



## بررسی ویژگی‌های میکرومورفولوژیک خاک‌های مالی سولز تحت تأثیر تناوب‌های زراعی مختلف

\*مهسا میرکریمی<sup>۱</sup> و فرهاد خرمالی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

<sup>۲</sup>دانشیار گروه خاکشناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۲/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۷/۴

### چکیده

هدف از این مطالعه بررسی تأثیر تناوب‌های زراعی مختلف اراضی جنوب گرگان‌رود بر ویژگی‌های میکرومورفولوژیک خاک بود. به این منظور، سه زمین زراعی شامل تناوب پنبه-گندم، کلزا-گندم و برنج-گندم در مجاورت هم با مدیریت یکسان انتخاب و در هر یک از تناوب‌ها پروفیل شاخص حفر شد. نمونه‌برداری در زمان محصول اول انجام، و از تمام افق‌ها نمونه‌های دست‌نخورده برای تهیه مقاطع نازک برداشته شد. هر کدام از اراضی حداقل به مدت ۱۵ سال در تناوب موردنظر بودند. مشاهده‌های میکرومورفولوژیکی خاک نشان داد که تناوب پنبه-گندم به دلیل حفظ ماده آلی قابل توجه، حضور جانوران خاک‌زی بیش‌تر و فضولات ناشی از آن که حفره‌هایی از نوع کانال و واگ‌های درشت با میکروساختمان مطلوب خرده اسفنجی ایجاد کرده، کیفیت مطلوب‌تری داشته است. همچنین ندول‌های تیبیک و بزرگ آهک و آهک سیتومورفیک در این تناوب دیده شد. در تناوب برنج-گندم تعداد کانال‌ها کم‌تر و به دلیل غرقابی شدن زمین و از بین رفتن ساختار خاک، بیش‌تر حفره‌ها از نوع واگ‌های ریز و صفحه‌ای همراه با میکروساختمان مکعبی بدون زاویه با تمایز ضعیف و توده‌ای بود. در حالی که در تناوب کلزا-گندم میکروساختمان مکعبی بدون زاویه با تمایز متوسط تا خوب غالب بوده که از نظر کیفیت خاک حالت بینابین دو تناوب دیگر بود.

**واژه‌های کلیدی:** تناوب زراعی، مالی سولز، میکرومورفولوژی خاک

\*مسئول مکاتبه: mahsa\_mirkarimi@yahoo.com

## مقدمه

تخریب خاک به دنبال کشت و کار نامناسب، باعث کاهش کیفیت خاک شده و یک تهدید جدی برای تولید محصولات کشاورزی است. بنابراین نیاز است که فرایندهای تخریبی خاک توسط شیوه‌های مناسب زراعی تحت کنترل در آیند. اجرای تناوب که کاشت گیاهان زراعی در یک قطعه زمین براساس یک توالی منطقی و مشخص می‌باشد، یک روش مدیریت رایج است که به نظر بیش‌تر پژوهش‌گران علوم زراعی، منجر به بهبود عملکرد سیستم‌های زراعی خواهد شد (آینه‌بند، ۲۰۰۶). اجرای تناوب در اراضی زراعی باعث افزایش ماده آلی خاک، ثبات خاک‌دانه‌ها، افزایش نیتروژن و فعالیت میکروبی در خاک و به‌طور کلی بهبود ساختمان خاک می‌شود (استیونسون و وان‌کسل، ۱۹۹۶). در اثر تناوب زراعی، تغییراتی در ویژگی‌های شکل و تخلخل خاک‌دانه‌ها ایجاد می‌شود که بررسی آن‌ها می‌تواند چگونگی فرایند توسعه ریزساختمان<sup>۱</sup> خاک را نشان دهد. میکرومورفولوژی خاک که عبارت است از مطالعه نمونه‌های خاک دست‌نخورده با استفاده از تکنیک‌های میکروسکوپی و فوق‌میکروسکوپی (استوپس، ۲۰۰۳)، می‌تواند جزئیات دقیق تغییرات قابل مشاهده در خاک را تحت سیستم‌های کشت و کار و پوشش‌های گیاهی مختلف نشان دهد (کاپور و همکاران، ۲۰۰۷).

برخی گیاهان زراعی از جمله کلزا در تناوب با گندم سبب افزایش ماده آلی خاک، بیش‌تر شدن آب خاک، ساختار بهتر خاک و عمیق‌تر شدن خاک سطحی می‌شوند (پیتتر و همکاران، ۱۹۹۵). تناوب زراعی گیاهان در مقایسه با تناوب همراه آیش یا زمین زراعی تک‌کشتی سالیانه ۲۷-۴۳۰ کیلوگرم بر هکتار در هر سال کربن بیش‌تر تولید می‌کند (کلی و همکاران، ۲۰۰۳؛ مک‌کانکی و همکاران، ۲۰۰۳). همچنین تغییر شکل اراضی و نوع کاشت و محصول اراضی، می‌تواند حجم، شکل و اتصال حفره‌ها و به‌دنبال آن‌ها ریزساختمان خاک را تحت تأثیر قرار دهد (کیلفیدر و واندرمیر، ۲۰۰۸) به گونه‌ای که در اراضی زراعی با سیستم خاک‌ورزی تناوبی، معمولاً حفره‌های درشت بیش‌تر و هم‌جنس‌تر هستند و این نوع حفره‌ها در بین خاک‌رخ توزیع می‌شوند (پاگلیای و همکاران، ۲۰۰۴).

پژوهش‌ها نشان داده است که عملیات خاک‌ورزی بیش‌تر باعث کاهش حفره‌ها درشت (گلب و کولیگ، ۲۰۰۸)، تخریب حفره‌های کانال و تبدیل آن‌ها به حفره‌های صفحه‌ای و واگ<sup>۲</sup> (پرادو و همکاران، ۲۰۰۹؛ ورا و همکاران، ۲۰۰۷) و تبدیل ریزساختمان خاک به انواع مکعبی یا حتی توده‌ای شده است (خرمالی و همکاران، ۲۰۰۹). در حقیقت خاک‌هایی با درجه خاک‌دانگی<sup>۳</sup> بهتر می‌توانند

- 1- Microstructure
- 2- Vough
- 3- Pedality

باعث ایجاد فضای حفره بزرگ‌تر، سرعت نفوذ بالای آب و تبادل بهتر گازها بین خاک و اتمسفر نسبت به خاک‌هایی با درجه خاک‌دانگی ضعیف شوند که در نهایت این امر منجر به افزایش فعالیت میکروبی می‌شود (کمپ و همکاران، ۲۰۰۳؛ لینچ و برگ، ۱۹۸۵).

پژوهش بر روی انواع تناوب زراعی، تغییراتی را روی ویژگی‌های شکل و تخلخل خاک‌دانه‌ها در سطح میکرو نشان داده به گونه‌ای که این تناوب‌ها با افزایش ماده آلی که سبب پایداری بیش‌تر خاک‌دانه‌ها شده توسعه ریزساختمان خاک را نیز در پی داشته است (کاپور و همکاران، ۲۰۰۷). مطالعات انجام شده توسط خرمالی و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد که نوع کربنات کلسیم پدوژنیک به‌طور عمده توسط مواد مادری، اقلیم و پوشش گیاهی کنترل می‌شود و قابلیت در دسترس بودن آب در برخی کاربری‌ها همراه با پوشش گیاهی مناسب که سبب ایجاد تنفس بیش‌تر و اسیدیته بالاتر در خاک سطحی می‌شود، فرایند انحلال و سپس رسوب کربنات کلسیم را در عمق خاک کنترل می‌کند (تری‌دول- استیتز و مک‌فادن، ۲۰۰۰).

با مطالعه در خاک‌های شالیزاری دیده شده است که در اطراف حفره‌های درشت خاک بر روی مقاطع نازک، مواد شسته شده‌ای که همان ذرات رس جهت‌دار هستند تجمع پیدا می‌کنند (موری و همکاران، ۱۹۹۹). درباره تشکیل و رفتار اکسیدهای آهن و منگنز به‌صورت پوششی، هانگ و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که این عوامل تحت‌تأثیر تغییرات اقلیمی، شکل و نوع کاربری اراضی است و وجود هیپوکوتینگ اکسیدهای آهن و منگنز در حفره‌ها، نتیجه تفاوت در شرایط اکسید و احیا و زه‌کشی نامناسب خاک می‌باشد.

در بخش جنوب گرگان‌رود بیش از ۷۰ هزار هکتار مالی سولز با کاربری‌های متفاوت و از جمله زراعی وجود دارد که حاصل‌خیزی مناسبی داشته و نقش مهمی در تولید محصولات کشاورزی و اقتصاد منطقه دارد. تناوب زراعی مناسب علاوه‌بر حفظ کیفیت خاک می‌تواند باعث افزایش عملکرد نیز شود. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر سه تناوب زراعی متفاوت بر ویژگی‌های خاک و مقایسه آن‌ها از دیدگاه میکرومورفولوژی بود.

## مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه جزء اراضی جنوب گرگان‌رود، واقع در استان گلستان است و خاک مورد مطالعه در این پژوهش جزء خاک‌های مالی سولز با مواد مادری لسی محسوب می‌شود. این منطقه از نظر اقلیمی جزء مناطق آب و هوایی مدیترانه‌ای می‌باشد. میانگین بارندگی سالانه ۵۵۰ میلی‌متر و دمای متوسط ۱۷ درجه سانتی‌گراد و رژیم رطوبتی و حرارتی خاک زیریک- ترمیک است. سه مزرعه در مجاورت هم که دارای تناوب پنبه- گندم، کلزا- گندم و برنج- گندم با مدیریت یکسان بودند و در

طی ۱۵ سال گذشته تغییری در نوع کاشت محصول نداشتند انتخاب شدند. به منظور بررسی اثر نوع پوشش گیاهی بر ویژگی های خاک در هر قسمت یک خاک‌رخ حفر گردید. هر کدام از پروفیل‌ها براساس راهنمای تشریح پروفیل خاک (کارکنان نقشه‌برداری خاک، ۲۰۱۰) تشریح و طبقه‌بندی شدند. در زمان محصول اول هر تناوب، از هر خاک‌رخ (در زمان محصول پنبه، کلزا و برنج) نمونه‌برداری انجام شد. نمونه‌های خاک در قالب ۳ تکرار با آگر و نمونه دست‌نخورده هم با قوطی کوبینا برای تهیه مقطع نازک خاک از هر یک از افق‌ها برداشته شدند.

نمونه‌های دست‌نخورده، پس از خشک شدن در هوای آزاد با رزین پلی‌استر به نسبت ۶۰ درصد رزین و ۴۰ درصد استون به‌عنوان رقیق‌کننده اشباع شدند. همچنین ۱۴ قطره کاتالیست و ۷ قطره کبالت به‌عنوان سخت‌کننده نیز به مخلوط ۱ لیتری رزین و استون نیز اضافه شد. پس از اشباع‌سازی نمونه‌ها در شرایط خلاء و سخت شدن، از آن‌ها مقاطع نازک تهیه شده و توسط میکروسکوپ پلاریزان زیر نور ساده<sup>۱</sup> و متقاطع<sup>۲</sup> مورد مطالعه قرار گرفتند.

## نتایج و بحث

تأثیر انواع تناوب کشت بر ویژگی‌های میکرومورفولوژیک خاک: خاک تمام تناوب‌های زراعی به‌دلیل حفظ ماده آلی و دارا بودن شرایط افق مالیک جزء رده مالی سولز طبقه‌بندی شد و نتایج آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی آن‌ها براساس میانگین سه نمونه، در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج بررسی مقاطع نازک خاک تحت تناوب‌های زراعی متفاوت در جدول ۲ آورده شده و سپس به تفسیر آن‌ها پرداخته می‌شود.

جدول ۱- میانگین برخی پارامترهای فیزیکوشیمیایی کیفیت خاک سطحی تناوب‌های زراعی و طبقه‌بندی آن‌ها.

تناوب زراعی	pH (گُل اشباع)	کربن آلی (درصد)	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی مول بر کیلوگرم)	میانگین وزنی قطر خاک‌دانه (میلی متر)	طبقه‌بندی خاک
کلزا- گندم	۷/۴۲	۱/۱۴	۱/۷۵	۲۶/۲	۰/۷۴	Typic Haploxerolls
پنبه- گندم	۷/۳۹	۱/۴۲	۱/۶۶	۲۹	۰/۸۶	Aquic Calcixerolls
برنج- گندم	۷/۷۷	۱/۳۳	۱/۸۳	۲۵/۵	۰/۳۵	Typic Calciaquolls

1- Plane

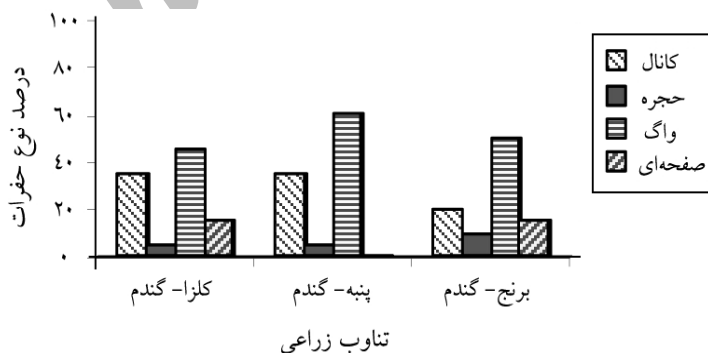
2- Cross

جدول ۲- تشریح میکرومورفولوژیکی تاوب‌های زراعی مورد مطالعه.

تاوب زراعی	اقل	حفره	میکروساختار	بی فایبریک	زمینه خاک: نسبت $\frac{C}{N}$	میکروسن: رنگ و لیمپنیسی	پادفریجر
کلزا- گندم	Ap	کانال (۳۸ درصد)، واگ (۴۵ درصد)، صفحهای (۱۵ درصد) کانال (۶۰ درصد)، صفحهای (۴۰ درصد)	مکمی بدون زاویه با چالشدگی متوسط مکمی بدون زاویه با چالشدگی ضعیف	کریستالینیک (۸۰ درصد)، لکهای (۲۰ درصد) کریستالینیک کریستالینیک	۲/۸ پورفیریک تک‌فاصله‌ای ۱/۹ پورفیریک تک‌فاصله‌ای	قهوه‌ای، ناخالص قهوه‌ای مایل به زرد، ناخالص قهوه‌ای مایل به زرد، ناخالص	فصولات چانوری، هیپو کورینگ آهن، هیپو کورینگ آهن، ندول آهن ندول آهن
	Bw <sub>r</sub>	صفحهای (۵۰ درصد)	مکمی بدون زاویه با چالشدگی ضعیف	کریستالینیک	۱/۹ پورفیریک تک‌فاصله‌ای	قهوه‌ای مایل به زرد، ناخالص	پوشدگی آهن
	Bw <sub>r</sub>	صفحهای (۵۰ درصد)	چالشدگی ضعیف	کریستالینیک	تک‌فاصله‌ای	ناخالص	
	Ap	کانال (۳۰ درصد)، واگ (۶۰ درصد)، حجره (۱۰ درصد)	خرده لیمفنی (زیاد)، مکمی بدون زاویه با چالشدگی متوسط (کم)	کریستالینیک (۸۰ درصد)، ناخالص (۲۰ درصد)	۳/۷ پورفیریک باز	قهوه‌ای تیره، ناخالص	فصولات چانوری، کورینگ ماده آلی، ندول آهن
پنبه- گندم	AB	کانال (۶۰ درصد)، صفحهای (۳۰ درصد)، واگ (۱۰ درصد)	مکمی بدون زاویه با چالشدگی متوسط	کریستالینیک (۷۰ درصد)، لکهای (۳۰ درصد)	۲/۸ پورفیریک باز	قهوه‌ای مایل به زرد، ناخالص	فصولات چانوری، آهن سیئومورفیک، هیپو کورینگ آهن
	Bkg	کانال (کم)، صفحهای	مکمی بدون زاویه با چالشدگی متوسط	کریستالینیک (۹۰ درصد)، لکهای (۱۰ درصد)	۲/۸ پورفیریک باز	قهوه‌ای، ناخالص	ندول آهن، بر شدگی آهن، هیپو کورینگ آهن
	Ap	کانال (۲۰ درصد)، واگ (۵۰ درصد)، صفحهای (۱۵ درصد)	مکمی بدون زاویه با چالشدگی ضعیف، توده‌ای (کم)	کریستالینیک	۲/۸ پورفیریک تک‌فاصله‌ای	قهوه‌ای مایل به خاکستری، ناخالص	هیپو کورینگ آهن، ندول آهن، کورینگ رس (ناخالص)
برنج- گندم	Bkg	صفحهای (۶۰ درصد)	مکمی بدون زاویه با چالشدگی ضعیف	کریستالینیک	۱/۹ پورفیریک تک‌فاصله‌ای	قهوه‌ای مایل به خاکستری، ناخالص	فصولات چانوری، کورینگ آهن، کورینگ رس (ناخالص)، مایل (اکسید و احیاء)
	Bk	صفحهای (زیاد)	توده‌ای (۷۰ درصد)	کریستالینیک	۱/۹ پورفیریک نزدیک	قهوه‌ای مایل به خاکستری، ناخالص	هیپو کورینگ آهن، کورینگ آهن، ندول آهن، کورینگ رس (ناخالص)

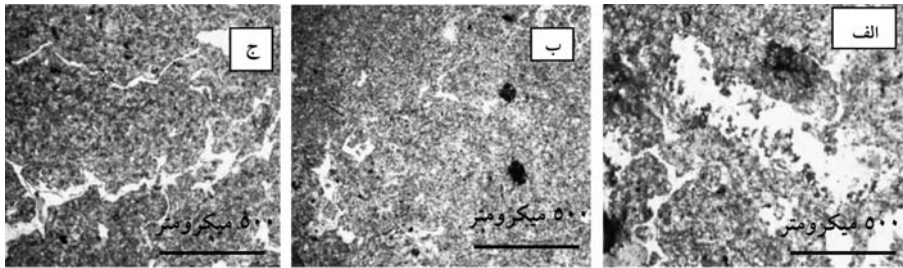
- **تخلخل و حفره‌های خاک:** بررسی‌ها نشان داد که بیش‌ترین درصد تخلخل در خاک سطحی و زیرسطحی تناوب پنبه- گندم و کم‌ترین درصد تخلخل به دلیل شالیزار کردن خاک برای کاشت برنج که سبب ایجاد ساختار ضعیف برای خاک و تشکیل لایه سخت زیرین می‌شود در تناوب برنج- گندم است. همچنین در بررسی نوع حفره‌ها به روش شمارش نقطه‌ای<sup>۱</sup> در مقاطع نازک خاک (شکل ۱)، در خاک سطحی تناوب پنبه- گندم، حفره‌های ریز دیده نشد و بیش‌تر حفره‌ها از نوع کانال و واگ‌های درشت بود که ناشی از حفظ مقادیر قابل توجه ماده آلی، حضور جانوران خاک‌زی و ریشه‌های ضخیم و عمیق پنبه می‌باشد (شکل ۲- الف). ورا و همکاران (۲۰۰۷) اظهار می‌دارند که وجود و توسعه حفره‌های کانال در افق سطحی کاربری زراعی که به وسیله جدا شدن خاک‌دانه‌ها با عملیات مکانیکی ناشی از نوع پوشش گیاهی و یا با تغییرات اقلیمی ناشی از جنگل‌تراشی ایجاد می‌شود کنترل می‌شوند. در حالی که در افق‌های زیرسطحی اراضی زراعی، کاهش در حفره‌های کانال دیده می‌شود که با انبساط و انقباض فصلی مرتبط است (ورا و همکاران، ۲۰۰۷).

در تناوب برنج- گندم، تعداد کانال‌ها کم‌تر و اندازه آن‌ها کوچک‌تر از سایر تناوب‌ها بود و به دلیل غرقابی شدن زمین و نفوذ آب به خاک‌دانه‌ها در زمان کاشت برنج، خاک‌دانه‌ها بیش‌تر متلاشی شده و با به وجود آمدن شرایط ساختمانی نامطلوب که در طی شخم زمین ایجاد می‌شود این تناوب دارای واگ‌های ریز زیاد و کمی حفره‌های صفحه‌ای در افق سطحی بوده است (شکل ۲- ب) که این نتایج با یافته‌های گلب و کولیگ (۲۰۰۸) مطابقت داشت. در افق‌های زیرسطحی تناوب‌های زراعی، تعداد حفره‌های صفحه‌ای در تناوب پنبه- گندم و کلزا- گندم کم‌تر از تناوب برنج- گندم بوده است که ناشی از فشردگی و سخت شدن بیش‌تر خاک در طی کشت برنج می‌باشد (شکل ۲- ج).



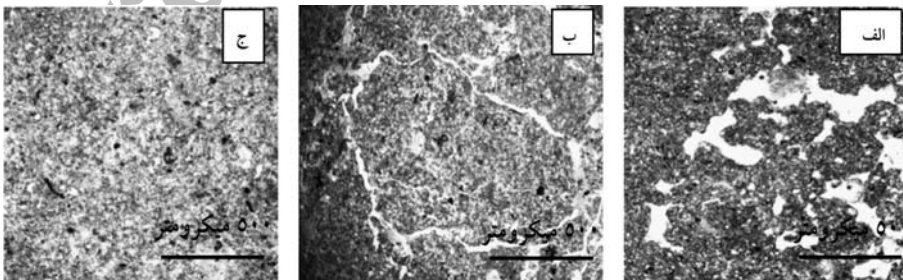
شکل ۱- درصد انواع نوع حفره‌ها در افق سطحی تناوب‌های زراعی به روش شمارش نقطه‌ای.

## 1- Point Counting



شکل ۲- الف) حفره کانال در افق Ap پنبه- گندم، ب) حفره واگ ریز در افق Ap برنج- گندم، ج) حفره صفحه‌ای در افق Bw<sub>1</sub> کلزا- گندم (تصاویر زیر نور ساده).

- ریزساختمان: در تناوب پنبه- گندم، ریزساختمان غالب از نوع خرده‌اسفنجی با جداسدگی خوب خاک‌دانه‌ها دیده شد (شکل ۳- الف). وجود چنین خاک‌دانه‌هایی با منشأ بیولوژیکی نشانه‌ای از فعالیت بیولوژیکی در خاک است (ورا و همکاران، ۲۰۰۷). در حقیقت وجود چنین ساختمانی به وجود ماده آلی بیشتر، حضور جانوران خاکزی بیشتر و ریشه‌های راست و با استقامت پنبه مرتبط است. در حالی که در تناوب برنج- گندم در اثر غرقاب شدن زمین و اجرای عملیات خاک‌ورزی و تردد بیشتر و به وجود آمدن شرایط غیرهوازی در زمان کاشت برنج ترکیبات آهن و منگنز به شکل احیاء و محلول درآمده و اتصالات آلی بین ذرات متلاشی می‌گردد. بنابراین خاک‌دانه‌ها باز هم استقامت کم‌تری پیدا کرده و خرد می‌شوند (موری و همکاران، ۱۹۹۹)؛ به طوری که علاوه بر ریزساختمان مکعبی بدون زاویه با تمایز ضعیف در سطح خاک، خاک‌دانه‌ها تا حدی قابل تشخیص و تمایز نبودند و به شکل توده‌ای دیده شدند (شکل ۳- ب و ج). در تناوب کلزا- گندم، ریزساختمان مکعبی بدون زاویه با تمایز متوسط تا خوب غالب بود که وجود چنین ریزساختمانی با درجه تمایزی از نظر کیفیت حالت بینابین تناوب پنبه- گندم و برنج- گندم می‌باشد.



شکل ۳- الف) ریزساختمان خرده اسفنجی ضعیف در افق Ap تناوب پنبه- گندم، ب) ریزساختمان مکعبی بدون زاویه در افق Ap تناوب برنج- گندم، ج) ریزساختمان توده‌ای در افق Bk تناوب برنج- گندم (تصاویر زیر نور ساده).

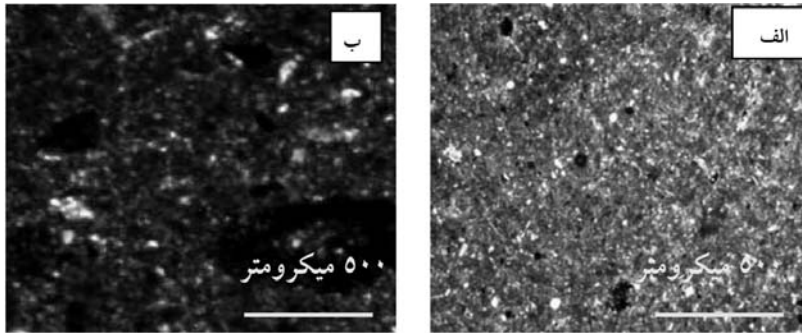
- **گراندمس:** الگوی پراکنش نسبت ذرات درشت به ریز در تمام تناوب‌های زراعی، از نوع پورفیریک و اندازه حد میان ذرات درشت به ریز ۲۰ میکرون بود. نتایج به دست آمده نشان داد که نسبت  $c/f$  در نمونه پنبه- گندم بزرگ‌تر از این نسبت در دو نمونه دیگر است. علت این امر به فشردگی موجود در نمونه‌های متراکم برمی‌گردد که سبب شکسته شدن خاک‌دانه‌ها و کانی‌های خاک شده و اندازه ذرات خاک را کوچک‌تر کرده است (کیلفیدر و واندرمیر، ۲۰۰۸). در حقیقت الگوی پراکنش نسبت ذرات درشت به ریز در پنبه- گندم از نوع پورفیریک باز<sup>۱</sup> است. اما در تناوب کلزا- گندم و برنج- گندم به علت نزدیک شدن ذرات به هم نوع الگوی پراکنش نسبت ذرات درشت به ریز پورفیریک تک‌فاصله‌ای<sup>۲</sup> و پورفیریک نزدیک<sup>۳</sup> است. اصلی‌ترین کانی درشت در تمام مقاطع، از نوع ذرات معدنی کوارتز زاویه‌دار یا بدون زاویه و کلسیت بود که مشاهده‌های ذکر شده حکایت از یکنواختی و دانه‌بندی یکسان مواد مادری خاک‌های مورد مطالعه دارد (ورا و همکاران، ۲۰۰۷).

- **بی‌فابریک:** در اراضی زراعی به دلیل عملیات شخم، آهک در تمام طول پروفیل توزیع شده و همین امر سبب تشکیل بی‌فابریک کریستالیتیک در تمام طول پروفیل شده که بی‌فابریک کریستالیتیک را به دلیل اشباع‌شدگی با آهک میکریٹیک به وجود آورده است (کمپ و همکاران، ۲۰۰۳).

در بین تناوب‌های زراعی، تناوب برنج- گندم دارای بی‌فابریک کریستالیتیک، تناوب کلزا- گندم دارای بی‌فابریک غالب کریستالیتیک و درصد کمی لکه‌ای و تناوب پنبه- گندم دارای بی‌فابریک کریستالیتیک و درصد کمی نامشخص در افق سطحی بوده است (شکل ۴) که وجود بی‌فابریک نامشخص در تناوب پنبه- گندم به وجود ماده آلی و فضولات جانوری بیش‌تر در این تناوب نسبت به سایر تناوب‌ها برمی‌گردد.

- 
- 1- Open Porphyric
  - 2- Single- Spaced Porphyric
  - 3- Close Porphyric

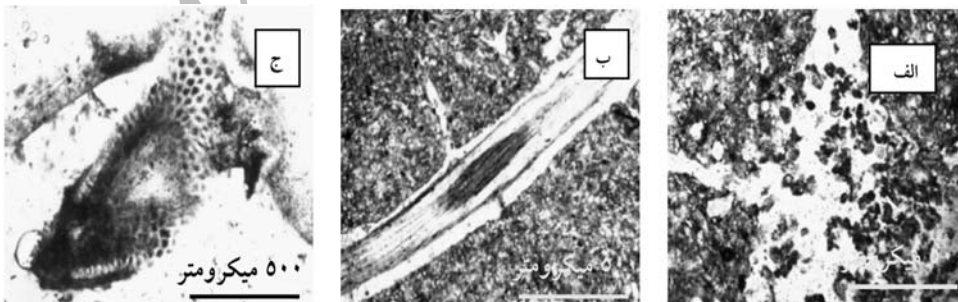




شکل ۴- الف) بی فابریک کریستالیتیک در تناوب برنج- گندم، ب) بی فابریک کریستالیتیک در کنار بی فابریک نامشخص در افق Ap تناوب پنبه- گندم (تصاویر زیر نور متقاطع).

#### - پدوفیچرها

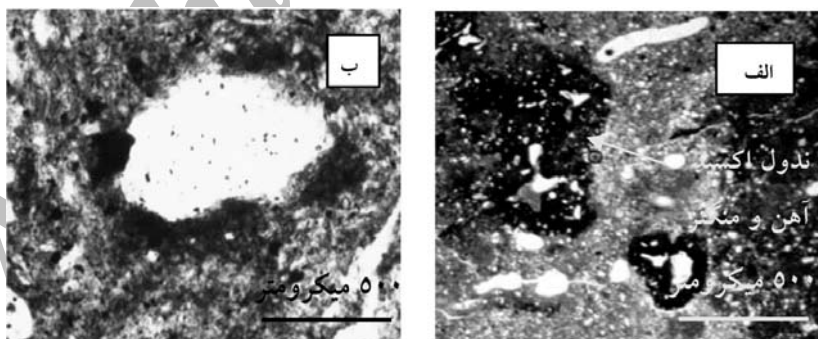
- پدوفیچرهای ناشی از فعالیت بیولوژیکی: وجود ریزساختمان‌های خرده‌اسفنجی، فضولات جانوری و بقایای ریشه‌های گیاهی در داخل حفره‌ها نشانه وجود فعالیت بیولوژیکی و جانوری است (کمپ و همکاران، ۲۰۰۳). در این مطالعه (شکل ۵) نشانه‌ای از وجود فضولات جانوری در خاک سطحی تناوب برنج- گندم دیده نشد و به دلیل حضور ریشه‌های سطحی در خاک این تناوب، بقایای بافت و ریشه گیاه زیاد دیده شد. در حالی که در افق زیر سطحی به علت وجود آب کم‌تر، فضولات ناشی از جانوران بیش‌تر بود. در لایه سطحی تناوب کلزا- گندم و پنبه- گندم درصد فضولات جانوری نسبت به تناوب برنج- گندم بیش‌تر و درصد بقایای ریشه به دلیل نفوذ عمقی و راست ریشه این گیاهان در خاک سطحی کم‌تر مشاهده شد.



شکل ۵- الف) پدوفیچر فضولات جانوری در افق Ap تناوب پنبه- گندم، ب) بقایای ریشه گیاه در حفره کانال افق Bw<sub>1</sub> تناوب کلزا- گندم، ج) بافت گیاهی در افق Ap تناوب برنج- گندم (تصاویر زیر نور ساده).

- پدوفیچر پوشش اکسیدهای آهن و منگنز: در تمام تناوب‌های زراعی پوشش‌های اکسیدهای آهن و منگنز دیده شد اما درصد آن‌ها متفاوت بود. عوارض اکسیدهای آهن و منگنز به صورت هیپوکوتینگ و ندول از مهم‌ترین پدوفیچرهای رداکسی مورفیک موجود در تناوب برنج- گندم بود (شکل ۶). موقعیت ندول‌های اکسیدهای آهن و منگنز که بیش‌تر در اطراف حفره‌ها و به فاصله کمی از آن دیده شد می‌تواند نشانگر این باشد که در فضای خلل و فرج شرایط احیاء و در زمینه خاک شرایط اکسیدتری حاکم بوده، بنابراین اکسیدهای محلول با حرکت به طرف زمینه خاک و برخورد با شرایط اکسید، به صورت نامحلول درآمده و به شکل ندول رسوب و تجمع پیدا کرده‌اند (هانگ و همکاران، ۲۰۰۸). شواهد بالا نشان می‌دهد که حفره‌های موجود در تناوب برنج- گندم به‌طور متناوب در زمان‌هایی از سال با آب اشباع بوده و سپس حالت غیراشباع غالب بوده است.

این پدوفیچرها در تناوب برنج- گندم به صورت مناطق تخلیه شده از  $Fe^{3+}$  و به رنگ خاکستری در پروفیل مشاهده شدند که این رنگ، رنگ خاک احیاء شده می‌باشد. در حالی‌که در مجاورت ریشه‌ها به دلیل حضور اکسیژن، خاک به حالت اکسید شده است. در نتیجه به دلیل تبدیل آهن فرو به فریک قشر نازکی از خاک در اطراف ریشه‌ها دارای رنگ زرد متمایل به قرمز می‌باشد. همچنین در اثر خشک شدن این اراضی و ایجاد درز و ترک در خاک آهن دوظرفیتی از درون کلوخه‌های خیس به طرف سطوح خارجی و درز و ترک‌ها حرکت نموده و پس از اکسید شدن به صورت آهن سه‌ظرفیتی رسوب نموده و سبب ایجاد منقوطة‌های رنگین شده است که با نتایج هانگ و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد.

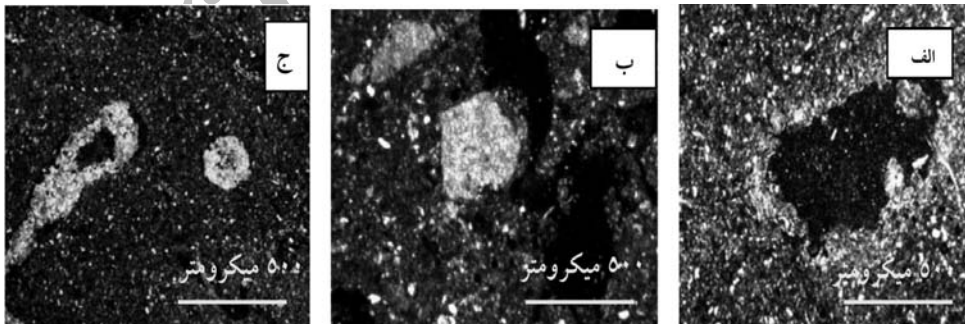


شکل ۶- الف) ندول اکسید آهن و منگنز در افق Ap تناوب برنج- گندم، ب) هیپوکوتینگ اکسید آهن در افق Bk تناوب برنج- گندم (تصاویر زیر نور ساده).

- پدوفیچرهای کربنات کلسیم: شکل‌های مختلف کربنات کلسیم در خاک به فرایندهای فیزیکیوشیمیایی و فعالیت جانوری در خاک وابسته است (کمپ و همکاران، ۲۰۰۳). در مطالعه میکرومورفولوژیک حاضر بر روی تناوب‌های زراعی مختلف فرم‌های کربنات کلسیم مانند هیپوکوتینگ، ندول و آهک سیتومورفیک دیده شد (شکل ۷).

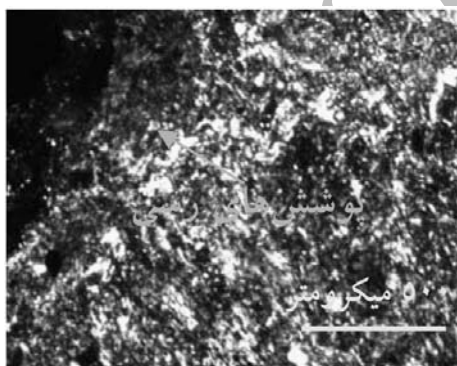
هیپوکوتینگ آهک در تمام تناوب‌ها دیده شده اما بیش‌ترین و کم‌ترین میزان آن به ترتیب در خاک سطحی تناوب برنج- گندم و پنبه- گندم بود. ندول آهک نیز در تمام تناوب‌های زراعی مشاهده شد. در خاک سطحی تناوب پنبه- گندم و سپس در کلزا- گندم به دلیل پایداری بیش‌تر اراضی و نفوذ عمقی آب به خاک، ترکیبات آهک به اشکال مختلف و بیش‌تر از نوع ندول تجمع پیدا کرده و به‌طورکلی شرایط برای تکامل و رشد چنین عوارضی در خاک کاملاً مهیا است. به گونه‌ای که این ندول‌ها از نوع تیپیک و با اندازه بزرگ بوده و دارای بی‌فابریک داخلی کریستالیتیک بودند. در حالی‌که در تناوب برنج- گندم به دلیل فشرده شدن بیش‌تر خاک و شکستگی خاک‌دانه‌ها، نفوذپذیری عمقی خاک کاهش یافته و از تجمع ترکیبات آهک و شکل‌گیری و تکامل این عوارض پدوژنیکی در خاک ممانعت به‌عمل آمده و سبب ایجاد ندول‌های کوچک شده است.

از بین تناوب‌های زراعی، کلسیت سیتومورفیک فقط در تناوب پنبه- گندم دیده شد. خرمالی و همکاران (۲۰۰۶) شرایط محیطی خاصی از جمله بارندگی به‌نسبت زیاد، دمای مناسب و پوشش گیاهی متراکم را برای تشکیل این کلسیت مورد نیاز می‌دانند که این شرایط توسط فعالیت بیولوژیکی بیش‌تر در تناوب پنبه- گندم تأیید شد.



شکل ۷- الف) هیپوکوتینگ آهک در افق Bkg تناوب برنج- گندم، ب) ندول تیپیک آهک در افق Ap تناوب پنبه- گندم، ج) آهک سیتومورفیک در افق AB تناوب پنبه- گندم (تصاویر زیر نور متقاطع).

- پدوفیچر پوشش‌های رسی: در افق‌های زیرسطحی تمام تناوب‌های زراعی کوتینگ‌های رسی دیده شد که به نفوذ عمقی کم‌تر آب در طی آبیاری و فعالیت‌های کشاورزی برمی‌گردد. در بررسی مقاطع نازک خاک برنج- گندم پوشش‌های رسی در اطراف حفره‌های درشت به صورت ناخالص<sup>۱</sup> دیده شد (شکل ۸) که این نتایج با یافته‌های موری و همکاران (۱۹۹۹) مطابقت دارد. اما این کوتینگ‌ها در اطراف حفره‌ها دارای شکستگی می‌باشند. این شکستگی‌ها نشان‌دهنده وجود فرایندهای انقباض و انبساط ناشی از خشک و خیس شدن متوالی و تخریب فیزیکی کوتینگ‌ها است (خرمالی و همکاران، ۲۰۰۳).



شکل ۸- کوتینگ ناخالص رس در افق Ap تناوب برنج- گندم (تصویر زیر نور متقاطع).

### نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج به‌دست آمده از مطالعات میکرومورفولوژی، در تناوب پنبه- گندم حفره‌های کانال و واگ‌های درشت دیده شد که به حضور ماده آلی قابل توجه، جانوران خاک‌زی بیش‌تر و ریشه‌های ضخیم و عمیق پنبه بر می‌گردد و همین امر سبب ایجاد ریزساختمان مطلوب از نوع خرده‌اسفنجی در این تناوب شده است. در تناوب برنج- گندم کانال‌های کوچک‌تر با تعداد کم‌تر و به دلیل غرقابی شدن زمین و از بین رفتن ساختمان خاک، واگ‌های ریز زیاد و درصد کمی حفره صفحه‌ای با ریزساختمان مکعبی بدون زاویه با تمایز ضعیف و توده‌ای موجود بود که همین امر می‌تواند دلیل کاهش کیفیت تناوب برنج- گندم نسبت به دو تناوب دیگر باشد.

1- Speckled

از پدوفیچرهای غالب در تناوب برنج- گندم می‌توان به پوشش‌های اکسید آهن و منگنز به‌عنوان پدوفیچرهای رداکسی مورفیک با درصد زیاد اشاره کرد. در خاک سطحی برنج- گندم به‌دلیل ریشه‌های افشان و سطحی برنج، بقایای بافت و ریشه گیاه غالب بود و در خاک سطحی دو تناوب دیگر بیش‌تر فضولات جانوری و در خاک عمقی آن‌ها به‌دلیل وجود ریشه‌های عمیق و راست پنبه و کلزا بیش‌تر بقایای ریشه دیده شد. در تمام مقاطع به‌دلیل عملیات شخم و وجود پوشش‌های آهنی، بی‌فابریک از نوع کریستالیتیک بوده اما در تناوب پنبه- گندم علاوه بر آن به‌دلیل وجود ماده آلی و فضولات جانوری بیش‌تر بی‌فابریک نامشخص هم مشاهده شد. از دیگر پدوفیچرها می‌توان به تجمع ندول آهک بیش‌تر در تناوب پنبه- گندم اشاره کرد که این امر ناشی از پایداری زمین و نفوذ عمقی آب به خاک در این تناوب نسبت به دو تناوب دیگر است. همچنین در این تناوب به‌دلیل پوشش گیاهی مترام، آهک سیتومورفیک نیز دیده شد. در حالی که در تناوب برنج- گندم به‌دلیل فشرده شدن بیش‌تر خاک و شکستگی خاک‌دانه‌ها، نفوذپذیری عمقی خاک کاهش یافته بود و ندول‌های آهک کوچکی تشکیل شده بود.

براساس شواهد می‌توان چنین نتیجه گرفت که به‌کار بردن نوع پوشش گیاهی مناسب با خاک می‌تواند در بالا بردن کیفیت خاک مؤثر باشد. در این پژوهش مشاهده شد که با توجه به ثابت بودن نوع محصول در هر یک از اراضی به‌مدت ۱۵ سال و یکسان بودن سایر شرایط تا حد امکان، تناوب پنبه- گندم سبب بهبود پارامترهای کیفیت خاک شده و تناوب کلزا- گندم در رتبه بعد از آن قرار گرفته است.

## منابع

1. Ayeneh band, A. 2006. Plants Rotation. Mashhad University Press, 407p. (In Persian)
2. Glab, T., and Kulig, B. 2008. Effect of mulch and tillage system on soil porosity under wheat, *Soil and Tillage Research*, 99: 169-178.
3. Huang, L., Hong, J., Tan, W., Hu, H., Liu, F., and Wang, M. 2008. Characteristics of micromorphology and element distribution of iron-manganese cutans in typical soils of subtropical China. *Geoderma*, 146: 40-47.
4. Kapur, S., Ryan, J., Akca, E., Celik, I., Pagliai, M., and Tulun, Y. 2007. Influence of Mediterranean cereal-based rotations on soil micromorphological characteristics. *Geoderma*, 142: 318-324.
5. Kelley, K.W., Long, J.H., and Todd, T.C. 2003. Long- term crop rotation affect soybean yield, seed weight, and soil chemical properties. *Field Crop Research*, 83: 41-50.
6. Kemp, R.A., Toms, P.S., Sayago, J.M., Derbyshire, E., King, M., and Wagoner, L. 2003. Micromorphology and OSL dating of the basal part of the loess-paleosol sequence at La Mesada in Tucuman province, Northwest Argentina. *Quaternary International*, 106-107: 111-117.

7. Khormali, F., Abtahi, A., Mahmoodi, S., and Stoops, G. 2003. Argillic horizon development in calcareous soils of arid and semiarid regions of southern Iran. *Catena*, 53: 273-301.
8. Khormali, F., Abtahi, A., and Stoops, G. 2006. Micromorphology of calcitic features in highly calcareous soils of Fars Province, Southern Iran. *Geoderma*, 132: 31-46.
9. Khormali, F., Ajami, M., Ayoubi, S., Srinivasarao, Ch., and Wani, S.P. 2009. Role of deforestation and hillslope position on soil quality attributes of loess-derived soils in Golestan province, Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 134: 178-189.
10. Kilfeather, A.A., and Vandermeer, J.M. 2008. Pore size, shape and connectivity in tills and their relationship to deformation processes. *Quaternary Science Reviews*, 27: 250-266.
11. Lynch, J.M., and Bragg, E. 1985. Microorganisms and soil aggregate stability. *Advances in Soil Science*, 2: 134-170.
12. McConkey, B.G., Liang, B.C., Campbell, C.A., Curtin, D., Moulin, A., Brandt, S.A., and Lafond, G.P. 2003. Crop rotation and tillage impact on carbon sequestration in canadian prairie soils. *Soil and Tillage Research*, 74: 81-90.
13. Mori, Y., Maruyama, T., and Mitsuno, T. 1999. Soft x-ray radiography of drainage patterns of structured soil. *Soil Science Society of America*, 63: 733-740.
14. Pagliai, M., Vignozzi, N., and Pellegrini, S. 2004. Soil structure and the effect of management practices. *Soil and Tillage Research*, 79: 131-143.
15. Painter, K., Young, D., and Mulla, D. 1995. Combining alternative and conventional systems for environmental gains. *Alternative Agriculture*, 10: 88-96.
16. Prado, B., Duwig, C., Marquez, J., Delmas, P., Morales, P., James, J., and Etchevers, J. 2009. Image processing-based study of soil porosity and its effect on water movement through Andosol intact columns. *Agricultural Water Management*, 96: 1377-1386.
17. Soil Survey Staff. 2010. Key to Soil Taxonomy, 11<sup>th</sup> ed. U.S. Department of Agriculture, 344p.
18. Stevenson, F., and Vankessel, C. 1996. The nitrogen and non-nitrogen rotation benefits of pea to succeeding crops. *Plant Science*, 76: 735-745.
19. Stoops, G. 2003. Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin section. SSSA. Inc. Madison, Wisconsin, 182p.
20. Treadwell-Steitz, C., and McFadden, L.D. 2000. Influence of parent material and grain size on carbonate coatings in gravelly soils, Palo Duro Wash, New Mexico. *Geoderma*, 94: 1-22.
21. Vera, M., Sierra, M., Diez, M., Sierra, C., Martinez, A., Martinez, F.J., and Aguilar, J. 2007. Deforestation and land use effects on micromorphological and fertility change in acidic rainforest soils in Venezuelan Andes. *Soil and Tillage Research*, 97: 184-194.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Soil Management and Sustainable Production*, Vol. 1(1), 2011  
[www.gau.ac.ir/journals](http://www.gau.ac.ir/journals)

## **Comparison of micromorphological properties of Mollisols under different crop rotations**

**\*M. Mirkarimi<sup>1</sup> and F. Khormali<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>2</sup>Associate Prof., Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources  
Received: 2011/03/03; Accepted: 2011/09/26

### **Abstract**

The aim of this study was to investigate the effect of different crop rotations on soil micromorphological properties in southern Gorgan River plain. Therefore three cultivated lands including cotton-wheat, canola-wheat and rice-wheat were selected adjacent to each other with same management and typical profiles were dug in each of rotations. Sampling were carried out in the first harvesting season and undisturbed samples from all of the horizons were collected for the preparation of thin sections. Each of the rotations had been practiced at least for 15 years. The soil micromorphological observations indicated that the cotton-wheat rotation was in first place with regard to the soil quality because of maintaining considerable organic matter, presence of higher terrestrial animals and excrement that has created voids of channel and large vugh type with favorite crumb microstructure. Moreover typic and large nodules of calcite and cytomorphic calcite were also observed. In the rice-wheat rotation, the channels were lower and voids were mainly of fine vughs and planar type. The microstructure was weakly separated subangular blocky and massive because of being flooded and also loosening of soil structure. While in the canola-wheat rotation, microstructure was of subangular blocky with moderately separated to well separated type and had an intermediate place between two other rotations with regard to soil quality.

**Keywords:** Crop rotation, Mollisols, Soil micromorphology

---

\* Corresponding Author; Email: [mahsa\\_mirkarimi@yahoo.com](mailto:mahsa_mirkarimi@yahoo.com)