

## 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 یا 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، ایلیت 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 خاک ها از رسوبات آبرفتی رودخانه ای حاصل شده است که برای هر رودخانه تقریباً از دارای شرایط نسبتاً یکسانی است. این خاک ها 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 خاک ها را در منطقه ایجاد نموده است. میلنی اصطلاح کاتنا را وارد علم خاکشناسی نمود که به زنجیری از خاک ها 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 خاکساز 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 خاکساز از جمله عمق تشکیل افق کلسیک (۱۵)، افق آرجیلیک (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 خاک های با خصوصیات ویژگی های متفاوت می گردد، مطالعه رابطه بین خصوصیات خاک ها در امتداد یک شیب می تواند برای دستیابی به اثرات توپوگرافی و زه کشی بر ویژگی های خاک ها مورد استفاده قرار گیرد (۲۲). هدف از این مطالعه بررسی اثر توپوگرافی و زه کشی بر تکامل خاک ها و تنوع ترکیب کانی های رسی در خاک ها است.

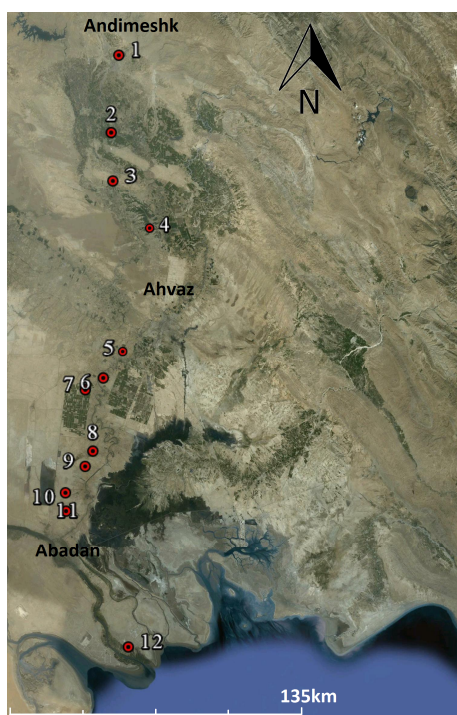
## مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه بخشی از دشت بین النهرین در استان خوزستان قرار دارد. به دلیل الگوی شمالی جنوبی شیب در خوزستان، الگوی انتخاب خاکرخت ها نیز در این راستا انتخاب گردید. موقعیت خاکرخت ها در منطقه مورد مطالعه طوری انتخاب شدند که در برگیرنده تنوع کافی از خاک های منطقه باشد. با استفاده از نقشه های توپوگرافی و عکس های اخیر ماهواره ای منطقه مورد مطالعه، محل خاکرخت ها تعیین و پس از حفر، با استفاده از روش استاندارد تعیین گردیدند (۲۵). در شکل ۱ موقعیت خاکرخت های 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 خاک های 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  $110^{\circ}C - 105^{\circ}C$  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 نیز از اختلاف ظرفیت تبادل کاتیونی و میزان پتاسیم و سدیم تبدلی برآورد شد (۷). این خاک ها 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.

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



شکل ۱. موقعیت خاک‌رخ‌های 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 یوستیک 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).

خاک‌رخ ۱۲ در جنوبی‌ترین نقطه منطقه، در ۱۰ کیلومتری شمال غربی شهرستان اروندکنار نماینده خاکفرد این قسمت است (شکل ۱). این خاک‌رخ 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 به کمک پراش اشعه ایکس (XRD) مدل D ADVANCE با استفاده از تابش Cuka با انرژی ۴۰ kV 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 خاک‌رخ یکی در شمالی‌ترین منطقه طرح (اندیمشک خاک‌رخ ۱)، دیگری در میانه منطقه (جنوب اهواز خاک‌رخ ۷) و سومی در جنوبی‌ترین بخش منطقه (آبادان خاک‌رخ 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           | ۲۵۷۳۸۰-۳۵۹۱۰۳۷   | اندیمشک           | ۳۶۸    | فلات       | ۴        | مناسب        | زراعی  | رسوبات سیلابی |
| ۲           | ۲۵۴۴۴۱-۳۵۵۵۷۵۲   | هفت تپه           | ۸۰     | فلات       | ۳        | مناسب        | زراعی  | رسوبات سیلابی |
| ۳           | ۲۵۵۵۵۷-۳۵۳۳۷۳۴   | شاوور             | ۳۸     | فلات       | ۳        | نسبتاً مناسب | زراعی  | رسوبات سیلابی |
| ۴           | ۲۷۲۹۲۱-۳۵۱۱۸۳۳   | شاوور             | ۳۲     | دشت آبرفتی | ۲        | نسبتاً مناسب | زراعی  | رسوبات سیلابی |
| ۵           | ۲۶۰۹۵۲-۳۴۵۵۸۴۵   | جنوب اهواز        | ۸      | دشت آبرفتی | ۱        | ضعیف         | بایر   | رسوبات سیلابی |
| ۶           | ۲۵۲۰۵۷-۳۴۴۳۴۳۶   | جنوب اهواز        | ۷      | دشت آبرفتی | ۱        | ضعیف         | بایر   | رسوبات سیلابی |
| ۷           | ۲۴۳۶۷۹-۳۴۳۸۰۵۸   | امیرکبیر          | ۶      | دشت آبرفتی | ۱        | ضعیف         | نیشکر  | رسوبات سیلابی |
| ۸           | ۲۴۷۳۷۱-۳۴۱۰۴۱۵   | غرب کارون         | ۵      | دشت آبرفتی | ۱        | مناسب        | بایر   | رسوبات سیلابی |
| ۹           | ۲۴۳۷۹۷-۳۴۰۳۴۶۶   | غرب کارون         | ۵      | دشت آبرفتی | ۱        | ضعیف         | بایر   | رسوبات سیلابی |
| ۱۰          | ۲۳۴۶۰۱-۳۳۹۱۴۴۶   | شمال خرمشهر       | ۲      | اراضی پست  | ۵/۰      | ضعیف         | بایر   | رسوبات سیلابی |
| ۱۱          | ۲۳۴۹۲۲-۳۳۸۳۱۴۵   | شمال خرمشهر       | ۲      | اراضی پست  | ۰        | ضعیف         | بایر   | رسوبات سیلابی |
| ۱۲          | ۲۶۳۹۸۹-۳۳۲۱۳۶۷   | اروند کنار آبادان | ۱      | اراضی پست  | ۵/۰      | ضعیف         | زراعی  | رسوبات سیلابی |

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 نهادهایی 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 سدیم زیاد 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،

سدیم سبب انتشار رس ها شده (۲۷) و در اثر این پدیده، فرآیند تشکیل ساختمان در خاک تسریع می گردد. چنین فرآیندی توسط کیلوگ (۱۱) نیز تشریح شده است (شکل ۲). وجود کانی های قابل انبساط در خاک همراه با یون سدیم و دوره های تری و خشکی خاکرخ، سبب تسریع در تشکیل ساختمان خاک گردیده است (۱۰).

خاک های مورد مطالعه در اثر رسوبگذاری های فیزیکی یا شیمیایی رسوبات ناشی از سیلاب های رودخانه کارون تشکیل شده اند. فرایندهای فیزیکی و رسوب ذرات درشت عمدتاً در بخش های بالادست سبب تشکیل 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 پسروری

جدول ۲. برخی از خصوصیات مورفولوژیکی خاک‌رخ‌های مورد مطالعه.

| افق                                                   | مرز | ساختمان | پایداری | پوسته رسی | روزنه            | ریشه   | گچ | آهک      | رنگدانه |
|-------------------------------------------------------|-----|---------|---------|-----------|------------------|--------|----|----------|---------|
| خصوصیات مورفولوژیکی افق‌های مختلف در خاک‌رخ شماره ۱۲. |     |         |         |           |                  |        |    |          |         |
| Az                                                    | CS  | M       | vh      | --        | vf, Dis, ran     | vf, f  | -- | ev       | --      |
| Bwz۱                                                  | CW  | Pr۳m    | vh      | --        | m,f, Dis, v      | vf, f  | -- | ev       | ftd     |
| Bwz۲                                                  | CS  | Pr۳m    | vh      | --        | m,f, Dis, v      | --     | -- | ev       | ftd     |
| خصوصیات مورفولوژیکی افق‌های مختلف در خاک‌رخ 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 خاک‌رخ 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 | --      |
| ۳C۳                                                   | --  | m       | fr      | --        | ۲vf, ver, cont,t | --     | -- | ev       | --      |
| خصوصیات مورفولوژیکی افق‌های مختلف در خاک‌رخ شماره ۴.  |     |         |         |           |                  |        |    |          |         |
| Ap                                                    | cw  | m       | fr      | --        | ۱vf              | ۱vf, f | -- | ev       | --      |
| Bw۱                                                   | gw  | ۲sbk    | fr      | --        | ۲vf/1f           | ۱f/۱m  | -- | ev       | --      |
| Bw۲                                                   | gw  | ۱sbk    | fr      | --        | ۲vf/1f           | ۱f/۱m  | -- | ev       | --      |
| C                                                     | --  | m       | fr      | --        | ۱vf/1f           | --     | -- | ev       | --      |
| خصوصیات مورفولوژیکی افق‌های مختلف در خاک‌رخ 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.

|                 |    |                    |    |    |    |     |    |                    |    |
|-----------------|----|--------------------|----|----|----|-----|----|--------------------|----|
| Ap              | Cs | m                  | h  | -- | Mf | vff | -- | ev                 | -- |
| Bw              | Gs | sbk <sup>۱</sup> f | vh | -- | Mc | vff | -- | f <sup>۱</sup> isf | -- |
| Bk <sup>۱</sup> | Gs | sbk <sup>۳</sup> m | vh | -- | Mc | --  | -- | c <sup>۱</sup> rsc | -- |
| Bk <sup>۲</sup> | -- | sbk <sup>۲</sup> m | h  | -- | Ff | fm  | -- | m <sup>۱</sup> rsc | -- |

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 <sup>۱</sup>                      | ۲۵-۷۴   | ۱۲۵/۶           | ۷/۲             | SiC  | ۱/۳ | ۳۵/۰    | ۴۳/۵ | ۱۳/۴ | ۶۸/۰ |
| Bwz <sup>۲</sup>                      | ۷۴-۱۴۵  | ۱۷۹/۱           | ۷/۱             | SiC  | ۱/۸ | ۳۶/۰    | ۵۳/۹ | ۱۲/۸ | ۷۴/۰ |
| Cgz                                   | ۱۴۵-۲۰۰ | ۱۹۱/۸           | ۷/۰             | SiC  | ۱/۸ | ۳۶/۰    | ۸۸/۵ | ۱۳/۱ | ۸۲/۰ |
| خاکرخ شماره ۷ (Typic Haplustepts)     |         |                 |                 |      |     |         |      |      |      |
| Ap <sup>۱</sup>                       | ۰-۲۱    | ۵/۹             | ۷/۲             | SiL  | ۱/۰ | ۴۳/۴    | ۳/۷  | ۱۲/۸ | ۸/۸  |
| Ap <sup>۲</sup>                       | ۲۱-۵۵   | ۵/۴             | ۷/۴             | SiC  | ۰/۵ | ۴۴/۷    | ۳/۶  | ۱۵/۰ | ۸/۱  |
| Bw                                    | ۵۵-۱۱۲  | ۵/۵             | ۷/۳             | SiL  | ۰/۵ | ۴۷/۲    | ۴/۴  | ۱۳/۲ | ۹/۱  |
| C                                     | ۱۱۲-۱۵۰ | ۵/۲             | ۷/۳             | SiCL | ۱/۷ | ۴۶/۴    | ۳/۹  | ۱۲/۸ | ۸/۱  |
| خاکرخ شماره ۵ (Oxiaquic Ustifluvents) |         |                 |                 |      |     |         |      |      |      |
| Ap                                    | ۰-۲۸    | ۱۲/۳            | ۷/۵             | SiL  | ۰/۳ | ۴۶/۵    | ۱۴/۰ | ۱۳/۳ | ۲/۸  |
| C <sup>۱</sup>                        | ۲۸-۵۴   | ۹/۱             | ۷/۷             | SiL  | ۰/۲ | ۴۶/۱    | ۱۴/۵ | ۱۳/۶ | ۲/۵  |
| ۲C <sup>۲</sup>                       | ۵۴-۹۸   | ۵/۶             | ۷/۶             | SiCL | ۰/۱ | ۴۵/۸    | ۴/۸  | ۱۳/۱ | ۱۴/۴ |
| ۳C <sup>۳</sup>                       | ۹۸-۱۵۰  | ۶/۶             | ۷/۷             | SiL  | ۰/۲ | ۴۶/۸    | ۶/۰  | ۱۳/۶ | ۱۲/۴ |
| خاکرخ شماره ۴ (Oxiaquic Ustifluvents) |         |                 |                 |      |     |         |      |      |      |
| Ap                                    | ۰-۳۰    | ۳/۰             | ۷/۹             | L    | ۰   | ۳۶/۲    | ۰/۷  | ۱۲/۴ | ۱/۹  |
| Bw <sup>۱</sup>                       | ۳۰-۷۰   | ۳/۳             | ۸/۰             | L    | ۰   | ۳۸/۵    | ۱/۱  | ۱۲/۶ | ۳/۲  |
| Bw <sup>۲</sup>                       | ۷۰-۱۱۵  | ۵/۳             | ۸/۱             | L    | ۰   | ۳۹/۷    | ۵/۶  | ۱۲/۵ | ۷/۸  |
| C                                     | ۱۱۵-۱۵۰ | ۵/۰             | ۸/۱             | L    | ۰   | ۳۹/۴    | ۵/۱  | ۱۲/۲ | ۷/۳  |

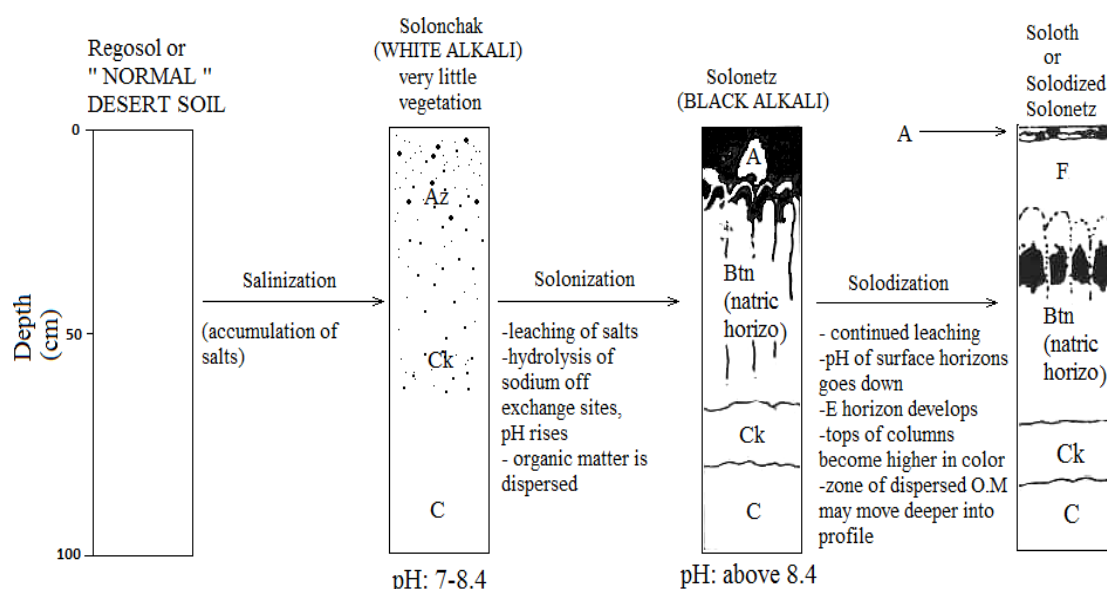
ادامه جدول ۳.

## 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>۱</sub> |
| ۵/۸ | ۱۴/۷ | ۸/۴ | ۴۷/۸ | ۰ | SiC  | ۸/۱ | ۰/۹ | ۱۲۳-۱۵۰ | Bk <sub>۲</sub> |



شکل ۲. شمایی از ترتیب فرآیندهای شور شدن، سدیمی شدن و سدیم زدائی و تشکیل ساختمانی. 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 سالیکی 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.

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

در خاکرخ ۷ به دلیل احداث سیستم زهکشی مصنوعی و عملیات آبخویی املاح 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 ۵-۳ 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 آبخویی طبیعی خاک می گردد به طوری که املاح محلول تر از گچ 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 یوستیک، در راسته اینسپتی سول قرار دارد. در این خاک شواهد مورفولوژیکی کمی از تجمع آهک به صورت میسیلیوم ملاحظه شد (جدول ۲).

در عمق ۱۳۶ 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 درآمد است. این لایه حاوی بقایای آهکی سخت پوستان دریایی بوده و دارای کربن آلی قابل توجهی است. در حالی که کربن آلی

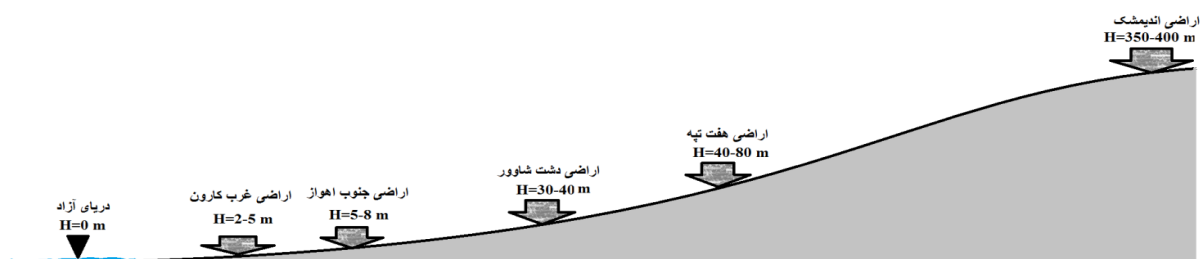
در افق های سطحی خاک کمتر از ۵٪ درصد است، در این لایه به بیش از ۱/۳ درصد بالغ می گردد.

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 Oxyaquic Ustifluvents قرار دارد.

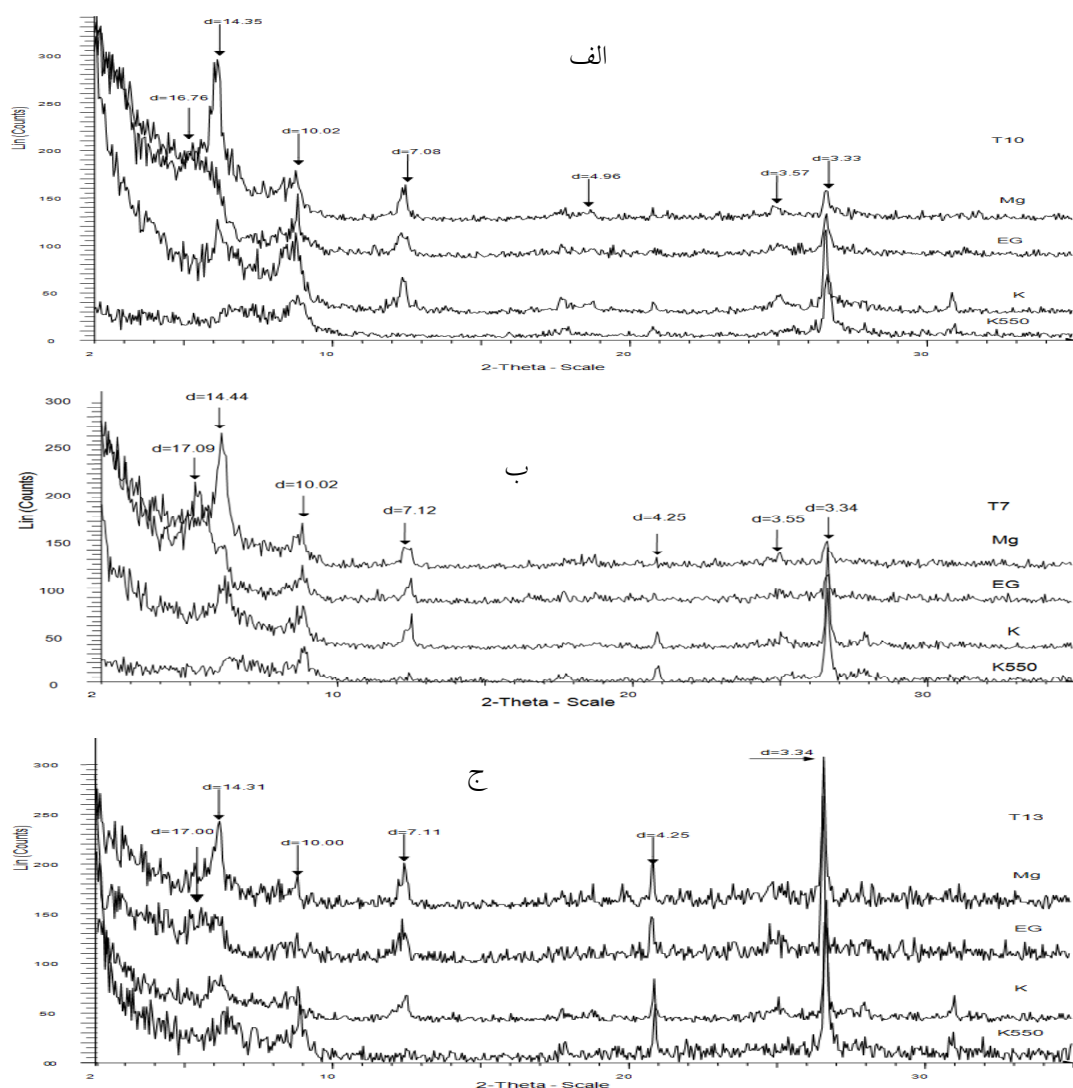
خاکرخ شماره ۴ که در شمال شهر اهواز حفر شده است، از لحاظ طبقه بندی در سیستم آمریکایی در گروه بزرگ Oxyaquic Ustifluvents قرار دارد. این خاک فاقد افق های تکامل یافته بوده و به این دلیل در راسته انتی سولز قرار دارد. این خاک از رسوبات آبرفتی مطبقی تشکیل شده است که تنها تکامل آن مربوط به تشکیل افق سطحی A یا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



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 | کلریت | پالی‌گورسکایت | ایلیت | کائولینیت | اسمکتیت | کوارتز |
|------------|-----|-------|---------------|-------|-----------|---------|--------|
| ۱          | Ap  | ++    | -             | ++    | ++        | +       | ++++   |
|            | Bw  | +     | -             | ++    | +++       | +       | +++    |
|            | Bk2 | +++   | -             | ++    | +++       | ++      | ++     |
| ۷          | Ap  | ++    | -             | +++   | ++        | ++      | +++    |
|            | Bw  | ++    | +             | ++    | ++++      | ++      | ++     |
|            | C1  | ++    | +             | ++++  | ++        | ++      | +      |
|            | C2  | ++    | -             | ++    | +++       | ++      | ++     |
| ۱۲         | Ap  | +++   | -             | ++    | ++        | +++     | +      |
|            | Bw2 | +     | +             | +++   | +++       | +++     | +      |
|            | Cg  | +     | +             | ++    | ++        | ++++    | +      |

- وجود ندارد، + > ۱۰ درصد، ++ ۲۰-۱۰ درصد، +++ ۳۰-۲۰ درصد، ++++ ۴۰-۳۰ درصد.

به میزان زیادی مشابه خاک‌های هفت تپه 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 کلریت، ایلیت، کائولینیت، 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 (خاک‌رخ 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 خاکساز را تسریع 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).

خاک‌رخ 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 به میزان کمی ملاحظه شد.

کانی رسی کائولینیت در خاک‌های این منطقه نمی‌تواند تشکیل گردد و از طریق مواد مادری به خاک به ارث رسیده است. مطالعه بخشی از مواد مادری خاک‌های منطقه (سازندهای گروه فارس) وجود کائولینیت را در این مواد مادری به وفور 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 به واسطه 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 خاکرخ‌ها دارای تجمع نسبتاً کمتری از شوری می‌باشند. در بخش‌های شمالی، انتقال ثانویه آهک نیز رخ داده است. بافت خاک از بخش‌های شمالی استان به سمت جنوب رو به سنگینی است. ذرات درشت در قسمت‌های شمالی تر و ذرات ریزتر در بخش‌های جنوبی تر 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 به واسطه تجمع ماتل 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 فرایندهای خاکسازي ملاحظه نشد. ترکیب کانی شناسی خاک‌های منطقه وجود کانی‌های کلریت، میکا، کائولینیت و کوارتز را نشان داد. با این

گروه اسمکتیت به واسطه اندازه بسیار ریزی که دارند، در اثر فرایندهای مکانیکی کمتر رسوب یافته و به وسیله 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 به وفور یافت می‌شود ولی در رطوبت بیش از ۳۰۰ میلی‌متر غیرپایدار 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، کائولینیت و کوارتز دیده شدند. در این منطقه رس پالی گورسکایت از ترکیب کانی‌های رسی خاک حذف شده است. این منطقه به دلیل 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

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 به‌صورت موروثی و در بخشی به‌صورت نو تشکیل در خاک ملاحظه شد.

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

## منابع مورد استفاده

۱. بنائی، م. ح. ۱۳۷۷. نقشه رژیم‌های حرارتی و رطوبتی خاک ایران. موسسه تحقیقات خاک و آب، وزارت جهاد کشاورزی.
۲. بی نام. ۱۳۶۸. مطالعه لایه بندی، تعیین هدایت هیدرولیکی در اراضی طرح‌های امیرکبیر و میرزا کوچک خان. شرکت مهندسين 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 هوازدگی این مواد مادری. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی شماره ۲۸-۸۶ دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان. ایران.
۵. جعفری، س. ح. م. باقرنژاد 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 خاکسازي 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 D1.A 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.