

## مطالعه تکامل خاک‌ها و تنوع کانی‌های رسی در یک ردیف

پستی و بلندی در استان خوزستان

سیروس جعفری\* و حبیب‌اله نادیان<sup>۱</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۷/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۳/۲۸)

## چکیده

با هدف بررسی تغییر خصوصیات خاک‌ها در یک ردیف پستی و بلندی مطالعه‌ای در استان خوزستان انجام شد. برای این منظور در امتداد شمالی جنوبی استان، خاک‌رخی‌هایی در اراضی مجاور رودخانه کارون حفر و خصوصیات این خاک‌ها تعیین شد. نتایج نشان داد که بافت خاک از بخش‌های شمالی به سمت جنوب با تغییرات تدریجی روبه سنگینی است. در اراضی پست، تکامل خاک به تشکیل افق سالیک و در برخی موارد تشکیل رنگدانه محدود شده است. علی‌رغم سطح بالای آب زیرزمینی در برخی از اراضی، به دلیل شوری زیاد گلی یا رنگدانه‌ها ملاحظه نشد. در بخش‌هایی از این اراضی با زه‌کشی نسبتاً مناسب، آهک از سطح شسته و در عمق تجمع یافته بود. در این خاک‌ها تشکیل افق کلسیک با درجات توسعه متفاوت، حداکثر تکامل خاک‌رخی خاک منطقه را نشان می‌دهد. در بخش‌های میانی منطقه با سابقه کشت و کار بیشتر، تشکیل افق‌های کمبیک و با کلسیک نشان از تحول خاک‌رخی بیشتر خاک دارد. تشکیل این افق علاوه بر بهبود شرایط زه‌کشی که سبب تسریع در آبشویی شده، به واسطه بهبود رشد موجودات زنده (متأثر از زه‌کشی) می‌باشد. وجود رس اسمکتیت در بخش‌های جنوبی منطقه به انتقال این رس از قسمت‌های بالادست در اثر جریان‌های سیلابی مربوط می‌گردد که در اثر فرآیندهای انتشار و رسوب به دلیل اندازه بسیار ریز در این خاک‌ها در همه افق‌ها تجمع یافته است. رس پالی گورسکایت در برخی از خاک‌ها به دلیل شرایط مناسب زه‌کشی و آبیاری شدید از خاک‌رخی حذف شده و یا میزان آن به حداقل رسیده است. با این وجود کانی‌های رسی کلریت، اسمکتیت، اپلیت و کوآرتز نیز در اندازه رس در این اراضی ملاحظه شد.

واژه‌های کلیدی: خاک، ردیف پستی و بلندی، زه‌کشی، کاتنا، تکامل

۱. گروه خاک‌شناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

\* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: siroosjafari@yahoo.com

## مقدمه

دشت خوزستان از لحاظ زمین شناسی جزء یکی از سه منطقه زمین شناسی زاگرس می باشد که شامل بخشی از دشت وسیع بین النهرین است. رسوبات سطحی این دشت از فرسایش آبی بخش های بالا دست و از طریق سیلاب رودخانه های بزرگی چون کارون، دز و کرخه به دشت منتقل شده اند. شیب کلی دشت با اختلاف ارتفاعی بالغ بر ۴۰۰ متر، در امتداد شمالی جنوبی است. مواد مادری این خاکها از رسوبات آبرفتی رودخانه ای حاصل شده است که برای هر رودخانه تقریباً از دارای شرایط نسبتاً یکسانی است. این خاکها از بخش شمالی تا جنوبی به دلیل توزیع اندازه ذرات دارای اختلافاتی است. اختلاف ارتفاع همراه با سطح آب زیرزمینی متغیر در بسیاری از بخش های دشت خوزستان، کاتنایی (Catena) از خاکها را در منطقه ایجاد نموده است. میلی اصطلاح کاتنا را وارد علم خاکشناسی نمود که به زنجیری از خاکها اطلاق می گردد که روی یک زمین نما (Landscape) از بخش های مرتفع به سمت بخش های کم ارتفاع تر قرار دارند (۱۱). پستی و بلندی یکی از ۵ فاکتور خاکسازي است که سبب ایجاد انرژی جنبشی و پتانسیل برای تغییر در سیستم خاک می گردد (۲۲). با تغییر توپوگرافی، سرعت حرکت مواد و انرژی تغییر نموده و سبب تغییر آب نفوذی گردیده که این امر بر بسیاری از فرآیندهای دیگر خاکسازي از جمله عمق تشکیل افق کلسیک (۱۵)، افق آرچیلیک (۱۶)، میزان ماده آلی (۱۵) و الگوی توزیع و نوع پوشش گیاهی (۱۱) اثرگذار می باشد. از آنجایی که تغییر شرایط پستی و بلندی سبب ایجاد خاکهای با خصوصیات و ویژگی های متفاوت می گردد، مطالعه رابطه بین خصوصیات خاکها در امتداد یک شیب می تواند برای دستیابی به اثرات توپوگرافی و زه کشی بر ویژگی های خاکها مورد استفاده قرار گیرد (۲۲). هدف از این مطالعه بررسی اثر توپوگرافی و زه کشی بر تکامل خاکها و تنوع ترکیب کانی های رسی در خاکها است.

## مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه بخشی از دشت بین النهرین در استان خوزستان قرار دارد. به دلیل الگوی شمالی جنوبی شیب در خوزستان، الگوی انتخاب خاکرخها نیز در این راستا انتخاب گردید. موقعیت خاکرخها در منطقه مورد مطالعه طوری انتخاب شدند که در برگزیده تنوع کافی از خاکهای منطقه باشد. با استفاده از نقشه های توپوگرافی و عکس های اخیر ماهواره ای منطقه مورد مطالعه، محل خاکرخها تعیین و پس از حفر، با استفاده از روش استاندارد تعیین گردیدند (۲۵). در شکل ۱ موقعیت خاکرخهای حفر شده در استان خوزستان نشان داده شده است.

با توجه به ویژگی های مورفولوژیکی و نحوه قرار گرفتن افق های ژنتیکی و همچنین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و تعاریف موجود در سیستم طبقه بندی خاک، افق های مشخصه سطحی و زیرسطحی تعیین گردید (۲۴ و ۲۶). از کلیه نمونه خاکهای تهیه شده، آزمایش های زیر صورت گرفت:

قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع خاک ( $EC_e$ ), pH خاک در گل اشباع، درصد اشباع رطوبت خاک (SP) با خشک کردن گل اشباع نمونه در دمای  $110^{\circ}C$  ۱۰۵ تعیین گردید (۲۸). بافت خاک با هیدرومتر (۱۳)، ماده آلی به روش اکسایش تر (۱۳)، کربنات کلسیم با خشتی سازی با اسید کلریدریک و حرارت دهی (۲۰)، گچ به روش رسوب در استن (۲۰)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش چاپمن (۸)، پتاسیم محلول با عصاره گیری اشباع خاک، پتاسیم و سدیم تبدلی به روش عصاره گیری با استات آمونیوم (۱۴)، کلسیم و منیزیم تبدلی از اختلاف ظرفیت تبادل کاتیونی و میزان پتاسیم و سدیم تبدلی برآورد شد (۷). این خاکها براساس افق های مشخصه و رژیم های رطوبتی و حرارتی و سایر فاکتورها، مطابق کلید روش جامع طبقه بندی خاک آمریکایی (۲۶) تا سطح فامیل طبقه بندی گردید.

همچنین شناسایی کانی های رسی نیز مطابق روش جکسون (۱۴) و کیتربک و هوپ (۱۷) با استفاده از پراش پرتو ایکس



شکل ۱. موقعیت خاک‌رغ‌های حفر شده در استان خوزستان.

### نتایج و بحث

با توجه به داده‌های اقلیمی، رژیم حرارتی خاک منطقه هیپرترمیک (Hyperthermic)، رژیم‌های رطوبتی Ustic (از دارخوین تا بخش‌های شمالی شامل اندیمشک) و Aridic (از آبادان تا دارخوین) تعیین که با نقشه رژیم‌های رطوبتی ایران نیز مطابقت دارد (۱). منطقه دارای رژیم رطوبتی در مرز اریدیک پوستیک است که اختلاف میزان بارندگی به حدود ۵۰ میلی‌متر در سال و از میزان تبخیر نسبتاً مشابهی برخوردار است. مواد مادری منطقه عموماً از رسوبات آبرفتی رودخانه‌ای است (جدول ۱).

خاک‌رغ ۱۲ در جنوبی‌ترین نقطه منطقه، در ۱۰ کیلومتری شمال غربی شهرستان اروندکنار نماینده خاکفرد این قسمت است (شکل ۱). این خاک‌رغ دارای اپی‌پدون اکریک و افق‌های مشخصه زیرسطحی کمبیک و سالیک است (جدول ۲). در افق‌های زیر سطحی این خاک، تجمع میزان زیادی از املاح سبب ایجاد افق سالیک گردیده است (جدول ۳). این افق

پس از حذف املاح محلول، کربنات‌ها، مواد آلی و اکسیدهای آهن و منگنز آزاد صورت گرفت. رس‌های خالص به‌کمک پراش اشعه ایکس (XRD) مدل D ADVANCE با استفاده از تابش Cuka با انرژی ۴۰kV و ۳۰ mA انجام شد. نمونه‌های آرایش یافته برای پلاک‌های بدون تیمار (NT)، اشباع با پتاسیم در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد (K۲۵)، اشباع با پتاسیم و حرارت در ۵۵۰°C (K۵۵۰)، اشباع با منیزیم (Mg۲۵) و اشباع با منیزیم همراه اشباع سازی با اتیلن گلیکول (EG) انجام شد. شناسایی براساس تفسیر پیک تیمارها صورت گرفت (۲۳). برآورد نیمه کمی مقدار کانی‌های رسی نیز از طریق محاسبه ارتفاع پیک‌های رده اول کانی‌ها صورت گرفت (۱۰). کانی‌های رسی افق‌های سه خاک‌رغ یکی در شمالی‌ترین منطقه طرح (اندیمشک خاک‌رغ ۱)، دیگری در میانه منطقه (جنوب اهواز خاک‌رغ ۷) و سومی در جنوبی‌ترین بخش منطقه (آبادان خاک‌رغ ۱۲) با این روش مطالعه شد.

جدول ۱. مشخصات عمومی خاکرخ های مورد مطالعه در استان خوزستان

شماره نیمرخ	مختصات جغرافیایی	نام منطقه	ارتفاع	فیزیوگرافی	درصد شیب	کلاس زهکشی	کاربری	مواد مادری
۱	۲۵۷۳۸۰-۲۵۹۱۰۲۷	اندیمشک	۳۶۸	فلات	۴	مناسب	زراعی	رسوبات سیلابی
۲	۲۵۴۴۴۱-۲۵۵۵۷۵۲	هفت تپه	۸۰	فلات	۳	مناسب	زراعی	رسوبات سیلابی
۳	۲۵۵۵۵۷-۲۵۲۳۷۳۴	شاوور	۲۸	فلات	۳	نسبتاً مناسب	زراعی	رسوبات سیلابی
۴	۲۷۲۹۲۱-۲۵۱۱۸۳۳	شاوور	۲۲	دشت آبرفتی	۲	نسبتاً مناسب	زراعی	رسوبات سیلابی
۵	۲۶۰۹۵۲-۲۴۵۵۸۴۵	جنوب اهواز	۸	دشت آبرفتی	۱	ضعیف	بایر	رسوبات سیلابی
۶	۲۵۲۰۵۷-۲۴۴۳۴۳۶	جنوب اهواز	۷	دشت آبرفتی	۱	ضعیف	بایر	رسوبات سیلابی
۷	۲۴۳۶۷۹-۲۴۳۸۰۵۸	امیرکبیر	۶	دشت آبرفتی	۱	ضعیف	نیشکر	رسوبات سیلابی
۸	۲۴۷۳۷۱-۲۴۱۰۴۱۵	غرب کارون	۵	دشت آبرفتی	۱	مناسب	بایر	رسوبات سیلابی
۹	۲۴۲۷۹۷-۲۴۰۳۴۶۶	غرب کارون	۵	دشت آبرفتی	۱	ضعیف	بایر	رسوبات سیلابی
۱۰	۲۳۴۶۰۱-۲۳۹۱۴۴۶	شمال خرمشهر	۲	اراضی پست	۰/۵	ضعیف	بایر	رسوبات سیلابی
۱۱	۲۳۴۹۲۲-۲۳۸۳۱۴۵	شمال خرمشهر	۲	اراضی پست	۰	ضعیف	بایر	رسوبات سیلابی
۱۲	۲۶۳۹۸۹-۲۳۲۱۳۶۷	اروند کنار آبادان	۱	اراضی پست	۰/۵	ضعیف	زراعی	رسوبات سیلابی

سديم سبب انتشار رس ها شده (۲۷) و در اثر اين پديده، فرآيند تشكيل ساختمان در خاک تسريع مي گردد. چنين فرآيندي توسط كيلوگ (۱۱) نيز تشریح شده است (شکل ۲). وجود کاني های قابل انبساط در خاک همراه با يون سديم و دوره های تری و خشکی خاکرخ، سبب تسريع در تشكيل ساختمان خاک گردیده است (۱۰).

خاک های مورد مطالعه در اثر رسوبگذاری های فیزیکی یا شیمیایی رسوبات ناشی از سیلاب های رودخانه کارون تشكيل شده اند. فرایندهای فیزیکی و رسوب ذرات درشت عمدتاً در بخش های بالادست سبب تشكيل خاک ها شده اند. در حالی که فرآیند رسوبگذاری شیمیایی عمدتاً در اثر افزایش غلظت الکترولیت و فلاکوله شدن، سبب رسوب رس ها شده اند (۲۷). در بخش های جنوبی استان خوزستان، در اثر برخورد آب رودخانه های حامل رسوبات با آب شور خلیج فارس، این فرآیند منجر به رسوب گذاری ذرات معلق در آب شده اند. به عبارتی در قسمت های جنوبی تر استان، بافت خاک ها ریزتر شده و رو به سنگینی است. این رسوب گذاری، عامل مهم پسروی

به دلیل مناسب نبودن زهکشی و سطح بالای آب زیرزمینی شور منطقه از یک سو و تبخیر شدید از سوی دیگر تشکیل شده است. تجمع آب طی سالیان زیاد سبب ایجاد شرایط اشباعی در خاک و در نتیجه ایجاد حالت کاهشی شدید شده است. حالت کاهشی سبب تغییر رنگ خاک در اعماق پائین تر از ۱۴۵ سانتی متری شده است.

تشکیل افق کمبیک در این خاک ها ناشی از تشکیل ساختمان ستونی است که به دلیل شرایط مناسب تر زهکشی در ادوار گذشته رخ داده است. این اراضی به واسطه داشتن نهرهایی که در طی جریان های مد، آبیاری و با جذر زهکشی شده اند، از نوع ویژه ای از سیستم آبیاری و زهکشی و رژیم رطوبتی خاک بهره برده اند. در این اراضی، جریان های جذر و مدی سبب تر و خشک شدن اراضی طی مدت های مدیدی شده اند. تر و خشک شدن از یک سو و سديم زياد در مکان های تبدلی سبب ایجاد درز و ترک هایی در خاک های مذکور گردیده که این درز و ترک ها به مرور سبب ایجاد رخ و در نهایت منجر به ایجاد ساختمان های منشوری قوی شده است. با کاهش شوری خاک،

جدول ۲. برخی از خصوصیات مورفولوژیکی خاک‌های مورد مطالعه.

افق	مرز	ساختمان	پایداری	پوسته رسی	روزنه	ریشه	گج	آهک	رنگدانه
خصوصیات مورفولوژیکی افق‌های مختلف در خاک‌های شماره ۱۲.									
Az	CS	M	vh	--	vf, Dis, ran	vf, f	--	ev	--
Bw۱	CW	Prım	vh	--	m, f, Dis, v	vf, f	--	ev	f۱d
Bw۲	CS	Prım	vh	--	m, f, Dis, v	--	--	ev	f۱d
خصوصیات مورفولوژیکی افق‌های مختلف در خاک‌های شماره ۷.									
Ap۱	gw	M	h	--	mc	vf۲	--	ev	--
Ap۲	gs	sbk۱f	vh	--	mc	vf۲	--	flisf	--
Bw	gs	Sbk۲m	vh	--	mc	f۱	--	flisf	--
C	--	M	h	--	ff	f۱	--	ev	--
خصوصیات مورفولوژیکی افق‌های مختلف در خاک‌های شماره ۵.									
Ap	gw	m	vfi	--	۲vf, ver, cont,t	۱vf	--	ev	--
C۱	gw	m	fr	--	۱f, ver, cont,t	--	۱f	ev	--
۲C۲	gw	m	fi	--	۲f, ver, cont,t	--	--	f, ۱, r, ss	--
۲C۲	--	m	fr	--	۲vf, ver, cont,t	--	--	ev	--
خصوصیات مورفولوژیکی افق‌های مختلف در خاک‌های شماره ۴.									
Ap	cw	m	fr	--	۱vf	۱vf, f	--	ev	--
Bw۱	gw	۲sbk	fr	--	۲vf/۱f	۱f/۱m	--	ev	--
Bw۲	gw	۱sbk	fr	--	۲vf/۱f	۱f/۱m	--	ev	--
C	--	m	fr	--	۱vf/۱f	--	--	ev	--
خصوصیات مورفولوژیکی افق‌های مختلف در خاک‌های شماره ۲.									
Ap	gw	m	vh	--	۱vfCont	vfc	--	ev	--
Bw۱	cs	۲sbk	eh	--	۱vfDi	vff	--	f۱isf	--
Bw۲	cs	۲sbk	eh	--	۱cVer	cf	--	f۱isc	f۱f
C	--	m	vh	--	۱fVer	cf	--	ev	c۱d

ادامه جدول ۲.

خصوصیات مورفولوژیکی افق‌های مختلف در خاکرخ شماره ۱.

--	ev	--	vff	Mf	--	h	m	Cs	Ap
--	f <sub>1</sub> isf	--	vff	Mc	--	vh	sbk <sub>1</sub> f	Gs	Bw
--	c <sub>1</sub> rsc	--	--	Mc	--	vh	sbk <sub>3</sub> m	Gs	Bk <sub>1</sub>
--	m <sub>1</sub> rsc	--	fm	Ff	--	h	sbk <sub>2</sub> m	--	Bk <sub>2</sub>

جدول ۳. برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاکرخ های انتخاب شده در منطقه مورد مطالعه.

افق	ضخامت	EC <sub>e</sub>	pH <sub>e</sub>	بافت	گچ	آهک	SAR	CEC	ESP
cm	dS/m	/	/	/	cmol/kg	/	/		
خاکرخ شماره ۱۲ (Typic Aquisalids)									
Az	۰-۲۵	۹۲/۸	۷/۶	SiC	۰/۹	۴۲/۰	۴۰/۱	۱۴/۳	۷۱/۰
Bwz <sub>1</sub>	۲۵-۷۴	۱۲۵/۶	۷/۲	SiC	۱/۳	۲۵/۰	۴۲/۵	۱۲/۴	۶۸/۰
Bwz <sub>2</sub>	۷۴-۱۴۵	۱۷۹/۱	۷/۱	SiC	۱/۸	۲۶/۰	۵۲/۹	۱۲/۸	۷۴/۰
Cgz	۱۴۵-۲۰۰	۱۹۱/۸	۷/۰	SiC	۱/۸	۲۶/۰	۸۸/۵	۱۲/۱	۸۲/۰
خاکرخ شماره ۷ (Typic Haplustepts)									
Ap <sub>1</sub>	۰-۲۱	۵/۹	۷/۲	SiL	۱/۰	۴۲/۴	۲/۷	۱۲/۸	۸/۸
Ap <sub>2</sub>	۲۱-۵۵	۵/۴	۷/۴	SiC	۰/۵	۴۴/۷	۲/۶	۱۵/۰	۸/۱
Bw	۵۵-۱۱۲	۵/۵	۷/۳	SiL	۰/۵	۴۷/۲	۴/۴	۱۲/۲	۹/۱
C	۱۱۲-۱۵۰	۵/۲	۷/۳	SiCL	۱/۷	۴۶/۴	۲/۹	۱۲/۸	۸/۱
خاکرخ شماره ۵ (Oxiaquic Ustifluents)									
Ap	۰-۲۸	۱۲/۳	۷/۵	SiL	۰/۳	۴۶/۵	۱۴/۰	۱۲/۳	۲/۸
C <sub>1</sub>	۲۸-۵۴	۹/۱	۷/۷	SiL	۰/۲	۴۶/۱	۱۴/۵	۱۲/۶	۲/۵
rC <sub>2</sub>	۵۴-۹۸	۵/۶	۷/۶	SiCL	۰/۱	۴۵/۸	۴/۸	۱۲/۱	۱۴/۴
rC <sub>2</sub>	۹۸-۱۵۰	۶/۶	۷/۷	SiL	۰/۲	۴۶/۸	۶/۰	۱۲/۶	۱۲/۴
خاکرخ شماره ۴ (Oxiaquic Ustifluents)									
Ap	۰-۳۰	۲/۰	۷/۹	L	۰	۲۶/۲	۰/۷	۱۲/۴	۱/۹
Bw <sub>1</sub>	۳۰-۷۰	۲/۳	۸/۰	L	۰	۲۸/۵	۱/۱	۱۲/۶	۲/۲
Bw <sub>2</sub>	۷۰-۱۱۵	۵/۳	۸/۱	L	۰	۲۹/۷	۵/۶	۱۲/۵	۷/۸
C	۱۱۵-۱۵۰	۵/۰	۸/۱	L	۰	۲۹/۴	۵/۱	۱۲/۲	۷/۳

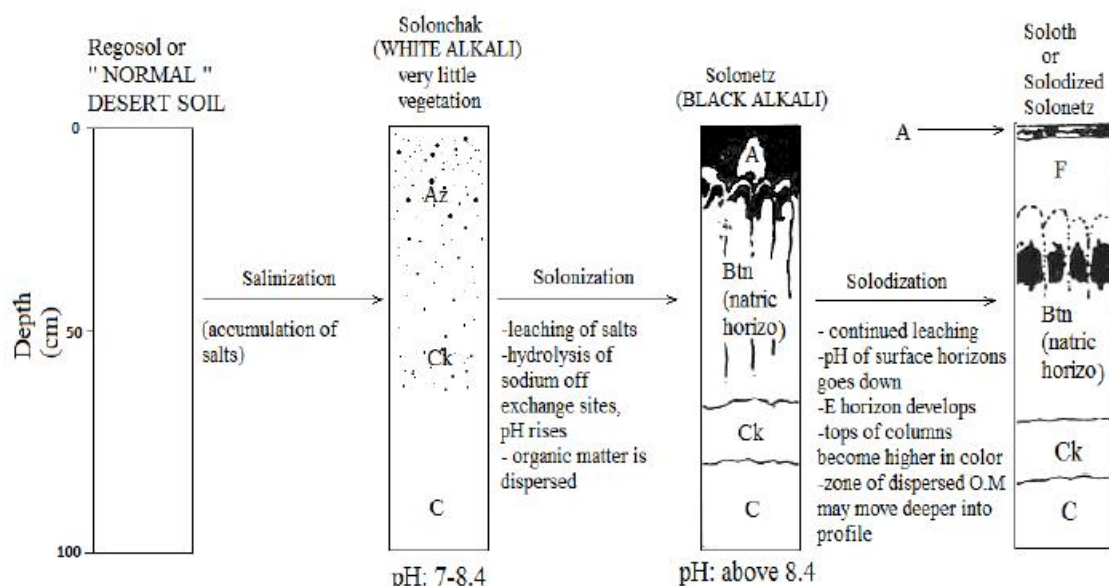
ادامه جدول ۳.

## خاکرخ شماره ۲ (Typic Haplustepts)

۲۰/۵	۲۰/۵	۵/۸	۳۱/۸	۰	C	۸/۱	۰/۸	۰-۳۷	Ap
۱۶/۸	۱۵/۳	۶/۸	۳۸/۹	۰	C	۸/۲	۰/۷	۳۷-۶۵	Bw
۱۲/۸	۱۵/۴	۶/۷	۳۹/۷	۰	C	۷/۹	۰/۷	۶۵-۱۱۵	Bk
۱۳/۸	۱۵/۷	۶/۳	۴۵/۴	۰	C	۸/۰	۰/۶	۱۱۵-۱۵۰	C

## خاکرخ شماره ۱ (Calcic Haplustepts)

۸/۲	۱۷/۵	۵/۶	۳۵/۴	۰	SiCL	۸/۱	۰/۹	۰-۱۷	Ap
۶/۷	۱۳/۳	۶/۳	۴۰/۲	۰	SiC	۸/۳	۰/۸	۱۷-۴۶	Bw
۵/۳	۱۵/۴	۶/۱	۴۶/۱	۰	SiC	۸/۲	۰/۷	۴۶-۱۲۳	Bk <sub>1</sub>
۵/۸	۱۴/۷	۸/۴	۴۷/۸	۰	SiC	۸/۱	۰/۹	۱۲۳-۱۵۰	Bk <sub>2</sub>



شکل ۲. شمایی از ترتیب فرآیندهای شور شدن، سدیمی شدن و سدیم زدائی و تشکیل ساختمان. با اقتباس از کیلوگ (۱۱).

در خاکرخ شماره ۸، در افق زیرسطحی علاوه بر تجمع املاح محلول، تجمع گچ نیز رخ داده است. تجمع گچ در این اراضی در اثر شرایط خاص ژئومورفولوژیکی است. رودخانه کارون دارای مقادیر متنابهی از یون‌های سولفات و کلسیم می‌باشد که از انحلال سازندهای تبخیری در بالادست خوزستان منشاء گرفته است. این املاح در اثر سیلاب رودخانه و یا تراوش جانبی و یا آبیاری، طی سالیان متمادی به خاک اضافه شده و در اثر تبخیر سطحی در این خاک‌ها برجای مانده‌اند. رسوب املاح سولفات و کلسیم منجر به تشکیل گچ در این

خلیج فارس می‌باشد. که توسط محققین دیگر نیز به آن اشاره شده است (۴).

در خاکرخ‌های شماره ۸ تا ۱۱ نیز با نبود زهکشی مناسب و تبخیر شدید، تجمع املاح و ایجاد شوری زیاد در خاکرخ داده و افق سطحی سالیک را پدید آورده با این تفاوت که در این خاک‌ها ساختمان منشوری ضعیف‌تری در افق کمبیک دیده می‌شود. علت آن می‌تواند به تر و خشک شدن کمتر و عدم امکان آبشویی خاکرخ و در نتیجه عدم بروز اثرات سدیم در این خاک‌ها دانست.

در افق های سطحی خاک کمتر از ۵/۰ درصد است، در این لایه به بیش از ۱/۳ درصد بالغ می گردد.

در خاکرخ شماره ۶، بدون سیستم زهکشی مصنوعی، خاک فاقد تجمع نمک زیاد در خاک می باشد. در این بخش از اراضی با افزایش ارتفاع دشت نسبت به دریای آزاد و نزدیکی نسبت به رودخانه، وضعیت زهکشی اراضی بهبود یافته است (شکل ۱ و ۳).

خاکرخ شماره ۵ دارای اپی پدون اکریک و افق کمبیک با ساختمان نیمه گوشه دار مکعبی است (جدول ۲). این خاک از لحاظ طبقه بندی در زیر گروه Oxiaquic Ustifluvents قرار دارد.

خاکرخ شماره ۴ که در شمال شهر اهواز حفر شده است، از لحاظ طبقه بندی در سیستم آمریکایی در گروه بزرگ Oxyaquic Ustifluvents قرار دارد. این خاک فاقد افق های تکامل یافته بوده و به این دلیل در راسته انتی سولز قرار دارد. این خاک از رسوبات آبرفتی مطبقی تشکیل شده است که تنها تکامل آن مربوط به تشکیل افق سطحی A یا اپی پدون اکریک است.

در مناطق شمال تر، با افزایش ارتفاع از سطح دریا و بهبود شرایط زهکشی، شوری اراضی نسبتاً کاهش یافته است. به این دلیل، خاک دارای افق های تکامل یافته تری با سولوم ضخیم تر می باشد. این اراضی دارای اپی پدون اکریک و افق های کمبیک و گاهی کلسیک است. بهبود زهکشی در این بخش از منطقه، سبب انتقال کربنات ها از سطح به عمق شده است. این پدیده در اراضی منطقه شاور تا اندیمشک ملاحظه شد (خاکرخ های ۱ تا ۳).

خاکرخ شماره ۲ در منطقه هفت تپه (در بخش شمالی استان) دارای افق های کلسیک به طور تپیک و مشخص است (جدول ۲ و ۳). این خاک در ارتفاع نسبتاً بیشتری از دریای آزاد نسبت به سایر خاکرخ ها واقع شده (شکل ۳) و کشت گیاهان زراعی مثل ذرت، گندم، صیفی جات و غیره در این منطقه برای صدها سال متداول می باشد. بهبود شرایط زهکشی در این اراضی، سبب انتقال کربنات ها از لایه های سطحی و تجمع آنها به شکل نادل های درشت در قسمت های عمقی تر و تشکیل افق کلسیک شده است. این منطقه که جزئی از دشت بین النهرین است از خواستگاه های تمدن بشری است (۱۱).

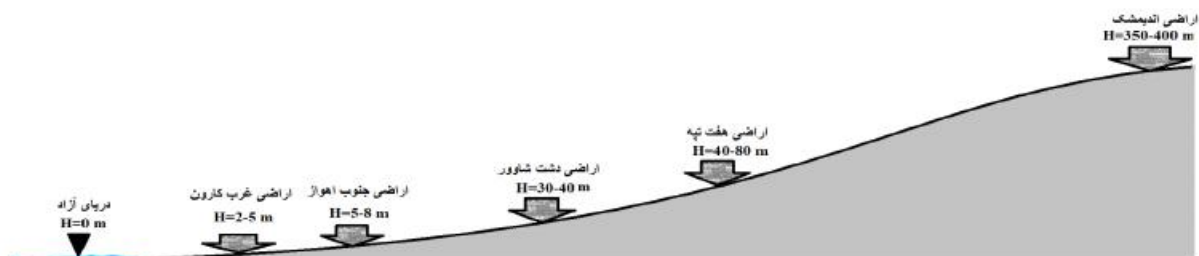
اراضی شده است. چنین نتایجی توسط سایر محققین نیز ارائه شده است (۶).

در خاکرخ ۷ به دلیل احداث سیستم زهکشی مصنوعی و عملیات آبخوبی اصلاح طی ۱۰ سال اخیر، دارای شوری کمی می باشد. این خاک ها به دلیل کشت و کار نیشکر طی چند سال (حدود ۸ سال) دارای مقادیر بیشتری از مواد آلی نسبت به سایر خاک های مورد مطالعه در افق سطحی خود می باشد. به عبارتی با افزایش بقایای گیاهی به سطح خاک، میزان مواد آلی افق سطحی افزایش یافته است. این افزایش تا عمق نسبتاً زیادی ملاحظه می گردد. جعفری و همکاران (۵) نتایج مشابهی را برای خاک های هفت تپه تحت کشت نیشکر گزارش نمودند.

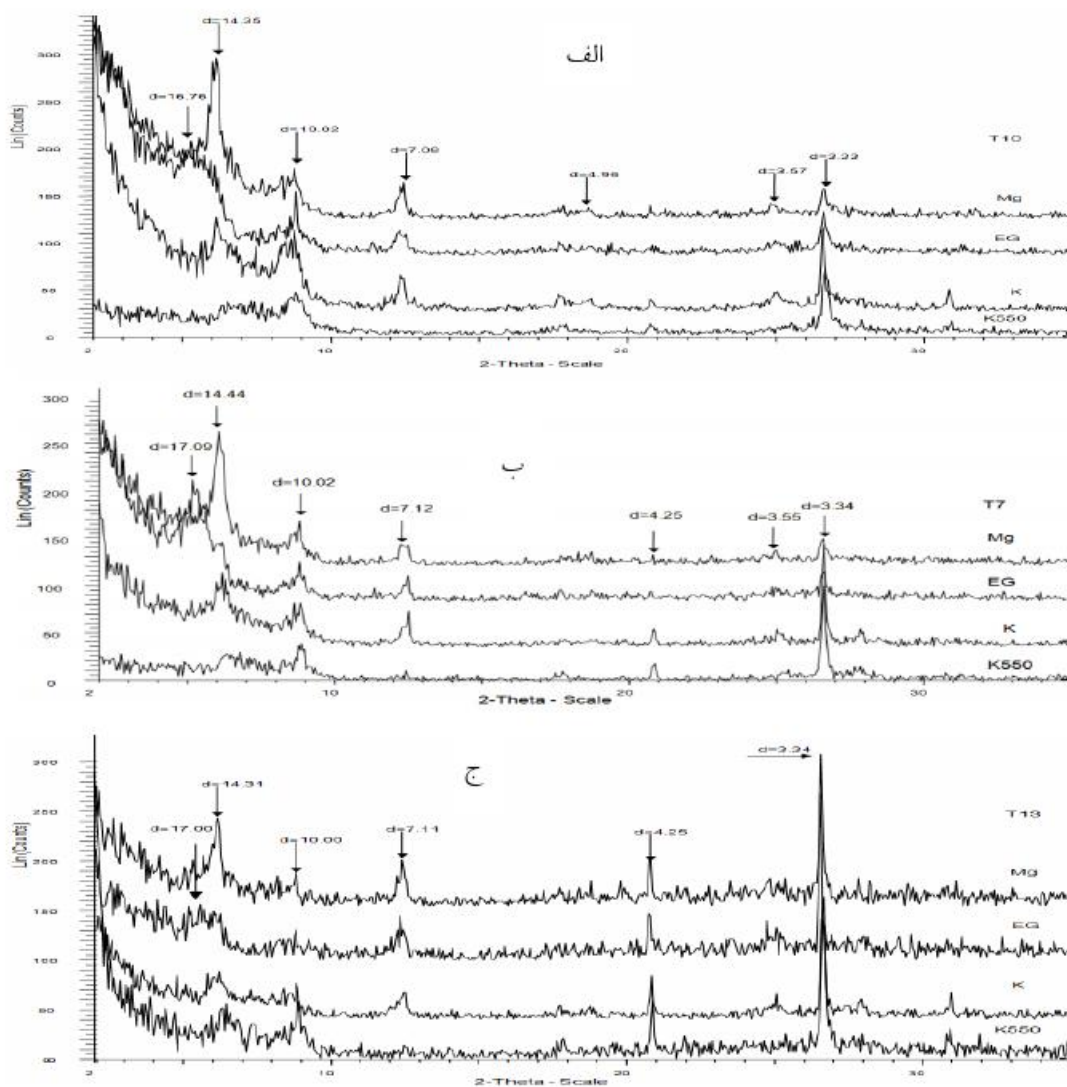
در خاک خاکرخ های ۷ تا ۱۲ آهک به وفور در مواد مادری خاک وجود داشت. این خاک ها نه در مطالعات مورفولوژیکی و نه در آنالیزهای آزمایشگاهی، تجمع ثانویه آهک به حد لازم برای افق کلسیک نداشتند که تا حدودی به زهکشی ضعیف این اراضی مربوط می گردد. مطالعات لایه بندی خاک های این منطقه نشان می دهد که وجود لایه ای با نفوذپذیری کم در عمق ۵-۲ متری از سطح خاک، سبب تجمع آب در بخش های بالایی این لایه می گردد (۲). این لایه مانع از بیرون رفتن زه آب از خاکرخ شده و مانع از آبخوبی طبیعی خاک می گردد به طوری که املاح محلول تر از گج نیز در این اراضی تجمع یافته اند. این خاک به واسطه وجود افق کمبیک با ساختمان های مکعبی نیمه گوشه دار (subangular blocky) و رژیم رطوبتی پوستیک، در راسته اینسپتی سول قرار دارد. در این خاک شواهد مورفولوژیکی کمی از تجمع آهک به صورت میسیلیوم ملاحظه شد (جدول ۲).

در عمق ۱۲۶ سانتی متری از سطح این خاک ها، لایه سیاه رنگی دیده می شود که از دفن سریع مواد آلی در اعصار قدیم حکایت دارد. این لایه که در دو طرف رودخانه با وسعت خیلی زیاد گسترده شده است، در اثر دفن سریع موجودات زنده در اثر سیلاب های رودخانه و عدم نفوذ کافی اکسیژن به صورت زغال درآمده است. این لایه حاوی بقایای آهکی سخت بوستان دریایی بوده و دارای کربن آلی قابل توجهی است. در حالی که کربن آلی





شکل ۳. شمایی از اختلاف ارتفاع از سطح دریا در خاک‌های مورد بررسی.



شکل ۴. الگوهای XRD مربوط به افق Bw الف) خاک‌های ۱۲ آبادان، ب) خاک‌های ۷ امیرکبیر، ج) خاک‌های ۱ اندیمشک.

جدول ۴. نوع و تخمین نیمه کمی کانی‌های رسی در افق‌های مختلف بدون‌های مورد مطالعه در مطالعات XRD

شماره بدون	افق	کلرایت	پالی‌گورسکایت	ایلیت	کانولینیت	اسمکتیت	کوارتز
۱	Ap	++	-	++	++	+	++++
	Bw	+	-	++	+++	+	+++
	Bk2	+++	-	++	+++	++	++
۷	Ap	++	-	+++	++	++	+++
	Bw	++	+	++	++++	++	++
	C1	++	+	++++	++	++	+
	C2	++	-	++	+++	++	++
۱۲	Ap	+++	-	++	++	+++	+
	Bw2	+	+	+++	+++	+++	+
	Cg	+	+	++	++	++++	+

- وجود ندارد، + > ۱۰ درصد، ++ ۲۰-۱۰ درصد، +++ ۲۰-۲۰ درصد، ++++ ۴۰-۲۰ درصد.

به میزان زیادی مشابه خاک‌های هفت تبه می‌باشد با این تفاوت که میزان کربنات‌های ثانویه افق کلسیک این خاک‌ها بیشتر می‌باشد (جدول ۳).

#### کانی شناسی خاک‌ها

در شکل ۴ الگوهای XRD مربوط به افق Bw برای خاک‌های مورد مطالعه (شماره‌های ۱ و ۷ و ۱۲) آورده شده است.

نوع و تخمین نیمه کمی کانی‌های رسی در افق‌های مختلف در جدول ۴ نشان داده شده است.

کانی‌های رسی خاک‌های منطقه وجود کانی‌های کلرایت، ایلیت، کانولینیت، اسمکتیت و کوارتز را نشان داد. در بخش‌های جنوبی منطقه رس‌های گروه اسمکتیت به‌میزان بیشتری ملاحظه شد که با توجه به توزیع آن در کل خاک‌های توارثی است (خاک‌های ۱۲). احتمال می‌رود که این رس از طریق پدیده انتشار و انتقال با آب رودخانه به خاک اضافه شده باشد. رس‌های

کشت و کار طولانی مدت و در نتیجه افزایش ماده آلی به سطح خاک و اثرات تجزیه‌ای آن با فشار گاز دی‌اکسید کربن در محلول خاک، سبب افزایش انحلال کربنات‌ها در خاک و تجمع مواد کربناته در عمق خاک شده است. به عبارتی تغییر پستی و بلندی از یک سو سبب بهبود شرایط زه‌کشی و آبشویی خاک شده و از سوی دیگر این عامل به‌طور غیرمستقیم با بهبود رشد گیاهان و افزایش ماده آلی به سطح، فرآیندهای خاکسازي را تسريع نموده است. افزایش رطوبت خاک به‌واسطه آبیاری سنگین به میزان ۱۵۰۰ میلی‌متر در سال سبب تشدید این فرآیند شده است. شرح بیشتر در تحقیقات دیگر آورده شده است (۱۱).

خاک‌های شماره ۱ در شمالی‌ترین نقطه منطقه (شمال شرقی اندیمشک) حفر شد (شکل ۱). ویژگی‌های شیمیایی و مورفولوژیکی این خاک نشان می‌دهد که آبشویی سبب تخلیه کامل املاح محلول و انتقال املاح نسبتاً محلول (کربنات‌ها) و تجمع ثانویه آنها در عمق خاک شده است. شرایط این خاک‌ها

اسمکتیت به‌میزان کمی ملاحظه شد.

کانی رسی کانولینیت در خاک‌های این منطقه نمی‌تواند تشکیل گردد و از طریق مواد مادری به‌خاک به ارث رسیده است. مطالعه بخشی از مواد مادری خاک‌های منطقه (سازندهای گروه فارس) وجود کانولینیت را در این مواد مادری به‌وفور نشان داد (۴).

### نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مطالعه حاضر نشان داد که در خاک‌های اراضی پست، با ایجاد شرایط احیایی، افق‌های احیائی و رنگدانه‌هایی تشکیل شده است. هم‌چنین در این اراضی به‌واسطه تبخیر شدید سطحی، خاک دارای تجمع شوری و افق سالیک است. در بخشی از اراضی با احداث سیستم زه‌کشی زیرزمینی، نمک‌ها از پروفیل خاک شسته شده است. در قسمت‌های میانی دشت، بسته به فاصله از رودخانه و شرایط ژئومورفولوژی خاک، برخی از خاک‌ها دارای تجمع نسبتاً کمتری از شوری می‌باشند. در بخش‌های شمالی، انتقال ثانویه آهک نیز رخ داده است. بافت خاک از بخش‌های شمالی استان به‌سمت جنوب رو به سنگینی است. ذرات درشت در قسمت‌های شمالی‌تر و ذرات ریزتر در بخش‌های جنوبی‌تر رسوبگذاری شده‌اند.

تکامل خاک‌ها از پیشرفت قابل ملاحظه‌ای برخوردار نیست. در بخش‌های جنوبی منطقه حداکثر تحول خاک به تشکیل افق سالیک مربوط می‌گردد. در بخش‌هایی از منطقه که سابقه کشت و کار بیشتری داشته است (به‌ویژه در حاشیه رودخانه اروندرود) در اثر ایجاد درز و ترک در خاک و تشکیل ساختمان‌های متوسط در خاک و یا به‌واسطه تجمع مائل در خاک، افق کمبیک تشکیل شده است. با بهبود شرایط زه‌کشی و آبشویی بیشتر در منطقه، افق کلسیک در بخش‌های شمالی تشکیل شده است. این حداکثر میزان تکامل خاک در منطقه بوده و هیچ شواهدی از پیشرفت بیشتر فرآیندهای خاکسازي ملاحظه نشد. ترکیب کانی‌شناسی خاک‌های منطقه وجود کانی‌های کلریت، میکا، کانولینیت و کوارتز را نشان داد. با این

گروه اسمکتیت به‌واسطه اندازه بسیار ریزی که دارند، در اثر فرایندهای مکانیکی کمتر رسوب یافته و به‌وسیله جریان‌های انتقالی آب تا مسافت زیادی انتقال یافته‌اند. در بخش‌های شمالی دشت، کانی‌های اسمکتیت ممکن است در اثر تحول سایر کانی‌ها در اثر فرایندهای خاکسازي به‌ویژه آبیاری در دشت تشکیل شده باشد. این کانی می‌تواند هم در اثر تحول کلریت (۱۸)، هم در اثر تحول ایلیت به‌ویژه با کشت و کار و آبیاری شدید (۱۹) و یا در اثر تخریب پالی گورسکایت به خاک اضافه گردد. پالی گورسکایت کانی رشته‌ای تبخیری است که پیک آن به اندازه ۱/۰۵ نانومتر است و در خاک‌های کشت نشده در خوزستان به‌وفور یافت می‌شود ولی در رطوبت بیش از ۳۰۰ میلی‌متر غیربایدار بوده و از پروفیل خاک حذف شده و یا به کانی‌های قابل انبساط تحول می‌یابد (۹). مطالعات نشان داده است که در اراضی خوزستان با آبیاری شدید این کانی تا حدود زیادی از پروفیل خاک حذف شده است (۹).

کانی‌های رسی در بخش میانی دشت (خاک‌رخ ۷) مشابه خاک‌رخ ۱ بود با این تفاوت که رس‌های اسمکتیت کمتری وجود نداشت. در این منطقه نیز کانی‌های رسی پالی گورسکایت در الگوهای XRD کمتر ملاحظه شد. مطالعات مشابه نشان داد که کانی‌های رسی کلریت، ایلیت، کوارتز و پالی گورسکایت اجزاء اصلی بخش رسی خاک در منطقه میانی دشت (هفت تپه) هستند (۳ و ۹).

در اراضی فلات‌های مرتفع در شمالی‌ترین منطقه دشت کانی‌های رسی ایلیت، کلریت، کانولینیت و کوارتز دیده شدند. در این منطقه رس پالی گورسکایت از ترکیب کانی‌های رسی خاک حذف شده است. این منطقه به‌دلیل قدمت بیشتر و وضعیت مناسب زه‌کشی از یک سو و آبیاری زیاد برای کشت و کار از سوی دیگر سبب ناپایداری این کانی و حذف آن از پروفیل خاک شده است (۲۱). حذف کانی پالیگورسکایت در برخی از مناطق سبب تشکیل کانی‌های گروه اسمکتیت شده است (۱۶)، با این وجود در این خاک‌ها تشکیل کانی‌های گروه

### سپاسگزاری

مطالعه حاضر بخشی از طرح تحقیقاتی شماره ۱۷-۸۵ دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان است که قدردانی می‌شود.

وجود رس پالی گورسکایت در بخش‌های با زه‌کشی نامناسب وجود داشت ولی این کانی در شرایط زه‌کشی مناسب و یا کشت و کار حذف شده و یا به میزان زیادی کاهش یافته بود. اسمکتیت در بخشی از مناطق به صورت موروثی و در بخشی به صورت نو تشکیل در خاک ملاحظه شد.

### منابع مورد استفاده

۱. بنائی، م. ح. ۱۳۷۷. نقشه رژیم‌های حرارتی و رطوبتی خاک ایران. موسسه تحقیقات خاک و آب، وزارت جهاد کشاورزی.
۲. بی‌نام. ۱۳۶۸. مطالعه لایه بندی، تعیین هدایت هیدرولیکی در اراضی طرح های امیرکبیر و میرزا کوچک خان. شرکت مهندسی مشاور یکم. وزارت کشاورزی ایران.
۳. جعفری، س. ۱۳۸۴. مطالعه تحول مینرالوژیکی، ساختمانی، فیزیکوشیمیایی و تثبیت پتاسیم در خاک‌ها و کانی‌های رسی اراضی تحت کشت تناوبی، نیشکری و بایر خوزستان. پایان نامه دکتری، دانشگاه شیراز.
۴. جعفری، س. ح. نادیان و م. چرم. ۱۳۹۰. کانی شناسی سازندهای زمین شناسی گروه فارس و خاک‌های حاصل از هوادیدگی این مواد مادری. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی شماره ۲۸-۸۶ دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان. ایران.
۵. جعفری، س. م. باقرزاد و م. چرم. ۱۳۸۴. ارزیابی تغییرات برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی اراضی زراعی (تحت کشت نیشکر و تناوبی) و بکر منطقه هفت تپه، خوزستان. مجله علمی کشاورزی، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز ۲۸(۱): ۱۸۲-۱۶۵.
۶. عبداللهی، م. ۱۳۸۹. اثر عوامل مختلف خاکسازری روی خصوصیات برخی خاک‌ها در استان خوزستان. پایان نامه کارشناسی ارشد. واحد علوم تحقیقات اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی.
۷. نقشینه‌پور، ب. ۱۳۵۶. تجزیه آب، خاک و گیاه. جزوه شماره ۵۳۱۲، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جندی شاپور اهواز، ایران.
8. 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.
9. Chorom, M., M. Baghernejad and S. Jafari. 2009. Influence of rotation cropping and sugarcane production on the clay mineral assemblage. Appl. Clay Sci. 46: 385-395.
10. Claridge, G. 1978. Sample preparation by particle size separation. Chapter D1A in Soil Bureau laboratory methods. D. Methods for mineral and element analysis. NZ Soil Bureau Scientific Report 10D.
11. Fanning, D. S. and M. B. Fanning. 1992. Soil morphology, genesis and classification. John Willy and Sons. USA.
12. Green, A. J. 1981. Particle size analysis. D. A. McKeague (Ed.), Manual on Soil Sampling and Methods of Analysis. Candian Society of Soil Science, Ottawa, Canada, PP. 4-29.
13. Jackson, M. L. 1973. Soil chemical analysis. New Delhi. Prentice-Hall of India Private Limited.
14. Jackson, M. L. 1975. Soil chemical analysis-advanced course. University of Wisconsin, College of Agric., Departement of Soils, Madison, WI.
15. Jenny, H. 1941. Factors of Soil Formation. McGraw-Hill, New York, 281. p.
16. Khormali, F. and A. Abtahi. 2003. Origin and distribution of clay minerals in calcareous arid and semi-arid soils of Fars Province, Southern Iran. Clay minerals 38: 511-527.
17. Kittrick, J. A. and E. W. Hope. 1963. A procedure for the particle- size separation of soils for x-ray diffraction analysis. Soil Sci. 96: 312-325.
18. Lee, B. D., S. K. Sears, R. C. Graham, C. Amrhein, and H. Vali. 2003. Secondary mineral genesis from chlorite and serpentine in an ultramafic soil toposequence. Soil Sci. Soc. of Am. J. 67: 1309-1317.
19. Moritsuka, N., J. Yanai and T. Kosaki. 2002. Depletion of nonexchangeable potassium in the maize rhizosphere and its possible releasing processes. 17<sup>th</sup> World Congress of Soil Science. Bangkok, Thailand. 1919 p.

20. Nelson, R. E. 1982. Carbonate and gypsum. PP. 181-199. *In*: A. L. Page (Ed.), *Methods of Soil Analysis*. Part 2. American Society of Agronomy, Madison.
21. Neaman, A. and A. Singer. 2004. The effects of palygorskite on chemical and physico-chemical properties of soils: a review. *Geoderma* Vol. 123, 297-323
22. Schaetzl, R. and S. Anderson. 2005. *Soils Genesis and Geomorphology*. Cambridge university press.
23. Singh, B. and K. W. T. Goulding. 1997. Change with time in the potassium content and phyllosilicates in the soil of the Broadbalk continuous wheat experiment at Rothamsted. *European J. Soil Sci.* 48: 651-659.
24. Soil Survey Staff. 1999. *Soil Taxonomy*. 2<sup>nd</sup> ed., No. 436. USDA.
25. Soil Survey Staff. 2002. *Field book for describing and sampling soil*. Version 2.0. National soil survey center, USDA, USA.
26. Soil Survey Staff. 2010. *Keys to Soil Taxonomy*. 2<sup>nd</sup> ed., USDA, NRCS.
27. Sposito, G. 2008. *The Chemistry of Soil*. 2<sup>nd</sup> ed., Oxford university press.
28. U. S. Salinity Laboratory Staff. 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. USDA Handbook No. 60. Washington, DC.