

## بررسی تکامل خاک در یک ردیف زمانی روی پادگانه‌های<sup>۱</sup> حاشیه رودخانه سفید رود در گیلان مرکزی

حسین ترابی گل سفیدی و مصطفی کریمیان اقبال<sup>۲</sup>\*

### چکیده

گیلان یکی از استانهای شمالی کشور ایران است که علیرغم داشتن پتانسیل زیاد برای تولید محصولات کشاورزی و داشتن جنگلهای بسیار وسیع، مطالعات خاکشناسی مخصوصاً تحقیقات پایه‌ای در آن بسیار کم صورت گرفته است. بمنظور بررسی اثر زمان در تشکیل خاکهای منطقه، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و میکرومورفولوژیکی خاک حاشیه رودخانه سفیدرود که روی دشت سیلابی و سه پادگانه قرار گرفته‌اند مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. اجزاء مختلف شن، سیلت و رس به روش سانتیفریوژ جدا و اندکس تشابه با استفاده از ۸ گروه شن و سیلت درشت برای بررسی انقطاع سنگی<sup>۳</sup> در پروفیل خاک تعیین گردید. اشکال مختلف آهن (اکسید آهن آزاد، بی‌شکل و شکل آلی) بترتیب بوسیله سترات بی‌کربنات دی‌تیونیت (CBD)، آمونیوم اکسالات و سدیم پیروفسفات استخراج و اندازه‌گیری شد. افزایش اختلاف آهن استخراج شده بوسیله آمونیوم اکسالات از سترات بی‌کربنات دی‌تیونیت (Fe-d Fe-O) از دشت سیلابی بطرف پادگانه بالایی کاهش می‌یابد که این کاهش افزایش تکامل و سن نسبی این خاکها را نشان می‌دهد. فاکتورهای دیگری نظیر مواد آلی، گنجایش تبادل کاتیونی بطرف پادگانه بالایی افزایش و pH خاک و درصد اشباع بازی کاهش می‌یابند. مطالعه کانیاها در بخش رس نشان می‌دهد که کلریت از دشت سیلابی بطرف پادگانه میانی و بالایی در نتیجه افزایش سن، کاهش pH و شستشوی زیاد به کانیاها اسمکتیت، رسهای بین لایه‌ای و برخی کانیاها مختلط نامنظم تبدیل شده است. با انتقال هیدروکسید بین لایه‌ای از بین لایه‌های رسهای ۲:۱ مشخص گردید که رس آن از نوع اسمکتیت (HIS) می‌باشد. وجود انقطاع سنگی در خاک پادگانه میانی و بالایی که بوسیله اندکس تشابه نیز ثابت شده است، نشاندهنده آبرفتی بودن رسوبات فوق‌الذکر می‌باشد که این مساله نیز نظریه قبلی مبنی بر بادی بودن این مواد را رد می‌کند.

واژه‌های کلیدی: ردیف زمانی، گیلان، انقطاع سنگی، اکسیدهای آهن آزاد، پادگانه (تراس)

<sup>۱</sup>Terraces

<sup>۲</sup> به ترتیب دکترای خاکشناسی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد، استادیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.

\* وصول: ۷۹/۱۰/۱۳ و تصویب: ۸۰/۱۰/۱

<sup>۳</sup>Discontinuity

## مقدمه

خاکهای اینتی سولز<sup>۳</sup>، اینسپتی سولز<sup>۴</sup>، و آلفی سولز<sup>۵</sup> به ترتیب روی دشت سیلابی و پادگانه‌های اول، دوم و سوم قرار گرفته‌اند. براساس این تحقیقات، قدیمی‌ترین خاک روی پادگانه سوم قرار داشته‌است (۲).

تشخیص درجه تکاملی خاک و میزان آن روی خاکهای پادگانه همیشه براحتی امکان‌پذیر نیست. تکامل خاک بصورت ساختمان بهتر و قویتر (۶)، ریزتر بودن بافت (۱۴)، وجود پوسته‌های رسی، افزایش رنگ قرمز خاک (۲۰) و تجمع کربنات کلسیم ثانویه (۶) ظاهر می‌گردد. جرارد (۱۹۹۲) در مطالعه خاکهای پادگانه‌ای با توالی ساده نشان داد که تکامل خاک در این محل چهار پادگانه‌ای به سادگی قابل تشخیص است. الکساندر و همکاران (۱۹۸۳b و ۱۹۸۳a) در مطالعه خاکهای تکامل پادگانه‌ای رودخانه کوکو در کلمبیا نشان دادند که به دلیل تحول و تکامل زیاد خاکها، بررسی میزان آنها نیاز به تجزیه‌های فیزیکی، شیمیایی و حتی مینرالوژیکی دقیق (۹۸) و میکرومورفولوژی دارد (۱۹).

درجه کریستالینیتی اکسیدهای آهن پدوژنیک بعنوان یکی از فاکتورهای مهم تکامل خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۷، ۲۸، ۲۹). تفاضل آهن استخراج شده بوسیله آگسالات آمونیم (اکسی هیدروکسیدهای آهن بی شکل) از آهن استخراج شده توسط سیترات بی کربنات دی تیونیت (اکسی هیدروکسیدهای آهن آزاد) نشان‌دهنده اکسیدهای آهن کریستاله آزادی است که بصورت پدوژنیک در خاک تشکیل شده و با سن خاک افزایش می‌یابد. همچنین نسبت (Fe-o/Fe-d) نیز با افزایش سن خاک کاهش می‌یابد (۳۷، ۳۹، ۴۰، ۴۱، ۴۲، ۴۳، ۴۴، ۴۵).

از دیدگاه سنتیک تغییر در یک خاک (S) نسبت به زمان تابعی است از موقعیت اولیه (S0) و وابسته به فاکتورهای محیطی و (A, B, C, ...) (۲۳).

$$ds = f(S_0, A, B, C, \dots) dt$$

بر طبق معادله کروکر<sup>۱</sup>

$$S = f(S_0, t) A, B, C, \dots$$

یک ردیف زمانی<sup>۲</sup> عبارت است از تشکیل خاک (تغییر در خاک) بصورت تابعی از زمان و موقعیت اولیه و وقتی که سایر فاکتورها نظیر اقلیم، فعالیت موجودات زنده، مواد مادری و پستی و بلندی ثابت باشند (۲۳، ۳۴ و ۳۵).

از آنجایی که در طبیعت یافتن محیطی که در آن فقط یکی از عوامل تغییر کند و عوامل دیگر ثابت بماند مشکل است معمولاً نقاطی را انتخاب می‌کنند که در آن اثر یکی از عوامل به تنهایی بیش از سایر عوامل است (۱). بنابراین پادگانه‌ها بهترین محل برای مطالعه ردیف زمانی است. پادگانه‌ها سطوح ژئومورفولوژیکی گذاشته شده قدیمی هستند که با جریانهای فعلی ارتباطی ندارند (۲۲). عوامل عمده تشکیل پادگانه‌ها عبارتند از: کم شدن آب رودخانه‌ها، پسروی و پیشروی آب دریا و تخریب تکتونیکی یک دشت (۱۶). خاکهای تشکیل شده روی پادگانه‌ها برای مطالعه تأثیر زمان بر تکامل خاک بسیار مناسب و اطلاعات مهمی در مورد تغییرات اقلیمی ارائه داده و دورانهای پایدار و ناپایدار را در رژیم رطوبتی گذشته مشخص می‌کنند (۲۲).

مطالعه یک ردیف زمانی در دشت مرکزی کالیفرنیا روی آبرفتهای رودخانه‌ای نشان داد که

<sup>۳</sup> Entisols

<sup>۴</sup> Inceptisols

<sup>۵</sup> Alfisols

<sup>۱</sup> Crocker

<sup>۲</sup> Chronosequence

ارتفاعی آنها از سطح دریای خزر و نیمرخ افقها در هریک از مناطق فوق‌الذکر در شکل ۱ و ۲ نشان داده شده‌است.

پوشش گیاهی در دشت سیلابی عمدتاً گیاهان علفی یک و چند ساله است. ضمن اینکه قسمتهایی از آن بعلت وجود آب کافی و مقدار کمی خاک سطح الارض بعنوان شالیزار مورد استفاده قرار می‌گیرد. پادگانه اول (T1) زیر کشت برنج است که البته پوشش اولیه آن جنگل بوده و در حال حاضر بعلت توسعه مناطق مسکونی تخریب شده است. بخش کوچکی از سطح پادگانه دوم (T2) زیر کشت برنج و قسمت عمده‌ای از آن هنوز زیر پوشش جنگل طبیعی و جنگل مصنوعی کاج قرار دارد. پادگانه سوم (T3) بطور کامل زیر پوشش جنگل طبیعی قرار دارد.

### مواد و روشها

#### تجزیه‌های آزمایشگاهی

پس از تشریح پروفیلها بر اساس دستور عمل اداره حفاظت خاک وزارت کشاورزی آمریکا (۳۵). در هر محل یک پروفیل بعنوان شاهد انتخاب و تجزیه‌های مختلف روی آن صورت گرفت.

نمونه‌های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه کوبیده و از الک ۲ میلی متری عبور داده شد. بافت خاک به روش هیدرومتر (۲۱) و درصد اجزاء مختلف رس، سیلت و شن به وسیله سانتریفیوژ (۲۵) مشخص گردید. اندازه‌گیری PH در گل اشباع و بوسیله الکتروود شیشه انجام کاتیونهای تبادل (کلسیم، منیزیم، پتاسیم و سدیم) بوسیله استات آمونیم (pH=۷) استخراج (۳۸) و کلسیم و منیزیم تبدلی و محلول در عصاره اشباع خاک به روش کمپلکسومتری و سدیم و پتاسیم بوسیله دستگاه فلایم فتومتر اندازه‌گیری شد. گنجایش تبادل کاتیونی خاکها (CEC) بوسیله استات سدیم (pH=۷) و سپس جایگزینی سدیم با استات آمونیم تعیین گردید (۳۳). از سیترات بی‌کربنات دی

پادگانه‌ها بهمراه دشتهای سیلابی، بدلیل تراکم جمعیت انسانی روی آنها و مخصوصاً کشاورزی حائز اهمیت می‌باشند. هدف از این تحقیق بررسی چگونگی تکوین و تکامل خاکهای حاشیه رودخانه سفید رود در گیلان مرکزی در یک ردیف زمانی می‌باشد.

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در حاشیه رودخانه سفید رود و در ۱۷ کیلومتری جنوب رشت قرار گرفته است. فاصله منطقه مورد مطالعه تا ساحل جنوبی دریای خزر حدود ۴۰ کیلومتر می‌باشد. این منطقه درعرض جغرافیایی ۳۷°۰۰' تا ۳۷°۱۵' شمالی و طول جغرافیایی ۴۹°۲۷' تا ۴۹°۴۷' شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار دارد. در مورد خصوصیات زمین‌شناسی منطقه اختلاف نظرهایی وجود دارد. برطبق نقشه زمین‌شناسی تهیه شده توسط شرکت ملی نفت ایران تشکیلات زمین‌شناسی منطقه از رسوبات باد آورده لسی<sup>۱</sup> تشکیل شده است (۳۰). در حالیکه براساس نقشه تهیه شده توسط سازمان زمین‌شناسی که توسط آنلز و همکاران (۱۹۷۵) تهیه شده مناطق فوق‌الذکر در استان گیلان تحت عنوان رسوبات آبرفتی - دلتایی شناسایی شده‌اند (شکل ۱) (۲۹ و ۱۰).

متوسط بارندگی سالانه براساس آمار ایستگاه هواشناسی رشت ۱۳۸۶ میلی متر است. متوسط حداکثر درجه حرارت گرمترین و سردترین ماه بترتیب ۳۱/۷ و ۱/۶ درجه سانتیگراد و تعداد روزهای یخبندان ۲۰ روز و در فصل زمستان و فصل خشک تنها ۳۳ روز در فصل تابستان می‌باشد.

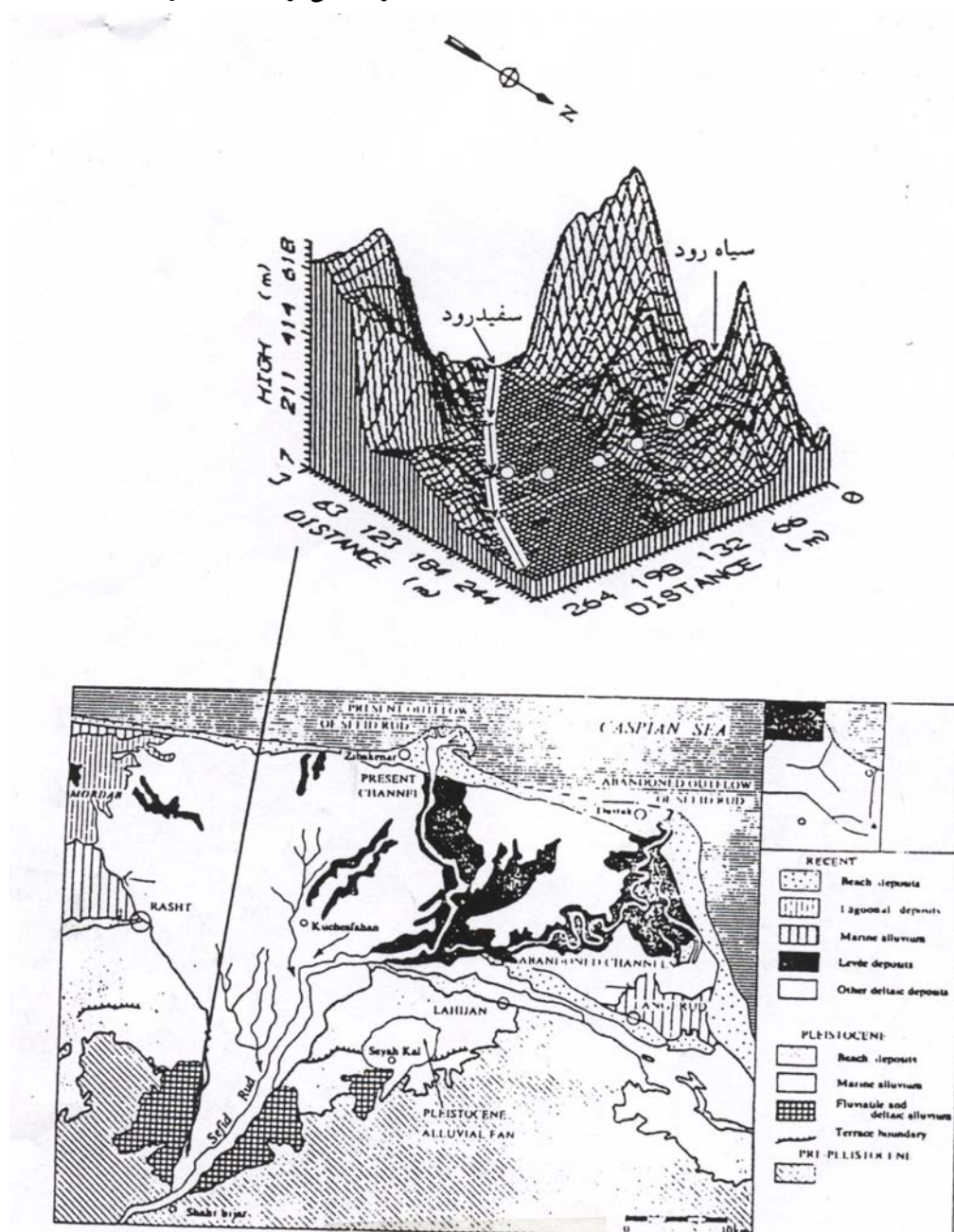
از دشت سیلابی سفید رود بطرف ارتفاعات غربی منطقه مورد مطالعه سه پادگانه (T1, T2, T3) وجود دارد. نمای کلی پادگانه‌ها بهمراه وضعیت

<sup>۱</sup> Loess deposits

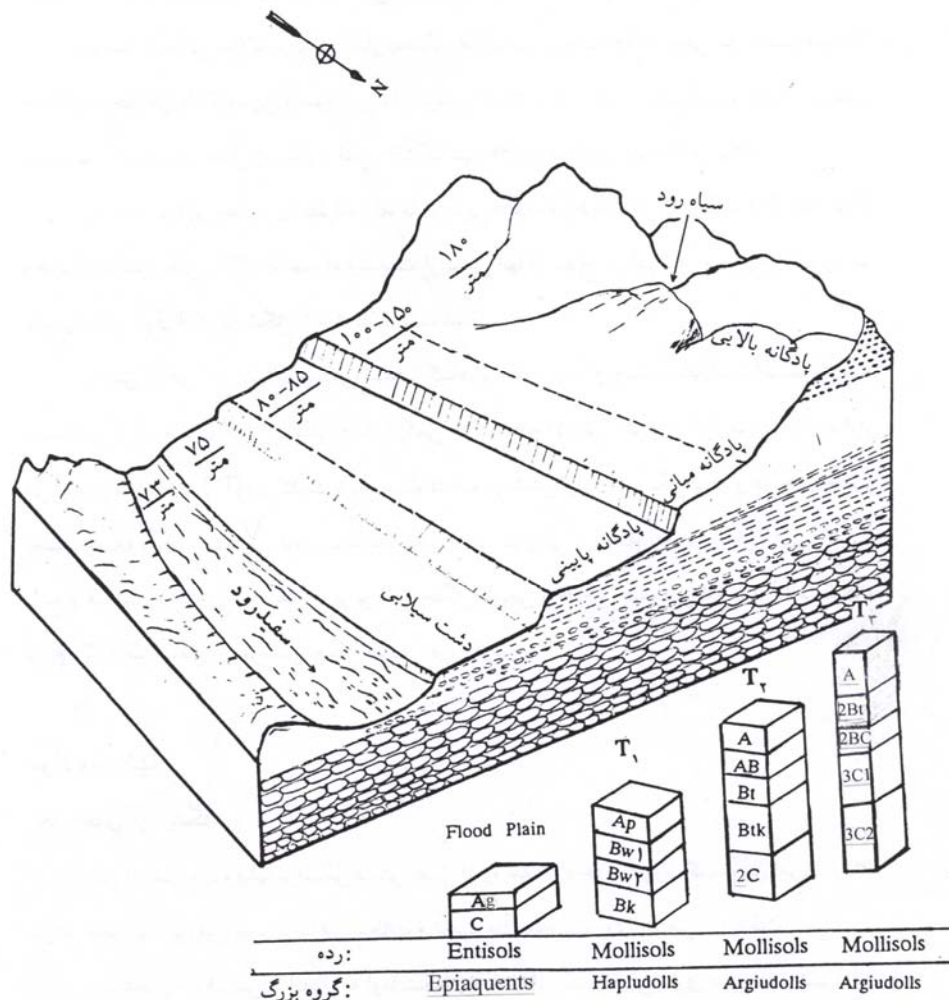
غلظت آهن، آلومینیوم و منگنز استخراج شده به روشهای فوق بوسیله دستگاه جذب اتمی مدل پریکین المر (Atomic Absorbtion, Perkin Elmer Model 3030) اندازه گیری شد.

برای مطالعه کانیهای رس پس از حذف مواد آلی، کربنات کلسیم و سزکویی اکسیدها بترتیب بوسیله آب اکسیژنه ۳۰ درصد، استات سدیم (pH=۵) و سیترات بی کربنات دی تیونیت (CBD)، اجزاء

تیونیت (CBD) جهت اندازه گیری اشکال کریستاله اکسیدهای آهن، آلومینیوم و منگنز پدوژنیک (۳۶)، از پیرو فسفات سدیم برای تعیین اشکال آهن، آلومینیوم و منگنز کمپلکس شده با مواد آلی و از اگسالات آمونیم و اسید اکسالیک در تاریکی برای اندازه گیری اشکال بی شکل اکسیدهای آهن، آلومینیوم و منگنز استفاده شده است (۱۲).



شکل ۱- خصوصیات زمین شناسی و تصویر سه بعدی از منطقه مورد مطالعه (سراوان) در ۱۷ کیلومتری جنوب رشت



شکل ۲- نمای کلی از پادگانه‌های آبرفتی در منطقه سراوان در استان گیلان و افزایش تکامل خاک از دشت سیلابی به طرف پادگانه بالایی (T3)

برای انتقال هیدروکسیدهای بین لایه‌ای از بین لایه‌های رسهای ۲:۱ و شناسایی نوع رس سه نوع تیمار براساس کار دیکسون و جاکسون صورت گرفت. تیمار اول: قرار دادن نمونه‌های حاوی رسهای با هیدروکسید بین لایه‌ای در سود نیم نرمال در حال جوش به مدت ۲/۵ دقیقه. تیمار دوم: حرارت دادن نمونه تا دمای ۴۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴ ساعت و سپس قرار دادن آن در سود نیم نرمال در

مختلف خاک بوسیله سانتریفیوژ جدا گردید (۲۵). پس از اشباع نمونه‌ها با کاتیونهای منیزیم و پتاسیم و آنالیز آنها توسط دستگاه اشعه ایکس، جهت شناسایی رسها، نمونه اشباع با منیزیم به مدت ۲۴ ساعت در بخار اتیلن گلیکول و نمونه اشباع با پتاسیم به مدت ۲ ساعت در دمای ۳۳۰ و سپس ۵۵۰ درجه سانتیگراد قرار گرفت.

سنگ است. این منطقه در فصولی از سال مخصوصاً زمستان بر اثر طغیان سفید رود زیر آب قرار می‌گیرد، از اینرو لکه‌های خاکستری رنگ‌احیایی در افق سطحی مشاهده می‌شود (جدول ۱).

خاک پادگانه پایینی (T1) از تکامل پروفیلی نسبتاً بیشتری برخوردار است. افق‌های مشخصه این خاک عبارتند از مالیک اپی پدون و کمپیک (Bw). بعلت بارندگی زیاد در این منطقه و پوشش گیاهی خوب و برگرداندن بقایای حاصل از برنجکاری، افق تیره‌ای در سطح خاک تشکیل شده است. نسبت رس ریز به کل رس و شن به سیلت در سرتاسر پروفیل خاک تقریباً یکنواخت است که نشان‌دهنده عدم وجود انقطاع سنگی در این پروفیل می‌باشد (جدول ۲). اسمیت و بیول (۱۹۶۸) از این دو فاکتور برای بررسی میزان یکنواختی پروفیل خاک استفاده کردند (۳۴). نتایج حاصل از اندکس تشابه نیز نشان‌دهنده یکنواختی پروفیل خاک است (جدول ۲)، که البته اندکس تشابه در این خاک بعلت وجود آهک بامقداری خطا همراه می‌باشد (۴).

خاک پادگانه میانی (T2) از تکامل پروفیلی بسیار بالایی برخوردار است. بطوریکه دارای یک افق ضخیم مالکیت اپی پدون و یک افق آرچلیک با پوسته‌های رسی ضخیم می‌باشد. در زیر افق آرچلیک یک افق کلسیک ضخیم وجود دارد (جدول ۱). تجمع آهک در این افق بصورت توده‌ای و سخت دانه است. در این خاک افق C در عمق حدود ۳ متری مشاهده می‌شود. در مشاهدات میکرومورفولوژی مقاطع نازک در افق کلسیک، کریستالهای سوزنی شکل کلسیت در حاشیه دیواره منفذها مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده منشاء پدوژنیک آهک موجود در این افق است (شکل ۳a). نتایج حاصل از اسپکترومتری اشعه ایکس (EDAX) از سخت دانه‌های آهکی، پیک قوی فسفر را نشان می‌دهد درحالیکه تجزیه EDAX زمینه خاک، این پیک فسفر مشاهده نگردید و یا شدت آن

حال جوش به مدت ۲/۵ دقیقه. تیمار سوم: تیمار با اسید کلریدریک ۰/۰۵ نرمال و شیکر به مدت حدود ۲۰ دقیقه، سپس حرارت دادن تا دمای ۴۰۰ درجه سانتیگراد و سپس قرار دادن در سود نیم نرمال در حال جوش به مدت ۲/۵ دقیقه (۱۸). برای شناسایی کانیها از دستگاه اشعه ایکس شیمادزو<sup>۱</sup> با لامپ مسی استفاده گردید.

جهت محاسبه اندکس تشابه ۸ گروه شن و سیلت درشت با استفاده از الک، تفکیک و درصد وزنی هر یک جداگانه تعیین شد. برای محاسبه اندکس تشابه بین دو افق مجاور، حداقل‌های درصد وزنی هریک از اجزاء دو افق مجاور با همدیگر جمع می‌شوند. اندکس ۱۰۰ یا نزدیک ۱۰۰ به معنای تشابه خیلی نزدیک و اندکس پایین تا صفر به معنی عدم تشابه یا تشابه ناچیز دو افق مجاور است (۴). برای تهیه مقطع نازک کلوخه‌هایی از خاک توسط رزین پترو پاکسی ۱۵۴ اشباع و برشهای تهیه شده توسط کانادابالزام جامد روی لام (شیشه) چسبانیده شد. مقاطع نازک بوسیله میکروسکوپ پلاریزان مدل لایتز<sup>۲</sup> مشاهده و عکسبرداری گردید.

## نتایج و بحث

خصوصیات پروفیلی و فیزیکی شیمیایی خاکها در جداول ۱ تا ۳ نشان داده شده است. خاک دشت سیلابی رودخانه سفید رود از تکامل پروفیلی بسیار کمی برخوردار است. در این خاک یک افق سطح الارضی اکریک<sup>۳</sup> کم عمق به ضخامت ۱۰ سانتی متر تشکیل شده و مقدار سنگریزه از سطح بطرف عمق این افق افزایش یافته و به حدود ۴۰ درصد می‌رسد (جدول ۲). در عمقهای پایین تر این پروفیل، هیچ خاکی وجود ندارد و تنها دارای سنگریزه و قلوه

1. X- Ray Diffractometer XD- 610, Shemadzu
2. Leitz Ortholux II Pol- BK
3. Ochric epipedon
4. Flooded
5. Smith and Buol

خیلی ضعیف بود. این امر نشان می‌دهد که سخت دانه‌های آهکی علاوه بر کربنات کلسیم دارای ترکیبات فسفات کلسیم نیز می‌باشند. نادولهای آهن از نوع متحدالمرکز<sup>۱</sup> در افق آرچلیک وجود دارد (شکل ۳b). افزایش آب اکسیژنه و عدم جوشش آن در دمای معمولی نشان می‌دهد که ترکیب غالب این نادولها اکسی‌هیدروکسیدهای آهن است. در افق آرچلیک این خاک بعلت وجود رس‌های انبساط پذیر، پوسته‌های فشاری<sup>۲</sup> نیز مشاهده می‌شود.

نسبت رس ریز به کل رس در افق Bt بیشتر از سایر افقهاست که نشان‌دهنده شستشوی رس و تجمع آن در این افق می‌باشد. مقدار رس ریز در افق Bt این خاک بیش از ۵۰ درصد و کل رس آن ۶۱ درصد است. نسبت شن به سیلت به یکباره از ۰/۲ به ۳/۹ در افق C می‌رسد که نشان‌دهنده وجود انقطاع سنگی است (جدول ۲). نتایج حاصل از اندکس تشابه وجود یک انقطاع سنگی بین افقهای Btk و C را در این پروفیل نشان می‌دهد. اندکس تشابه در افقهای Bt و Btk از ۹۰/۶ به ۳۲/۰ در افقهای C و Btk کاهش می‌یابد (جدول ۲).

خاک پادگانه بالایی (T3) همانند پادگانه میانی (T2) دارای یک افق ضخیم مالیک اپی بدون می‌باشد که زیر پوشش جنگلی قرار گرفته است. این خاک دارای بافت سبک‌تری نسبت به پادگانه میانی و پایینی است. افق آرچلیک حاوی ۲۰ درصد سنگریزه است و در مشاهدات صحرائی پوسته‌های رسی‌چندان قابل تشخیص نیست اما در مشاهدات میکروسکوپی مقاطع نازک، پوسته‌های رسی اطراف سنگریزه و ذرات شن را پوشانده است (شکل ۳c).

مقدار رس در افق Bt به ۳۸ رسیده و بتدریج با افزایش عمق کاهش یافته و به ۷/۵ درصد در افق C2 می‌رسد. سر تا سر پروفیل خاک پادگانه بالایی (T3) حاوی مقادیر زیادی شن می‌باشد که مقدار آن بین ۴۰ تا ۸۰ درصد است. نسبت رس ریز به کل رس در افق Bt این خاک بیشتر از سایر افقهاست (جدول ۲). نسبت شن به سیلت در افقهای پایینی این خاک دارای تغییرات نسبتاً شدیدی است.

اندکس تشابه بین افقهای BC، Bt و BC1، بین ۶۶ تا ۶۹ می‌باشد که نشان‌دهنده وجود انقطاع سنگی بین لایه‌های مذکور است. مشاهدات صحرائی نیز تناوب لایه بندی در این خاک، مخصوصاً در افقهای زیرین را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از اندکس تشابه و همچنین وجود شن و سنگریزه‌های ریز و درشت موجود در افقهای Bt و BC حکایت از تأثیر طغیانهای سفید رود در زمانهای گذشته و هنگام تشکیل پادگانه فوق را دارد.

جدول ۳ خصوصیات شیمیایی خاکها را نشان می‌دهد. واکنش خاک از دشت سیلابی سفید رود بطرف پادگانه بالایی در حال اسیدی شدن است، به طوری که pH خاک به پایین‌ترین مقدار خود یعنی ۵ در عمق ۲ متری خاک پادگانه بالایی (T3) می‌رسد. علت کاهش pH می‌تواند مربوط به شستشوی کاتیونهای بازی و شنی بودن خاک پادگانه بالایی باشد. درصد مواد آلی و ازت کل افقهای سطحی از خاک دشت سیلابی بطرف پادگانه بالایی بغیر از افق سطحی خاک پادگانه پایینی (T1) افزایش می‌یابد که علت آن اضافه شدن بقایای گیاه برنج پس از برداشت آن به افق سطحی این خاک است (جدول ۳). زیاد بودن ازت در افق سطحی خاک پادگانه پایینی مربوط به افزایش کود اوره در اراضی برنجکاری است. ظرفیت تبادل کاتیونی خاک از دشت سیلابی بطرف پادگانه بالایی در حال افزایش است، به استثنای پادگانه بالایی که علت آن

<sup>۱</sup> Concentric Nodules

<sup>۲</sup> Stress Cutans or Sliken Side

لایه‌های با بافت درشت در زیر لایه با بافت ریز در این خاک، بعلت دارا بودن پتانسیل ماتریک (Matric Potential) بیشتر در بافتهای ریزتر، سبب کند شدن حرکت آب بمحض رسیدن به مرز لایه با بافت درشت می‌گردد. با کند شدن سرعت نفوذ آب، کربنات کلسیم شروع به رسوب کردن در لایه با بافت ریز نموده و بتدریج بطرف سطح رشد و ضخیم شده است.

اشکال مختلف آهن در جدول ۳ نشان داده شده‌است. آهن استخراج شده بوسیله سیترات بی کربنات دی تیونیت (Fe-d) از دشت سیلابی بطرف پادگانه بالایی (T3) در حال افزایش است و به بیشترین مقدار (۲/۹۲ درصد) در افق Bt پادگانه بالایی می‌رسد (جدول ۳).

احتمالاً به دلیل کم بودن مقدار رس و شنی بودن پروفیل خاک می‌باشد. به عقیده دیکسون و کروکر (۱۹۵۴) مطالعه توالی زمانی در اغلب خاکها نشان می‌دهد که مقدار موادالی با زمان افزایش و نمکهای محلول، کاتیونهای بازی، درصد اشباع بازی و PH کاهش می‌یابد (۱۷).

مقدار آهک در همه خاکها با عمق افزایش می‌یابد که نشاندهنده شستشوی آهک و تجمع آن در افقهای تحت الارضی است. وجود آهک در سرتاسر پروفیل خاک در این مناطق با توجه به بارندگی زیاد آن نشاندهنده جوان بودن خاکهای دشت سیلابی و پادگانه پایینی (T1) است. در پادگانه میانی (T2) علت تجمع آهک ثانویه و تشکیل افق کلسیک بسیار ضخیم از عمق ۹۰ سانتی متری، وجود یک انقطاع سنگی در عمق حدود ۳ متری است. وجود تشکیلات یا

جدول ۱ - خصوصیات ظاهری پروفیل‌های شاهد

افق	عمق (cm)	رنگ خاک		ماتلینگ	بافت	ساختمان	مقاومت خاک			مرز بین افقها
		مرطوب	خشک				خشک	مرطوب	تر	
Mollic Epiaquent, loamy skeletal, mixed, thermic - دشت سیلابی سفیدرود										
Ag	۰-۱۰	10YR4/3	5Y4/3	10YR4/3	SCL	۱vfgr	-	Lo	ss, sp	Cw
C	+۱۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Typic Hapludoll, fine silty, mixed, thermic (T1) - پادگانه پایینی (T1)										
Ap	۰-۲۵	7.5YR3/2	7.5YR4/3	-	SiCL	1vfabk	-	Fr	s, p	Cw
Bw1	۲۵-۶۰	7.5YR4/4	7.5YR5/5	-	SiCL	2mabk	-	Fr	s, p	Gs
Bw2	۶۰-۹۰	7.5YR4/4	10YR5/4	-	SiCL	2mabk	-	Fr	s, p	Cw
Bk	۹۰-۱۸۰	10YR5/4	10YR4/3	-	SiL	1fabk	-	Fr	ss, sp	-
Calcic Argiudoll, fine, mixed, thermic (T2) - پادگانه میانی (T2)										
A	۰-۳۰	7.5YR3/2	7.5YR4/2	-	SiC	1vfabk	-	Fr	ss, sp	Aw
AB	۳۰-۶۰	7.5YR3/2	7.5YR6/2	-	SiC	1fabk	-	Fr	s, p	Cw
Bt	۶۰-۱۰۰	7.5YR4/6	7.5YR5/6	-	C	3mabk	-	Fr	vs, vp	Aw
Btk	۱۰۰-۳۰۰	7.5YR5/6	7.5YR5/4	-	C	2mabk	-	Fr	ss, vp	Aw
2C	> ۳۰۰	7.5YR4/4	10YR5/4	-	SL	Sg	lo	Lo	so, po	-



(T3) – Typic Argiudoll, fine, mixed, thermic پادگانه با لایه (T3)										
A	۰-۳۰	10YR3/2	10YR3/3	-	SCL	2fgr	lo	Lo	s, p	Cw
2 Bt	۳۰-۶۰	2.5YR4/7	5YR4/6	-	SC	2fabk	sh	Fr	vs, p	As
2 BC	۶۰-۷۵	5YR4/6	5YR5/4	-	SL	1vfabk	sh	Fi	ss, p	Aw
3 C1	۷۵-۱۱۰	7.5YR4/6	10YR5/4	-	SL	sg	vh	Vfi	so, po	As
3 C2	۱۱۰-۲۰۰ <sup>+</sup>	7.5YR6/4	10YR5/4	-	S	sg	sh	Fr	so, po	-

جدول ۳- خصوصیات شیمیایی خاک و فرمهای مختلف آهن موجود در خاک

افق	عمق (cm)	کربن آلی (%)	ازت کل (%)	آهک (%)	PH گل اشباع	CEC Cmol (+) Kg <sup>-1</sup>	B.S (%)	* Fe-d %	** Fe-o %	***Fe-p %	Fe-o Fe-d	Fed-Feo
دشت سیلابی سفیدرود												
Ag	۰-۱۰	۲/۴۶	۰/۰۵	۹/۰	۷/۶	۱۶/۲	۱۰۰	۱/۰۱	۰/۹۸	۰/۱۱	۰/۹۷	۰/۵۳
پادگانه پایینی (T1)												
Ap	۰-۲۵	۵/۴۱	۰/۱۴	۲/۴	۶/۶	۲۲/۵	۸۰	۱/۲۵	۰/۳۴	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۹۱
Bw1	۲۵-۶۰	۱/۴۵	۰/۰۵	۱/۹	۷/۱	۲۰/۴	۸۷	۱/۱۷	۰/۲۶	۰/۱۶	۰/۲۲	۰/۹۱
Bw2	۶۰-۹۰	۰/۷۶	۰/۰۲	۱۲/۴	۷/۸	۲۵/۴	۱۰۰	۱/۱۰	۰/۲۰	۰/۰۸	۰/۲	۰/۹۰
Bk	۹۰-۱۸۰	۰/۴۱	۰/۰۱	۱۴/۲	۷/۹	۲۱/۸	۱۰۰	۰/۹۹	۰/۲۰	۰/۰۷	۰/۲	۰/۸
پادگانه میانی (T2)												
A	۰-۳۰	۳/۵۳	۰/۰۹	۱/۲	۷/۱	۲۷/۳	۱۰۰	۱/۶۵	۰/۸۰	۰/۳۲	۰/۴۸	۰/۸۵
AB	۳۰-۶۵	۳/۵۰	۰/۰۷	۰/۰	۶/۵	۲۶/۲	۸۷	۱/۷۳	۰/۷۸	۰/۲۳	۰/۴۷	۰/۹۱
Bt	۶۵-۱۰۰	۰/۹۳	۰/۰۲	۰/۷	۶/۲	۴۳/۲	۸۱	۲/۰۰	۰/۴۴	۰/۳۵	۰/۲۲	۱/۵۶
Btk	۱۰۰-۳۰۰	۰/۵۹	۰/۰۲	۲۴/۲	۷/۷	۳۷/۲	۹۷	۱/۳۱	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۰۶	۱/۲۳
2 C	> ۳۰۰	۰/۳۱	۰/۰۱	۰/۵	۷/۳	۲۷/۱	۹۵	۱/۴۷	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۰۶	۱/۳۸
پادگانه بالایی (T3)												
A	۰-۳۰	۶/۱۳	۰/۰۹	۰/۵	۶/۳	۲۹/۹	۶۸	۱/۲	۰/۳۸	۰/۲۰	۰/۳۲	۰/۸۲
2 Bt	۳۰-۶۰	۱/۲۱	۰/۰۲	۰/۵	۵/۱	۳۶/۰	۶۹	۲/۹۲	۰/۲۰	۰/۳۵	۰/۰۷	۲/۷۰
2 BC	۶۰-۷۵	۰/۶۹	۰/۰۲	۱/۰	۵/۲	۳۱/۳	۷۱	۱/۲۴	۰/۰۹	۰/۰۲	۰/۰۷	۱/۱۵
3 C1	۷۵-۱۱۰	۰/۰	۱/۰۱	۰/۰	۵/۷	۲۶/۸	۷۲	۰/۹۹	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۹۳
3 C2	۱۱۰-۲۰۰	۰/۰	۰/۰۱	۰/۰	۵/۰	۲۳/۱	۶۸	۰/۹۶	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۹۰

Fe-d \* آهن استخراج شده بوسیله سترات بی کربنات دی تیونیت (CBD)

Fe-o \*\* آهن استخراج شده بوسیله اکسالات آمونیوم

Fe-p \*\*\* آهن استخراج شده بوسیله پیروفسفات سدیم

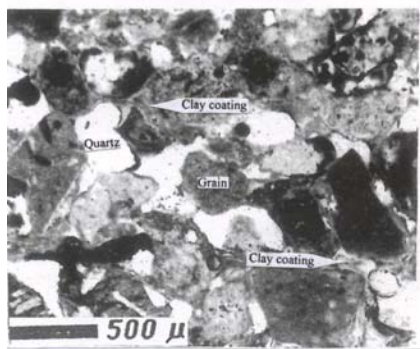
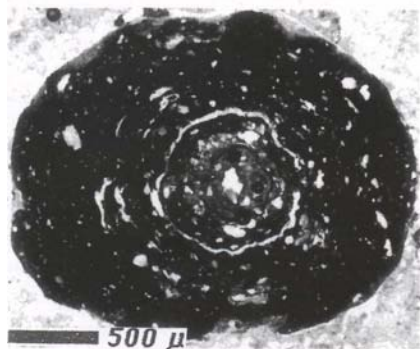
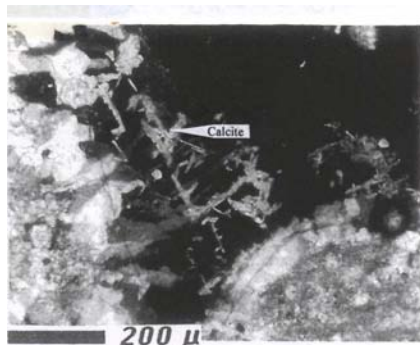
تکامل بیشتر خاک بطرف پادگانه بالایی است (۸، ۹ و ۲۷).

### چگونگی تشکیل پادگانه‌ها در حاشیه سفیدرود

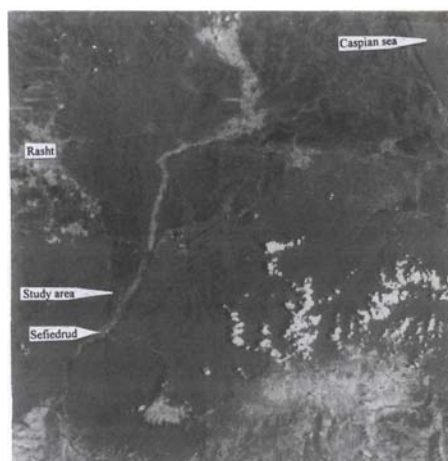
به عقیده بسیاری از محققین سطح آب دریای خزر در گذشته بالا بوده است (۳). کرینسلی (۱۹۷۵) نیز در تحقیقات خود به بالا بودن سطح آب دریای خزر به میزان ۹۰ متر نسبت به سطح فعلی آن اشاره کرده است (به نقل از ۵). با توجه به شکل ۴ جلگه گیلان و حتی فواصل دورتر از آن به طرف

تفاضل آهن استخراج شده بوسیله سترات بی کربنات دی تیونیت از آمونیوم اکسالات (Fe-d-Fe-O) از خاک دشت سیلابی بطرف پادگانه بالایی افزایش می‌یابد. این افزایش نشاندهنده کریستاله شدن بیشتر اکسیدهای آهن آزاد بطرف پادگانه بالایی است. بسیاری از محققین افزایش فاکتور (Fe-d-Fe-O) را دلیل زیاد بودن سن نسبی خاک و تکامل بیشتر آن می‌دانند (۷، ۸، ۲۷، ۳۹ و ۴۰).

همچنین نسبت Fe/d-Fe-o از دشت سیلابی بطرف پادگانه بالایی (T3) روند کاهشی را نشان می‌دهد که این کاهش نشاندهنده افزایش سن و



شکل ۳- میکرومورفولوژی مقاطع نازک  
 (a) کریستالهای سوزنی شکل آهک ثانویه در افق خاک پادگانه میانی (T2)  
 (b) نادول متحدالمرکز در افق Bt خاک پادگانه میانی  
 (c) پوشش رسی در افق آرچلیک (Bt) خاک پادگانه بالایی (T3)



شکل ۴- تصویر ماهواره لندست (TM) از استان گیلان که رسوبات آبرفتی-دلتایی (Alluvium, Flood Plain and Deltatic Deposits) سفیدرود در این تصویر مشخص است (۱۹۸۷)

بالایی از بین رفته و به کانیهای نظیر اسمکتیت، هیدروکسیدهای بین لایه‌ای، کانیهای مختلط نامنظم کلریت-ورمیکولیت یا کلریت-اسمکتیت تبدیل می‌شود. از دشت سیلابی به طرف پادگانه بالایی روند افزایش تبدیل کانیهای ۲:۱ به کانیهای ۱:۱ نظیر کائولنیت و افزایش شدت این پیک مشاهده نمی‌شود، که این امر نشان‌دهنده عدم پیشرفت قابل توجه این خاکها به طرف خاکهای آلتی سول (Ultisols) است. پوشش جنگلی پهن‌برگ باعث برگرداندن مقادیر قابل توجهی از کاتیونهای بازی به خاک می‌گردد، بنابراین علیرغم بارندگی و شستشوی زیاد، هنوز محیط، مساعد کانیهای ۲:۱ نظیر اسمکتیت است.

در دشت سیلابی رودخانه سفید رود کانیهای اسمکتیت، کائولنیت، میکا، کلریت، کوارتز و مقداری کانیهای مختلط نامنظم وجود دارد. در خاک پادگانه پایینی (T1) نیز کانیهای اسمکتیت با بار لایه‌ای زیاد، کائولنیت، میکا، کلریت، کوارتز و مقداری کانیهای مختلط نامنظم وجود دارد. در بخش رس ریز خاک پادگانه میانی (T2) کانیهای اسمکتیت و میکا و در بخش رس درشت اسمکتیت با بار لایه‌ای زیاد، میکا، کائولنیت و کانیهای با هیدروکسید بین لایه‌ای وجود دارد. در خاک پادگانه میانی (T3) نیز در بخش رس ریز اسمکتیت، میکا و مقداری هم کائولنیت و کوارتز و در بخش رس درشت اسمکتیت با بار لایه‌ای زیاد، میکا، کائولنیت و کوارتز وجود دارد و هیدروکسیدهای بین لایه‌ای در این خاک کمتر مشاهده است.

هیدروکسیدهای بین لایه‌ای موجود در این خاکها می‌توانند از هوادیدگی مستقیم کلریت و همچنین از نفوذ پلیمرهای هیدروکسی-آلومینیم یا آهن در بین لایه‌های رسهای ۲:۱ بوجود آیند (۱۱). پلیمرهای هیدروکسی-آهن عمدتاً در pHهای کمتر از ۵ فعال هستند و در pHهای حدود ۵ تا ۷ پلیمرهای هیدروکسی-آلومینیم فعالیت دارند. باتوجه به وجود

جنوب، روی دلتای قدیمی رودخانه سفید رود واقع شده است. اگر سطح آب دریای خزر را ۹۰ متر بالاتر تصور نماییم، دشت سیلابی فعلی سفید رود، پادگانه پایینی (T1) و حتی قسمتی از پادگانه میانی (T2) نیز تحت تاثیر آب دریای خزر قرار داشته است. البته با توجه به فعالیتهای تکنونیک و فرونشست حوزه جنوبی خزر که توسط محققینی نظیر آنلز اشاره شده است (۳ و ۱۰)، همچنین بالآمدگی و جداافتادگی موجود در دامنه‌های شمالی البرز (۳) فهم این مطلب کمی مشکل‌تر می‌گردد. بنابراین تصور بر این است که منطقه مورد مطالعه و حتی مناطق جنوبی‌تر از آن نیز در گذشته زیر آب بوده‌اند. با توجه به مطالب فوق‌الذکر تصویری فرضی را از پسروی تدریجی دریای خزر و تشکیل این پادگانه‌ها در حاشیه رودخانه سفید رود ارائه کرده‌ایم که در شکل ۵ نشان داده شده است. با پسروی آب دریای خزر، رودخانه سفید رود به قسمت داخل و مرکز خود جریان یافته و با کاهش سطح تماس آب، قدرت تخریبی آن افزایش و باعث حفر مسیر خود به سمت دریا شده است. که نتیجه آن برش رسوبات قبلی برجای گذاشته و تشکیل پادگانه در حاشیه رودخانه سفید رود بوده است. در اولین مرحله پسروی دریای خزر، رودخانه سفید رود علیرغم جریان یافتن در قسمت داخلی خود، طغیانهایی نیز داشته است که این طغیانها باعث تناوب رسوبگذاری در پادگانه بالایی شده است. وجود سنگریزه و شنی بودن خاک این پادگانه نشان می‌دهد که رودخانه در فاصله کمی از این پادگانه قرار داشته است، چرا که در هنگام طغیان رودخانه، رسوبات دانه درشت در فاصله نزدیکی از مرکز رود رسوب می‌نمایند.

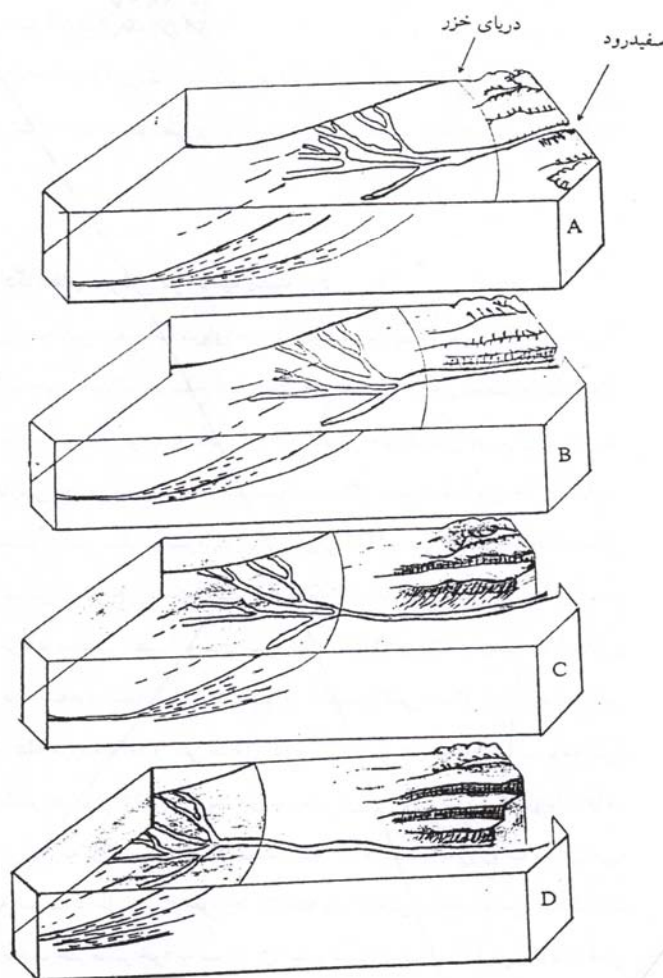
### نتایج مینرالوژی

نتایج بدست آمده از مطالعات مینرالوژی در این ردیف زمانی نشان می‌دهد که کلریت از دشت سیلابی به طرف پادگانه بالای (T3) ناپایدار شده و به کانیهای دیگری تبدیل شده است. کلریت کانی بسیار ناپایدار در شرایط رطوبتی بالا و pH اسیدی است، با کاهش pH و افزایش سن خاک به طرف پادگانه میانی و

می‌رود که در بین لایه‌های رسهای ۲:۱ رسوب کرده باشند. برای انتقال پلیمرهای هیدروکسی-آلومینیم با بار مثبت که روی محل‌های تبدلی سطوح داخلی رسها قرار گرفته باشند، سود نیم نرمال در حال جوش مناسب نیست. بلکه برای انتقال اینگونه هیدروکسیدهای بین لایه‌ای ابتدا باید با اسید کلریدریک رقیق عمل شستشو انجام بگیرد، تا آلومینیم بین لایه‌ها با هیدروژن اسید مبادله و از بین لایه‌های رسهای ۲:۱ خارج گردد.

pH بین ۵ تا ۷ در خاکهای مورد مطالعه هیدروکسیدهای موجود در بین لایه‌های رسهای ۲:۱ احتمالاً از نوع پلیمرهای-آلومینیم با بار مثبت می‌باشند.

تیمارهای مختلف انجام شده برای انتقال هیدروکسیدهای بین لایه‌ای نشان می‌دهد که روش استفاده از سود نیم نرمال در حال جوش و همچنین روش حرارت ۴۴۰ درجه سانتیگراد قبل از قرار دادن در سود نیم نرمال در حال جوش، احتمالاً تنها برای انتقال هیدروکسیدهای بین لایه‌ای بکار



شکل ۵- مکانیسم تشکیل پادگانه‌های آبرفتی در منطقه مورد مطالعه (سراوان در استان گیلان)

- A- وضعیت دریای خزر قبل از پسروی  
 B- اولین پسروی دریا و تشکیل اولین پادگانه  
 C- دومین پسروی دریا و تشکیل دومین پادگانه  
 D- سومین پسروی دریا و تشکیل سومین پادگانه

تکامل پروفیلی و سن نسبی بطرف پادگانه بالایی است. مطالعه کانیه‌ها در بخش رس نشان می‌دهد که کلریت از دشت سیلابی بطرف پادگانه میانی و بالایی در نتیجه افزایش سن، کاهش pH و شستشوی زیاد به کانیه‌های اسمکتیت، رس‌های بین لایه‌ای و برخی کانیه‌های مختلط نامنظم تبدیل شده است. با انتقال هیدروکسیدهای بین لایه‌ای از بین لایه‌های ۲:۱ مشخص گردید که رس آن از نوع اسمکتیت (HIS) می‌باشد. وجود انقطاع سنگی در خاک پادگانه میانی (T2) و پادگانه بالایی (T3) و وجود سنگریزه و تناوب لایه بندی در خاک پادگانه بالایی، نشان می‌دهند که منشاء رسوبات در منطقه مورد مطالعه احتمالاً آبرفتی است نه بادی. بعبارت دیگر مواد مادری این خاکها رسوبات آبرفتی -دلتایی رودخانه سفید رود می‌باشند.

کانیه‌های اولیه کلریت در دشت سیلابی و پادگانه پایینی (1) در مشاهدات میکروسکوپی مقاطع نازک نیز مشاهده شده است. کانیه‌های دیگری نظیر اپیدوت، فلدسپار که حاوی کلسیم و برخی از کاتیونهای بازی دیگر هستند تقریباً در همه خاکها وجود داشته است.

### نتیجه

نتایج حاصل از آزمایشهای گوناگون نشان می‌دهد که تکامل پروفیلی از دشت سیلابی رودخانه سفید رود بطرف پادگانه بالایی افزایش می‌یابد. افزایش مواد آلی، ازت کل، افزایش گنجایش تبادل کاتیونی و ... نشان‌دهنده افزایش تکامل خاک بطرف پادگانه بالایی است. نسبت (Fe-o/Fe-d) و (Fe-d/Fe-o) از دشت سیلابی بطرف پادگانه بالایی بترتیب کاهش و افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده افزایش

### منابع مورد استفاده

- ۱- بای‌بوردی، محمد-۱۳۶۰- خاک، پیدایش و طبقه‌بندی- انتشارات دانشگاه تهران- چاپ ششم- ۶۸۰ صفحه.
- ۲- حق‌نیا، غلامحسین-۱۳۷۰- خاک شناخت- دانشگاه فردوسی مشهد- ۶۳۰ صفحه.
- ۳- شهرابی، م-۱۳۷۱- زمین‌شناسی کواترنر کرانه‌های دریای خزر- گزارش شماره ۶۰۰- سازمان زمین‌شناسی کشور، وزارت معادن و فلزات- ۱۱۳ صفحه.
- ۴- محمودی، شهلا-۱۳۶۷- استفاده از اندکس تشابه در تعیین درجه همگنی مواد اولیه خاک. مجله علوم کشاورزی- جلد ۱۲، شماره‌های ۱ و ۲ صفحه ۳ تا ۸.
- ۵- هنرجو، ناصر-۱۳۷۱- مقایسه چگونگی تحول و تکامل و بررسی کانیه‌های رسی در خاکهای ترسهای رودخانه زاینده رود. اصفهان- پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی- دانشگاه صنعتی اصفهان- ۱۲۳ صفحه.
- 6- Ahmad, M., J. Ryan and C. Paeth. 1977. Soil development as a function of time in the Punjan river plains of Pakistan. Soil Sci. Soc. Am. J.41:1162-1165.
- 7- Alexander, E. B, 1974. Extractable iron in relation to soil age on terraces along the Truckee River, Nevada. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 38:121-124.
- 8- Alexander, E. B., and N. Holowaychuk. 1983. Soil on terraces along the Cauca River Colombia. I. Chronosequence characteristics. Soil Sci. Soc. Am. J. 47:715-721.
- 9- Alexander, E. B., and N. Holowaychuk. 1983. Soil on terraces along the Cauca River, Colombia. II The sand and clay fraction. Soil Sci. Soc. Am. J.47: 721-727.
- 10- Annells, R. N., R. S. Arthurton, R. A. Bazelt and R. G. Davis. 1975. Explanatory text of the Qazvin and Rasht quadrangles map 1: 250,000. Geological survey of Iran, geological quadrangles Nos. E3, E4. 94p.
- 11- Barnshisel, R. I. And P. I. Bertsch. 1989. Chlorites and hydroxy interlayered vermiculite and smectite. P. 729- 788. In J. B. Dixon et al (ed.) Minerals in soil environments. 2nd ed. SSSA. Madison, Wisconsin, USA.

- 12- Blackmor, L. C., P. L. Searle and B. K. Daly. 1977. Soil bureau laboratory methods. A methods for chemical analysis of soil sci. Rep. 10A. New Zealand. Soil bureau lower Hutt/New Zealand.
- 13- Bremne, J. M. and C. S. Muvaney. 1986. Nitrogen-total. p. 595-629. In A. L. Page et al (ed.). Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr.9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- 14- Brewer, R. and P. H. Walker. 1969. Weathering and soil developmneton a sequence of river terraces. Aust. J. Soil Res. 20:293-305.
- 15- Buol, S. W., F. D. Hole, and R. J. Mcracken. 1980. Soil genesis and classification. Second edition. Oxford & IBH Pub. Co. PVT. LTD, 404p.
- 16- Butzer, K. W. 1976. Gemorphology from the eathr. Harper & Row Pub.
- 17- Dickson, B. A., and R. L. Crocker. 1954. A chronosequence of soils and vegetation near Mount Shasta, California. III. Some properties of the mineral soils. J. Soil Sci. 5:173-191.
- 18- Dixon, J. B. and M. L. Jakson. 1959. Dissolution of interlayers from intergardient soil after preheating at 400°C. Science 129 : 1616-1617.
- 19- Feijtel, T. C., A. G. Jongmans, and J. D. J. Doesburg. 1989. Identification of caly coatings in an older quaternary terrace of the Allier, Limagne, France. Soil Sci. Soc. Am. J. 53:876-882.
- 20- Foss, J. E., and R. H. Rust. 1962. Soil development in relation to loessial deposition in Southeastern Minnesota. Soil Sci. Soc. Am. Proc.270-274.
- 21- Gee, G. W., and J. W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. p. 383-411. In A. Klute (ed.). methods of soil analysis. Part 1. 2nd. ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- 22- Gerrared, J. 1992. Soil geomorphology an integration of pedology and geomorphology, Chapman & Hall.
- 23- Jenney, H. 1989. The soil resource origin and behavior. Springer -Verlag. 377p.
- 24- Johnson, M. G. and M. B. McBride. 1989. Mineralogical and chemical characteristics of Adirondack spodosols evidence for Para and noncrystallin aluminosilicate minerals. Soil Sci. Soc. Am. J. 53:482-490.
- 25- Kittric, J. A. and E. W. Hope. 1963. A procedure for particle size separations of soils for x-ray diffraction analysis. Soil Sci. 96:319-325.
- 26- Jackson, M. L., C. H. Lime and L. W. Zelazny. 1986. Oxides, hydroxides, and aluminosilicates. P. 101-150. In A. Klute (ed.). methods of soil analysis. Part 1. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- 27- Mckeague, J. A., J. E. Braydon and N. M. Miles. 1971. Differentiation of forms of extractable iron and aluminum in soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc.35:38-53.
- 28- Mclean, E. O. 1986. Soil pH and lime requirement. p.199-224. In A. L. Page et al (ed.). Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- 29- Ministry of mine and metals of Iran. 1985. Qazvin and Rasht quadrangles map. Cartographic department of geological survey of Iran. Printed by: Tehran naghshesh offset press.
- 30- National Iranina Oil Company. 1960. Generalized geological map of Iran. 1:1,000,000 and 1:250,000, 1&2 sheets.
- 31- Nelson, D. W., and L. E. Sommers. 1986. Total carbon, organic carbon and organic matter. p. 539-577. In A. L. Page et al (ed.). Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- 32- Nelson, R. E. 1986. Carbonate and Gypsum. p. 181-197. In A. L. Page et al (ed.). Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- 33- Rhoades. J. D. 1986. Cation-exchange capacity. p. 149-157. In A. L. Page et al. (ed.). Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- 34- Smith, B. R. and S. W. Buol. 1968. Genesis and relative weathering intensity studies in three soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 32:261-263.
- 35- Soil conservation service. USDA. 1979. Definitions and abbreviations for soil description. Portland Oregon.

- 36- Soil Survey laboratory methods. 1984. Procedures for collecting soils amples. U. S. Government printing office Washington DC. 68p.
- 37- Stuki, J. W., B. A. Goodman and U. Schwertman. 1985. Iron in soils and clay minerals. Reide Company.
- 38- Thomas, G. W. 1986. Exchangeable cations. p. 159-165. In A. L. Page et al. (ed.). Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- 39- Torrent, J., U. Schwertman, and D. G. Schulze. 1980. Iron oxide mineralogy of some soils of two river terraces sequences in Spain. *Geoderma*,23:191-208.
- 40- Wang, C., G. J. Ross, and R. Protz. 1989. Effect of crystalline iron oxides on development and classification of podzol soils in Western Labrador, New Foundland. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53:870-875



## Chronosequence Study of Soils in Sefidrud River Terraces in Gilan Province, Iran

H. Torabi, and M. K. Eghbal<sup>1</sup>

### Abstract

Few studies have been done on soils of Gilan province in northern Iran, although the area enjoys high potential for agricultural production and has vast forested regions. To study the effect of time on the formation of soils in the area, physical, chemical and micromorphological properties of four soils on flood plain and three upper terraces of Sefidrud River were investigated in this study. Different size fractions of sand, silt and clay were separated by centrifuge. Lithologic discontinuity was determined by performing similarity index test on different horizons, using eight size fractions of sand and silt. Crystalline, amorphous, and organic iron was extracted using CBD, ammonium oxalate and sodium pyrophosphate, respectively. The increase in difference between oxalate extracted and CBD extracted iron (Fe-d-Fe-o) from lower flood plain to highest terrace soils indicates increase in crystallinity of iron and also soil profile development. At the same time, the ratio of (Fe-o/Fe-d) decreases toward the upper terrace soil, which is also indication of increase in soil development and relative soil age. Other factors such as organic matter and CEC increase and pH and base saturation decrease toward the upper terrace soil. As a result of increase in relative soil age and decrease in soil pH from soils of flood plain to middle (T2) and upper terraces, chlorite is transformed to smectite, hydroxy interlayer smectite and other mixed minerals. In the middle terrace (T2) soil, chlorite was completely disappeared, but the relative amount of smectite is increased. Three different methods were tested to remove hydroxy interlayers from 2:1 clays, but only one of these methods which consisted of washing coarse clay fraction by 0.05 M HCl, heating to 400°C and finally boiling it in 0.5 M NaOH was able to remove hydroxy interlayers. The results showed this mineral is primarily hydroxy interlayer smectite (HIS). The presence of lithologic discontinuity in the middle and the upper terraces, which was shown by similarity index test, indicates that contrary to previous beliefs, these soils are formed on alluvial rather than eolian deposits.

**Keywords:** Chronosequence, Gilan, Free iron oxides, Terrace soil, Sefidrud River

---

1. Ph.D Student and Assistant Prof. of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, respectively.