

اثرات کشت طولانی مدت برنج بر برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و کانی‌شناسی رس خاک در منطقه یاسوج

حمیدرضا اولیایی^{۱*} و مهدی نجفی قیری^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۰/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۲/۲۴)

چکیده

شالیزارها تأمین‌کننده نیاز تغذیه‌ای حدود نیمی از جمعیت جهان می‌باشند. تشکیل این خاک‌های تحت دخالت انسان مرتبط با عملیات شله‌کاری (بادلینگ)، رژیم‌های غرقاب و زه‌کشی، تشکیل کفه شخم و فرایندهای اکسایشی-کاهشی خاص می‌باشد. این مطالعه به منظور بررسی اثر کشت طولانی مدت برنج بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و کانی‌شناسی رس در سه مزرعه برنج در منطقه یاسوج و مقایسه با اراضی بکر مجاور صورت گرفت. نتایج نشان داد که کشت طولانی مدت برنج موجب افزایش در میزان رس، کربن آلی، رطوبت اشباع، ظرفیت تبادل کاتیونی، کلاس فعالیت تبادل کاتیونی، هدایت الکتریکی و کاهش میزان کربنات کلسیم معادل خاک شده‌است. هم‌چنین این کاربری منجر به افزایش میزان آهن عصاره‌گیری شده با اگزالات (Fe_o)، آهن کل (Fe_t) و کاهش میزان آهن عصاره‌گیری شده با دی‌تیونات (Fe_d) شده‌است. نوع کانی‌های رسی در دو کاربری تفاوت چندان زیادی را نشان ندادند. اما از نظر مقدار، در خاک‌های شالیزاری افزایش نسبتاً زیاد اسمکتیت به‌ویژه در افق‌های سطحی دیده شد. اسمکتیت تشخیص داده شده در خاک‌های شالیزاری دارای بار لایه‌ای کمتر و درجه تبلور بالاتر در مقایسه با خاک‌های غیرشالیزاری بوده است. تغییر شکل ایلیت و کلریت به کانی‌های انبساط‌پذیر دلیل احتمالی برای کاهش این کانی‌ها در خاک‌های شالیزاری است.

واژه‌های کلیدی: اکسید آهن، تغییر کاربری، خاک شالیزار، کانی رسی

۱. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

۲. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز

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

مقدمه

برنج مهم‌ترین منبع غذایی برای بیش از ۵۰ درصد از جمعیت جهان بوده و در سطحی معادل ۱۵۵ میلیون هکتار در ۱۱۴ کشور جهان کشت می‌شود (۳۱). شالیزارها وسیع‌ترین اراضی غرقاب در سطح جهان می‌باشند که تحت تأثیر فعالیت‌های انسان قرار گرفته‌اند (۱۸). خاک‌های شالیزاری خاک‌هایی هستند که با روش ویژه‌ای برای کشت آبی برنج مدیریت می‌شوند. عملیات مدیریتی روی این خاک‌ها شامل تسطیح اراضی، پادلینگ (گل‌خرابی)، نگهداری ۵ تا ۱۰ سانتی متر آب طی ۴ الی ۵ ماه کشت برنج، زه‌کشی و خشک کردن اراضی در هنگام برداشت و غرقاب مجدد بعد از وقفه‌ای که بین چند هفته تا حدود ۸ ماه متغیر می‌باشد (۲۸).

شرایط اکوییک به دلیل تأثیر بر فرآیندهای اکسایش-کاهش به‌ویژه بر تغییر شکل شیمیایی ترکیبات آهن در خاک اثرات زیادی دارد. اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن در دامنه‌ای از ترکیبات بی‌شکل تا ترکیبات کاملاً بلورین وجود دارند. در خاک میزان اکسید آهن غیربلورین به وسیلهٔ اگزالات آمونیم اسیدی (Fe_0) اندازه‌گیری می‌شود، در حالی که مقدار کل ترکیبات آهن پدوژنیک (Fe_d) به وسیله سیترات-بیکربنات-دی تیونات (CBD) عصاره‌گیری می‌شود. بنابراین مقدار (Fe_0) - (Fe_d) معیاری از میزان ترکیبات پدوژنیک بلورین آهن و نسبت (Fe_0 / Fe_d) معیاری از اکسیدهای آهن فعال می‌باشند (۲۵).

شناسایی کمی، کیفی و ترکیب ساختمانی کانی‌های رسی اطلاعات ارزشمندی از وضعیت جذب، تثبیت و رهاسازی کاتیون‌ها را در اختیار قرار داده، ضمن این که یکی از مهم‌ترین روش‌ها در تعیین توانایی ذاتی خاک و میزان تخریب آن است (۲). مطالعاتی در دنیا به منظور مقایسه و بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و کانی‌شناسی خاک‌های شالیزار و خاک‌هایی با کاربری متفاوت صورت گرفته‌است (۲۶، ۲۹ و ۴۲). اما در بسیاری از موارد شرایط خاک‌های مطالعه شده در این پژوهش‌ها از نظر جنس مواد مادری و شرایط اقلیمی تفاوت چشمگیری با شالیزارهای جنوب ایران دارد.

عاکف و همکاران (۳) تغییرات ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و میکرومورفولوژی خاک جنگل‌های طبیعی با تغییر کاربری به شالیزار در استان گیلان را مورد بررسی قرار داد. ترابی (۲) در مطالعهٔ اراضی شالیزاری استان گیلان گزارش داد که در شرایط نامساعد زه‌کشی در شرایط خاک‌های شالیزاری، اسمکتیت پایدارتر بوده ولی در شرایط مناسب‌تر زه‌کشی که خاک از وضعیت هوازی تری برخوردار است، کانی ورمی‌کولیت نسبت به اسمکتیت بیشتر است.

چنگ و همکاران (۷) در مطالعه‌ای، ویژگی‌های خاک‌های شالیزاری و اراضی غیرشالیزاری مجاور آنرا بررسی نمودند. آنها مقدار بیشتر آهن کل، درصد رس و مواد آلی و مقدار کمتر منگنز کل در اراضی شالیزاری را گزارش نمودند. برخی مطالعات نشان داده‌است که کانی‌های رسی در اراضی شالیزاری به میزان بیشتری از مواد مادری در مقایسه با اثر چرخه‌های اکسایش-کاهش تأثیر پذیرفته‌اند (۱۳ و ۳۳).

با توجه به وجود منابع کافی آب در استان کهگیلویه و بویراحمد و امکان کشت و گسترش این محصول مهم در بسیاری از مناطق مختلف استان و هم‌چنین تغییر کاربری اراضی بکر به شالیزار اطلاع از تغییر ویژگی‌های خاک دارای اهمیت زیادی می‌باشد. مطالعات اندکی در ارتباط با اثر کشت طولانی مدت برنج بر تغییرات احتمالی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و کانی‌شناسی رس در شالیزارهای جنوب و جنوب غرب ایران صورت گرفته است، لذا این مطالعه به منظور بررسی عوامل یاد شده صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

سه منطقه در اطراف شهر یاسوج با سابقهٔ طولانی کشت برنج (۳۵ تا ۵۰ سال) انتخاب گردیدند. (جدول ۱). در هر منطقه دو خاک‌ریز یکی دارای کاربری کشت برنج و دیگری بکر با کاربری مرتع روی مواد مادری کاملاً یکسان و شیب یکسان در مجاورت آن حفر و براساس راهنمای شناسایی خاک (۳۵) تشریح و سپس بر مبنای کلید تاکسونومی خاک (۳۶) طبقه‌بندی

جدول ۱. مشخصات عمومی خاک‌های مطالعه شده در منطقه یاسوج

خاک‌رخ	منطقه	کاربری	مختصات جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	سابقه کشت (سال)	فیزیوگرافی	رده‌بندی
۱	بشار	شالیزار	۳۰° ۳۹' ۰۴" ۵۱° ۳۵' ۱۶"	۱۷۵۴	۴۰	دشت دامنه‌ای	Typic Calciaquolls
۲	بشار	مرتع	۳۰° ۳۹' ۰۴" ۵۱° ۳۵' ۱۶"	۱۷۵۴	-	دشت دامنه‌ای	Calcic Haploxeralfs
۳	پاتاوه	شالیزار	۳۰° ۵۷' ۲۸" ۵۱° ۱۵' ۲۸"	۱۵۱۰	۵۰	تراس رودخانه‌ای	Fluventic Endoaquepts
۴	پاتاوه	مرتع	۳۰° ۵۷' ۲۸" ۵۱° ۱۵' ۲۸"	۱۵۱۰	-	تراس رودخانه‌ای	Typic Xerorthents
۵	چیتاب	شالیزار	۳۰° ۴۸' ۱۶" ۵۱° ۱۹' ۳۸"	۱۶۲۰	۳۵	دشت دامنه‌ای	Typic Epiaquepts
۶	چیتاب	مرتع	۳۰° ۴۸' ۱۶" ۵۱° ۱۹' ۳۸"	۱۶۲۰	-	دشت دامنه‌ای	Typic Calcixerpts

نتایج

جدول ۱ مشخصات عمومی خاک‌های مطالعه شده را نشان می‌دهد. براساس نتایج به‌دست آمده، خاک‌ها در چهار راسته مالی‌سول، الفی‌سول، اینسپتی‌سول و انتی‌سول رده‌بندی شدند. جدول ۲ ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک‌های مطالعه شده را نشان می‌دهد. هم‌چنین میانگین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مطالعه شده در خاک‌های شالیزاری و غیرشالیزاری در این جدول نشان داده شده‌است. جدول ۳ نتایج نیمه‌کمی کانی‌شناسی رس برخی افق‌های مطالعه شده را نشان می‌دهد.

بحث

الف) اثر کشت برنج بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که کشت برنج احتمالاً موجب افزایش ۵/۷ درصدی میزان رس شده است. به نظر می‌رسد که اختلاط شدید سالیانه خاک موجب افزایش تجزیه و تخریب فیزیکی و شیمیایی خاک شده که در نتیجه، ذرات درشت‌تر شن و سیلت به ذرات ریزتر رس هوادیده شده است، ضمن این‌که

گردیدند. توزیع اندازه‌ای ذرات توسط روش پی‌پت (۸) صورت گرفت. اندازه‌گیری هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع توسط دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی و پ‌هاش خاک در خمیر اشباع توسط دستگاه پ‌هاش متر اندازه‌گیری گردید (۳۹). ظرفیت تبادل کاتیونی خاک به روش چاپمن (۶) و تعیین میزان کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی انجام یافت (۳۰). کربن آلی نیز به روش جکسون (۱۴) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری ترکیبات بی‌شکل و آلی آهن (Fe_o) توسط عصاره‌گیری با آمونیم اگزالات اسیدی صورت گرفت (۲۳). اکسیدهای آهن پدوژنیک (Fe_d) توسط سیترات-بی کربنات-دی تیونات (CBD) استخراج گردید (۲۴). آهن کل با اسید نیتریک ۴ نرمال عصاره‌گیری شد (۳۷). میزان آهن موجود توسط دستگاه جذب اتمی شیمادزو اندازه‌گیری گردید. خالص‌سازی رس نیز با روش‌های کیتریک و هوپ (۱۷) و جکسون (۱۴) با استفاده از دستگاه تفرق پرتوی ایکس زیمنس مدل D۵۵۰۰ صورت گرفت.

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک‌های مورد مطالعه^۱

Fe _o /Fe _d	Fe _t	Fe _d	Fe _o	EC	CEAC	CEC	رطوبت اشباع	CCE	کربن آلی	pH	بافت	رس (%)	رنگ	عمق (cm)	افق
													(مرطوب) (مرطوب)		
----- gkg ⁻¹ -----			dSm ₁	cmol ₁ kg ⁻¹											
۰/۳۷	۱۴/۹	۳/۸	۱/۴۲	۱/۴	۰/۶۰	۲۴/۸	۴۰/۲	۲۲/۳	۳/۱	۶/۸	c	۴۱/۲	10YR3/1	۰-۳۲	خاکرخ ۱ Apg
۰/۳۵	۱۷/۲	۴/۲	۱/۵۱	۰/۹	۰/۵۰	۲۶/۳	۴۳/۱	۲۴/۰	۱/۲	۷/۰	c	۵۳/۰	10YR4/2	-۵۸	Btg
۰/۳۵	۱۳/۰	۳/۲	۱/۲۴	۰/۸	۰/۵۵	۲۳/۸	۳۸/۸	۲۷/۶	۰/۷	۷/۴	c	۴۳/۵	10YR4/3	-۹۵	Bkg
۰/۳۷	۱۰/۲	۲/۸	۱/۰۳	۰/۶	۰/۵۱	۱۶/۳	۳۱/۶	۳۸/۸	۰/۳	۷/۵	sacl	۳۲/۳	10YR5/3	-۱۳۵	C
۰/۰۶	۱۰/۸	۹/۱	۰/۵۱	۱/۱	۰/۵۰	۱۵/۱	۳۵/۶	۱۶/۶	۱/۷	۷/۲	sacl	۳۰/۳	10YR3/2	۰-۲۵	خاکرخ ۲ A
۰/۰۴	۱۳/۶	۵/۹	۰/۴۳	۰/۶	۰/۴۵	۱۷/۴	۳۷/۰	۲۸/۲	۰/۹	۷/۴	cl	۳۸/۶	10YR4/2	-۵۵	Bt
۰/۰۴	۱۲/۰	۱۰/۲	۰/۴۴	۰/۴	۰/۴۶	۱۶/۰	۳۳/۷	۳۶/۶	۰/۶	۷/۶	cl	۳۵/۳	10YR4/4	-۹۰	Btk
۰/۰۳	۷/۷	۵/۲	۰/۱۷	۰/۳	۰/۳۹	۱۴/۶	۳۰/۱	۳۹/۷	۰/۲	۷/۸	cl	۳۶/۷	10YR4/4	-۱۲۵	C
۰/۳۴	۱۳/۳	۳/۴	۱/۱۴	۱/۳	۰/۶۱	۲۰/۷	۳۳/۹	۱۹/۱	۲/۰	۷/۱	cl	۳۴/۱	10YR4/2	۰-۳۵	خاکرخ ۳ Apg
۰/۲۸	۱۲/۹	۳/۶	۱/۰۲	۰/۹	۰/۵۴	۱۹/۳	۳۴/۳	۲۴/۶	۱/۲	۷/۳	cl	۳۶/۲	2.5Y4/2	-۷۵	Bg
۰/۲۸	۱۱/۲	۲/۹	۰/۸۲	۰/۷	۰/۵۱	۱۵/۹	۳۱/۱	۳۲/۳	۰/۷	۷/۵	sicl	۳۰/۹	2.5YR5/4	-۱۳۰	Cg
۰/۰۴	۱۲/۰	۸/۲	۰/۳۴	۰/۸	۰/۴۳	۱۳/۹	۳۲/۲	۱۴/۴	۱/۰	۷/۴	cl	۳۲/۲	10YR4/3	۰-۲۵	خاکرخ ۴ A
۰/۰۲	۱۰/۱	۴/۶	۰/۱۱	۰/۵	۰/۳۷	۱۲/۷	۲۸/۷	۳۶/۶	۰/۵	۷/۷	cl	۳۳/۶	10YR4/4	-۸۵	C1
۰/۰۲	۶/۸	۳/۹	۰/۰۹	۰/۵	۰/۴۲	۱۱/۴	۲۵/۶	۴۱/۵	۰/۱	۷/۸	sacl	۲۷/۴	10YR4/4	-۱۳۵	C2
۰/۳۵	۱۳/۱	۳/۶	۱/۲۷	۱/۰	۰/۵۷	۲۳/۳	۳۷/۶	۲۶/۶	۱/۸	۷/۳	c	۴۱/۱	10YR5/1	۰-۳۰	خاکرخ ۵ Apg
۰/۲۹	۱۳/۴	۴/۲	۱/۱۹	۰/۸	۰/۵۲	۲۲/۸	۳۶/۳	۲۸/۸	۰/۹	۷/۳	c	۴۴/۴	10YR5/2	-۷۵	Bg1
۰/۲۵	۱۱/۸	۳/۷	۰/۹۴	۰/۷	۰/۵۳	۲۰/۷	۳۴/۴	۳۴/۳	۰/۴	۷/۵	cl	۳۹/۳	10YR4/4	-۱۰۰	Bk
۰/۲۵	۹/۹	۳/۰	۰/۷۵	۰/۴	۰/۵۴	۱۷/۳	۲۹/۹	۳۸/۰	۰/۲	۷/۶	sacl	۳۲/۰	10YR5/4	-۱۳۵	C
۰/۰۴	۱۱/۵	۹/۷	۰/۴۲	۰/۷	۰/۴۹	۱۵/۸	۳۴/۵	۲۵/۴	۱/۲	۷/۵	cl	۳۲/۲	10YR4/4	۰-۲۵	خاکرخ ۶ A
۰/۰۳	۱۱/۱	۹/۳	۰/۲۶	۰/۶	۰/۴۲	۱۴/۶	۳۱/۱	۳۱/۲	۰/۶	۷/۷	cl	۳۴/۶	10YR5/4	-۵۰	Bk1
۰/۰۳	۱۰/۲	۷/۱	۰/۱۹	۰/۶	۰/۴۱	۱۲/۸	۲۶/۴	۳۶/۷	۰/۳	۷/۹	sacl	۳۰/۹	10YR5/4	-۸۵	Bk2
۰/۰۳	۷/۸	۴/۷	۰/۱۴	۰/۵	۰/۳۹	۱۲/۱	۲۶/۸	۴۲/۱	۰/۱	۷/۸	sacl	۳۱/۱	10YR6/4	-۱۲۵	C
۰/۳۲	۱۲/۸	۳/۵	۱/۱۲	۰/۹	۰/۵۴	۲۱/۰	۳۵/۵	۲۸/۸	۱/۱	۷/۳	cl	۳۸/۷	-	-	شالیزاری
۰/۰۴	۱۰/۴	۷/۵	۰/۲۸	۰/۶	۰/۴۳	۱۴/۳	۳۱/۲	۳۱/۸	۰/۷	۷/۶	cl	۳۳/۰	-	-	بکر

^۱ cl: لوم رسی؛ sacl: لوم رسی شنی؛ sicl: لوم رسی سیلتی؛ c: رسی، CCE: کربنات کلسیم معادل، CEAC: کلاس فعالیت تبادل کاتیونی، CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی، EC: هدایت الکتریکی، Fe_o: آهن عصاره‌گیری شده با اگزالات آمونیم، Fe_d: آهن عصاره‌گیری شده با دی‌تیونات، Fe_t: آهن کل.

گونگ (۴۳) کاهش در میزان رس را متعاقب تغییر از شرایط غرقاب دائم به غرقاب متناوبی را در نتیجه روان‌آب سطحی و فرآیند فرولیز دانسته‌اند.

کشت طولانی مدت برنج در اراضی مورد مطالعه موجب افزایش ۰/۴ درصدی کربن آلی در کل خاکرخ و ۱ درصدی در افق سطحی گردیده است (جدول ۲). تغییرات تناوبی در شرایط

اثر رسوبات دانه‌ریز رسی موجود در آب آبیاری و افزوده شدن سالیانه آن به سطح خاک نیز محتمل می‌باشد. تشکیل سخت‌کفه در زیر لایه شخم به آبشویی کمتر ذرات رس نیز کمک می‌نماید. نتایج نشان می‌دهد که کشت برنج موجب افزایش ۸ درصدی میزان رس در سطح خاک شده است. چنگ و همکاران (۷) نیز نتایج مشابهی را گزارش نمودند. ژانگ و

جدول ۳. نتایج نیمه کمی کانی‌شناسی رس برخی افق‌های مطالعه شده^۱

کوارتز	مخلوط لایه‌ها	کانی‌های رسی				افق	خاکرخ
		کلریت	ایلیت	ورمیکولیت	اسمکتیت		
-	*	**	**	-	****	Apg	۱
-	*	*	**	-	***	Btg	۱
tr	*	**	***	-	**	C	۱
-	-	**	**	*	**	A	۲
-	-	*	**	*	****	Bt	۲
*	tr	***	***	-	*	C	۲
-	-	*	**	tr	****	Apg	۳
-	*	**	**	tr	***	Bg	۳
-	-	**	**	*	**	A	۴
*	*	***	***	-	*	C2	۴
-	-	**	*	tr	***	Apg	۵
tr	-	***	**	-	***	Bk	۵
-	*	**	***	*	*	A	۶
tr	*	**	***	*	***	Bk2	۶

^۱ tr: ناچیز، * : کمتر از ۱۰ درصد، ** : ۱۰ تا ۲۰ درصد، *** : ۲۰ تا ۳۰ درصد، **** : ۳۰ تا ۵۰.

خاک در ابتدای فصل زراعی خنثی بوده و در پایان دوره کشت به سمت قلیایی و مجدداً در آغاز فصل بعد به سمت pH خنثی تمایل می‌یابد (۱۶). افزایش میزان رس و ماده آلی با افزایش ظرفیت جذب آب خاک، موجب افزایش ۴/۳ درصدی در میزان رطوبت اشباع خاک شالیزاری شده است. کربنات کلسیم معادل (CCE) در خاک شالیزاری ۳ درصد کمتر از خاک بکر بوده است. این در حالی است که به دلیل آبشویی کمتر در خاک شالیزاری میزان CCE در افق سطحی خاک شالیزاری ۳/۸ درصد بیشتر بوده و همین امر (بیشتر بودن آبشویی در خاک بکر) موجب انتقال کربنات‌ها به افق‌های زیرین و افزایش CCE در عمقی‌ترین افق خاک بکر به میزان ۴/۸ درصد شده است (جدول ۲).

ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) نیز در خاک‌های شالیزاری افزایش ۵۰ درصدی را نشان داد. این امر به سه عامل بیشتر بودن میزان رس و ماده آلی و همچنین افزایش میزان رس‌های با CEC زیادتر (به‌ویژه اسمکتیت) در خاک‌های شالیزاری نسبت داده می‌شود. بیشتر بودن مقدار کلاس فعالیت تبادل کاتیونی (خارج قسمت ظرفیت تبادل کاتیونی به میزان رس) در خاک شالیزاری (۵۴/۰ در مقابل ۴۳/۰) نیز مؤید این امر است

رطوبتی خاک‌های شالیزار برخلاف خاک‌های مجاور تأثیر مهمی بر بازگشت مواد آلی خاک، پویایی عناصر غذایی، پایداری کربن و حاصل خیزی خاک دارد (۴۱). این مورد تقریباً به صورت گسترده پذیرفته شده است که کشت برنج به همراه غرقاب شدن و ایجاد شرایط بی‌هوایی موجب افزایش ماده آلی به‌ویژه در سطح خاک می‌شود (۲۰). این میزان در اکثر خاک‌های شالیزاری شرق آسیا در دامنه ۲ تا ۴/۱ درصد بوده است. (۲۷). لال (۲۱) کشت برنج تحت شرایط غرقاب را عامل مهمی در نگهداشت کربن آلی و دلیل آن را تجزیه کمتر مواد آلی در شرایط غرقاب نسبت به شرایط هوایی و تشکیل کمپلکس‌های اکسیدهای آهن با مواد آلی ذکر نموده است.

نتایج این پژوهش نشان داد که کشت برنج موجب کاهش ۰/۳ واحدی در pH خاک‌های مطالعه شده است. به‌طور کلی غرقاب شدن باعث افزایش pH خاک‌های اسیدی و کاهش pH خاک‌های قلیایی می‌گردد (۲۸). ایجاد شرایط کاهش در نتیجه غرقاب شدن خاک موجب تغییرات pH می‌شود. افزایش در pH خاک‌های اسیدی به دلیل مصرف پروتون‌ها و کاهش در pH خاک‌های قلیایی به دلیل افزایش فشار نسبی دی‌اکسید کربن می‌باشد (۳۲). تغییرات در pH دوره‌ای می‌باشد؛ واکنش محلول

(جدول ۲). در ارتباط با فرآیندهای تغییر شکل رس‌ها در بخش بعدی بحث خواهد شد.

میانگین هدایت الکتریکی (EC) در خاک‌های شالیزاری نیز حدود ۵۰ درصد بیشتر از خاک‌های بکر بوده است. پوناپروما (۲۸) علت افزایش EC در خاک‌های شالیزار با زه‌کشی ضعیف را به کاهش اکسیدهای سه ظرفیتی آهن و منگنز به Fe^{2+} و Mn^{2+} محلول در شرایط کاهشی نسبت داده است. در ارتباط با شکل‌های مختلف اکسید آهن همان‌گونه که نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد، خاک‌های شالیزاری دارای مقادیر بیشتری از Fe_0 نسبت به خاک‌های بکر بوده‌اند (۴ برابر). این در حالی است که خاک‌های بکر در مقایسه با خاک‌های شالیزاری دارای مقادیر بیشتری از Fe_h (۲/۱ برابر) بوده‌اند. در شرایط هیدرومورفیک و کمبود اکسیژن، آهن به شکل $Fe(II)$ تبدیل می‌گردد. در این شرایط امکان تشکیل اکسیدهای آهن بلورین کمتر گردیده و ترکیبات آهن عمدتاً به شکل آلی و بدون ساختار بلورین می‌باشند (۳۴). بر طبق نظر ماهر (۲۲) در خاک‌های هیدرومورفیک، فرآیندهای کاهش زیستی، موجب تبدیل آهن نامحلول موجود در کانی‌های فری-مگنتیت، به شکل‌های محلول $Fe(II)$ می‌شود. شرایط کاهشی در خاک‌های شالیزاری، منجر به افزایش ۸ برابری نسبت Fe_0/Fe_h در این خاک‌ها شده است. اولیایی و همکاران (۱) نتایج مشابهی را در خاک‌های استان فارس گزارش نمودند. بر طبق نظر مک‌کیگ و دی (۲۳) نسبت‌های بالاتر از ۰/۲۵ بیانگر خاک‌های هیدرومورفیک می‌باشد. تامپسون و همکاران (۳۸) افزایش در میزان تبلور اکسید آهن را در طی تناوب اکسایش و کاهش خاک در طی آزمایش‌های غیرمزرعه‌ای در طی ۵۶ روز مشاهده نمود. این یافته‌ها به میزان زیادی با تغییرات Fe_h و نسبت Fe_h/Fe_0 در طول دوره کشت همخوانی داشته است.

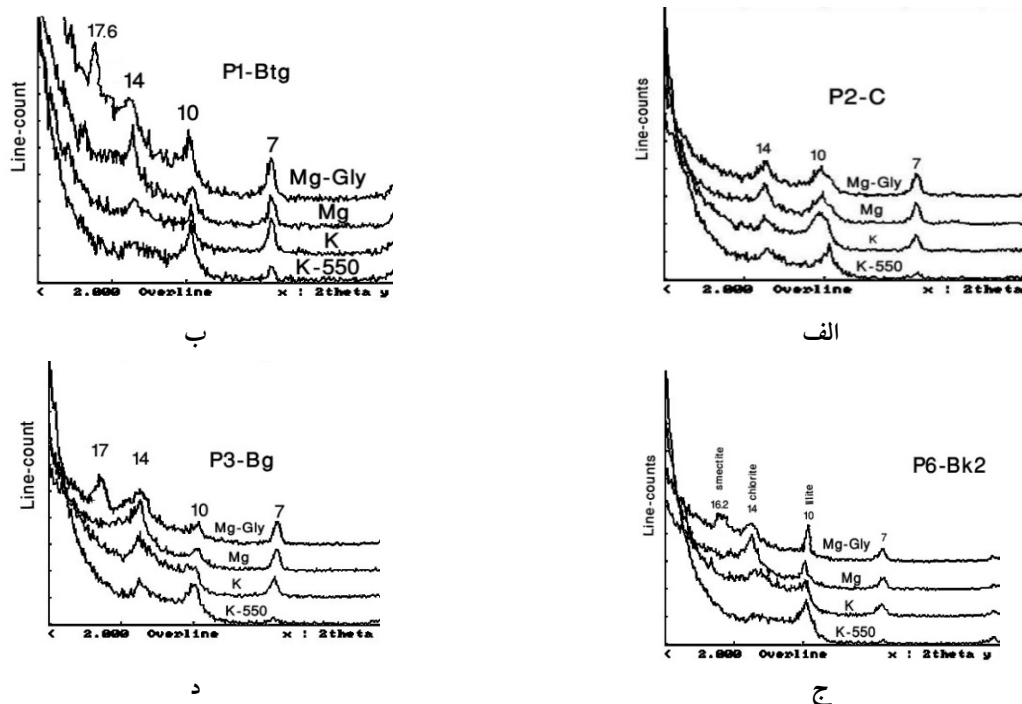
میزان آهن کل در خاک‌های شالیزاری مطالعه حاضر با افزایش ۲۳ درصدی نسبت به خاک‌های بکر مجاور مواجه بوده است. چنگ و همکاران (۷) نیز نتایج مشابهی را در ارتباط با افزایش میزان Fe_h در خاک‌های شالیزاری گزارش نمودند.

بیشتر بودن میزان رس و ماده آلی و کمتر بودن میزان نسبی کربنات کلسیم از عوامل احتمالی افزایش آهن کل در خاک‌های شالیزاری می‌باشد. تغییر شکل آهن در جهات مختلف و با فرآیندهای مختلف (شامل آبشویی و تجمع) برای خاک‌های شالیزاری به دلیل تحرک بالای آهن در طی فصل غرقاب می‌باشد. در شالیزارهای قدیمی تداوم تجمع آهن منجر به تشکیل افق غنی از آهن آبشویی شده می‌شود (۱۱).

ب) کانی‌شناسی رس خاک‌های مطالعه شده

جدول ۳ نتایج نیمه کمی کانی‌شناسی رس برخی افق‌های مطالعه شده را نشان می‌دهد. براساس نتایج به دست آمده کانی‌های اسمکتیت، ایلیت، کلریت، ورمیکولیت، مخلوط لایه‌ها و کوارتز به ترتیب کمیت در خاک‌های مطالعه شده مشاهده گردیدند. نتایج نشان می‌دهد که میزان اسمکتیت در خاک‌های شالیزاری به علت شرایط اشباع از سطح و وضعیت زه‌کشی نامطلوب در این خاک‌ها به مراتب بیشتر از خاک‌های غیرشالیزاری بوده است. کمتر بودن مقدار اسمکتیت در خاک‌های اخیر را می‌توان به شستشوی زیاد کاتیون‌های بازی که محیط را از نظر شیمیایی برای اسمکتیت ناپایدار می‌کند، مربوط دانست (۲). با توجه به پایین بودن سطح ایستابی در تمامی خاک‌های شالیزاری مطالعه شده، افق‌های سطحی به میزان بیشتری شرایط اکوییک را نشان دادند و این مسأله موجب اختلاف بیشتری در میزان نسبی کانی‌های رسی در افق‌های سطحی (به ویژه در مورد اسمکتیت) در خاک‌های شالیزاری و غیرشالیزاری شده است. گرچه نقش افزایش رسوبات رسی توسط آب آبیاری به افق‌های سطحی خاک‌های شالیزاری را نمی‌توان از نظر دور داشت. این در حالی است که در خاک‌های غیرشالیزاری حداکثر مقدار اسمکتیت در افق B مشاهده گردید که احتمالاً به دو عامل انتقال فیزیکی از سطح و یاتشکیل در جای این کانی مرتبط می‌باشد.

هر دو فرآیند تشکیل پدوژنیک (شامل نوتشکیلی و تغییر شکل) برای حضور زیاد اسمکتیت در خاک‌های شالیزاری نسبت به غیر شالیزاری محتمل است. مقادیر کم اسمکتیت در



شکل ۱. منحنی‌های پراش پرتو ایکس برخی نمونه‌های مطالعه شده، الف) خاکرخ ۱، افق Btg، ب) خاکرخ ۲، افق C، ج) خاکرخ ۳، افق Bg، د) خاکرخ ۶، افق Bk2

مورد می‌تواند بیانگر شرایط نسبی مناسب‌تر خاک‌های شالیزاری برای تشیل پدوژنیک اسمکتیت در مقایسه با خاک‌های غیرشالیزاری باشد. میزان کمتر انبساط‌پذیری اسمکتیت (۱۵ تا ۱۶ آنگسترم) در خاکرخ‌های غیر شالیزاری مرتبط با بار لایه‌ای بیشتر این کانی و مقاومت آنها در برابر انبساط‌پذیری لایه‌هایشان است (۱۵). از این رو احتمال می‌رود که این رس‌ها رفتاری مشابه ورمیکولیت در تثبیت و رهاسازی پتاسیم در خاک‌های شالیزاری داشته باشند (۲).

شواهدی از حضور اندک ورمیکولیت در برخی نمونه‌های غیر شالیزاری مشاهده گردید. کاهش شدت پیک ۱۴ آنگستروم در تیمار پتاسیم در نمونه‌های مورد مطالعه و عدم انتقال کامل این پیک به محدوده پیک‌های ۱۸ آنگستروم در تیمار گلیسرول می‌تواند مؤید حضور کانی ورمی‌کولایت در این خاک‌ها باشد (۹). در شرایط زه‌کشی ضعیف‌تر ورمیکولیت ناپایدار بوده و به اسمکتیت با پایداری بیشتر تبدیل می‌شود. هم‌چنین احتمال تشکیل ورمیکولیت به‌عنوان یک محصول حدواسط از میکا و

مواد مادری خاک‌رخ‌های مطالعه‌شده (جدول ۳ و شکل ۱ ب) بیانگر منشاء عمدتاً پدوژنیک این کانی در خاک‌های مطالعه شده می‌باشد. رابطه عکس بین میزان نسبی اسمکتیت با ایلیت و کلریت می‌تواند احتمالاً به تغییر شکل کانی‌های ایلیت و کلریت مربوط باشد. گنگ و ژو (۱۲) در اراضی شالیزاری آهکی چین مشاهده نمودند که میزان ایلیت کاهش و میزان ورمیکولیت افزایش داشته است. حسن‌زاده و همکاران (۱۳) اظهار نمودند که شرایط اکوییک طبیعی و ایجاد شده توسط انسان موجب افزایش تشکیل اسمکتیت می‌شود. اسمکتیت به‌صورت پدوژنیک از محلول‌های حاوی غلظت زیاد Si، Al و Mg تشکیل می‌گردد که در شرایط غرقاب خاک‌های آهکی، به‌علت غلظت بالای این یونها و تحرک نسبی زیاد آنها این امکان فراهم می‌گردد (۵). قله‌های تیز ۱۶ تا ۱۸ آنگسترم اسمکتیت در تیمار گلیسرول در خاک‌های شالیزاری بیانگر درجه تبلور بالای این کانی است (شکل ۱ الف و ج). درجه تبلور پایین این کانی موجب پلکانی و یا شانه‌ای شدن پیک می‌شود (شکل ۱ د). این

ورمیکولیت تحت شرایطی دارد. یکی از دلایل مهم پایداری کلریت در خاک‌های کاملاً کاهشی، پایداری آهن دو ظرفیتی موجود در این کانی تحت شرایط فوق می‌باشد (۱۳). براساس نظر کیوما (۱۹) تناوب میان شرایط کاهش و اکسایش منجر به کلریتی شدن کانی‌های انبساط‌پذیر ۲:۱ و کاهش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که کشت طولانی مدت برنج موجب افزایش در میزان رس، کربن آلی، رطوبت اشباع، ظرفیت تبادل کاتیونی، کلاس فعالیت تبادل کاتیونی، هدایت الکتریکی و کاهش میزان کربنات کلسیم معادل خاک شده است. هم‌چنین این کاربری منجر به افزایش میزان آهن عصاره‌گیری شده با اگزالات (Fe_0)، آهن کل (Fe_t) و کاهش میزان آهن عصاره‌گیری شده با دی‌تیونات (Fe_d) شده است. نوع کانی‌های رسی در دو کاربری تفاوت چندان زیادی را نشان ندادند. اما از نظر مقدار، در خاک‌های شالیزاری افزایش نسبتاً زیاد اسمکتیت به‌ویژه در افق‌های سطحی مشاهده شد. اسمکتیت تشخیص داده شده در خاک‌های شالیزاری دارای بار لایه‌ای کمتر و درجه تبلور بالاتر در مقایسه با خاک‌های غیرشالیزاری بوده است. تغییر شکل ایلیت و کلریت به کانی‌های انبساط‌پذیر دلیل احتمالی برای کاهش این کانی‌ها در خاک‌های شالیزاری است.

سپس تبدیل آن به اسمکتیت تأیید شده است (۹). تقریباً در تمامی نمونه‌ها میزان ایلیت و کلریت با افزایش عمق زیاد گردیده که نشان‌دهنده منشأ توارثی این کانی‌هاست. پیک ۱۴ آنگسترومی موجود در تیمار اشباع با پتاسیم و افزایش نسبی شدت آن پس از حرارت 550° درجه سانتی‌گراد نشان‌دهنده وجود کلریت در این خاک‌هاست (۴). توارثی بودن ایلیت نیز توسط بسیاری از محققان از جمله ویلسون (۴۰) به اثبات رسیده است.

تغییرات تناوبی در شرایط اکسایش و کاهش خاک موجب تغییر در عدد اکسیداسیون یون‌ها می‌شود. یون‌های آهن به‌صورت خالص یا ترکیبی در دامنه گسترده‌ای از کانی‌های اولیه و ثانویه خاک حضور دارند. تغییر در شرایط اکسایشی آهن ساختمانی منجر به یک تغییر کلی در موازنه بار الکتریکی بلور می‌شود (۱۸). فاوره و همکاران (۱۰) تغییرات در آهن ساختمانی اسمکتیت و کائولینیت را در خاک‌های شالیزاری پس از ۱۱ سال کشت برنج مشاهده نمودند. این محققان مشاهده نمودند که آهن دو ظرفیتی موجود در ساختمان اسمکتیت در نتیجه شرایط کاهشی افزایش می‌یابد. افزایش نسبی اسمکتیت در خاک‌های شالیزاری موجب کاهش مقدار دو کانی ایلیت و کلریت گردیده است. تشکیل اسمکتیت علاوه بر میکا از طریق کلریت نیز امکان‌پذیر است. در طبیعت عمل تبدیل کلریت به سایر کانی‌ها به‌وسیله دی‌هیدروکسیلاسیون و اکسیداسیون آهن دو ظرفیتی صورت می‌گیرد. اکسیداسیون غیر قابل بازگشت آهن دو ظرفیتی نقش مهمی در تغییر و تبدیل کلریت به

منابع مورد استفاده

۱. اولیائی، ح.ر.، ا. ادهمی، ک. اجرائی، م. نجفی و م. رجائی. ۱۳۸۹. مطالعه پذیرفتاری مغناطیسی در برخی خاک‌های اکوتیک و غیراکوتیک استان فارس. مجله علوم کشاورزی ایران. ۴۶: ۱۴۸-۱۵۹.
۲. ترابی گل سفیدی، ح.، م. کریمیان اقبال، ج. گیوی و ح. خادمی. ۱۳۸۰. مطالعه کانی‌های رسی در اراضی شالیکاری روی لندفرم‌های مختلف شرق گیلان. مجله علوم آب و خاک ۱۵(۱): ۱۲۲-۱۳۸.
۳. عاکف، م. ش. محمودی، م. کریمیان اقبال و ف. سرمیدیان. ۱۳۸۲. بررسی تغییرات ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و میکرومورفولوژی خاک جنگل‌های طبیعی تبدیل‌شده به شالیزارها در منطقه فومنات گیلان. مجله منابع طبیعی ایران ۵۶(۴): ۴۰۷-۴۲۳.

4. Barnhisel, R.I. and P.M. Bertsch. 1989. Chlorites and Hydroxy-Interlayered Vermiculite and Smectite. PP. 729-788. *In: Dixon, J.B. and S.B. Weed, (Eds.), Minerals in Soil Environments, 2nd ed., Soil Science Society of America, Madison, WI, USA.*
5. Borchardt, G.A. 1989. *Smectites*. PP. 675-727 *In: Minerals in Soil Environments, 2nd ed., In: Dixon, J.B. and S.B. Weed (Eds.), Soil Science Society of America, Madison, WI, USA.*
6. Chapman, H.D. 1965. Cation Exchange Capacity. PP. 891-901. *In: C.A. Black (ed.), Methods of soil analysis, part 2. American Society of Agronomy, Madison, WI.*
7. Cheng Y.Q., L.Z. Yang, Z.H. Cao, E. Ci. and Sh. Yin. 2009. Chronosequential changes of selected pedogenic properties in paddy soils as compared with non-paddy soils. *Geoderma, 151: 31-41.*
8. Day, P.R. 1965. Particle Fractionation and Particle-size Analysis. PP. 545-567. *In: C.A. Black (ed.), Methods of Soil Analysis, part 2. American Society of Agronomy, Madison, WI.*
9. Douglas, L.A. 1989. Vermiculites. PP. 635-674. *In: Dixon, J.B. and S.B. Weed (Eds.), Minerals in Soil Environments, 2nd ed., Soil Science Society of America, Madison, WI, USA.*
10. Favre, F., D. Tessier, M. Abdelmoula, J.M. Génin, J.M., W.P. Gates and P. Boivin. 2002. Iron reduction and changes in cation exchange capacity in intermittently water logged soil. *Eur. J. Soil Sci. 53: 175-183.*
11. Gong, Z.T. 1986. Origin, evolution and classification of paddy soils in China. *Adv. Soil Sci. 5: 174-200.*
12. Gong, Z.T. and Q. Xu. 1990. Paddy soils. *Soils of China. Science Press, Beijing, PP. 233- 260.*
13. Hassannezhad, H., A. Pashae, F. Khormali and M. Mohammadian. 2008. Effect of soil moisture regime and rice cultivation on mineralogical characteristics of paddy soils of Mazandaran province, Northern Iran, Amol. *Int. J. Soil Sci. 3: 138-148.*
14. Jackson, M.L. 1975. Soil Chemical Analysis-advanced course. Univ. of Wisconsin, College of Agric., Dept. of Soil Sci., Madison, WI.
15. Johnson, M.G. and M.B. Mobride. 1989. Mineralogical and chemical characteristics of Adirondack Spodosols: Evidence for para- and noncrystalline aluminosilicate minerals. *Soil Sci. Soc. of Amer. J. 53: 482-490.*
16. Kirk, G., 2004. The biogeochemistry of submerged soils. Wiley, Chichester.
17. Kittrick, J.A. and E.W. Hope. 1963. A procedure for particle-size separation of soils for X-ray diffraction analysis. *Soil Sci. 96: 312-325.*
18. Kögel-Knabner, I., W. Amelung, Z.H. Cao, S. Fiedler, P. Frenzel, R. Jahn, K. Kalbitz, A. Kölbl and M. Schloter. 2010. Biogeochemistry of paddy soils. *Geoderma 157: 1-14.*
19. Kyuma, K. 1985. Fundamental characteristics of wetland soils. PP. 191-206. *In: wetland soils, characterization, classification, and utilization. International Rice Research Institute, Losbanos, Philippines.*
20. Lal, R. 2002. Soil carbon sequestration in China through agricultural intensification and restoration of degraded and desertified ecosystems. *Land Degrad. Dev. 13: 469-478.*
21. Lal, R. 2004. Offsetting China's CO₂ emission by soil carbon sequestration. *Clim. Change 65: 263-275.*
22. Maher, B.A. 1998. Magnetic properties of modern soils and Quaternary loessic Paleosols: Paleoclimatic implications. *Palaeogeog. Palaeoclim. Palaeoecol. 137: 25-54.*
23. McKeague, J.A. and J.H. Day. 1966. Dithionite-and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. *Can. J. Soil Sci. 46:13-22.*
24. Mehra, O.P. and M.L. Jackson. 1960. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite citrate system with sodium bicarbonate. *Clays Clay Miner. 7: 317-327.*
25. Munch, J.C. and J.C.G. Ottow. 1983. Reductive transformation mechanism of ferric oxides in hydromorphic soils. *Environ. Biogeochem. Ecol. Bull. 35: 383-394.*
26. Painuli, D.K. and M. Pagliai. 1992. Micromorphometric and micromorphological investigation of two soils in temperate rice field. *J. Indian Soc. Soil Sci. 40: 246-250.*
27. Pan, G., L. Wu, L. Li, X. Zhang, W. Gong and Y. Wood. 2008. Organic carbon stratification and size distribution of three typical paddy soils from Taihu Lake region, China. *J. Environ. Sci. 20:456- 463.*
28. Ponnampuruma, F.N. 1978. Electrochemical change in submerged soil and the growth of rice. PP. 421-441 *In: Soils and rice. IRRI, Losbanos, Philippines.,*
29. Prakongep, N., A. Suddhiprakarn, I. Kheoruenromne and R.J. Gilkes. 2007. Micromorphological properties of Thai paddy soils. *Kasetsart J. 41: 42-48.*
30. Richards, L.A. (ed.). 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA Handbook No. 60. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
31. Rice basics. 2012. Available from <http://irri.org/about-rice/rice-facts/rice-basics> (Accessed April 8, 2012).
32. Sahrawat, K.L. 2005. Fertility and organic matter in submerged rice soil. *Curr. Sci. 88: 735-739.*
33. Sano, O., T. Ito, T. Ando, M. Nanzyo, G. Saito, K. Saito and M. Saigusa. 2006. Clay mineralogical composition map of Paddy soils in Miyagi Prefecture, Northeastern Japan. 18th World Congress of Soil Science July 9-15, 2006, Philadelphia, Pennsylvania, USA, pp. 115-133.

34. Schwertmann, U. and R.M. Taylor. 1989. Iron oxides. PP. 379-438. *In*: Dixon, J.B. and S.B. Weed, (Eds.), Minerals in Soil Environment. Soil Science Society of America, Madison, USA.
35. Soil Survey Staff, 1993. Soil Survey Manual. USDA. Handbook No. 18. Washington, DC.
36. Soil Survey Staff, 2010. Keys to Soil Taxonomy. USDA, NRCS. Washington, DC.
37. Sposito, G., L.J. Lund and A.C. Chang. 1982. Trace metal chemistry in arid-zone field soils amended with sewage sludge: I. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd, and Pb in solid phases. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 46: 260-264.
38. Thompson, A., O.A. Chadwick, S. Boman and J. Chorover. 2006. Colloid mobilization during soil iron redoxoscillations. *Environ. Sci. Technol.* 40: 5743 - 5749.
39. U.S. Salinity Laboratory Staff. 1945. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA. Handbook 60, Washington D.C.
40. Wilson, M.J. 1999. The origin and formation of clay minerals in soils: past, present and future perspectives. *Clay Miner.* 34: 7-24.
41. Witt, C. and S.M. Haefele. 2005. Paddy soils, PP. 141-150, *In*: Hillel, D., C. Rosensweig, D. Powlson, K. Scow, M. Singer and D. Sparks (Eds.), *Encyclopedia of Soils in the Environment*, Academic Press, New York.
42. Zengyei, H., C. Zueng, Z. Sang Hseu and Z. Chen. 1994. Micromorphology of rice growing Alfisols with different wetness Conditions in Taiwan, *Chinese Agric. Chem. Soc.* 32(6): 674-656.
43. Zhang, G.L. and Z.T. Gong. 2003. Pedogenic evolution of paddy soils in different soil landscapes. *Geoderma*, 115: 15-29.

Effect of Long-Term Rice Cultivation on Physico-Chemical Properties and Clay Mineralogy of Soils in Yasouj Region

H. R. Owliaie^{1*} and M. Najafi Ghiri²

(Received : Jan. 03-2012 ; Accepted : May 13 -2012)

Abstract

Paddy soils provide the staple diet for nearly half of the world's population. The formation of the Anthrosols is induced by tilling the wet soil (puddling), flooding and drainage regimes associated with the development of a plow pan and specific redoximorphic features. The aim of this study was to evaluate the effects of long-term rice cultivation on physico-chemical properties and clay mineralogy of soils of three rice farms and compare the results with adjacent virgin lands in Yasouj region. Paddy soils exhibited larger contents of clay, organic carbon, saturation percentage, cation exchangeable capacity, cation exchange activity classes, electrical conductivity and lower content of calcium carbonate equivalent compared to non-paddy soils. This land use showed higher proportions of Fe_o, Fe_t and lower content of Fe_d. No such differences were noticed with the type of clay minerals in both land uses. Paddy soils contained greater amount of smectite, particularly in the surface horizons. Smectite in paddy soils exhibited lower layer charge and higher degree of crystallinity compared to non-paddy soils. Transformation of illite and chlorite to expandable minerals is a possible mechanism for lower amounts of these minerals in paddy soils.

Keywords: Fe-oxide, Land use change, Paddy soil, Clay minerals.

1. Dept. of Soil Sci., College of Agric., Yasouj Univ., Yasouj, Iran.

2. Dept. of Soil Sci., College of Agric. and Natur. Res., Shiraz Univ., Darab, Iran.

*: Corresponding Author, Email: h_owliaie@yahoo.com