



دانشگاه گیلان، دانشکده کشاورزی

مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد هجدهم، شماره اول، ۱۳۹۰
www.gau.ac.ir/journals

تأثیر سطح آب زیرزمینی و کشت برنج بر روی خصوصیات میکرومورفولوژیکی خاک‌های شالیزاری در اراضی بالادست سد سنگر رشت تا دشت ساحلی دریای خزر

* جواد سیدمحمدی مرشت^۱، مهدی عاکف^۲، کامران افتخاری^۳ و حسن رمضانپور^۲

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه گیلان، آستادیار گروه علوم خاک، دانشگاه گیلان،

^۲ عضو هیأت علمی مؤسسه خاک و آب کشور

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۲/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۰/۲۶

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر سطح آب زیرزمینی و کشت گیاه برنج بر خصوصیات مورفولوژیکی و میکرومورفولوژیکی خاک‌های تشکیل‌یافته بر روی واحدهای فیزیوگرافی فلات‌ها و تراس‌های فوقانی سفیدرود، آبرفت‌های رودخانه‌ای، اراضی پست و دشت ساحلی در منطقه جنوب سد سنگر رشت در استان گیلان صورت گرفت. در مجموع ۲۰ نیم‌رخ، در هر واحد ۵ نیم‌رخ، بر روی واحدهای فیزیوگرافی ذکر شده در بالا حفر و مطالعه شدند، براساس مطالعه دقیق در هر واحد یک نیم‌رخ شاهد انتخاب شد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی و میکرومورفولوژیکی خاک‌ها با گرفتن نمونه‌های خاک دست‌خورده و دست‌نخورده از افق‌های خاک‌های تشریح شده، مطالعه و تعیین شدند. وجود شرایط احیاء، تخریب ساختمان خاک و تشکیل ساختمان دانه‌ای ضعیف بعد از گذشت چند ماه از گل‌خرابی در افق سطحی از ویژگی‌های قابل تشخیص غالب از خاک‌های منطقه بودند. مطالعات میکرومورفولوژیکی نشان داد که حفره‌های واگ، کانال و صفحه‌ای بیش‌تر در افق‌های سطحی و حفره‌های از نوع واگ و کانال در افق‌های تحتانی وجود دارند که در بیش‌تر موارد با ترکیبات آهن و ماده آلی پوشیده شده‌اند. ریزساختمان در همه افق‌های سطحی دانه‌ای ضعیف بود. ریزساختمان در افق‌های تحتانی واحد فیزیوگرافی دشت ساحلی تک‌دانه‌ای و حفره‌های آن به‌طور عمده از نوع حفره‌های آرایشی ذرات شن بود. ریزساختمان در افق‌های تحتانی سایر واحدها بلوکی گوشه‌دار و

* مسئول مکاتبه: javad58_sey@yahoo.com

بدون گوشه بود. مشاهدات میکرومورفولوژیکی از خاک‌های واحد دشت آبرفتی حضور نودول‌های اکسید آهن به صورت هاله و ژئودیک با مرز پخشیده، توده‌های آهن و پوشش کمپلکس اکسیدهای آهن و ماده آلی را ثابت کرد. در خاک اراضی ساحلی و پست به علت بالا بودن سطح آب زیرزمینی نودول اکسید آهن مشاهده نشد. به دلیل بالا بودن سطح آب زیرزمینی و نوسان متناوب آن در خاک‌های منطقه مورد مطالعه، در مقاطع نازک این خاک‌ها شواهد پوسته‌های رسی مشاهده نشد. ذرات رس در اراضی فلات‌ها به علت تهویه مناسب و هوادیدگی نسبت به سایر واحدها کم‌تر بود. در واحدهای فیزیوگرافی فلات‌ها و تراس‌های فوقانی، آبرفت‌های رودخانه‌ای و اراضی پست خاک‌ها در رده اینسپتی سولز و در واحد فیزیوگرافی دشت ساحلی در رده انتی سولز طبقه‌بندی شدند.

واژه‌های کلیدی: حفره‌های کانال، حفره‌های واگ، نودول اکسید آهن، خاک شالیزار

مقدمه

خاک‌های شالیزاری خاک‌هایی هستند که عملیات مدیریتی در آن‌ها به گونه‌ای است که منجر به ایجاد شرایط هیدرومورفیک در این خاک‌ها می‌گردد. وجود چنین شرایطی در این خاک‌ها باعث تغییر در مواد خاک می‌شود و عوارضی را ایجاد می‌نماید (ویل‌دینگ و آهرنس، ۲۰۰۲؛ آیمرن و همکاران، ۲۰۰۳). تشکیل عوارض اکسید و احیاء به صورت تجمع و تخلیه آهن و منگنز همراه با نوسان سطح آب زیرزمینی در خاک رخ می‌دهد (زنگ‌یی و زنگ‌سانگ، ۲۰۰۱). تحت تأثیر شرایط آنتراکوئیک روی مورفولوژی و نوسان سطح آب زیرزمینی شکل‌های مختلف عوارض اکسید و احیاء و توزیع آن‌ها تغییر می‌کند همچنین فرایندهای دخیل در تشکیل و انتقال این عوارض دست‌خوش تغییر می‌شود (زانگ و گانگ، ۲۰۰۳). عوارض اکسید و احیاء یکی از علایم اصلی وضعیت آکوئیک در خاک‌های اشباع با سطح آب زیرزمینی بالا هستند و الگوهای توزیع اکسیدهای پدوژنیک^۱ به شدت وضعیت کاهشی بستگی دارد (فیدلر و سومر، ۲۰۰۴). الگوهای رنگی و عوارض اکسید و احیاء مهم‌ترین خصوصیات در خاک‌های شالیزار تحت تأثیر نوسان سطح آب زیرزمینی می‌باشند و با استفاده از آن‌ها می‌توان اشباع فصلی اتفاق افتاده در این خاک‌ها را پیش‌بینی کرد (هی و همکاران، ۲۰۰۳؛ جی‌ین و همکاران، ۲۰۰۴). سیکل‌های متناوب اکسایش و کاهش در دوره‌های طولانی و به دنبال آن تحرک و

1- Pedogenic

تجمع یا تخلیه آهن و منگنز با عمق سطح آب زیرزمینی در ارتباط است (کستانتینی و همکاران، ۲۰۰۶). خاک‌های اراضی خیس^۱ را می‌توان براساس نوع اشباع شدن به خاک‌های اشباع ناشی از بالا بودن سطح آب زیرزمینی و خاک‌های اشباع ناشی از نفوذ آب‌های سطحی به درون خاک و همچنین خاک‌های متأثر از وجود هم‌زمان این دو پدیده تقسیم کرد. گلی شدن^۲ مهم‌ترین فرآیند خاک‌سازی است که در این خاک‌ها اتفاق می‌افتد. در غالب موارد بسته به شرایط رطوبتی خاک بر اثر تبدیل آهن دو ظرفیتی به فرم سه ظرفیتی و یا برعکس، در خاک الگوهای رنگی خاصی به وجود می‌آید که مطالعه آن‌ها بهترین راه بررسی شرایط هیدرومورفیک می‌باشد (کیوما، ۱۹۸۵). در خاک‌های اشباع ناشی از بالا بودن سطح آب زیرزمینی، زمینه خاک دارای کرومای پایین بوده و هیپوکوتینگ^۳ و کوازی کوتینگ‌های^۴ آهن اغلب در امتداد دیواره حفره‌ها و ماتل‌ها اغلب در سطوح خاک‌دانه‌ها قرار می‌گیرند. در خاک‌هایی که وجود شرایط احیاء ناشی از نفوذ آب سطحی است مقدار نودول و سخت‌دانه‌های رنگین فراوان‌تر می‌باشد و لکه‌های رنگی غالباً در داخل خاک‌دانه‌ها می‌باشند (استوپز و اسواران، ۱۹۸۵؛ فانینگ و فانینگ، ۱۹۸۹؛ زنگ‌یی و زنگ‌سانگ، ۲۰۰۱). در برخی خاک‌های شالیزار به دلیل طولانی بودن دوره‌های خشکی، نبود نوسان سطح آب زیرزمینی و نفوذ آب در طول پروفیل خاک به سمت پایین در افق‌های تحتانی پوسته‌های رسی تشکیل شده است. در خاک‌های دشت آبرفتی، فابریک بیش‌تر از نوع لکه‌ای می‌باشد که در اثر هم‌آوری مواد آبرفتی ریز از سوسپانسیون در طول ته‌نشینی ایجاد می‌شود. پوشش‌های اکسید آهن در اثر نفوذ اکسیژن از طریق ریشه گیاه برنج در سطح ریشه و دیواره کانال ریشه تشکیل می‌شوند (ناتاپورن و همکاران، ۲۰۰۷).

خاک‌های شالیزاری در زمان غرقاب در شرایط احیاء بوده و دارای رنگ خاکستری تیره هستند. در این خاک‌ها آهن و منگنز به فرم احیاء، در طبقات زیرین در روی سطوح ریشه و یا نواحی دارای اکسیژن کافی اکسیده شده و به اشکال مختلف رسوب می‌کنند. رنگ خاک و عوارض ناشی از اکسیداسیون و احیاء از جمله مهم‌ترین خصوصیات می‌باشند که از عمق سطح آب زیرزمینی و نوسان آن و همچنین مقدار آب مصرفی برای آبیاری تأثیر می‌پذیرند (ترابی‌گل سفیدی و همکاران، ۲۰۰۰؛ ترابی‌گل سفیدی و همکاران، ۲۰۰۳؛ ترابی‌گل سفیدی، ۲۰۰۱؛ عاکف و همکاران، ۲۰۰۳؛ حسن‌نژاد و

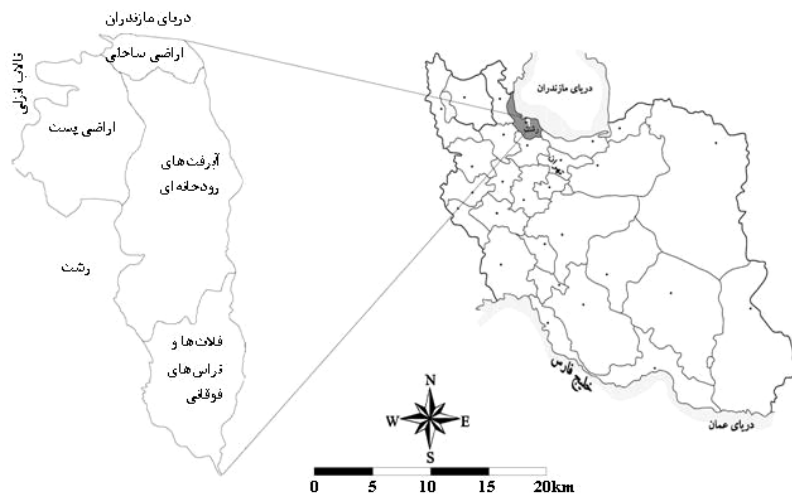
-
- 1- Wetlands
 - 2- Gleying
 - 3- Hypo-Coating
 - 4- Quasi-Coating

همکاران، ۲۰۰۸). این پژوهش با هدف بررسی خصوصیات مورفولوژیکی و میکرومورفولوژیکی و به‌منظور تعیین تأثیر آب زیرزمینی و کشت برنج بر خصوصیات خاک‌های تشکیل شده بر روی واحدهای فیزیوگرافی منطقه مطالعاتی، انجام شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه از ناحیه فلات‌ها و تراس‌های فوقانی رودخانه سفیدرود واقع در بالای سد سنگر تا جفرود در حاشیه دریای خزر را در برمی‌گیرد و در موقعیت جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۱ دقیقه و ۰۰ ثانیه تا ۴۹ درجه و ۴۵ دقیقه و ۰۰ ثانیه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۷ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۳۷ درجه و ۲۷ دقیقه و ۸ ثانیه عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). نهشته‌های رودخانه‌ای از مهم‌ترین رسوبات این ناحیه به‌شمار می‌رود که به دوره کواترنر تعلق دارد. جهت تفکیک واحدها و نمونه‌برداری ابتدا عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای منطقه مطالعاتی تفسیر گردید و حدود واحدهای فیزیوگرافی شامل فلات‌ها و تراس‌های فوقانی، آبرفت‌های رودخانه‌ای، اراضی پست و دشت ساحلی تعیین و بر روی نقشه‌های توپوگرافی منتقل شد. در هر واحد ۵ نیم‌رخ حفر و نسبت به مطالعه و تشریح نیم‌رخ‌های خاک اقدام شد (متقی، ۱۹۹۸). از تمام افق‌های آن‌ها یک نمونه دست‌خورده و یک نمونه دست‌نخورده برای انجام آزمایش‌های فیزیکی، شیمیایی و مطالعات میکرومورفولوژیکی تهیه گردید. رژیم رطوبتی خاک در واحد فلات‌ها و تراس‌های فوقانی یودیک و در واحدهای آبرفت‌های رودخانه‌ای، اراضی پست و دشت ساحلی آکوئیک و رژیم حرارتی خاک منطقه ترمیک گزارش شده است (بنایی، ۱۹۹۸). اقلیم منطقه به روش دومارتن، خیلی مرطوب می‌باشد (علیزاده، ۲۰۰۱).

در این پژوهش بافت خاک به روش هیدرومتری (کلوت، ۱۹۸۶)، جرم مخصوص ظاهری به روش پارافین (برت، ۲۰۰۴)، جرم مخصوص حقیقی به روش پیکنومتر (برت، ۲۰۰۴)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات سدیم (برت، ۲۰۰۴)، کاتیون‌های تبدالی کلسیم و منیزیم به روش کمپلکسومتری و سدیم و پتاسیم تبدالی با دستگاه فلیم‌فتمتر اندازه‌گیری شد (برت، ۲۰۰۴). تخلخل خاک با استفاده از جرم مخصوص حقیقی و ظاهری (برت، ۲۰۰۴)، درصد اشباع بازی با استفاده از مجموع کاتیون‌های تبدالی بازی و ظرفیت تبادل کاتیونی (برت، ۲۰۰۴)، ماده آلی به روش والکلی و بلک (پیچ و همکاران، ۱۹۸۲)، مقدار کل اکسیدهای آهن به روش سترات بی‌کربنات دی‌تیونات (برت، ۲۰۰۴) و آهن آمورف به روش اگسالات آمونیوم اندازه‌گیری شدند (برت، ۲۰۰۴).



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی نسبت به استان گیلان و ایران.

نمونه‌های دست‌نخورده تهیه شده برای انجام مطالعات میکرومورفولوژیکی در سایه و شرایط آزمایشگاه خشک شده و آب نمونه‌ها به وسیله استون خارج شد و سپس در دسیکاتور خلأ توسط رزین پلی‌استر (۴۰ درصد رزین و ۶۰ درصد استون و برای هر لیتر ۲ قطره سخت‌کننده اکتوات کبالت و ۴ قطره کاتالیست سیکلوهگزانون پراکساید) اشباع گردیده و در نهایت سخت شدند. نمونه‌های سخت شده پس از برش اولیه بر روی لام مخصوص مطالعات پتروگرافیک تثبیت شده و ضخامت‌شان طی مراحل سایش به حدود ۳۰ میکرون رسید (فیتز پاتریک، ۱۹۸۴؛ برت، ۲۰۰۴). مقاطع نازک تهیه شده براساس "راهنمای تجزیه و تشریح مقاطع نازک خاک" مطالعه و تفسیر شدند (استوپز، ۲۰۰۳). در تحلیل برخی عوارض مربوط به مقاطع نازک از نظریات بروئر استفاده شد (بروئر، ۱۹۶۴). خاک‌ها با تلفیق نتایج مطالعات مورفولوژیکی و آزمایشگاهی براساس آخرین کلید سیستم جامع طبقه‌بندی خاک، رده‌بندی شدند (اداره شناسایی خاک، ۲۰۱۰).

نتایج و بحث

خصوصیات مورفولوژیکی و طبقه‌بندی خاک‌های نیم‌رخ‌های شاهد حفر شده بر روی واحدهای فیزیوگرافی در جدول ۱ و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها در جدول ۲ و خصوصیات میکرومورفولوژیکی آن‌ها در جدول ۳ ارائه گردیده است و بنابراین از تشریح آن‌ها خودداری کرده و فقط به بحث درباره نتایج به دست آمده پرداخته شده است.

جدول ۱- خصوصیات مورفولوژیکی و طبقه‌بندی خاک‌های مورد مطالعه.

عوارض اکسید و احیاء	آهک	قوام خاک	ریشه	حفرها	ساختمان	بافت	رنگ خاک	مرز افق	عمق ^۱ (سانتی‌متر)	افق ^۱
Coarse-loamy, mixed, active, thermic Typic Eutrudepts										
F1D ₁₀ YR _{5/6}	E	D, W, vs/vp	vf	rvf	P, vfg S, vfg	SiC	D, M ₁₀ YR _{4/3}	aw	۱۰-۱۵	Ap _g
C ₂ D ₁₀ YR _{5/6}	E	D, W, s/p	1vf	vf	P, mabk S, 1vfg&1msbk	SiC	D, M ₁₀ YR _{4/3}	cs	۱۵-۴۲	AB _g
C ₂ P ₁₀ YR _{5/6}	E	D, W, s/ps	-	vf	P, mabk S, mabk	SC	D, M _{10/5} YR _{4/3}	cw	۴۲-۸۰	B _W
-	E	D, W,	-	vf	P, sg S, sg	S	D, M ₁₀ YR _{4/4}		>۸۰	C

ادامه جدول ۱-۱

عوارض اکسید و احیاء	آهک	قوام خاک	ریشه	خفروها	ساختمان	بافت	رنگ خاک	مرز لقی	عمق ^۲ (سانتی متر)	لقی ^۱
Fine, mixed, active, thermic Fluventic Endoaquepts										
F۱P۱۰YR۵/۱	E	D, W. s/p	۳f	۳vf-m	P.۳fgr S.۱fgr	CL	D, M.۵Y۴/۳	aw	۰-۱۸	Ap _g
C۲P۱۰YR۵/۱	E	D, W. s/p	۱vf	۳vf	P.۳mabk S.۱۱fgr&۱msbk	SiC	D, M.۷/۵YR۴/۳	gs	۱۸-۴۰	AB
M۲P۱۰YR۵/۱	E	D, W. s/p	-	۳f	P.۳mabk S.۳mabk	C	D, M.۷/۵YR۴/۳	cs	۴۰-۷۵	B _{g۱}
M۲P۱۰YR۵/۱	E	D, W. s/p	-	۱f	P.۳msbk&abk S.۳msbk&abk	C	D, M.۱۰YR۴/۳	cw	۷۵-۱۰۵	B _{g۲}
M۲D۵Y۵/۱	E	D, W. ss/ps	-	۱f	P.۱msbk&abk S.۱fsbk&abk	SC	D, M.۵Y۴/۱		۱۰۵-۱۶۰	BC _g

ادامه جدول ۱ -

عوارض اکسید و احیاء	آهک	قوام خاک	ریشه	خفروها	ساختمان	بافت	رنگ خاک	مرز افق	عمق ^۱ (سانتی‌متر)	افق ^۱
-	E	D. w. vs/vp	vf	ym	P.rfgr S.vfgr	SiCL	D. M.oYt/r	as	۰-۱۹	Ap _g
M ^v D _o Y _o /h	E	D. W. vs/vp	vf	vf	P.vmsbk S.vfsbk	SiC	D. M.oYt/r	cs	۱۹-۴۲	AB _g
C ^v D _o Y _o /h	E	D. W. vs/vp	-	vf	P.vmsbk S.vfsbk	SiC	D. M.oYt/r	cs	۴۲-۸۰	B _{g1}
C ^v D _o Y _o /h	E	D. W. vs/vp	-	vf	P.vmsbk S.vmsbk	C	D. M.oGYt/r/h		۸۰-۱۵۰	B _{g2}

Fine, mixed, active, thermic Typic Endoaquepts
نمبرخ شاهد واحد اراضی پست (نمبرخ خاک شماره ۳)

ادامه جدول ۱-

نمبرخ شاهد واحد دشت ساحلی (نمبرخ خاک شماره ۴)	عمق (سانتی متر)	مرز اقل	رنگ خاک	بافت	ساختمان	زایش	قرام خاک	آهک	عوارض اکسید و احیاء
Mixed, thermic Typic Psammaquents									
CyD ₁₀ YR _{6/1}	E				P. vfg S. vfg	vf-m	D. W. ss/ps	E	
-	-				P. S. sg	vf	D. W. so/po	-	
-	-				P. S. sg	vf	D. W. so/po	-	

علام اختصاری مرز اقل ها: aw= واضح و موجی، es= مشخص و صاف، cv= مشخص و موجی، gs= تدریجی و صاف، as= واضح و صاف.
 علام اختصاری بافت خاک: SiC= سیلیسی رس، C= رس، SC= شن رس، S= شن، CL= رسی لومی، SiCL= سیلیسی رس لومی.
 علام اختصاری ساختمان خاک: ج= ساختمان اولیه (۱= ضعیف، ۲= نسبتاً لومی، ۳= قوی، m= متوسط، f= ریز، g= دانای، sbk= مگمی بدون گوده، abk= مگمی زاویه دار، sg= تکدانای)، S= ساختمان ثانویه.
 علام اختصاری حفرات: ۱= کم، ۲= معمولی، ۳= خیلی، vf= خیلی ریز، f= ریز، m= متوسط.
 علام اختصاری ریشه: ۱= کم، ۲= معمولی vf= خیلی ریز، f= ریز.
 علام اختصاری قوام خاک: D= قوام خاک در حالت خشک، w= قوام خاک در حالت خیس (ns= خیلی چسبند، mp= خیلی پلاستیک، ps= چسبند، p= پلاستیک، ss= کمی چسبند، ps= کمی پلاستیک، so= غیر چسبند، po= غیر پلاستیک).
 علام اختصاری جوش خاک: E= با جوش کم.
 علام اختصاری عوارض اکسید و احیاء: مقدار (F= کم، C= متوسط، M= زیاد)؛ اندازه (۱= ریز، ۲= متوسط)؛ درجه وضوح (D= واضح، P= خیلی واضح).
 ۱- در زیر اقل Appg همه نمبرخ ها یک لایه کله مشتم به ضخامت متغیر بین ۳-۵ سانتی متر مشاهده شد.
 ۲- سطح آب زیرزمین در اراضی فلاتها زیر ۲ متر بود. در اراضی آبرفتهای رودخانه‌ای در عمق بین ۸۵-۴۵ سانتی متر متغیر بود. در اراضی پست تقریباً در ۱۵ سانتی متری و برخی نقاط در سطح خاک و اراضی ساحلی نزدیک سطح خاک بود.

مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک جلد (۱۸)، شماره (۱) ۱۳۹۰

جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های نیم‌رخ‌های شاهد.

Fe ₀	Fe ₀ ² (گرم بر کیلوگرم)	Fe _d ¹ (گرم بر کیلوگرم)	درصد اشباع	درصد تخلخل	وزن مخصوص (گرم بر سانتی مترمکعب)			بافت			عمق (سانتی‌متر)	افق
					ظاهری	حقیقی	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)			
نیم‌رخ شاهد واحد فلات‌ها و تراس‌های فوقانی (نیم‌رخ خاک شماره ۱)												
۰/۶	۲۵/۶	۳۸/۷	۷۳	۴۹	۲/۵	۱/۳	۲۲/۹	۴۸	۲۹/۱	۰-۱۵	Apg	
۰/۶	۲۵/۴	۳۸/۸	۶۱	۴۷	۲/۵	۱/۳	۳۰/۹	۵۲	۱۷/۱	۱۵-۴۲	ABg	
۰/۴	۱۴/۷	۳۷/۳	۴۹	۴۲	۲/۶	۱/۵	۶۴/۹	۳۰	۵/۱	۴۲-۸۰	Bw	
۰/۵	۱۵/۸	۳۰/۵	۳۲	۳۸	۲/۷	۱/۶	۸۵	۴	۱۱	>۸۰	C	
نیم‌رخ شاهد واحد آبرفت‌های رودخانه‌ای (نیم‌رخ خاک شماره ۲)												
۰/۷	۲۸/۴	۳۹/۰	۸۹	۴۶	۲/۶	۱/۴	۲۴/۴	۳۷/۶	۳۸	۰-۱۸	Apg	
۰/۸	۲۹/۶	۳۸/۳	۷۸	۴۶	۲/۷	۱/۴	۱۱	۴۱/۲	۴۷/۸	۱۸-۴۰	AB	
۰/۶	۲۴/۳	۳۹/۸	۸۴	۴۱	۲/۵	۱/۵	۲۳/۲	۳۶/۲	۴۰/۶	۴۰-۷۵	Bg ₁	
۰/۵	۱۷/۵	۳۶/۰	۸۰	۳۴	۲/۵	۱/۶	۱۹/۲	۳۸	۴۲/۸	۷۵-۱۰۵	Bg ₂	
۰/۵	۱۶/۵	۳۱/۶	۷۷	۳۱	۲/۶	۱/۸	۴۷	۱۷	۳۶	۱۰۵-۱۶۰	BCg	
نیم‌رخ شاهد واحد اراضی پست (نیم‌رخ خاک شماره ۳)												
۰/۵	۱۶/۳	۳۰/۱	۹۱	۴۴	۲/۵	۱/۴	۱۶/۸	۴۴/۲	۳۹	۰-۱۹	Apg	
۰/۵	۱۵/۱	۲۹/۸	۶۹	۴۳	۲/۶	۱/۵	۱۶	۴۵	۳۹	۱۹-۴۲	ABg	
۰/۴	۱۱/۲	۲۴/۷	۶۹	۴۱	۲/۶	۱/۵	۱۶/۲	۴۲	۴۱/۸	۴۲-۸۰	Bg ₁	
۰/۵	۹/۳	۱۹/۵	۷۹	۳۹	۲/۷	۱/۶	۲۱/۸	۳۰	۴۸/۲	۸۰-۱۵۰	Bg ₂	
نیم‌رخ شاهد واحد دشت ساحلی (نیم‌رخ خاک شماره ۴)												
۰/۸	۲۹/۶	۳۸/۳	۶۳	۴۸	۲/۶	۱/۳	۲۷/۴	۵۱/۴	۲۱/۲	۰-۲۳	Apg	
۰/۲	۵/۶	۳۰/۴	۲۰	۴۵	۲/۸	۱/۲	۸۹/۲	۴/۸	۶	۲۳-۸۰	Cg ₁	
۰/۲	۲/۵	۱۱/۸	۲۱	۴۱	۲/۹	۱/۷	۸۸/۴	۵/۶	۶	>۸۰	Cg ₂	

جواد سیدمحمدی مرشت و همکاران

ادامه جدول ۲-

OC	TNV	BS	CEC cmol(+) /kg	Ca	Mg	K	Na	ECe (دسی‌زیمنس بر متر)	pH (۱:۲)		عمق (سانتی‌متر)	افق
									آب	CaCl ₂ (۰/۰۱M)		
نیم‌رخ شاهد واحد فلات‌ها و تراس‌های فوقانی (نیم‌رخ خاک شماره ۱)												
۳/۸	۰/۸	۹۶	۲۷/۶	۱۸/۳	۷/۹	۰/۳	۰/۰۹	۰/۳	۷/۶	۷/۳	۰-۱۵	Ap _g
۱/۴	۲/۳	۹۳	۱۵/۵	۹/۴	۴/۳	۰/۷	۰/۰۶	۰/۲	۷/۷	۷/۵	۱۵-۴۲	AB _g
۰/۷	۲/۸	۶۸	۶/۴	۲/۸	۱/۳	۰/۱	۰/۰۸	۰/۴	۷/۷	۷/۴	۴۲-۸۰	Bw
۰/۱	۳/۷	۶۷	۵/۸	۲/۵	۱/۱	۰/۲	۰/۰۲	۰/۳	۷/۲	۶/۹	>۸۰	C
نیم‌رخ شاهد واحد آبرفت‌های رودخانه‌ای (نیم‌رخ خاک شماره ۲)												
۲/۴	۶/۸	۹۹/۸	۲۷/۳	۱۷/۷	۹/۲	۰/۲	۰/۲	۱/۱	۷/۵	۷/۱	۰-۱۸	Ap _g
۱/۱	۷/۱	۱۰۰	۲۷/۸	۱۹/۱	۸/۳	۰/۳	۰/۱	۰/۸	۷/۷	۷/۳	۱۸-۴۰	AB
۱	۷/۴	۹۹/۹	۲۳/۷	۱۵/۴	۷/۱	۰/۶	۰/۴	۰/۵	۷/۶	۷/۲	۴۰-۷۵	Bg ₁
۱/۲	۹/۸	۹۹/۸	۲۵/۲	۱۶/۴	۷/۵	۰/۷	۰/۳	۰/۵	۷/۴	۷/۴	۷۵-۱۰۵	Bg ₂
۰/۸	۶/۸	۱۰۰	۲۰/۱	۱۳	۶	۰/۷	۰/۳	۲/۱	۷/۶	۷/۴	۱۰۵-۱۶۰	BC _g
نیم‌رخ شاهد واحد اراضی پست (نیم‌رخ خاک شماره ۳)												
۳/۹	۱/۳	۹۹	۳۲/۲	۲۱/۸	۹/۶	۰/۵	۰/۱	۱/۲	۷/۲	۷/۲	۰-۱۹	Ap _g
۱	۲/۶	۱۰۰	۲۲/۴	۱۴/۵	۶/۹	۰/۵	۰/۳	۱/۳	۷/۴	۷/۴	۱۹-۴۲	AB _g
۰/۸	۲/۳	۱۰۰	۲۳/۱	۱۶/۳	۶/۹	۰/۳	۰/۱	۱/۴	۷/۹	۷/۵	۴۲-۸۰	Bg ₁
۰/۵	۲/۳	۹۶	۲۵/۱	۱۵/۸	۷/۶	۰/۵	۰/۲	۰/۹	۸	۷/۴	۸۰-۱۵۰	Bg ₂
نیم‌رخ شاهد واحد دشت ساحلی (نیم‌رخ خاک شماره ۴)												
۲/۱	۵/۴	۹۶	۱۸/۱	۱۱/۷	۵/۴	۰/۱	۰/۲	۱/۲	۷/۶	۷/۴	۰-۲۳	Ap _g
۰/۲	-	۷۵	۴/۹	۲/۱	۱/۲	۰/۰۶	۰/۴	۱/۴	۷/۸	۷/۴	۲۳-۸۰	Cg ₁
۰/۱	-	۶۸	۳/۸	۱/۳	۰/۷	۰/۰۴	۰/۵	۲/۲	۷/۸	۷/۴	>۸۰	Cg ₂

^۱ آهن اندازه‌گیری شده به وسیله سیترات بی‌کربنات دی‌تیونات.

^۲ آهن اندازه‌گیری شده به وسیله اکسالات آمونیم.

جدول ۳- برخی خصوصیات میکرومورفولوژیک خاک‌های نهمرخ‌های شاهد.

C/F (۵ μ)	بسی فابریک	الگوی توزیع (c/f)	نسبی	اجزاء مواد آلی	کاتی‌های عمده	نوع خفزار (درصد)	درجه کامل	نوع خاکدانه	ریز ساخته‌مان	عمق (سانتی‌متر)	افق
۳۰/۷۰	Ss	Po	Tf	Qu,F,Op	Vu,Chn (45)	W	Gr	Gr	Gr	۰-۱۵	Ap _g
۳۰/۷۰	Ss	Po,Ge	Tf,Cf	Qu,F,Op	Vu,Chn (45)	W&M	Gr&Sb	Gr&sbk	Gr&sbk	۱۵-۴۲	AB _g
۳۰/۴۰	Ss,Mos	Ge,En	-	Qu,F,Op	Vu,Chn (40)	M	Ab	abk	abk	۴۲-۸۰	B _w
به‌دلیل حضور قلوپوسنگ‌های درشت نمونه‌برداری با جعبه کوبینا امکان‌پذیر نبود											
نهمرخ شاهد واحد آپرف‌های رودخانه‌ای (نهمرخ خاک شماره ۲)											
۳۰/۷۰	Ss	Po	Tf	Qu,F,Mu	Chn,Pn (45)	W	Gr	Gr	Gr	۰-۱۸	Ap _g
۳۵/۷۵	Ss	Po	-	Qu,F,Op	Vu,Chn,Pn (45)	M	Gr&Sb	Gr&sbk	Gr&sbk	۱۸-۴۰	AB
۳۵/۶۵	Un	Po	-	Qu,F,Op	Vu,Chn (40)	M	Ab	abk	abk	۴۰-۷۵	B _{g1}
۳۵/۶۵	Ss	Po	-	Qu,F,Op	Vu,Chn (35)	M	Sb&Ab	abk-sbk	abk-sbk	۷۵-۱۰۵	B _{g2}
۵۰/۵۰	Ss	Po	-	Qu,F	Vu,Chn (30)	W	Sb&Ab	abk-sbk	abk-sbk	۱۰۵-۱۶۰	BC _g

ادامه جدول ۳-

C/F (۵ μ)	بی فابریک	الگوی توزیع نسبی (c/f)	الگوی توزیع نسبی (c/f)	اجزاء مواد آلی	کاتی های عمده	نوع حفرات (درصد)	درجه تکامل	نوع شاگردانه	نوع ساختمان	ریز ساختمان	عمق (سانتی متر)	افق
۳۵/۱۵	Ss	Po	Tf	Qu,F	Chn,Vu (45)	W	Gr	Gr	Gr	Gr	۰-۱۹	Appg
۳۵/۱۵	Ss	Po	Tf	Qu,F,Op	Chn,Vu (40)	W	Sb&Ab	Sb	Sb	Sb	۱۹-۴۲	ABg
۳۰/۷۰	Ss,Pos	Po	-	Qu,F	Chn,Vu (40)	W&M	Sb	Sb	Sb	Sb	۴۲-۸۰	Bg ₁
۳۰/۷۰	Ss,Pos	Po	-	Qu,F	Chn,Vu (40)	W	Sb	Sb	Sb	Sb	۸۰-۱۵۰	Bg ₂
نمبرخ شاهد واحد دشت ساحلی (نمبرخ خاک شماره ۴)												
۴۵/۵۵	Ss	Po	Tf	Qu,F,Bi	Vu (45)	W	Gr	Gr	Gr	Gr	۰-۲۳	Appg
۹۰/۱۰	Crs	Mo,Ge	-	Qu,F,Py,OI	Sp (45)	-	Sg	Sg	Sg	Sg	۲۳-۸۰	Cg ₁
۹۰/۱۰	Crs	Mo,Ge	-	Qu,F,Py,OI	Sp (40)	-	Sg	Sg	Sg	Sg	>۸۰	Cg ₂

علامه اختصاری ریزساختمان: Gr=دانه ای، abk=مکمی بدون گوشه، Sg=تک دانه ای.
 علامه اختصاری نوع خاک دانه: Gr=دانه ای، Ab=مکمی گوشه دار، Sb=مکمی بدون گوشه، Sg=تک دانه ای.
 علامه اختصاری درجه تکامل خاک دانه: W=ضعیف، M=متوسط.
 علامه اختصاری نوع حفره ها: Chn=کانال، Vu=واگ، Pn=صفحه ای.
 علامه اختصاری کاتی های عمده: Qu=فلدسپار، Mu=مسکویت، Bi=بیوتیت، Ol=الیون، Py=پیریت، Op=کاتی تیره (اوپیک)،
 علامه اختصاری اجزاء مواد آلی: Tf=قطعات بافت، Cf=بقای گیاهی.
 علامه اختصاری الگوی توزیع نسبی ذرات درشت به ریز: Po(op)=پورفیریک باز، Po(cl)=پورفیریک بسته، Ge=گئوریک، Mo=مونیک، En=انولیک.
 علامه اختصاری بی فابریک: Ss=استیل اسپکلد، Mos=مواستریتید، Pos=پورواستریتید، Un=یکواخت، Crs=کراس استریتید.

در شالیزارهای مناطق فلات‌ها و تراس‌های فوقانی به علت عمیق بودن سطح آب زیرزمینی، افق‌های کاملاً احیاء در عمق بیش‌تر (به‌طور عمده بیش‌تر از ۲ متر) قرار گرفته است. در افق‌های Ap و AB خاک‌های این مناطق، وضعیت اشباع از سطح مشاهده شد. در این خاک‌ها، عوارض ناشی از فرآیندهای اکسیداسیون و احیاء در هر دو افق بالا مشاهده گردید. نتایج مطالعات میکرومورفولوژیکی نشان داد که ساختمان خاک در افق‌های سطحی دانه‌ای ضعیف است. به دلیل پدیده گل‌خرابی و وجود شرایط غرقاب ساختمان از بین می‌رود و در طول دوره رشد با رشد و نمو ریشه‌های برنج، خروج زه‌آب و ایجاد شرایط خشک و بالا بودن ماده آلی به تدریج ساختمان دانه‌ای ضعیفی در افق‌های سطحی تشکیل می‌گردد (ترابی‌گل‌سفیدی، ۲۰۰۱). با توجه به جدول ۲، مقدار ماده آلی در افق‌های سطحی خاک‌های منطقه مطالعه شده اغلب زیاد است. مطالعه مقاطع نازک نیز وجود بقایای اندام‌های گیاهی در خاک‌ها را به خوبی نشان داد. در خاک‌های شالیزاری این واحدها با توجه به بازگردانده شدن نیمی از بقایای گیاه برنج به خاک سطحی، وجود این مقدار ماده آلی که در مراحل مختلف تجزیه قرار دارند، طبیعی به نظر می‌رسد. مقدار ماده آلی در زیر لایه شخم در اراضی آبرفت‌های رودخانه‌ای و تا حدودی در اراضی پست قابل توجه بود. علت این امر، وجود ریشه علف‌های هرزی است که پس از برداشت برنج در این‌گونه اراضی به صورت انبوه رشد می‌کنند. ساختمان خاک در افق‌های تحتانی به جز اراضی ساحلی و افق C فلات‌ها، بلوکی زاویه‌دار و بدون زاویه بوده که ناشی از تجمع ماده آلی در اثر بالا بودن سطح آب زیرزمینی می‌باشد (حسن‌نژاد و همکاران، ۲۰۰۸).

با توجه به جدول ۲، مقدار رس در افق سطحی خاک اراضی فلات‌ها نسبت به سایر واحدها پایین است که علت آن هوادیدگی و وقوع فرایند فرولیسز در این خاک‌ها می‌تواند باشد (حسن‌نژاد و همکاران، ۲۰۰۸؛ زانگ و گانگ، ۲۰۰۳). مقدار رس در افق‌های تحتانی واحد آبرفت‌های رودخانه‌ای زیاد بوده ولی روند افزایش آن به شکل نامنظم می‌باشد. به دلیل بالا بودن سطح آب زیرزمینی سرعت هوادیدگی کم است. با توجه به این‌که در مقاطع نازک مطالعه شده آثار و شواهدی از تشکیل پوسته‌های رسی مشاهده نشد به نظر می‌رسد تشکیل نشدن پوسته‌های رسی ناشی از نوسان سطح آب زیرزمینی باشد نوسان آب به عنوان عامل پدوتوریشن^۱ عمل می‌کند (ناتاپورن و همکاران، ۲۰۰۷).

غالب حفره‌های مشاهده شده در مقاطع نازک خاک افق سطحی واحد فیزیوگرافی آبرفت‌های رودخانه‌ای از نوع صفحه‌ای و واگ^۲ بود. حفره‌های صفحه‌ای به دلیل انقباض خاک سنگین شالیزار

1- Pedoturbation

2- Vugh

تشکیل شده‌اند که نتیجه کاهش رطوبت مزرعه پس از یک دوره خیزی طولانی می‌باشد. مقدار رس، یکنواختی مواد خاکی و وجود سیکل منظم خشک و مرطوب شدن خاک به‌عنوان دلایل اصلی تشکیل این‌گونه حفره‌های ذکر شده است (بروئر، ۱۹۶۴). این حفره‌ها به‌دلیل شرایط سطح آب زیرزمینی بالا در خاک‌های تشکیل‌یافته بر روی واحد فیزیوگرافی اراضی پست مشاهده نشد. در مقاطع نازک تهیه شده از خاک‌های این واحدها حفره‌های واگ و کانال مشاهده شد. حفره‌های واگ، دارای دیواره‌های با صافی نامنظم بودند. به‌نظر می‌رسد این‌گونه حفره‌ها به‌دلیل تجمع ذرات رس و اتصال قوی آن‌ها با سایر ذرات درشت خاک تشکیل شده باشند (استوپز، ۲۰۰۳). حفره‌های کانال در اراضی آبرفت‌های رودخانه‌ای به‌طور عمده دارای انشعاب با طول حدود ۱۵ میکرون و عرض ۳ میکرون (شکل ۳-د) و در اراضی پست حفره‌های کانالی بدون انشعاب بودند. این امر احتمالاً به‌علت کم بودن فعالیت کرم‌ها و سایر جانوران حفار است که در شرایط احیایی ناشی از تهویه ناقص امکان فعالیت ندارند. در مقاطع نازک خاک‌های واحد فلات‌ها و تراس‌های فوقانی انشعابات حفره‌ها به فرم کانال در مقایسه با اراضی آبرفت‌های رودخانه‌ای بیش‌تر بود. تشکیل حفره‌ها به فرم کانال به فعالیت جانوران، ریشه گیاهان و تا حدودی به تأثیر فرآیندهای زمین‌شناسی نسبت داده می‌شود. وجود کانال‌های با الگوی انشعاب ساده در بخش عمقی نیم‌رخ‌های خاک، ناشی از فعالیت محدود کرم‌های خاکی است که به‌دلیل وجود شرایط احیاء و نبود تهویه کامل خاک دامنه فعالیت آن‌ها در عمق خاک محدود می‌گردد (بروئر، ۱۹۶۴).

در افق‌های Cg_1 و Cg_2 نیم‌رخ خاک واقع در واحد فیزیوگرافی دشت ساحلی حفره‌های آرایشی ذرات درشت شن^۱ مشاهده شد. تشکیل این‌گونه حفره‌ها ناشی از آرایش دانه‌های منفرد ذرات درشت خاک و تشکیل حفره‌های بین دانه‌ای است. در این حالت دیواره حفره‌ها وجوه ذرات معدنی می‌باشد. اندازه، شکل و نحوه آرایش این حفره‌ها به اندازه، شکل و نحوه اتصال ذرات درشت به یکدیگر بستگی دارد (بروئر، ۱۹۶۴؛ استوپز، ۲۰۰۳).

بی‌فابریک در بیش‌تر افق‌ها، لکه‌ای و به‌صورت نقاط مجزا بود در خاک‌های دشت آبرفتی در اثر هم‌آوری مواد آبرفتی ریز از سوسپانسیون در طول ته‌نشینی باعث ایجاد فابریک لکه‌ای می‌شود (ناتاپورن و همکاران، ۲۰۰۷). بی‌فابریک متقاطع فقط در افق‌های تحتانی دشت ساحلی مشاهده شد. الگوی توزیع نسبی ذرات در خاک‌های اراضی آبرفت‌های رودخانه‌ای و پست و افق‌های فوقانی اراضی فلات‌ها و تراس‌های آبرفتی و ساحلی پورفیریک بوده که علت آن را می‌توان به ریز بافت بودن

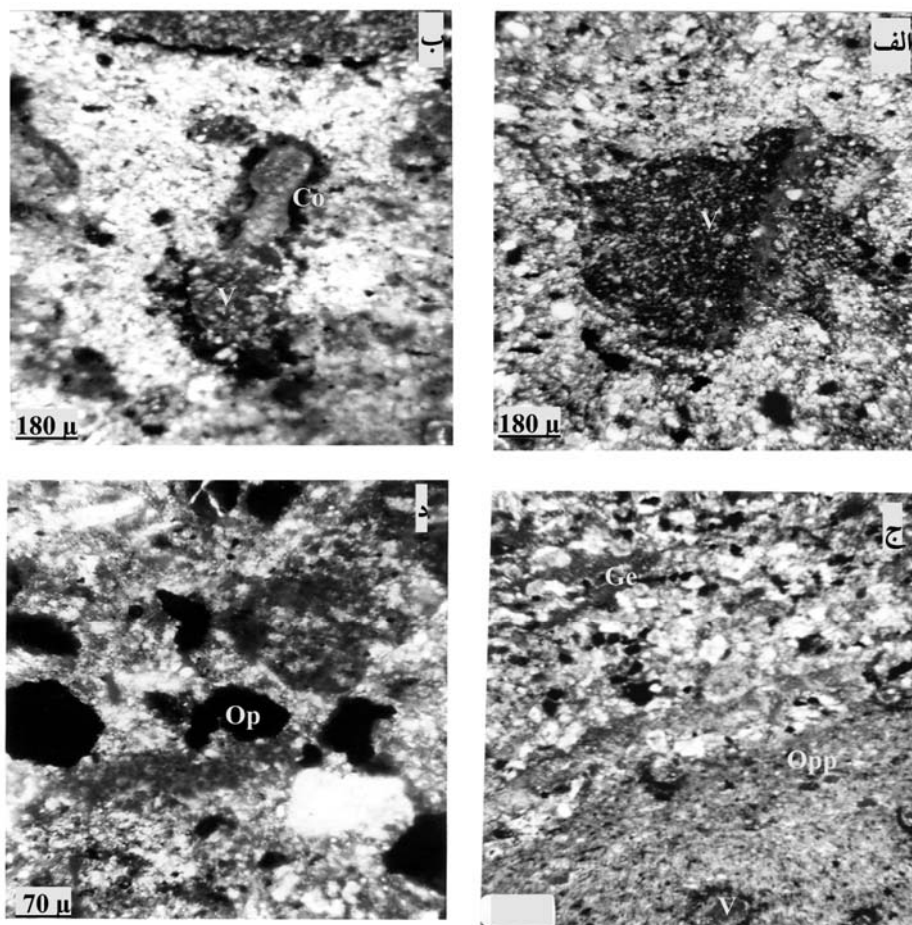
1- Simple Packing Void

این خاک‌ها نسبت داد. در افق‌های تحتانی اراضی ساحلی و فلات‌ها و تراس‌های آبرفتی به‌علت درشت بافت بودن، الگوی توزیع نسبی مونیک، گفوریک و انولیک بوده است (استویز، ۲۰۰۳). نودول اکسید آهن با حفره مرکزی یا تیپ ژئودیک^۱ در خاک‌های تشکیل‌یافته بر روی واحد فیزیوگرافی آبرفت‌های رودخانه‌ای یکی از مهم‌ترین عوارض خاک‌زایی مشاهده شده بود (شکل ۳-ج). همچنین در این اراضی نودول اکسید آهن با مرز پخشیده یا تیپ هاله^۲ مشاهده گردید (شکل ۳-ب). تشکیل نودول آهن با حفره مرکزی با دوره‌های خشکی و تری و حرکت جبهه رطوبتی در ارتباط است که باعث تجمع ترکیبات آهنی با مرز پخشیده در اطراف حفره می‌شود (ترابی‌گل‌سفیدی، ۲۰۰۱). نودول اکسید آهن به‌دلیل شرایط سطح آب زیرزمینی بالا در خاک‌های تشکیل‌یافته بر روی واحدهای فیزیوگرافی اراضی پست و دشت ساحلی مشاهده نشد (زانگ و گانگ، ۲۰۰۳؛ فیدلر و سومر، ۲۰۰۴). در مقاطع نازک تهیه شده از افق‌های تحتانی خاک‌های تشکیل‌یافته بر روی واحد فیزیوگرافی دشت ساحلی ماتل یا منقوطة رنگی مشاهده نگردید و تغییرات رنگی فقط در حاشیه حفره‌های مشاهده شد (شکل ۵-ج و د). در مقاطع مطالعه شده از افق‌های سطحی این خاک‌ها توده‌های آهن به رنگ روشن در متن خاک قابل رویت است (شکل ۵-ب). در برخی خاک‌ها به‌دلیل وجود ترکیبات کمپلکس آهن و مواد آلی، رنگ‌دانه‌ها به رنگ قهوه‌ای تیره در آمده‌اند (شکل ۴-ج و د). در افق‌های سطحی بقایای بافت‌های گیاهی به‌صورت نامنظم در داخل حفره‌ها و متن خاک دیده شدند که نشان‌دهنده تجمع مواد آلی و کم بودن سرعت تجزیه آن‌ها به‌دلیل نبود تهویه کافی است (شکل ۳-الف). تفاوت عمده خاک اراضی ساحلی با دیگر خاک‌ها نداشتن عوارض تخلیه^۳ در افق‌های تحتانی است که علت آن وجود زمینه درشت و باز در این افق‌ها می‌باشد (استویز، ۲۰۰۳). تجمع مواد آلی در اطراف حفره‌ها به‌صورت کوتینگ (شکل ۲-ب و شکل ۳-د و ج) است. همچنین ترکیبات آلی آغشته به آهن به رنگ قرمز قهوه‌ای دیده شد (شکل ۴-ب). در مقاطع نازک افق سطحی نیم‌رخ خاک حفر شده بر روی واحد فیزیوگرافی آبرفت‌های رودخانه‌ای مقادیر قابل‌توجهی بقایای ریشه در داخل حفره‌ها به شکل کانال مشاهده شد که احتمالاً مربوط به بقایای ریشه علف‌های هرز یا برنج می‌باشند (شکل ۳-الف).

1- Geodic

2- Halo

3- Depletion Pedofeatures



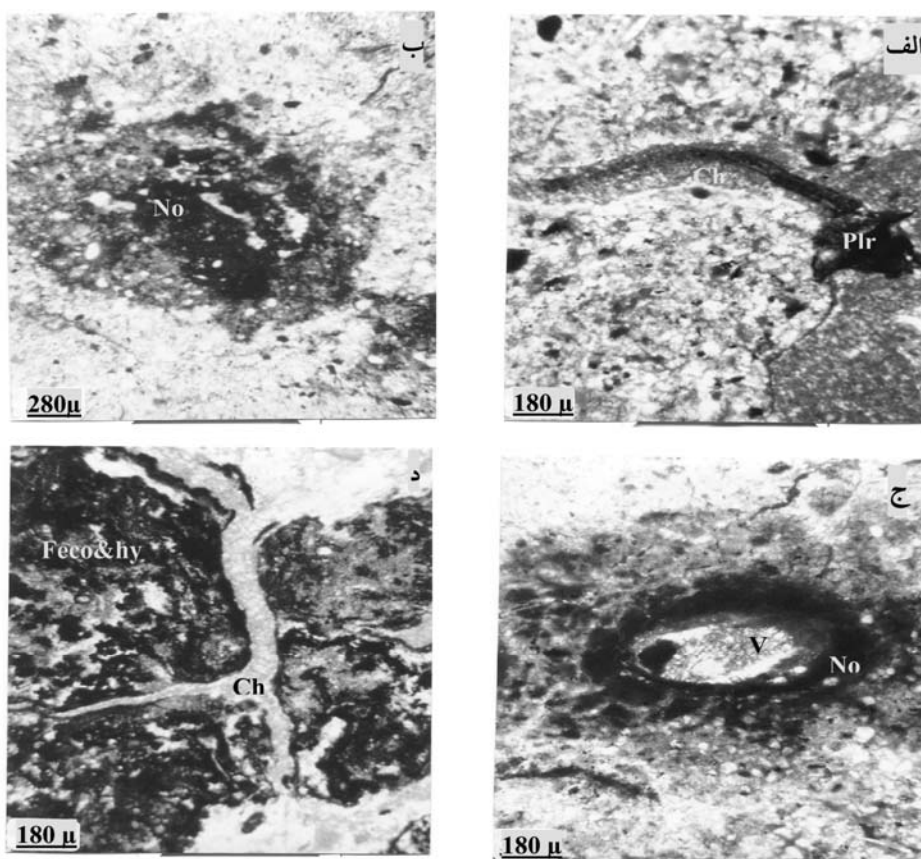
شکل ۲- تصاویر مقاطع نازک افق‌های خاک نیم‌رخ شاهد حفر شده بر روی واحد فیزیوگرافی فلات‌ها و تراس‌های فوقانی (مقیاس عکس‌ها با استفاده از میکرومتر که زیر میکروسکوپ مورد استفاده قرار داشت به‌دست آمده است).

الف) افق Ap_g = تصویر در نور XPL با بزرگ‌نمایی ۶۳، V = حفره واگ.

ب) افق AB_g = تصویر در نور XPL با بزرگ‌نمایی ۶۳، Co = پوشش ترکیبات آهن و مواد آلی در داخل حفره، V = حفره واگ.

ج) افق Bw = الگوی توزیع نسبی پورفیریک باز (پایین تصویر) و گفوریک (بالای تصویر). تصویر در نور XPL با بزرگ‌نمایی ۴، Ge = الگوی توزیع نسبی گفوریک، Opp = الگوی توزیع نسبی پورفیریک باز، V = حفره واگ.

د) افق Bw = ذرات درشت توسط ذرات ریزتر رس و ترکیبات آهن با یکدیگر ارتباط دارند (الگوی توزیع نسبی انولیک) همراه با کانی‌های تیره، تصویر در نور XPL با بزرگ‌نمایی ۱۶، Op = کانی‌های تیره.



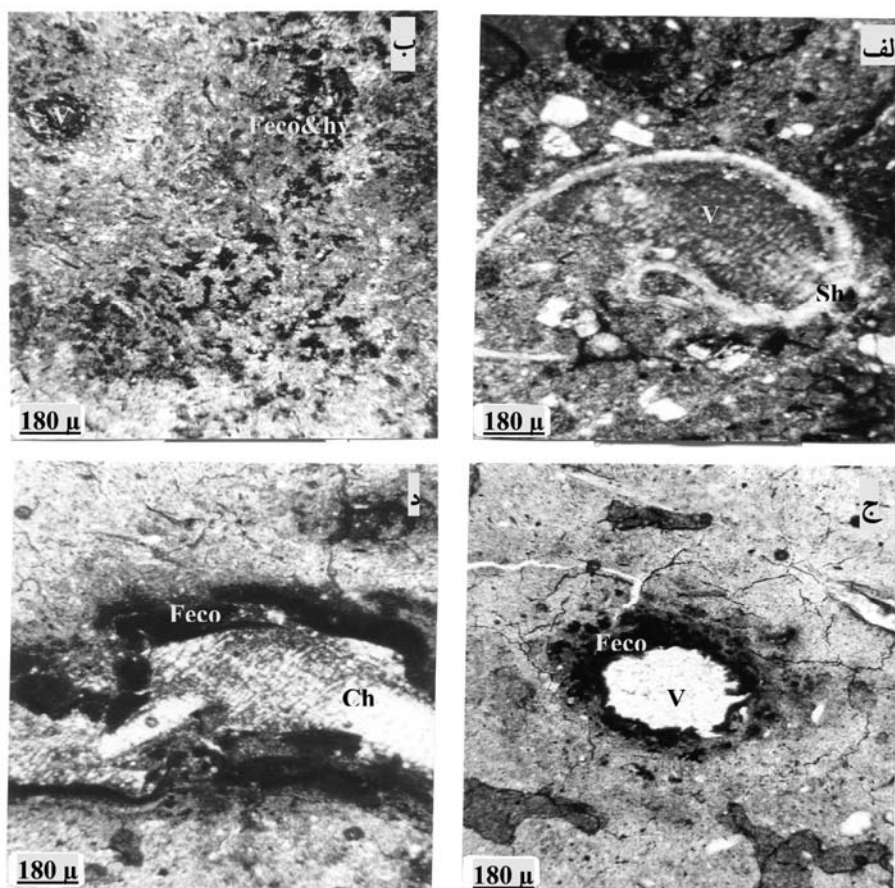
شکل ۳- تصاویر مقاطع نازک افق‌های خاک نیم‌رخ شاهد حفر شده بر روی واحد فیزیوگرافی آبرفت‌های رودخانه‌ای (مقیاس عکس‌ها با استفاده از میکرومتر که زیر میکروسکوپ مورد استفاده قرار داشت به دست آمده است).

الف) افق Ap_g = بقایای گیاهی در داخل کانال، تصویر در نور XPL با بزرگ‌نمایی $6/3$ ، Ch = حفره کانالی شکل، Plr = بقایای ریشه گیاهان.

ب) افق AB = تصویر در نور XPL با بزرگ‌نمایی 4 ، No = نودول اکسید آهن با مرز پخشیده (تیپ هاله).

ج) افق AB = تصویر در نور XPL با بزرگ‌نمایی $6/3$ ، V = حفره، No = نودول اکسید آهن با حفره (تیپ ژئودیک).

د) افق Bg_1 = خاک‌دانه‌های بدون گوشه، توده آهن و کمپلکس آن با مواد آلی. تصویر در نور XPL با بزرگ‌نمایی $6/3$ ، Ch = حفره کانالی شکل، $Feco \& \ hy$ = کوتینگ و هیپوکوتینگ‌های آهن.



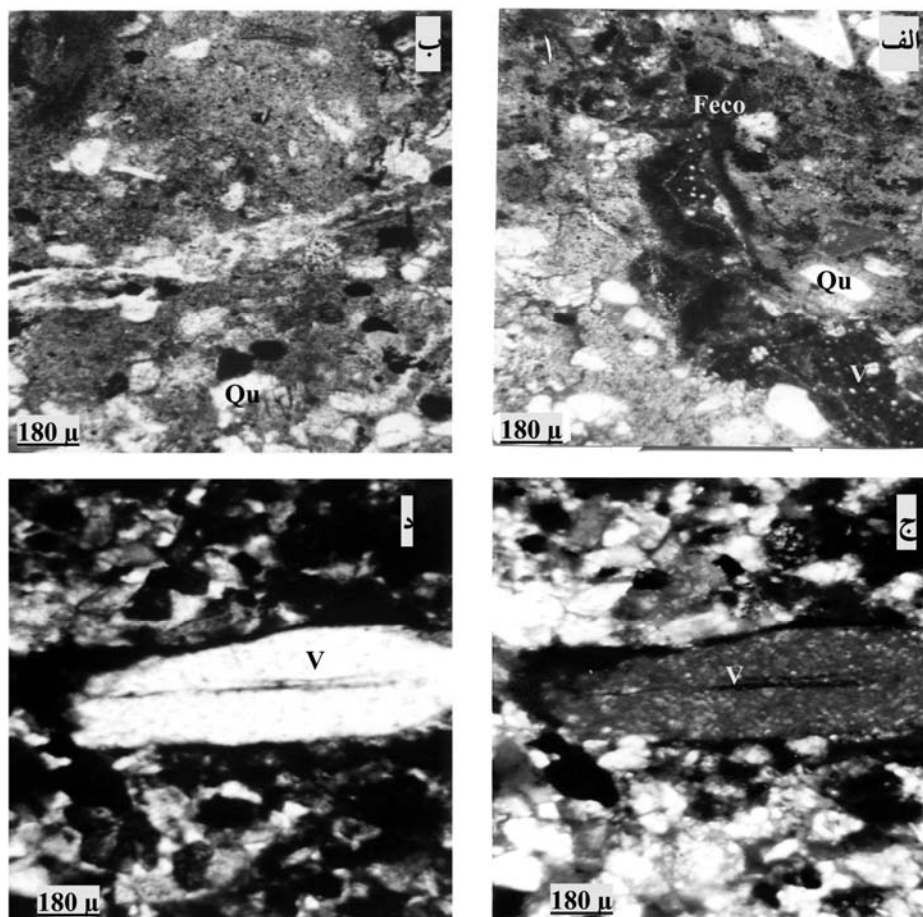
شکل ۴- تصاویر مقاطع نازک افق‌های خاک نیم‌رخ شاهد حفر شده بر روی واحد فیزیوگرافی اراضی پست (مقیاس عکس‌ها با استفاده از میکرومتر که زیر میکروسکوپ مورد استفاده قرار داشت به دست آمده است).

الف) افق Ap_g = تصویر در نور XPL با بزرگ‌نمایی $6/3$ ، V = حفره واگ، CaI = پوسته آهنی باقی‌مانده از احتمالاً صدف حلزون.

ب) افق AB_g = توده آهن در زمینه و کمپلکس آن با ماده آلی در زمینه و حاشیه حفره‌ها، تصویر در نور XPL با بزرگ‌نمایی $6/3$ ، $Feco \& \text{hy}$ = کوتینگ و هیپوکوتینگ‌های آهن.

ج) افق Bg_1 = تصویر در نور PPL با بزرگ‌نمایی $6/3$ ، V = حفره واگ، $Feco$ = پوشش ترکیبات آهن‌دار و مواد آلی در دیواره حفره.

د) افق Bg_2 = اکسید آهن و کمپلکس آن با ماده آلی در اطراف کانال، تصویر نور XPL با بزرگ‌نمایی $6/3$ ، Ch = حفره کانالی شکل، $Feco$ = پوشش ترکیبات آهن‌دار و مواد آلی در دیواره حفره.



شکل ۵- تصاویر مقاطع نازک افق‌های خاک نیم‌رخ شاهد حفر شده بر روی واحد فیزیوگرافی دشت ساحلی (مقیاس عکس‌ها با استفاده از میکرومتر که زیر میکروسکوپ مورد استفاده قرار داشت به دست آمده است).

الف) افق Ap_g = تصویر در نور XPL با بزرگ‌نمایی $6/3$ ، $Feco$ = اکسید آهن در زمینه و حاشیه حفره‌ها، Qu = کانی کوارتز، V = حفره.

ب) افق Ap_g = اکسید آهن در زمینه و حاشیه حفره‌ها و کانی‌های درشت کوارتز، تصویر در نور PPL با بزرگ‌نمایی $6/3$ ، Qu = کوارتز.

ج) افق Cg_1 = الگوی توزیع نسبی به‌طور عمده گفوریک و مونیک تصویر در نور XPL با بزرگ‌نمایی $6/3$ ، V = حفره، د) افق Cg_1 = تصویر در نور PPL با بزرگ‌نمایی $6/3$ ، V = حفره.

د) افق Cg_1 = تصویر در نور PPL با بزرگ‌نمایی $6/3$ ، V = حفره.

در زیر لایه شخم (Ap) همه نیم‌رخ‌ها لایه ترافیک پن^۱ با تراکم زیاد به ضخامت ۳-۵ سانتی‌متر مشاهده گردید که به دلیل پدیده گل‌خرابی و فشار ناشی از حرکت ماشین‌آلات سنگین و جابه‌جایی ذرات ریز خاک و رسوب آن‌ها در منافذ ریز افق‌های تحتانی تشکیل شده است. وجود این لایه باعث کاهش نفوذ عمقی آب و محدود کردن آب‌شویی و از دست رفتن عناصر غذایی شده و شرایط آکوئیک^۲ را برای گیاه برنج فراهم می‌آورد. وجود این لایه به افزایش عملکرد برنج کمک می‌کند و از سوی دیگر از رشد و نمو اغلب علف‌های هرز به دلیل نبود اکسیژن جلوگیری به عمل می‌آورد.

کوارتز، فلدسپار، کانی‌های تیره مهم‌ترین کانی‌های مقاطع نازک مطالعه شده بودند. نتایج این پژوهش نشان داد که به دلیل رطوبت فراوان و به هم خوردن خاک طی انجام عملیات آماده‌سازی خاک، هواپدگی مواد معدنی در افق‌های سطحی به‌ویژه افق سطحی فلات‌ها بیش‌تر است. در افق‌های سطحی اراضی فلات‌ها و آبرفت‌های رودخانه‌ای به دلیل هواپدگی در طول تشکیل خاک به احتمال زیاد آهن از کانی‌های آهن‌دار آزاد شده و باعث تلقیح متن خاک شده است مقدار آهن اندازه‌گیری شده در این افق‌ها هم زیاد می‌باشد. در اراضی پست و ساحلی احتمالاً کانی‌ها کم‌تر تخریب یافته‌اند نتایج آزمایش‌ها پایین بودن مقدار آهن آن‌ها را تأیید کرد. مطالعات مشابه در مناطق مجاور حضور کانی‌های آهن‌دار را تأیید می‌کند (ترابی‌گل سفیدی، ۲۰۰۱).

اختلاف بین آهن استخراج شده به‌وسیله سیترات بی‌کربنات دی‌تیونات (Fed) و اکسالات آمونیوم (Feo) نشان‌دهنده اکسیدهای آهن پدورژنیک در خاک است. این فاکتور به‌عنوان معیاری برای تعیین سن نسبی و تکامل خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد (ترابی‌گل سفیدی، ۲۰۰۱). در خاک‌های مطالعه شده روند نسبت Feo/Fed از سطح به عمق خاک کاهش می‌باشد. در واحد دشت ساحلی تفاوت فاحشی بین نسبت Feo/Fed در افق سطحی و افق‌های تحتانی خاک وجود دارد این وضعیت می‌تواند به دلیل بالا بودن سطح آب زیرزمینی در این خاک‌ها باشد. در واحد اراضی پست مقدار آهن آمورف اندازه‌گیری شده به‌ویژه در افق‌های تحتانی کم بود که دلیل آن احتمالاً خارج شدن آهن احیاء در اثر نوسان سطح آب زیرزمینی، از نیم‌رخ خاک است. مقایسه نتایج مربوط به نسبت Feo/Fed در نیم‌رخ‌های مطالعه شده در خاک‌های واحدهای مختلف فیزیوگرافی نشان می‌دهد که خاک واحدهای فلات‌ها و تراس‌های فوقانی و آبرفت‌های رودخانه‌ای در مقایسه

1- Traffic Pan

2- Aquatic

با خاک‌های واحدهای اراضی پست و دشت ساحلی از تحول بیش‌تری برخوردار می‌باشند که این مسأله ناشی از تفاوت در سطح آب زیرزمینی می‌باشد (زانگ و گانگ، ۲۰۰۳).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی به‌دلیل بالا بودن سطح آب زیرزمینی خاک‌های مناطق پایین‌دست، خاک‌های مطالعه شده در واحدهای فیزیوگرافی اراضی ساحلی (انتهی‌سولز) و پست دارای تحول کم‌تر و خاک‌های واحدهای فیزیوگرافی فلات‌ها و تراس‌های فوقانی و آبرفت‌های رودخانه‌ای به نسبت دارای تحول بیش‌تری هستند. پدیده گلی شدن، شرایط اکسیداسیون و احیاء و چگونگی تشکیل عوارض ناشی از فرآیند اکسیداسیون و احیاء که در این خاک‌ها به‌صورت ماتل، نودول و پوشش‌های آهن مشاهده شد بیش‌تر با وضعیت رطوبتی خاک و نوسان سطح آب زیرزمینی مرتبط است. در مطالعات میکرومورفولوژی مقاطع نازک تهیه شده، ریزساختمان در افق‌های سطحی به‌طور عمده دانه‌ای ضعیف بود چون گل‌خرابی ساختمان خاک را تخریب می‌کند و این ساختمان ضعیف به‌علت تجمع ماده آلی و چندین ماه بعد از گل‌خرابی تشکیل می‌شود. در افق‌های تحتانی اراضی آبرفتی، فلات‌ها و پست ریزساختمان مکعبی گوشه‌دار و بدون گوشه و در افق‌های تحتانی اراضی ساحلی و افق C فلات‌ها تک‌دانه‌ای بود. بقایای بافت‌های گیاهی در داخل حفره‌ها به‌ویژه در مقاطع نازک خاک اراضی آبرفتی و پست مشاهده گردید. عوارض خاک‌زایی شامل نودول آهن با حفره مرکزی و مرز پخشیده، نودول آهن هاله، توده‌های آهن، کمپلکس اکسیدهای آهن با ماده آلی در زمینه و حاشیه حفره‌ها مشاهده شد که مقدار توده‌های آهن در اراضی ساحلی به‌علت بافت سبک این خاک‌ها کم‌تر بود و نودول مشاهده نشد. حفره‌ها در مقاطع نازک مطالعاتی در مناطق مرتفع به‌طور عمده کانال انشعاب‌دار و واگ بوده‌اند. در اراضی پست بیش‌تر حفره‌ها به‌صورت حفره واگ و کانال بدون انشعاب مشاهده شد. در مقاطع نازک خاک‌های اراضی آبرفتی و پست با وجود بالا بودن مقدار رس، پوسته‌های رسی مشاهده نشد که دلیل آن نوسان متناوب سطح آب زیرزمینی است. در اراضی فلات‌ها مقدار رس کم‌تر بود که علت آن هواپدگی و وقوع فرایند فرولیسز می‌باشد. در اراضی پست خاک‌ها دارای تحول کم‌تری بوده و مقدار آهن بلوری اندازه‌گیری شده در آن‌ها نسبت به خاک‌های واحدهای دیگر کم‌تر بود. بنابراین نوسان سطح آب زیرزمینی و بالا بودن سطح آب می‌تواند تغییرات میکرومورفولوژیکی زیادی در خاک ایجاد نماید و توسعه و تحول خاک را تحت‌تأثیر قرار دهد.

منابع

1. Aimrun, W., Amin, M.S.M., and Eliab, S.M. 2003. Effective porosity of paddy soils as an estimation of its saturated hydraulic conductivity. *J. Geoderma*. 121: 197-203.
2. Akef, M., Mahmoodi, S., Eghbal, K.M., and Sarmadian, F. 2003. Studying the changes of physicochemical and micromorphological characteristics of soils in converted natural forests to paddy soils in Foumanat region in Guilan province. *J. Iran Natur. Resour.* 56: 4. 407-423. (In Persian)
3. Alizadeh, A. 2001. *Air and Climatology*. Ferdowsi University of Mashhad Press. Fourth Edition, 382p. (In Persian)
4. Banaee, M.H. 1998. Moistural and temporal regimes map of Iran soils. Iranian Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran. (In Persian)
5. Brewer, R. 1964. *Fabric and mineral analysis of soils*. John Wiley & Sons, Inc. New York, 442p.
6. Burt, R. (ed). 2004. *Soil Survey Laboratory Methods Manual*. Soil Survey Investigations Report N: 42, Ver: 4. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, 700p.
7. Costantini, E.A.C., Pellegrini, S., Vignozzi, N., and Barbetti, R. 2006. Micromorphological characterization and monitoring of internal drainage in soils of vineyard and olive groves in central Italy. *J. Geoderma*. 131: 388-403.
8. Fanning, D.S., and Fanning, M.C.B. 1989. *Soil morphology, genesis and classification*. John Wiley and Sons. New York, 395p.
9. Fiedler, S., and Sommer, M. 2004. Water and redox conditions in wetland soils, their influence on pedogenic oxides and morphology. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 326-335.
10. Fitzpatrick, E.A. 1984. *Micromorphology of Soils*. Chapman and Hall, 427p.
11. Hassannezhad, H., Pashae, A., Khormali, F., and Mohammadian, M. 2008. Morphology and Micromorphology of paddy soils under different soil moisture regime and ground water table in Mazandaran Province, Northern Iran, Amol. *Int. J. Soil Sci.* 3: 3. 149-156.
12. He, Y., Vepraskas, M.J., Lindbo, D.L., and Skaggs, R.W. 2003. A method to predict soil saturation frequency and duration from soil color. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67: 961-969.
13. Jien, S.H., Hsue, Z.Y., and Chen, Z.S. 2004. Relations between morphological color index and soil wetness condition of anthraquic soils in Taiwan. *Soil Sci.* 169: 871-882.
14. Klute, A. 1986. *Methods of soil analysis. Part 1: Physical and mineralogical methods*. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA, 1188p.
15. Kyuma, K. 1985. Fundamental characteristics of wetland soils. P 191-206, In: *Wetland soils: characterization classification and utilization*. Proceeding of a workshop held 26 March to 5 April. 1984. Manil, Philippines, IRRI.

16. Mottaghi, M.M. 1998. Soil Survey Manual. Agriculture Research, Education and Extension Organization Press. First Edition, 514p. (Translated In Persian)
17. Nattaporn, P., Anchalee, S., Irb, K., and Gilkes, R.J. 2007. Micromorphological Properties of Thai Paddy Soils. *J. Kasetsart (Nat. Sci.)*. 41: 42-48.
18. Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. 1982. Methods of soil analysis. Part 2: Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA, 1159p.
19. Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy. Eleventh Edition. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.
20. Stoops, G. 2003. Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections. 1st Edn. Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA, 185p.
21. Stoops, G., and Eswaran, H. 1985. Morphological characteristics of wet soils. P 177-189, In: Wetland soils: characterization classification and utilization. Proceeding of a workshop held 26 March to 5 April. 1984. Manil, Philippines, IRRI.
22. Torabi Golsefidi, H. 2001. Genesis, Classification and suitability evaluation of wetland soils for rice cultivation on different landforms in Guilan Province, Northern Iran. Isfahan University of Technology, College of Agric. Ph.D. Thesis, 485p. (In Persian)
23. Torabi Golsefidi, H., Eghbal, K.M., and Givi, J. 2000. Iron oxide coating characteristics on root surface in the East of Guilan Province, Northern Iran. *J. Soil and Water Sci.* 14: 121-129. (In Persian)
24. Torabi Golsefidi, H., Eghbal, K.M., and Givi, J. 2003. Morphology and Micromorphology of Paddy Soils on different landforms in Guilan Province, Northern Iran. Article collections of 8th Iranian Soil Science congress, Rasht, Iran, 1: 119-121. (In Persian)
25. Wilding, L.P., and Ahrens, R.J. 2002. Soil Taxonomy: Provisions for anthropogenically impacted soils. P 35-46, In Soil Classification 2001, Proc Int Conf, Velenca, Hungary 8-12 Oct 2001 Res Rep 7 Eur Soil Bur, Ispra, Italy.
26. Zeng-Yei, H., and Zeng-Sang, C. 2001. Quantifying soil hydromorphology of a Rice-growing Ultisol toposequence in Taiwan. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65: 270-278.
27. Zhang, G.L., and Gong, Z.T. 2003. Pedogenic evolution of paddy soils in different soil landscapes. *J. Geoderma.* 115: 15-29.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 18(1), 2011
www.gau.ac.ir/journals

The effects of ground water table and rice cultivation on paddy soils micromorphological characteristics along Rasht Sangar Dam uplands to Caspian Sea Coastal Plain

***J. Seyyed Mohammadi Marasht¹, M. Akef², K. Eftekhari³
and H. Ramzanpour²**

¹M.Sc. Graduated, Dept. of Soil Sciences, Guilan University, ²Assistant Prof., Dept. of Soil Sciences, Guilan University, ³Faculty of Member, Soil and Water Institute, Iran

Received: 2010/03/15; Accepted: 2011/01/16

Abstract

This study was carried out to gain a better understanding of the effects of ground water table and rice cultivation on morphological and micromorphological characteristics of the soils formed on Sefidrood plateaus and upper terraces, river alluvial plain, lowland and Caspian Sea coastal plain physiographic units in the South of Rasht Sangar Dam of Guilan Province. Totally, twenty pedons, five pedons on each unit, were excavated and studied on physiographic units. One pedon on each unit was selected in order to detailed study as reference pedon. Micromorphological and physico-chemical characteristics of the soils were studied and determined by taking undisturbed and disturbed soil samples from the horizons of described soils. Reducing conditions, soil structure damaging and formation of weak granular structure after passing several month of puddling in surface horizons were the main distinguishable characteristics of the soils. Micromorphological results showed that vugh, channel and rarely plane voids in surface horizons and vugh and channel voids in subsurface horizons occurred and were coated predominantly with ferric and organic matter components. Microstructure was weak granular in all surface horizons. Microstructure was single grain in the subsurface horizons of the Coastal plain physiographic unit and their voids were mainly simple paking. Microstructure was subangular blocky and angular blocky in the subsurface horizons of other units. Micromorphological observations of alluvial plain physiography unit soils, demonstrated the presence of iron-oxide nodules as geodic and halo with diffuse boundary, ferric masses and organo-ferran complex coating. Iron oxide nodule was not observed in lowland and coastal plain soils because of high ground water table. Clay coatings were not observed due to high ground water table and its alternative fluctuation. Clay particles in plateaus were lower than other units because of alteration and suitable aeration. The soils formed on the Sefidrood plateaus and upper terraces, river alluvial plain, and lowland physiographic units were classified as Inceptisols and the soils formed on coastal plain physiographic unit as Entisols.

Keywords: Channel voids, Vugh voids, Iron oxide nodule, Paddy soils

* Corresponding Author; Email: javad58_sey@yahoo.com

