر ریزوسفر گیاه دارویی بابونه آلمانی و کاربرد کود دامی بر هوادیدگی کانی‌های بخش رس و سیلت خاک سطحی پنج سری خاک غالب استان چهارمحال و بختیاری صورت گرفت. پژوهش حاضر به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. پس از اتمام دوره رشد، خاک ریزوسفری جدا گردید و مطالعات کانی‌شناسی با استفاده از دستگاه پراش پرتو ایکس مورد بررسی قرار گرفتند و نتایج با خاک قبل از کشت مقایسه شد. نتایج نشان داد که در بخش رس، کانی تری‌اکتاهدرال (سه جایی) کلریت به کانی دی‌اکتاهدرال (دو جایی)کلریت تبدیل شد و کانی کائولینیت از محیط خاک حذف شد. در بخش سیلت نیز در بسیاری از خاک‌ها، کانی فلدسپار به آمفیبول و یا بالعکس تبدیل گردیده است. در هر دو بخش رس و سیلت، خاک‌های تیمارشده با کود دامی، تغییر کانی‌ها، مشابه با خاک‌های بدون کود بود.

واژه‌های کلیدی: بابونه آلمانی، ریزوسفر، کود دامی، پراش پرتو ایکس

۱. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۲. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mosleh_zohreh@yahoo.com

مقدمه

هوادیدگی کانی‌ها فرایندی است که منجر به تولید عناصر غذایی پرمصرف (مانند کلسیم، منیزیم و پتاسیم) و کم‌مصرف (مانند آهن و منگنز) می‌شود. ریزوسفر، منطقه‌ای از خاک است که بلافاصله ریشه گیاه را احاطه کرده و بر اثر فعالیت ریشه ویژگی‌های آن نسبت به کل توده خاک ازنظر ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و میکروبیولوژیکی متفاوت است (۱۰). هوادیدگی کانی‌ها در ریزوسفر می‌تواند مرتبط با یک سری از فرایندها مثل آزادسازی یون هیدروژن، دی اکسید کربن و ترشحات اسیدهای آلی همراه باشد (۲۲). بابونه گیاهی یک‌ساله با نام علمی (*Matricaria chamomilla* L.) از خانواده کاسنی می‌باشد و از قدیمی‌ترین گیاهان دارویی شناخته‌شده توسط انسان است که به‌صورت‌های مختلف در گذشته و حال مصرف شده و می‌گردد (۲) و در حال حاضر به‌صورت تجاری نیز کشت می‌گردد. بنابراین، بررسی توانایی این گیاه در خاک‌های مختلف در تغییر کانی‌ها و جذب عناصر می‌تواند در توصیه‌های کودی و مدیریت بهتر آن مفید باشد. تاکنون مطالعات فراوانی در رابطه با تأثیر ریشه گیاهان بر هوادیدگی کانی‌های خالص انجام شده است (۷، ۱۲ و ۱۳).

خادمی و آروسنا (۱۳) بیان کردند که کانی کائولینیت می‌تواند تحت تأثیر ریزوسفر گیاهان جو و یونجه از کانی‌های پالیگورسکیت و سپیولیت تشکیل شود و دلیل آن را pH اسیدی محیط ریشه و جذب منیزیم توسط ریشه گیاه از این دو کانی بیان داشتند. هم‌چنین نتایج این پژوهش نشان داد که در محیط ریزوسفری که کوددهی انجام شده باشد کانی کائولینیت به مقدار بیشتری تشکیل می‌گردد. خیامیم و همکاران (۳) نشان دادند که هم‌زیستی قارچ آندوفایت با فسکیوی بلند (گراس سردسیری) که یکی از مهم‌ترین هم‌زیستی‌ها در طبیعت می‌باشد می‌تواند موجب تغییر در کانی‌های رسی خاک گردد و کانی فلوگوپیت به کانی ورمی‌کولیت تبدیل شود. هم‌چنین آنها اظهار داشتند که علاوه بر تشکیل کانی ورمی‌کولیت، کانی‌های کلریت و اسمکتیت نیز به‌مقدار کم در بستر کشت فلوگوپیت مشاهده می‌شوند که این موضوع، به‌دلیل تأثیر رابطه همزیستی قارچ آندوفایت بر میزان و نوع ترشحات ریشه و کاهش pH می‌باشد. هینسینگر و جیلارد (۱۱) نشان دادند که آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی، به‌ویژه در آزمایش‌های گلدانی، در ارتباط نزدیکی با فعالیت جذب گیاهان است. ایشان اظهار داشتند که تخلیه پتاسیم تبادلی در ریزوسفر بیشتر به‌عنوان یک قانون است تا استثناء و به‌صورت جذب بالای پتاسیم به‌وسیله ریشه و توانایی ضعیف خاک در جایگزینی پتاسیم منطقه تخلیه‌شده درنظر گرفته می‌شود. آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی در ریزوسفر که بیشتر از نیمی از فراهمی پتاسیم برای گیاهان به‌شمار می‌آید به‌وسیله ریشه گیاهان و تحت اثر آنها صورت می‌گیرد. رضایی (۵) با مطالعه تأثیر ریزوسفر گیاه ذرت بر هوادیدگی کانی‌های بخش رس و سیلت چهار رده خاک (اریدی‌سولز، آلفی‌سولز، اینسپتی‌سولز و مالی‌سولز) بیان کرد که در هر چهار رده خاک با انجام کشت گیاه ذرت، تحت تأثیر ترشحات ریشه گیاه و اسیدی شدن محیط ریشه، هوادیدگی کانی‌ها صورت گرفته است و در هر چهار رده خاک، بعد از گذشت یک فصل زراعی، در بخش سیلت، کانی‌های کلریت، میکا و حتی پلاژیوکلاز حذف گردیده‌اند. علاوه بر آن، در بسترهای حاوی رس، کانی مخلوط میکا- ورمیکولیت تشکیل شده است.

از طرفی، کوددهی احتمالاً با تأثیری که بر pH خاک دارد اثرات ریزوسفر بر تغییر کانی‌ها را تشدید می‌کند. اسیدهای آلی که در خاک‌ها از تجزیه باقی‌مانده‌های گیاهی، حیوانی و فعالیت‌های ریزوسفر تولید می‌شوند برای هوادیدگی کانی‌ها مهم هستند. اسید فولیک و اسید هومیک از عوامل مهم هوادیدگی شیمیایی می‌باشند (۲۱). مطالعات نشان داده‌اند که کاربرد طولانی‌مدت کودهای آلی و معدنی می‌تواند موجب هوادیدگی کانی‌ها گردد (۱۸). مک گاهان و همکاران (۱۷) تأثیر کودهای آمونیومی را در تغییر کانی‌ها بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که کاربرد این کودها به‌دلیل افزایش اسیدیته خاک، موجب تغییر در کانی‌ها می‌گردد و میزان کانی‌های ۲:۱ را افزایش می‌دهد. نادری زاده و همکاران (۷) نشان دادند که

تجزیه مواد آلی و فعالیت‌های ریشه، قدرت اسیدی ریزوسفر را افزایش می‌دهد؛ رهاسازی پتاسیم را از کانی تری‌اکتاهدرال فلوگوپیت تسهیل می‌کند و درنهایت باعث تبدیل این کانی به کانی ورمی‌کولیت، تا حدی اسمکتیت و نیز تشکیل جزئی کلریت می‌شود. راس و همکاران (۲۰) تأثیر کاربرد کود دامی (به‌مدت شش سال) را بر تغییر و تحول کانی‌های خاک مورد بررسی قرار دادند و تشکیل پدوژنیک میکا را از کانی ورمیکولیت به‌دلیل تثبیت پتاسیم و آمونیوم در اثر کوددهی طولانی‌مدت گزارش نمودند. کلریت‌ها، کانی رسی غالب در همه خاک‌ها نیستند اما زمانی که در محیط خاک وجود داشته باشند می‌توانند نقش مهمی در شیمی محلول خاک ایفا کنند. کلریت‌ها نسبت به‌سایر کانی‌ها زمانی که در محیط اسیدی قرار می‌گیرند به‌سرعت هوادیده می‌شوند (۹). بسیاری از مطالعات حضور کانی کلریت را در مناطق خشک و نیمه‌خشک گزارش کرده‌اند (۱۴ و ۱۵). بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر کشت گیاه بابونه آلمانی و کاربرد کود دامی بر تغییر و تحولات کانی‌های بخش رس و سیلت محیط ریزوسفری خاک انجام شد.

مواد و روش‌ها

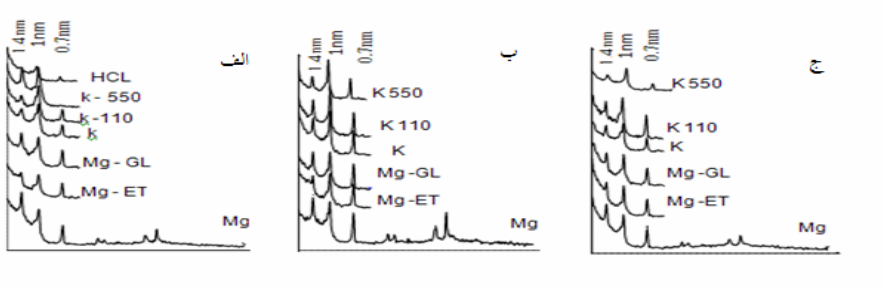
برای انجام این پژوهش، پنج سری خاک غالب استان چهارمحال و بختیاری بر مبنای نقشه خاک ۱:۵۰۰۰۰ موجود برای این استان انتخاب شدند که از عمق سطحی آنها نمونه‌برداری انجام شد. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی این خاک‌ها و هم‌چنین رده‌بندی آنها در جدول ۱ آورده شده است (۶). متوسط بارندگی و دمای سالیانه منطقه، به‌ترتیب، ۳۲۱/۵ میلی‌متر و ۱۲/۵ درجه سلسیوس می‌باشند (اطلاعات بر مبنای سایت اداره کل هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری ارائه شده است). رژیم رطوبتی خاک‌های منطقه، زریک و رژیم حرارتی آنها، مزیک می‌باشد. کاربری عمده اراضی مورد مطالعه، کشاورزی آبی است.

نمونه‌برداری از عمق سطحی (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) صورت گرفت و آزمایش گلدانی به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تعداد کل گلدان‌ها در این پژوهش ۳۰ عدد بود. گلدان‌های استفاده شده در این پژوهش، ده کیلوگرمی و با قطر ۲۴ سانتی‌متر بودند. بذر بابونه با دست در سطح هر گلدان پاشیده شد و سطح آنها به‌وسیله لایه نازکی از همان خاک پوشیده شد، بعد از کشت آبیاری سبک نیز صورت گرفت. در طول دوره رشد (۲۲۰ روز)، آبیاری تمامی گلدان‌ها به‌صورت یکسان انجام گردید. برای انجام آبیاری گلدان‌ها براساس فصل زراعی و نیاز گیاه به آب (یک روز در میان) ۳۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌لیتر آب شرب با استفاده از بشر به گلدان‌ها داده می‌شد. به‌منظور بررسی تأثیر کود دامی بر هوادیدگی کانی‌ها، ۱۳۶/۵ گرم کود گاوی پوسیده (بر مبنای ۳۰ تن در هکتار) (۱) قبل از کشت به‌خوبی با خاک گلدان‌های موردنظر مخلوط گردید.

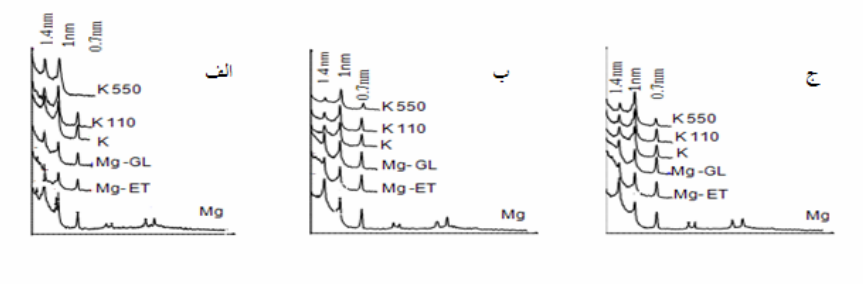
برای انجام مطالعات آزمایشگاهی و کانی‌شناسی، پس از هوا خشک کردن نمونه‌ها و عبور آنها از الک دو میلی‌متری، pH نمونه‌ها (قبل و بعد از کشت و هم‌چنین بعد از کوددهی) در سوسپانسیون پنج به یک (آب مقطر به خاک) اندازه‌گیری شد. میزان منیزیم محلول موجود در عصاره نمونه‌ها از طریق تیتر با ورسین ۰/۰۲ نرمال تعیین گردید (۲۳). هم‌چنین پس از اتمام دوره کشت، میزان منیزیم محلول در خاک ریزوسفری تعیین شد. مطالعات کانی‌شناسی به‌روش کیتریک و هوپ انجام گردید (۱۶). برای از بین رفتن عوامل شیمیایی سیمانی‌کننده و جدا شدن ذرات رس از یکدیگر، حذف کربنات‌ها و گچ، ماده آلی و اکسیدهای آهن و آلومینیوم صورت گرفت. به‌منظور جداسازی ذرات رس، پس از گذشت مدت زمان حدود ۷ ساعت و ۴۵ دقیقه، عمل سیفون کردن سوسپانسیون از عمق ۸ سانتی‌متری انجام گرفت. پس از جداسازی رس، به‌منظور جداسازی شن، سوسپانسیون حاصله از الک ۲۷۰ مش (۰/۰۵۳ میلی‌متر) عبور داده شد و درنهایت بخش سیلت خاک جدا شد.

جدول۱. خصوصیات فیزیکوشیمیایی و رده‌بندی سری خاک‌ها

سری خاک	ضخامت افق (cm)	افق مشخصه	pH	EC (dSm^{-1})	درصد ماده آلی	درصد کربنات کلسیم	درصد سنگریزه	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	بافت	طبقه‌بندی خاک
زاگرس	۰–۲۵	A	۸/۰	۰/۶۷	۱/۴	۴۸	۰	۴۸	۳۸	۱۴	Clay	Fine, mixed, mesic, Typic Calcixerepts
	۲۵–۴۵	BK1	۷/۹	۰/۵۳	۰/۴۵	۵۰	۵	۴۹	۳۹	۱۲	Clay	
	۴۵–۷۵	BK2	۷/۹	۰/۴۳	۰/۳۲	۴۵	۷	۴۶	۴۲	۱۲	Clay	
	۷۵–۱۰۵	BK3	۸/۰	۰/۳۶	۰/۲۷	۳۹	۱۰	۵۵	۳۴	۱۱	Clay	
	۱۰۵–۱۳۰	BK4	۷/۹	۰/۴	۰/۲۷	۴۸	۱۰	۵۱	۳۶	۱۳	Clay	
بلداجی	۰–۲۰	A	۸/۱	۱/۶	۲/۱	۶۵	۰	۳۷	۵۸	۵	Silty Clay Loam	Fine, carbonatic, mesic, Typic Calciaquolls
	۲۰–۴۵	Bwg1	۸/۵	۰/۷	۱/۱	۴۵	۷	۴۵	۵۲	۳	Silty Clay	
	۴۵–۷۰	Bwg2	۸/۳	۰/۵	۰/۹	۴۳	۱۵	۵۷	۴۰	۳	Silty Clay	
	۷۰–۱۳۰	Bwg3	۸/۱	۰/۶	۰/۳	۳۷	۱۰	۵۳	۴۰	۷	Silty Clay	
سفیددشت	۰–۲۰	A	۸/۱	۰/۹	۱/۹	۴۰	۰	۲۷	۵۰	۲۳	Clay Loam	Fine, loamy, carbonatic, mesic, Typic Calcixerepts
	۲۰–۳۰	Bw	۸/۲	۰/۶	۰/۲	۳۵	۵	۳۹	۴۸	۲۳	Clay Loam	
	۳۰–۵۰	Bk1	۷/۹	۰/۶	۰/۲	۴۳	۱۵	۲۹	۵۰	۲۱	Clay Loam	
	۵۰–۹۵	Bk2	۷/۸	۰/۵	۰/۱	۴۲	۲۰	۲۷	۵۸	۱۵	Silty Loam	
	۹۵–۱۳۰	C	۷/۸	۰/۵	۰/۱	۴۵	۱۵	۳۱	۶۰	۹	Silty Loam	
چهارمحال	۰–۲۰	A	۸/۰	۰/۴	۱	۶۶	۱۰	۳۶	۴۷	۱۷	Silty Clay Loam	Fine, carbonatic, mesic, Typic Calcixerepts
	۲۰–۴۵	Bk1	۷/۸	۰/۴	۰/۴	۶۲	۱۵	۴۲	۴۳	۱۵	Silty Clay	
	۴۵–۶۵	Bk2	۷/۸	۰/۵	۰/۳	۴۹	۱۵	۴۲	۴۵	۱۳	Silty Clay	
	۶۵–۱۱۵	Bk3	۷/۹	۰/۴	۰/۲	۵۱	۲۲	۴۶	۳۹	۱۵	Silty Clay Loam	
	۱۱۵–۱۴۵	Bk4	۷/۸	۰/۳	۰/۲	۵۱	۲۵	۴۸	۳۷	۱۵	Silty Clay Loam	
شمس‌آباد	۰–۳۰	A	۸/۰	۰/۳	۰/۳	۸۱/۱	۳۰	۲۰	۳۲	۴۸	Loam	Sandy- skeletal, mixed, calcareous, mesic, Typic Xerorthents
	>۳۰	C										



شکل۱. پراش‌نگاشت مربوط به بخش رس سری سفیددشت. خاک قبل از کشت (الف)، پس از کشت گیاه بابونه (ب) و پس از کشت و کاربرد کود دامی (ج). اشباع با منیزیم (Mg)، اشباع با منیزیم و اتیلن‌گلیکول (Mg-ET)، اشباع با منیزیم و گلیسرول (Mg-GL)، اشباع با پتاسیم (K)، اشباع با پتاسیم و حرارت ۱۱۰ درجه سلسیوس (K-110)، اشباع با پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه سلسیوس (K-550) و اشباع با اسیدکلریدریک (HCl).

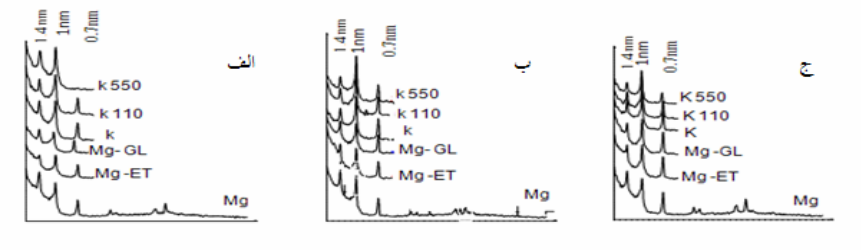


شکل۲. پراش‌نگاشت مربوط به بخش رس سری بلداجی. خاک قبل از کشت (الف)، پس از کشت گیاه بابونه (ب) و پس از کشت و کاربرد کود دامی (ج). اشباع با منیزیم (Mg)، اشباع با منیزیم و اتیلن‌گلیکول (Mg-ET)، اشباع با منیزیم و گلیسرول (Mg-GL)، اشباع با پتاسیم (K)، اشباع با پتاسیم و حرارت ۱۱۰ درجه سلسیوس (K-110) و اشباع با پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه سلسیوس (K-550).

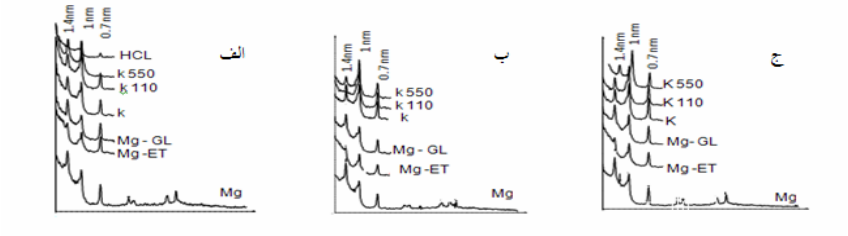
پس از اتمام دوره کشت گیاه بابونه (۲۲۰ روز)، نمونه‌ای از خاک‌های چسبیده به ریشه‌های گیاه به‌عنوان ناحیه‌ی ریزوسفری تعیین شد که با تکان دادن ریشه‌ها این خاک جدا گردید و پس از هوا خشک شدن و عبور از الک دو میلی‌متری، مطالعات کانی‌شناسی بخش سیلت و رس، طبق مراحلی که در بالا شرح داده شد مجدداً انجام پذیرفت. سپس، اشباع‌سازی نمونه‌ها در هر سه مرحله (قبل از کشت، پس از کشت و پس از کشت و کوددهی) با استفاده از محلول یک نرمال کلرید پتاسیم و کلرید منیزیم صورت گرفت. به‌منظور تشخیص کانی‌ها، نمونه‌های اشباع‌شده با منیزیم توسط اتیلن‌گلیکول و گلیسرول نیز اشباع شدند و برای نمونه‌های اشباع‌شده با پتاسیم، تیمارهای حرارتی ۱۱۰ و ۵۵۰ درجه سلسیوس اعمال گردید. به‌منظور تشخیص بهتر کانی کائولینیت از کلریت، برای برخی از نمونه‌ها، تیمار اسیدکلریدریک یک نرمال نیز اعمال شد. سپس نمونه‌ها توسط دستگاه پراش پرتو ایکس مدل بروکر D8 تحت زاویه 2θ، ۴ تا ۴۰ درجه برای نمونه‌های اشباع شده با کلرید منیزیم و ۴ تا ۱۵ درجه برای سایر تیمارها، مورد تجزیه قرارگرفتند و تفسیر پراش‌نگاشت‌ها انجام شد(۹).

نتایج و بحث

پراش‌نگاشت‌های مربوط به تیمارهای مختلف بخش رس، در شکل‌های۱ تا ۵ نشان داده شده‌اند. پراش‌نگاشت مربوط به نمونه‌ها حاکی از آن است که کانی‌های میکا، ورمی‌کولیت، کائولینیت و کلریت تری اکتاهدرال در بخش رس خاک، قبل از کشت وجود داشته‌اند. در خاک‌های قبل از کشت (شکل‌های ۱ تا ۵، قسمت الف) وجود پیک ۷/۱ آنگستروم در تیمار پتاسیم



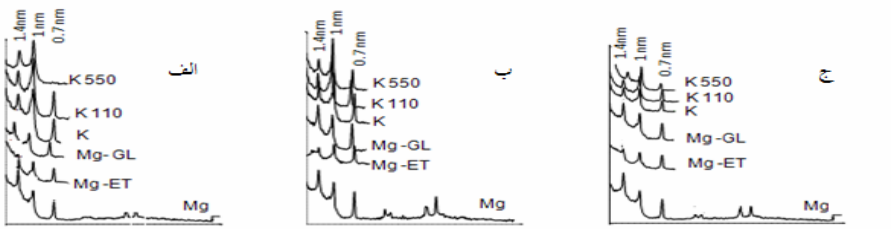
شکل۳. پراش‌نگاشت مربوط به بخش رس سری زاگرس. خاک قبل از کشت (الف)، پس از کشت گیاه بابونه (ب) و پس از کشت و کاربرد کود دامی (ج). اشباع با منیزیم (Mg)، اشباع با منیزیم و اتیلن‌گلیکول (Mg-ET)، اشباع با منیزیم و گلیسرول (Mg-GL)، اشباع با پتاسیم (K)، اشباع با پتاسیم و حرارت ۱۱۰ درجه سلسیوس (K-110) و اشباع با پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه سلسیوس (K-550).



شکل۴. پراش‌نگاشت مربوط به بخش رس سری چهارمحال. خاک قبل از کشت (الف)، پس از کشت گیاه بابونه (ب) و پس از کشت و کاربرد کود دامی (ج). اشباع با منیزیم (Mg)، اشباع با منیزیم و اتیلن‌گلیکول (Mg-ET)، اشباع با منیزیم و گلیسرول (Mg-GL)، اشباع با پتاسیم (K)، اشباع با پتاسیم و حرارت ۱۱۰ درجه سلسیوس (K-110)، اشباع با پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه سلسیوس (K-550) و اشباع با اسیدکلریدریک (HCl).

اشباع و حذف این پیک در تیمار اشباع با پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه سلسیوس به‌مدت دو ساعت می‌تواند دلیلی بر وجود کانی کائولینیت در خاک باشد اما از آنجاکه برخی از کانی‌های کلریت (کلریت غنی از آهن) نیز در حرارت ۵۵۰ درجه سلسیوس، پیک رده دوم (۷ آنگستروم) آنها حذف می‌گردد؛ بنابراین برای تشخیص دقیق‌تر این دو کانی از یکدیگر، نیاز به تیمارهای اضافه (ازجمله تیمار HCl و دی‌متیل‌سولفوکساید (DMSO)) می‌باشد که در این مطالعه از تیمار HCl استفاده شده است (شکل‌های ۱ و ۴ الف). ازآنجا که پیک ۷ آنگستروم، پس از تیمار HCl، در خاک باقی مانده است؛ می‌توان گفت که در خاک، کانی کائولینیت نیز وجود داشته است. از طرفی، شدت پیک ۷ آنگستروم در تیمار اسیدکلریدیک نسبت به تیمار اشباع با پتاسیم کاهش یافته است (شکل‌های ۱ و ۴ الف). بنابراین، کلریت از نوع تری اکتاهدرال در خاک وجود دارد. کلریت غنی از آهن، کانی تری اکتاهدرال می‌باشد که پیک‌های رده فرد آن (۱۴ و ۴/۷ آنگستروم) ضعیف و پیک‌های رده زوج آن (۷ و ۳/۵ آنگستروم) قوی می‌باشند (۹). به‌همین دلیل، وجود پیک ۷ آنگستروم آنها می‌تواند با کانی کائولینیت هم‌پوشانی داشته باشد. شدت پیک رده اول در کلریت‌های تری اکتاهدرال در اثر حرارت ۵۵۰ درجه سلسیوس، کمی افزایش می‌یابد و از شدت پیک رده دوم آنها کاسته می‌شود (۸).

مقایسه پراش‌نگاشت‌های پرتو ایکس خاک قبل از کشت با خاک ریزوسفری (با و بدون کود)، حاکی از تغییر کانی‌ها در بخش رس می‌باشد. برخلاف نمونه‌های رس قبل از کشت بابونه، وجود پیک ۷ آنگستروم در تیمار اشباع با پتاسیم و عدم حذف این پیک در تیمار پتاسیم اشباع و حرارت ۵۵۰ سلسیوس، دلیل بر عدم وجود کانی کائولینیت در خاک است. از طرفی، وجود پیک ۷ آنگستروم در تیمار حرارتی ۵۵۰ درجه سلسیوس می‌تواند دلیلی بر وجود کانی دی اکتاهدرال کلریت (کلریت غنی از آلومینیوم) در خاک باشد (۹).



شکل۵. پراش‌نگاشت مربوط به بخش رس سری شمس‌آباد. خاک قبل از کشت (الف)، پس از کشت گیاه بابونه (ب) و پس از کشت و کاربرد کود دامی (ج). اشباع با منیزیم (Mg)، اشباع با منیزیم و اتیلن‌گلیکول (Mg-ET)، اشباع با منیزیم و گلیسرول (Mg-GL)، اشباع با پتاسیم (K)، اشباع با پتاسیم و حرارت ۱۱۰ درجه سلسیوس (K-110) و اشباع با پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه سلسیوس (K-550).

جدول۲. میانگین مقادیر پ‌هاش و غلظت منیزیم محلول در خاک قبل از کشت و در خاک ریزوسفری بعد از کشت

سری خاک	pH قبل از کشت	pH پس از کشت	pH پس از کشت و کوددهی	منیزیم محلول قبل از کشت (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	منیزیم محلول بعد از کشت (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)
زاگرس	۸/۰	۷/۵	۷/۷	۰/۵۲	۱/۳
بلداجی	۸/۲	۷/۷	۷/۶	۰/۶۸	۱/۷
سفیددشت	۸/۲	۷/۵	۷/۹	۱/۴	۱/۲
چهارمحال	۸/۰	۷/۵	۷/۵	۰/۶۸	۱/۳
شمس‌آباد	۸/۱	۷/۴	۷/۶	۱/۸	۱/۱

بنابراین، با توجه به مطالب ذکرشده در بالا می‌توان بیان کرد که در اثر کشت گیاه، کانی کائولینیت از خاک حذف گردیده است و کانی تری اکتاهدرال کلریت به کانی دی اکتاهدرال کلریت تبدیل شده است. این موضوع را احتمالاً می‌توان به کاهش pH در اثر کشت گیاه مرتبط دانست (جدول۲). بنابراین، در اثر کاهش pH در خاک ریزوسفری، میزان Al درنتیجه تخریب کانی کائولینیت، افزایش یافته است. رضایی (۵) در مطالعات کانی‌شناسی که روی بخش رس و سیلت چهار رده خاک (اریدی‌سولز، آلفی‌سولز، اینسپتی‌سولز و مالی‌سولز) به‌منظور بررسی تأثیر ریزوسفر گیاه بر هوادیدگی کانی‌ها انجام داد به این نتیجه رسید که در هر چهار رده خاک، با انجام کشت گیاه ذرت، تحت تأثیر ترشحات ریشه گیاه و اسیدی شدن محیط ریشه، هوادیدگی کانی‌ها صورت گرفته است و در هر چهار رده خاک بعد از گذشت یک فصل زراعی، در بخش سیلت، کانی‌های کلریت، میکا و حتی پلاژیوکلاز حذف گردیده‌اند. هم‌چنین، در بسترهای حاوی رس کانی مخلوط میکا-ورمیکولیت تشکیل شده است. مک‌گاهان و همکاران (۱۷) تأثیر کودهای آمونیومی را بر تغییر کانی‌ها بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که کاربرد این کودها به‌دلیل افزایش اسیدیته خاک موجب تغییر در کانی‌ها می‌گردد و میزان کانی‌های ۲:۱ را افزایش می‌دهد. روند کلی هوادیدگی کانی‌ها را می‌توان به‌صورت مراحل زیر بیان کرد (شکل ۶):

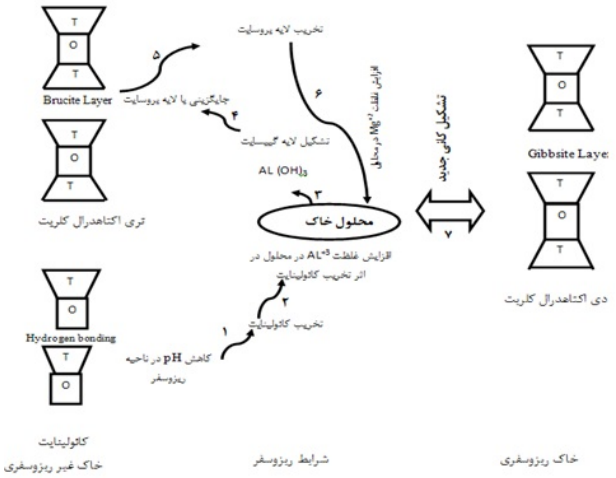
مرحله ۱: کاهش pH در محیط ریزوسفری

مرحله ۲: تخریب کانی کائولینیت در اثر کاهش pH

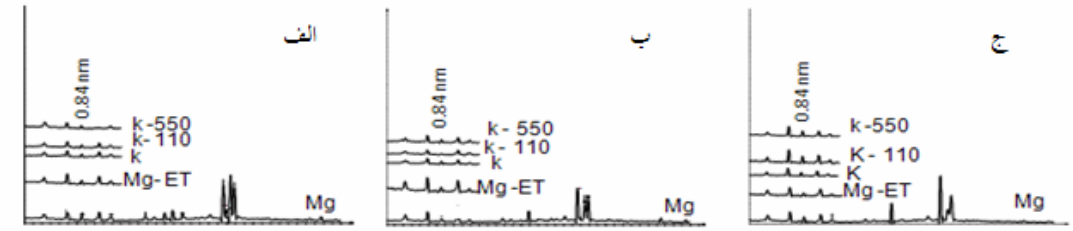
مرحله ۳: آزاد شدن Al^{+3} در اثر تخریب کانی کائولینیت مرحله ۴: تشکیل لایه گیبسایت در محیط خاک درنتیجه افزایش غلظت Al^{+3} در محیط

مرحله ۵: جانشینی لایه گیبسایت با لایه بروسایت

مرحله ۶: تخریب لایه بروسایت و درنتیجه آن، افزایش غلظت منیزیم در محلول خاک، به‌طوری‌که مقادیر بالای منیزیم محلول در خاک ریزوسفری نیز می‌توانند مؤید این مطلب باشند (جدول ۲).



شکل ۶. شمایی از تبدیل کانی کلریت تری‌اکتاهدرال به دی‌اکتاهدرال در محیط ریزوسفر گیاه بابونه

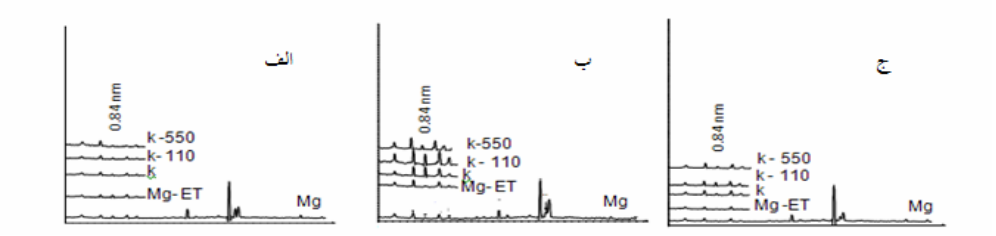


شکل۷. پراش‌نگاشت مربوط به بخش سیلت سری سفیددشت. خاک قبل از کشت (الف)، پس از کشت گیاه بابونه (ب) و پس از کشت و کاربرد کود دامی (ج). اشباع با منیزیم (Mg)، اشباع با منیزیم و اتیلن‌گلیکول (Mg-ET)، اشباع با پتاسیم (K)، اشباع با پتاسیم و حرارت ۱۱۰ درجه سلسیوس (K-110) و اشباع با پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه سلسیوس (K-550).

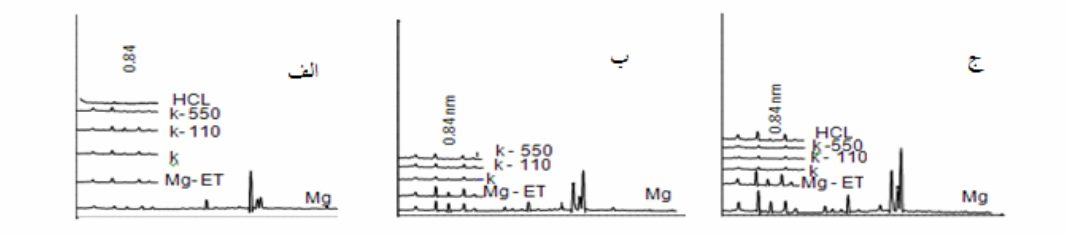
طبق جدول ۲، تنها منیزیم خاک ریزوسفری سفیددشت و شمس‌آباد کاهش یافته است که این موضوع احتمالاً به این دلیل است که شاید در این دو سری خاک باوجود آزاد شدن منیزیم از لایه بروسایت میزان نیاز گیاه به منیزیم بسیار بیش‌تر از مقداری است که در خاک قبل از کشت موجود بوده است.

مرحله ۷: تشکیل کانی دی‌اکتاهدرال کلریت

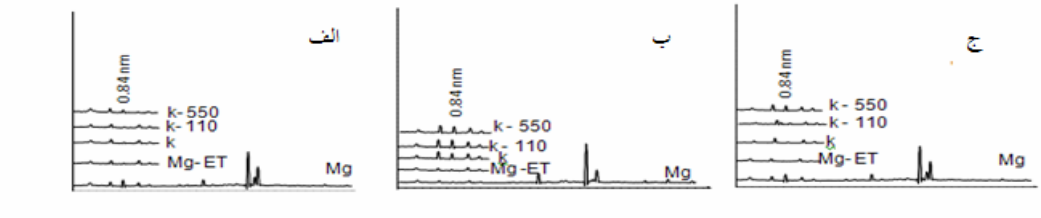
پراش‌نگاشت‌های مربوط به تیمارهای مختلف در بخش سیلت در شکل‌های ۷ تا ۱۱ نشان داده شده‌اند. وجود پیک ۸/۴ آنگستروم در تیمار اشباع با منیزیم (شکل ۱۱، الف) و باقی ماندن این پیک در اثر تیمار پتاسیم اشباع و حرارت ۵۵۰ درجه سلسیوس به‌مدت دو ساعت، دلیلی بر وجود کانی فلدسپار می‌باشد (۸). از طرفی، وجود پیک‌های ۳/۲۴ و ۳/۱۹ آنگستروم دلیلی دیگر بر وجود کانی فلدسپار در این خاک است (۱۹). در خاک ریزوسفری (شکل ۱۱، ب)، حضور پیک ۸/۴ آنگستروم در تیمار اشباع با منیزیم و عدم پایداری این پیک در اثر تیمار حرارتی ۵۵۰ درجه سلسیوس می‌تواند ناشی از وجود کانی آمفیبولیت در خاک باشد (۸). بنابراین، پس از کشت گیاه بابونه و کاربرد کود دامی، کانی فلدسپار به کانی آمفیبول تبدیل گردیده است (شکل ۹). در مورد خاک سطحی سری سفیددشت و چهارمحال در بخش سیلت (شکل‌های ۷ و ۱۰، الف)، تغییرات کانی‌ها پس از کشت گیاه بابونه و کاربرد کود دامی، مشاهده نگردید در بخش سیلت خاک سطحی سری



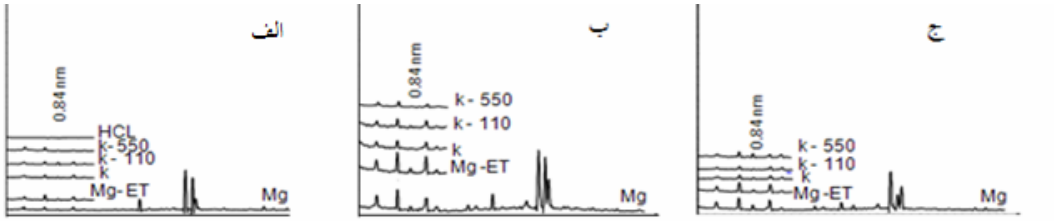
شکل ۸. پراش‌نگاشت مربوط به بخش سیلت سری بلداجی. خاک قبل از کشت (الف)، پس از کشت گیاه بابونه (ب) و پس از کشت و کاربرد کود دامی (ج). اشباع با منیزیم (Mg)، اشباع با منیزیم و اتیلن‌گلیکول (Mg-ET)، اشباع با پتاسیم (K)، اشباع با پتاسیم و حرارت ۱۱۰ درجه سلسیوس (K-110) و اشباع با پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه سلسیوس (K-550).



شکل ۹. پراش‌نگاشت مربوط به بخش سیلت سری زاگرس. خاک قبل از کشت (الف)، پس از کشت گیاه بابونه (ب) و پس از کشت و کاربرد کود دامی (ج). اشباع با منیزیم (Mg)، اشباع با منیزیم و اتیلن‌گلیکول (Mg-ET)، اشباع با پتاسیم (K)، اشباع با پتاسیم و حرارت ۱۱۰ درجه سلسیوس (K-110)،اشباع با پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه سلسیوس (K-550) و اشباع با اسیدکلریدریک (HCl).



شکل ۱۰. پراش‌نگاشت مربوط به بخش سیلت سری چهارمحال. خاک قبل از کشت (الف)، پس از کشت گیاه بابونه (ب) و پس از کشت و کاربرد کود دامی (ج). اشباع با منیزیم (Mg)، اشباع با منیزیم و اتیلن‌گلیکول (Mg-ET)، اشباع با پتاسیم (K)، اشباع با پتاسیم و حرارت ۱۱۰ درجه سلسیوس (K-110) و اشباع با پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه سلسیوس (K-550).



شکل ۱۱. پراش‌نگاشت مربوط به بخش سیلت سری شمس‌آباد. خاک قبل از کشت (الف)، پس از کشت گیاه بابونه (ب) و پس از کشت و کاربرد کود دامی (ج). اشباع با منیزیم (Mg)، اشباع با منیزیم و اتیلن‌گلیکول (Mg-ET)، اشباع با پتاسیم (K)، اشباع با پتاسیم و حرارت ۱۱۰ درجه سلسیوس (K-110)، اشباع با پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه سلسیوس (K-550) و اشباع با اسیدکلریدریک (HCl).

بلداجی (شکل ۸) پس از کشت گیاه بابونه و کاربرد کود دامی، آمفیبول به فلدسپار تبدیل گردید. فلدسپارها، از کانی‌های مهم حاوی پتاسیم هستند که به هوادیدگی بسیار مقاوم می‌باشند و آزاد شدن پتاسیم از ساختمان آنها به‌کندی انجام می‌شود. خیامیم و همکاران (۴) رهاسازی پتاسیم از موسکویت و فلدسپار پتاسیم را تحت تأثیر اسید اگزالیک مورد بررسی قرار دادند و بیان نمودند که اگرچه درصد K_2O فلدسپار به‌طور قابل توجهی بیش‌تر از موسکویت بود، اما مقدار رهاسازی پتاسیم از موسکویت به‌طور معنی‌داری بسیار بیشتر از فلدسپار بود.

گیاهان با ترشح اسیدهای آلی می‌توانند موجب اسیدی شدن شرایط ریزوسفر و درنتیجه، تخریب کانی‌ها شوند. نتایج، تغییر کانی کلریت را در محیط ریزوسفری در شرایط طبیعی خاک نشان داد. نتایج این پژوهش می‌تواند بیانگر آن باشد که منیزیم ساختمانی کانی‌های رس می‌تواند به‌عنوان منبع تغذیه‌ای برای گیاهان باشد. طبق نتایج به‌دست آمده، وجود برخی از کانی‌ها در مناطقی که انتظار تشکیل آنها وجود ندارد می‌تواند ناشی از تأثیر ریزوسفر باشد. اندازه‌گیری میزان پتاسیم تبادلی و غیر تبادلی نیز می‌تواند در تفسیر بهتر تغییرات کانی‌ها مفید باشد.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش می‌توان بیان کرد که

منابع مورد استفاده

۱. اکبری‌نیا، ا.، ا. قلاوند و ف. سفید کن. ۱۳۸۲. بررسی تأثیر کودهای شیمیایی، دامی و تلفیقی بر عملکرد و میزان ترکیبات اسانس دانه گیاه دارویی زنیان. مجله پژوهش و سازندگی ٦١: ۴۱- ۳۲.

۲. امید بیگی، ر. ۱۳۸۴. *رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان دارویی*. انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.

۳. خیامیم، ف.، ح. خادمی و م. ح. صالحی. ۱۳۸۹. تغییرات کانی‌شناسی فلوگوپیت و موسکویت در اندازه رس در اثر همزیستی قارچ آندوفایت با فسکیوی بلند. نشریه آب و خاک ۲۴(۳): ٥٥٦ – ٥۴٥.

۴. خیامیم، ف.، ع. موسوی، ح. شریعتمداری و ح. خادمی. ۱۳۹۰. سینتیک رهاسازی پتاسیم از موسکویت و فلدسپار پتاسیم تحت تأثیر اسید اگزالیک به‌روش عصاره‌گیری متوالی. دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران، ۱۲ تا ۱۴ شهریورماه، تبریز.

۵. رضایی، ف. ۱۳۸۹. هوادیدگی و تغییر و تحول کانی‌ها در محیط ریشه گیاهان کشت‌شده در خاک‌هایی با کانی‌شناسی متفاوت در استان گلستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشگاه گرگان.

۶. محمدی، م. ۱۳۶۵. گزارش مطالعات خاک‌شناسی نیمه تفصیلی استان چهارمحال و بختیاری (مناطق شهرکرد و بروجن). مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره ۶۹۶، ۲۳۹ صفحه.

۷. نادری‌زاده، ز. و ح. خادمی. ۱۳۸۹. تأثیر ماده‌ی آلی بر تغییرات کانی‌شناسی فلوگوپیت و موسکویت در اندازه رس در محیط ریشه یونجه. مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران ۱۸(۲): ۲۸۰ – ۲۶۷.

8. DeConinck, F. 1978. *Physico-Chemical aspects of pedogenesis*. International training center for post- graduate soil scientists state Gent University, Belgium.

9. Dixon, J. B. and S. B. Weed. 1989. Minerals in Soil Environments. 2nd ed., SSSA, Madison, Wisconsin, USA.

10. Gobran, G. R., S. Clegg and F. Courchesne. 2005. The Rhizosphere and Trace Element Acquisition in Soil. Fate and Transport of Heavy Metals in the Vadose Zone. CRC press, USA.

11. Hinsinger, P. and B. Jaillard. 1993. Root-induced release of interlayer potassium and vermiculitization of phlogopite as related to potassium depletion in the rhizosphere of ryegrass. Soil Sci. 44:525-534.

12. Hinsinger, P., F. Elsass, B. Jaillard and M. Robert. 1993. Root- induced irreversible transformation of a trioctahedral mica in rhizosphere of rape. Soil Sci. 44: 535 – 545.

13. Khademi, H. and J. M. Arocena. 2008. Kaolinite formation from palygorskite and sepiolite in rhizosphere soils. Clays Clay Miner. 56: 429–436.
14. Khademi, H. and A. R. Mermut. 1998. Source of palygorskite in gypsiferous Aridisols and associated sediments from central Iran. Clays Clay Miner. 33: 561-578.
15. Khormali, F. and A. Abtahi. 2003. Origin and distribution of clay minerals in calcareous arid and semi-arid soils of Fars Province. Clays Clay Miner. 38: 511-527.
16. Kittrick, J. A. and E. W. Hope. 1963. Aprocedure for the particle size separation of soils for X-Ray diffraction analysis. Soil Sci. 96: 312-325.
17. McGahan, D. G., R. J. Southard and R. J. Zasoski. 2003. Mineralogical comparison of agriculturally acidi fied and naturally acidic soils. Geoderma 114: 355–368.
18. Pernes-Debuyser, A., M. Pernes, B. Velde and D. Tessier. 2003. Soil mineralogy evolution in the INRA 42 plots experiment (Versailles, France). Clays Clay Miner. 51:577–584.
19. Ramezanpour, H., R. Hesami and N. Farhangi. 2006. Identification of silicate clay in soils derived from granite and limestone in Lahijan area. Proc. of the 14th Iran. Crystalography and Mineralogy Cong., Univ., Birjand.
20. Ross, G. J., P. B. Hoyt and G. R. Neilsen. 1985. Soil chemical and mineralogical changes due to acidification in Okahagen apple orchards. Soil Sci. 65: 347-355.
21. Ugolini, F. C. and R. S. Sletten. 1991. The role of proton donors in pedogenesis as revealed by soil solution studies. Soil Sci. 151: 51-75.
22. Wallander, H. 2000. Uptake of P from apatite by pinus sylvestris seedings colonized by different ectomycorrhize fungi. Plant Soil 218: 249- 256.
23. Walter, R. 1965. Calcium and Magnesium, PP. 999- 1009. *In*: Black, C. A (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical Methods, Agron, SSSA, Madison, WI.