

ارزیابی شاخص‌های مختلف کیفیت خاک در تناوب‌های زراعی با کشت برنج در منطقه دشت - سر آمل

امه‌هانی شالیکار^۱، * شمس‌ا... ایوبی^۲، فرهادخرمالی^۳ و رضا قربانی نصرآبادی^۴

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه خاکشناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲ استادیار گروه خاکشناسی، دانشگاه صنعتی اصفهان،
^۳ استادیار گروه خاکشناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۴ مربی گروه خاکشناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

تاریخ دریافت: ۸۶/۲/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۲/۷

چکیده

کیفیت خاک مفهومی است که توانایی دائم خاک را به‌عنوان یک سامانه حیاتی زنده در داخل اکوسیستم و تحت بهره‌برداری‌های مختلف به‌ترتیبی که بتواند علاوه بر حفظ توان تولید بیولوژی، کیفیت آب، هوا و سلامت انسان را بهبود بخشد، نشان می‌دهد. ارزیابی کیفیت خاک باید بتواند اطلاعاتی راجع به مدیریت و تصمیم‌گیری ارائه نماید. در این راستا شاخص‌های کیفیت خاک به‌عنوان معیارهای ارزیابی معرفی شده‌اند. این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر تناوب‌های زراعی بر روی شاخص‌های مختلف کیفیت خاک، در سه قطعه زمین تحت کشت برنج آبی مورد مدیریت‌های یکسان در منطقه دشت - سر آمل واقع در ۸ کیلومتری شهرستان آمل، در شمال کشور انجام شد. نمونه‌برداری از خاک روی یک شبکه طراحی شده منظم در سه قطعه زمین به ابعاد ۱۰۰ در ۱۵ متر و از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری نیم‌رخ خاک (جمعاً ۴۴ نقطه در هر قطعه) پس از برداشت برنج در اواخر شهریور ماه انجام گرفت. نتایج تحلیل‌های آماری نشان داد به‌جز تعدادی از متغیرها، سایر متغیرها از توزیع نرمال برخوردار بوده‌اند. در بین پارامترهای مختلف واکنش (pH) خاک دارای کمترین ضریب تغییرات (C.V) در سه تناوب زراعی مزبور بوده است. نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به‌روش دانکن نشان داد که تناوب‌های مختلف مورد بررسی اثرات معنی‌داری بر شاخص‌های کیفیت خاک داشته است. نتایج تحلیل رگرسیونی چندمتغیره نشان داد که دو شاخص بیولوژیک: تنفس خاک و کربن توده زنده میکروبی با ماده آلی و میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها همبستگی بالایی داشته‌اند. نتایج کلی این تحقیق نشان می‌دهد که تناوب زراعی برنج در طولانی مدت با محصولاتی از خانواده بقولات (شبدر و باقلا) باعث بهبود کیفیت خاک در مقایسه با تناوب زراعی برنج - آیش شده است.

واژه‌های کلیدی: کیفیت خاک، شاخص، تناوب زراعی، برنج، باقلا، شبدر، آمل

مقدمه

و قدمت آن به هفت هزار سال قبل بر می‌گردد. با آن‌که از آن زمان تا به‌حال، زراعت برنج به‌شدت گسترش مکانی پیدا کرده، لیکن کشت این محصول به نواحی با بارندگی‌های موسمی در قاره آسیا محدود است (ارشد و مارتین، ۲۰۰۲؛ کمپر و رسنا، ۱۹۸۶).

برنج یکی از مهم‌ترین محصولات غذایی برای مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری به‌شمار می‌رود که به‌طور عمیق با فرهنگ و آئین کشورها مرتبط است. منشأ اصلی این گیاه زراعی در کشورهای آسیای جنوب‌شرقی می‌باشد

خاک نامیده می‌شود (ارشد و مارتین، ۲۰۰۲). با توجه به این‌که در این راستا در تناوب‌های مختلف موجود در منطقه آمل، استان مازندران اطلاعاتی موجود نبوده است، این تحقیق به منظور شناسایی و بررسی کمی تغییرات شاخص‌های کیفیت خاک تحت تناوب‌های مختلف زراعی با کشت برنج در منطقه مورد مطالعه صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

توصیف منطقه مورد مطالعه و تناوب‌های زراعی مورد

بررسی: منطقه مورد مطالعه در قسمت شرقی شهرستان آمل واقع در عرض شمالی $36^{\circ} 25' 31/8''$ و طول شرقی $52^{\circ} 25' 40''$ در منطقه دشت- سر استان مازندران و در سری خاک‌های درزی کلا- صوفی محله (Da-Su) واقع شده است. از شمال به دریای مازندران و از جنوب به سلسله کوه‌های البرز محدود می‌شود (شکل ۱).

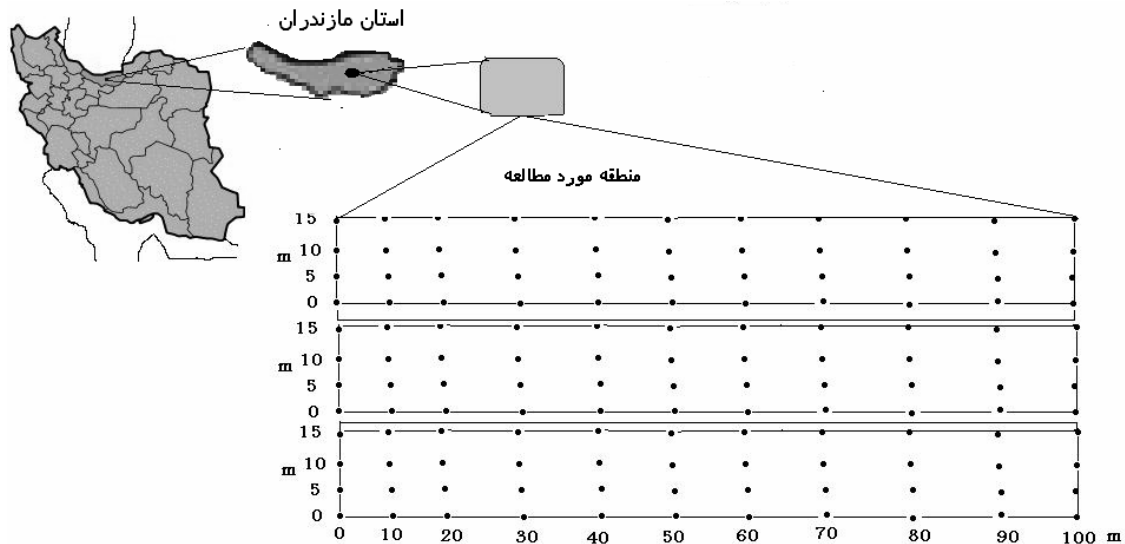
استان مازندران و شهرستان‌های تابعه آن مانند آمل، به سهم خود جایگاه مناسبی را در فعالیت‌های کشاورزی کشور و منطقه دارا می‌باشد. از محصولات عمده زراعی و باغی این شهرستان می‌توان: برنج، سبزیجات و مرکبات را نام برد. سال‌های متمادی است که در منطقه دشت- سر آمل، کشت غالب، گیاه برنج می‌باشد که به صورت کشت آبی و به روش سنتی و غالباً در تناوب زراعی با شبدر، باقلا و یا آیش کاشت می‌شود. در مطالعه حاضر، سه قطعه زمین تحت تناوب‌های مختلف زراعی کشت برنج در مجاورت یکدیگر که براساس مطالعات خاکشناسی انجام گرفته در منطقه دارای خصوصیات یکسانی بوده‌اند، انتخاب گردیدند. این قطعات حداقل به مدت ۸ سال به صورت یکسان تحت کشت و مدیریت قرار داشته‌اند. رده بندی خاک تا حدتحت گروه بزرگ در سیستم طبقه بندی جامع خاک به صورت **Fluvequentic Endoequolls** بوده است. تناوب‌های مختلف زراعی کشت برنج که در این مطالعه مدنظر بوده‌اند، عبارت‌اند از: الف) شبدر- برنج، ب) باقلا- برنج ج) آیش- برنج، که در قطعات انتخابی این تناوب‌ها حداقل به مدت ۸ سال تداوم اجرا داشته است.

خاک، محیطی بسیار پیچیده و پویاست. خاک نقش کلیدی در اکوسیستم خاک و آب از یک سو و اتمسفر از سوی دیگر ایفا می‌کند (امینی، ۱۹۹۹). دران و پارکین (۱۹۹۴) بر پایه اهداف کشاورزی پایدار و حفظ سلامت محیط زیست کیفیت خاک^۱ را چنین تعریف می‌کند: توانایی دایم خاک به عنوان یک سامانه حیاتی زنده در داخل اکوسیستم و تحت بهره‌برداری‌های متفاوت به‌ترتیبی که علاوه بر حفظ توان تولید بیولوژی، بتواند کیفیت آب و هوا را بهبود بخشد و همچنین تأمین‌کننده سلامت انسان، گیاه و حیوان باشد.

کیفیت خاک را می‌توان از دو بعد مورد مطالعه قرار داد. یکی کیفیت ذاتی خاک و دیگری کیفیت پویای خاک که بعد اخیر بیانگر وضعیت سلامت خاک می‌باشد (کارلن و همکاران، ۱۹۹۷؛ کارتر و همکاران، ۱۹۹۷). کیفیت خاک طبق تعریف لارسون و پیرس (۱۹۹۱)، عبارت است از قابلیت عملکرد خاک در محدوده اکوسیستم و هم‌کنش مثبت آن با محیط خارج از آن. آنها همچنین یک فرمول کمی برای ارزیابی کیفیت خاک پیشنهاد نمودند. به عقیده نام‌برداران چنین ارزیابی می‌تواند کمک نماید که خاک‌ها چگونه به فعالیت‌های مختلف مدیریتی بهره‌برداران پاسخ می‌دهند. این مفهوم بعداً گسترده‌تر شد و کارلن و همکاران (۱۹۹۷) آن را به صورت قابلیت عملکرد خاصی از خاک در محدوده اکوسیستم طبیعی یا با اعمال مدیریت، حفظ و نگهداری از باروری گیاه و جانور، افزایش، حفظ کیفیت آب و هوای و حمایت از سلامت انسان بیان نمودند.

مفهوم کیفیت خاک بر دو امر آموزش و ارزیابی که هر دو از مسائل اساسی علم خاک‌شناسی نوین است تأکید دارد. شاخص‌های کیفیت خاک می‌توانند شامل خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک باشند (ارشد و مارتین، ۲۰۰۲).

برای ارزیابی کیفیت خاک از خصوصیات تحت عنوان شاخص بهره‌گیری می‌شود. آن دسته از ویژگی‌های قابل اندازه‌گیری خاک که ظرفیت خاک را برای توانمندی تولید محصول تحت تأثیر قرار می‌دهند شاخص‌های کیفیت



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان مازندران- شهرستان آمل و شبکه نمونه برداری در سه قطعه انتخاب شده.

شدند. کلوخه‌های برداشته شده نیز برای اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری خاک در هوای آزاد خشک گردیدند. تجزیه‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی: ازت کل به روش کج‌دال (برمنرومولوانی، ۱۹۸۲)، آهک به روش خنثی کردن (پیچ، ۱۹۸۲)، پتاسیم قابل استفاده از طریق جایگزین کردن یون آمونیوم (ریچاردز، ۱۹۵۴)، فسفر قابل استفاده به روش اولسن و سامرز (۱۹۸۲)، سدیم محلول با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر، کلسیم و منیزیم محلول با استفاده از تیتراسیون عصاره اشباع، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش جایگزین کردن یون سدیم (چاپمن، ۱۹۶۵)، هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع، اسیدیته خاک در گل اشباع و ماده آلی به روش اکسیداسیون تر (نلسون و سامر، ۱۹۸۲) اندازه‌گیری گردید.

جرم مخصوص ظاهری خشک به روش پارافین (بلک، ۱۹۸۶)، میانگین وزنی قطر خاک‌دانه (MWD) به روش الک مرطوب (انجرز و مهیوس، ۱۹۹۳؛ کمپر و رسنا، ۱۹۸۶)، توزیع اندازه ذرات به روش هیدرومتری (بویوکوس، ۱۹۶۲) تعیین گردید. تنفس میکروبی به روش تصاعد دی‌اکسیدکربن (CO_2) انجام شد (استوتزکی،

نمونه‌برداری از خاک: نمونه‌برداری در سه قطعه زمین به صورت یک شبکه منظم به ابعاد 5×10 متر در 44 نقطه در هر مزرعه انجام شد (شکل ۱). نمونه‌برداری از خاک، مدت زمان کوتاهی بعد از برداشت برنج در شهریورماه ۸۴ به وسیله مته (اگر) از اعماق $30-0$ سانتی‌متری از روی نقاط با مختصات معلوم صورت گرفت. به‌علاوه یک سری نمونه‌برداری دیگر (10 نقطه در هر قطعه) جهت انجام آزمایش‌های بیولوژیک صورت گرفت. نمونه‌های برداشت شده در یخچال در دمای 4 درجه سانتی‌گراد نگهداری گردیدند. بلافاصله پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه مقداری از خاک نمونه تازه مربوطه به لایه سطحی برای تعیین تنفس میکروبی و کربن توده زنده میکروبی در یخچال نگهداری شد. مقداری از نمونه‌های خاک نیز قبل از کوبیده شدن جدا شده و برای تعیین پایداری خاک‌دانه‌ها و میانگین وزنی قطر ذرات خاک (MWD)^۱ و نیز تعدادی کلوخه برای اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری در نظر گرفته شد. سپس کلیه نمونه‌ها جهت آزمایش‌های فیزیکی، شیمیایی در هوا خشک گردیده و پس از کوبیدن از الک 2 میلی‌متری عبور داده

1- Mean Weight Diameter

۱۹۶۵). کربن توده زنده میکروبی به روش ضدعفونی-
عصاره گیری انجام شد (وانس و همکاران، ۱۹۸۷).

تجزیه و تحلیل های آماری: توزیع فراوانی با کمک پارامترهای آن که شامل، میانگین، مد، میانه، واریانس، ضریب تغییرات، چولگی، انحراف معیار، کشیدگی توسط نرم افزار SPSS(ver:10.5) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین آزمون نرمال بودن داده ها توسط آزمون کولموگروف- اسمیرونوف انجام شد. تجزیه واریانس (ANOVA) برای هر یک از پارامترهای مورد بررسی بین سه تیمار مورد مطالعه توسط نرم افزار SPSS انجام گرفت. سپس برای مقایسه میانگین ها از آزمون دانکن استفاده شد.

جهت بررسی و نحوه اثر فاکتورهای اندازه گیری شده روی فاکتورهای بیولوژیکی تنفس میکروبی و کربن توده زنده فاکتورهای مرتبط و مؤثر با آنها انتخاب گردیدند و سپس توسط نرم افزار مربوطه مدل چندمتغیره خطی به روش گام به گام تعیین گردید و پس از بررسی معنی دار بودن مدل در سطح احتمال ۹۵ درصد مقدار ضریب تبیین این روابط (R^2) تعیین شد.

نتایج و بحث

توصیف آماری شاخص های کیفیت خاک: توصیف آماری شاخص های انتخاب شده برای بررسی کیفیت خاک در تناوب های زراعی مختلف برنج در جدول های ۱ تا ۳ ارائه شده است. ضریب تغییرات که در واقع انحراف معیار نرمال شده به میانگین جامعه می باشد، معیاری از تغییرپذیری را در اختیار ما قرار می دهد و بدین علت می تواند در مقایسه تغییرپذیری جوامع مختلف مورد استفاده قرار گیرد (حسنی پاک، ۱۹۹۸).

همان گونه که در جدول های ۱، ۲ و ۳ دیده می شود، در بین متغیرهای مختلف شیمیایی- فیزیکی واکنش

(pH) نمونه های خاک دارای کمترین ضریب تغییرات بوده که به ترتیب برابر ۱/۴۳ و ۰/۱۲ و ۱/۰۳ درصد برای تناوب های برنج- شبدر، برنج- آیش، برنج- باقلا می باشد (پازگنزالز و همکاران، ۲۰۰۰؛ لویزگرانادوز و همکاران، ۲۰۰۲؛ کاکس و همکاران، ۲۰۰۳؛ کروین و همکاران، ۲۰۰۳؛ محمدزمانی، ۲۰۰۵).

واکنش خاک (pH) بیانگر میزان قلیائیت یا اسیدیته خاک می باشد. واکنش خاک بر عواملی نظیر قابلیت استفاده عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان، تحرک عناصر سنگین و فعالیت میکروارگانیسم های خاک مؤثر می باشد. واکنش خاک در اثر مدیریت های مختلف زراعی نیز ممکن است تغییر کند (NRCS، ۱۹۹۸). در بین پارامترهای مختلف فیزیکی و شیمیایی مقدار فسفر دارای بیشترین ضریب تغییرات برای تناوب های برنج- شبدر و برنج- آیش می باشد که مقدار آن به ترتیب ۷۵/۸۶ و ۵۲/۳۷ درصد می باشد و بیشترین ضریب تغییرات برای تناوب برنج- باقلا برای منیزیم معادل ۴۹/۳ درصد می باشد.

نتایج آزمون نرمال بودن داده ها به وسیله آزمون کولموگروف- اسمیرونوف نشان داد که به جز تعدادی از متغیرها برای هر تناوب زراعی بقیه از توزیع نرمال برخوردار می باشند. مقادیر چولگی ارائه شده در جدول های ۱، ۲ و ۳ نیز نتایج این آزمون را تأیید می نماید که به جزء تعدادی از متغیرها مثل هدایت الکتریکی و فسفر قابل استفاده برای تناوب برنج- شبدر و ازت کل، کلسیم، منیزیم و سدیم محلول در تناوب زراعی برنج- باقلا، هدایت الکتریکی و میانگین وزنی قطر خاک دانه ها، منیزیم محلول و ازت کل در تناوب زراعی برنج- آیش، در بقیه متغیرها بین ۱- و ۱+ قرار دارد که موید نرمال بودن توزیع آنها می باشد.

جدول ۱- توصیف آماری خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک در تناوب زراعی برنج- شبدر.

ضریب کشیدگی	ضریب چولگی	ضریب تغییرات	دامنه	انحراف معیار	میانه	میانگین	حداکثر	حداقل	واحد متغیر	پارامتر مورد بررسی
۱/۵۰۷	۰/۷۲	۱/۴۳	۰/۵۴	۰/۱۱	۷/۴۷	۷/۴۷	۷/۸	۷/۲۶	-log[H ⁺]	واکنش خاک
۳/۱۴۴	۱/۷۲	۱۹/۱۸	۰/۸۹	۰/۱۹	۰/۹	۰/۹۷	۱/۶۴	۰/۷۵	dSm ⁻¹	EC (هدایت الکتریکی)
۰/۱۶۳	۰/۵۲	۳۱/۲۸	۲۱/۸۱	۴/۹۲	۱۵/۷۶	۱۵/۷۲	۳۰/۵	۸/۶۹	Cmol(+)/kg ⁻¹	CEC (ظرفیت تبادل کاتیونی)
۲/۳۳۸	۰/۰۷	۴/۶۶	۰/۴۷	۰/۰۸	۱/۶۶	۱/۶۶	۱/۹	۱/۴۳	g cm ⁻³	جرم مخصوص ظاهری
-۱/۳۵۹	۰/۳۸	۳۰/۹۲	۱/۰۴	۰/۳۴	۱/۰۱	۱/۱	۱/۶۸	۰/۶۴	mm	میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها
-۰/۲۳۶	۰/۲۲	۴۱/۸۴	۳/۲۱	۰/۸۳	۱/۶۷	۱/۷۵	۳/۳۵	۰/۱۴	(%)	ماده آلی
۰/۳۳۲	۰/۳۰	۲۹/۸۵	۱۲/۵	۲/۵۷	۸/۷۵	۸/۶۳	۱۶	۳/۵	(%)	آهک
-۰/۵۹۵	۰/۲۸	۱۰/۵۹	۰/۱۳	۰/۰۴	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۴	۰/۲۷	(%)	ازت کل
۲/۱۰۳	۱/۶۱	۷۵/۸۶	۸۰/۸۰	۱۸/۲۱	۱۷	۲۴/۰۱	۸۴	۳/۲	mg kg ⁻¹	فسفر قابل جذب
۱/۱۴	۰/۸۵	۶۰/۲	۱۷۰	۳۴/۴۳	۵۷۵	۵۷۷/۷	۶۸۰	۵۱۰	mg kg ⁻¹	پتاسیم قابل جذب
۰/۱۶۷	۰/۲۵	۲۸/۸۹	۹/۷	۲/۰۶	۶/۸	۷/۱۳	۱۱/۶	۱/۹	mg kg ⁻¹	کلسیم محلول
-۰/۵۸۶	۰/۵۲	۴۴/۰۵	۴/۴	۱/۱۵	۲/۴	۲/۶۱	۵/۲	۰/۸	mg kg ⁻¹	منیزیم محلول
۰/۴۵۷	۰/۸۸	۱۹/۸۷	۱/۲۲	۰/۲۷	۱/۳۳	۱/۳۷	۲/۱۵	۰/۹۳	mg kg ⁻¹	سدیم محلول
-۰/۴۶۷	۰/۲۳	۶۹/۲	۱۰	۲/۵	۳۵	۳۶/۰۵	۴۰/۸	۳۰/۸	(%)	رس
۰/۰۱	-۰/۸۵	۷۲/۶	۱۴/۲۰	۳/۷۸	۵۲/۹	۵۱/۹۸	۵۸/۴	۴۴/۲	(%)	سیلت
-۰/۲۶۱	۰/۱	۲۶/۸۸	۱۳/۳۰	۳/۱۶	۱۱/۷	۱۱/۷۴	۱۷/۵	۴/۲	(%)	شن
-۱/۲۱	۰/۳۰۷	۱۹	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۱۰۵	۰/۱۰۷	۰/۱۴	۰/۰۸	mgCO ₂ /g/day	تنفس میکروبی
-۱/۷۲	۰/۱	۷۶	۱۲/۳۷	۴/۶۳	۶/۵۷	۶/۰۵	۱۳/۱۶	۰/۷۹	μg g ⁻¹	کربن توده زنده میکروبی

جدول ۲- توصیف آماری خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک در تناوب زراعی برنج- باقلا.

ضریب کشیدگی	ضریب چولگی	ضریب تغییرات	دامنه	انحراف معیار	میانه	میانگین	حداکثر	حداقل	واحد متغیر	پارامتر مورد بررسی
۰/۶۲	۰/۷	۱/۰۳	۰/۳۶	۰/۰۸	۷/۴۳	۷/۴۴	۷/۶۷	۷/۳۱	-log[H ⁺]	واکنش خاک
-۰/۰۵	۰/۱۸	۷/۹	۰/۲۷	۰/۰۶	۰/۸۲	۰/۸۱	۰/۹۵	۰/۶۸	dSm ⁻¹	هدایت الکتریکی
-۰/۰۳	۰/۲۹	۲۱/۷۵	۲۰/۱	۴/۸۴	۲۱/۷۴	۲۲/۲۴	۳۲/۶	۱۲/۵	Cmol(+)/k ⁻¹	ظرفیت تبادل کاتیونی
-۰/۱۳	۰/۱۶	۵/۹۵	۰/۴۴	۰/۰۹	۱/۵۸	۱/۵۸	۱/۸	۱/۳۶	g cm ⁻³	جرم مخصوص ظاهری
-۰/۷۴	-۰/۲۳	۱۳/۲	۰/۷	۰/۱۹	۱/۴۸	۱/۴۵	۱/۷۷	۱/۰۷	mm	میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها
-۰/۶۵	۰/۲۶	۳۶/۳۴	۲/۴۹	۰/۶۷	۱/۶۷	۱/۸۴	۳/۳۵	۰/۸۶	(%)	ماده آلی
-۰/۰۸	۰/۴۵	۲۹/۰۹	۹/۵	۲/۱۷	۷/۵	۷/۴۴	۱۳/۵	۴	(%)	آهک
۴/۵۹	۱/۲۵	۷/۹۷	۰/۱۸	۰/۰۳	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۵	۰/۳۲	(%)	ازت کل
-۰/۸۳	۰/۱۷	۲/۴۸	۴۸	۱۲/۱۳	۴۸	۴۹/۷۱	۷۲	۲۴	mg kg ⁻¹	فسفر قابل جذب
-۰/۸۱	-۰/۸	۱۱/۰۵	۲۰۰	۴۹/۱۹	۴۹۰	۴۸۰/۷	۵۷۰	۳۷۰	mg kg ⁻¹	پتاسیم قابل جذب
۳/۶۴	۱/۳۲	۴۰	۱۱/۸	۲/۲۷	۵/۶	۵/۶۷	۱۴	۲/۲	mg kg ⁻¹	کلسیم محلول
۰/۶۹	۱/۱۴۱	۴۹/۳	۴/۶۲	۱/۰۹	۱/۸	۲/۲۲	۵/۲	۰/۵۸	mg kg ⁻¹	منیزیم محلول
۱/۶۷	۱/۳۱	۱۶/۸۶	۰/۷۸	۰/۱۹	۱/۰۵	۱/۱	۱/۶۷	۰/۸۹	mg kg ⁻¹	سدیم محلول
-۰/۴۹	-۰/۳۴	۶	۸/۴	۲/۲	۳۶/۶	۳۶/۵۸	۴۰	۳۱/۶	(%)	رس
۰/۲۴	۰/۲۷	۴/۳۸	۱۰	۲/۲۷	۵۲/۱	۵۱/۸۶	۵۸/۳	۴۸/۳	(%)	سیلت
-۰/۷۶	۰/۴۵	۲۷/۲۳	۱۰/۹	۳/۲۱	۱۱/۷	۱۱/۵۵	۱۸/۴	۷/۵	(%)	شن
-۱/۶۴	-۰/۴۸۵	۰/۰۲۶	۰/۱۱	۰/۰۴۳	۰/۱۸	۰/۱۶۵	۰/۲۱	۰/۱	mgCO ₂ /g/day	تنفس میکروبی
-۱/۱۵	-۰/۶۱۷	۴۶	۲۳/۶۸	۸/۱۹	۲۱/۰۵	۱۷/۷۶	۲۷/۶۳	۳/۹۵	μg g ⁻¹	کربن توده زنده میکروبی

جدول ۳- توصیف آماری خصوصیات فیزیکی - شیمیایی خاک در تناوب زراعی برنج - آیش.

پارامتر مورد بررسی	واحد متغیر	حداقل	حداکثر	میانگین	میان	انحراف معیار	دامنه	ضریب تغییرات	ضریب چولگی	ضریب کشیدگی
واکنش خاک	$-\log[H^+]$	۷/۳۱	۷/۷	۷/۵۱	۷/۵	۰/۰۱	۰/۳۹	۰/۱۲	۰/۰۲	-۰/۱۹
هدایت الکتریکی	dSm^{-1}	۰/۶۸	۱/۵	۰/۸۸	۰/۸۷	۰/۱۴	۰/۸۲	۱۶/۳۱	۱/۸۰	۶/۷۱
ظرفیت تبادل کاتیونی	$Cmol(+)kg^{-1}$	۱۰/۳۲	۲۸/۸	۲۰/۴۵	۱۹/۵۶	۴/۶۶	۱۸/۴۸	۲۲/۷۹	-۰/۱۳	-۰/۴۶
جرم مخصوص ظاهری	$g\ cm^{-3}$	۱/۶	۱/۸۵	۱/۶۹	۱/۶۹	۰/۰۷	۰/۲۵	۴/۰۵	۰/۴۶	-۰/۵۲
میانگین وزنی قطر خاکدانه	mm	۰/۵۷	۱/۱	۰/۷۲	۰/۷۱	۰/۱۱	۰/۵۳	۱۵/۳	۱/۴۱	۲/۴۱
ماده آلی	(%)	۰/۵	۲/۸۸	۱/۵۸	۱/۶۱	۰/۷۴	۲/۳۸	۴۶/۵۱	۰/۰۱	-۱/۲
آهک	(%)	۲/۵	۱۷/۵	۹/۲۸	۱۰	۳/۶	۱۵	۳۶/۴۲	۰/۰۴۷	-۰/۳۹
ازت کل	(%)	۰/۲	۰/۴۳	۰/۳۴	۰/۳۵	۰/۰۵	۰/۲۳	۱۶/۱۶	-۱/۵۸	۱/۹۶
فسفر قابل جذب	$mg\ kg^{-1}$	۷/۲	۶۲/۴	۳۰/۲۶	۲۵/۲	۱۵/۸۵	۵۵/۲	۵۲/۳۷	۰/۴۸	-۰/۸۲
پتاسیم قابل جذب	$mg\ kg^{-1}$	۵۱۰	۶۳۰	۵۶۶/۶	۵۷۰	۳۱/۸۴	۱۲۰	۵/۶۱	-۰/۴۱	-۰/۶۱
کلسیم محلول	$mg\ kg^{-1}$	۴/۴	۸/۴	۶/۴۲	۶/۴	۰/۹۳	۴	۱۴/۵۳	۰/۱۳	-۰/۰۵
منیزیم محلول	$mg\ kg^{-1}$	۱/۲	۴/۸	۲/۷۷	۲/۸	۰/۸۷	۳/۶	۳۱/۲۷	۰/۱۸	-۰/۷۲
سدیم محلول	$mg\ kg^{-1}$	۰/۷۸	۳/۶	۱/۳۷	۱/۱۲	۰/۶۲	۲/۸۲	۴۵/۳	۲/۴۳	۵/۹۹
رس	(%)	۳۴/۸	۴۶/۷	۳۸/۶۳	۳۸/۳	۲/۱۲	۱۱/۹	۵/۴۹	۰/۹۹	۳/۵۹
سیلت	(%)	۳۶/۶	۵۱/۷	۴۶/۸۳	۴۶/۷	۳	۱۵/۱	۶/۴	-۰/۹۶	۱/۹
شن	(%)	۹/۲	۲۱/۶	۱۴/۵۲	۱۴/۲	۳/۲۳	۱۲/۴	۲۲/۲۸	۰/۳۶	-۰/۳۷
تنفس میکروبی	$mgCO_2/g/day$	۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۰۹۳	۰/۰۹۹	۰/۰۳۹	۰/۱۱	۴۲	-۰/۷۵۷	۰/۰۱۸
کربن توده زنده میکروبی	$\mu g\ g^{-1}$	۰/۲۵	۱۳/۱۶	۵/۵	۴/۶۱	۴/۹۱	۱۲/۹۱	۸۹	۰/۶۰۱	-۰/۹۸

مقایسه شاخص‌های کیفیت خاک در تناوب‌های زراعی

مورد بررسی

میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD): پایداری خاکدانه‌ها، میزان مقاومت خاکدانه‌ها در برابر جدا شدن به وسیله نیروهای خارجی، به خصوص نیروهای مرتبط با آب می‌باشد. عواملی مانند بافت خاک، نوع کانی‌های رسی، مقدار کاتیون‌ها، میزان و نوع مواد آلی، آهن قابل عصاره‌گیری و هم‌چنین نوع و اندازه جمعیت میکروبی خاک بر پایداری خاکدانه‌ها مؤثرند (NRCS, ۱۹۹۶).

در مطالعه حاضر، نتایج نشان داد که بین تناوب‌های مختلف از نظر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد که بیشترین مقدار آن مربوط به تناوب زراعی برنج-باقلا و کمترین مقدار مربوط به تناوب زراعی برنج-آیش به ترتیب ۱/۴۵ و ۰/۷۲ می‌باشد که با میزان ماده آلی خاک مطابقت دارد (جدول ۴). یعنی تناوب زراعی برنج-باقلا بیشترین مقدار ماده آلی و در نتیجه بیشترین مقدار MWD را دارا می‌باشد (صالحی و همکاران، ۲۰۰۵؛ لو و همکاران، ۱۹۹۸؛ کاودیر و همکاران، ۲۰۰۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین مقادیر پارامترهای فیزیکی کیفیت خاک در تناوب‌های زراعی مختلف.

متغیر	واحد متغیر	برنج-آیش	برنج-شیدر	برنج-باقلا
جرم مخصوص ظاهری	گرم بر سانتی متر مکعب	۱/۶۹ ^a	۱/۶۵ ^b	۱/۵۷ ^c
میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها	میلی متر	۰/۷۲ ^c	۱/۰۹ ^b	۱/۴۵ ^a

^{a, b, c} نشان‌دهنده تغییرات معنی‌دار میانگین‌ها می‌باشند (اعداد با علائم مختلف دارای اختلاف معنی‌دار هستند)

جرم مخصوص ظاهری خاک: جرم مخصوص ظاهری خاک اختلاف معنی داری بین سه تناوب زراعی مزبور نشان می دهد، به طوری که جرم مخصوص ظاهری برای تناوب زراعی برنج- آیش بیشترین مقدار و برای تناوب زراعی برنج- باقلا کمترین مقدار را دارا می باشد که به ترتیب برابر ۱/۶۹ و ۱/۵۷ گرم بر سانتی متر مکعب می باشد (جدول ۴). تلفات ماده آلی خاک و گسیخته شدن خاک دانه ها بر اثر عملیات خاک ورزی و تراکم خاک ها را می توان از دلایل عمده افزایش میزان جرم مخصوص ظاهری در تناوب زراعی برنج- آیش دانست در حالی که در سایر تناوب های زراعی به علت تناوب با گیاهان زراعی خانواده بقولات با اضافه شدن ماده آلی به خاک خصوصیات فیزیکی خاک و از جمله جرم مخصوص ظاهری خاک بهبود یافته است. که با نتایج تحقیقات صالحی و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد.

توزیع اندازه ذرات خاک: اختلاف حدود ۲ تا ۳ درصد در مورد توزیع اندازه ذرات تأثیری به روی نوع بافت خاک نداشته است. این موضوع با فرضیه تعریف شده برای این تحقیق که قطعات در خاکی با خصوصیات ذاتی یکسان انتخاب شده اند مطابقت دارد هر چند تحلیل واریانس به علت تعداد زیاد نمونه خاک اختلاف ذرات مختلف رس، سیلت و شن را معنی دار نشان داده است. در مجموع نتایج بافت خاک نشان می دهد که تناوب های زراعی اعمال شده روی بافت خاک تأثیری نداشته است.

واکنش خاک (pH): با توجه به جدول ۵ مقدار واکنش خاک در تناوب های زراعی مختلف دارای اختلاف معنی داری نبوده است. این مقدار برای تناوب های برنج- آیش، برنج- شبدر و برنج- باقلا به ترتیب ۷/۵۰، ۷/۴۷ و ۷/۴۴ می باشد.

جدول ۵- مقایسه میانگین مقادیر پارامترهای شیمیایی و بیولوژیکی کیفیت خاک در تناوب های زراعی مختلف.

متغیر	واحد	برنج-آیش	برنج-شبدر	برنج-باقلا
ماده آلی	(%) درصد	۱/۳۸ ^c	۱/۷۵ ^b	۲/۰۴ ^a
اسیدیته	-log[H ⁺]	۷/۵۰ ^a	۷/۴۷ ^a	۷/۴۴ ^a
هدایت الکتریکی	dSm ⁻¹	۰/۸۸ ^b	۰/۹۷ ^a	۰/۸۱ ^c
ظرفیت تبادل کاتیونی	Cmol(+) kg ⁻¹	۲۰/۴۵ ^b	۱۵/۷۲ ^b	۲۲/۲۳ ^a
آهک	(%)	۹/۲۸ ^a	۸/۶۲ ^{ab}	۷/۴۴ ^b
فسفر قابل جذب	mg kg ⁻¹	۳۰/۲۶ ^b	۲۴ ^b	۴۹/۷۱ ^a
پتاسیم قابل جذب	mg kg ⁻¹	۵۶۶/۶ ^a	۵۷۷/۷ ^a	۴۸۰/۷ ^b
نیتروژن کل	(%) درصد	۰/۳۳ ^b	۰/۳۳ ^b	۰/۳۸ ^a
کلسیم محلول	mg kg ⁻¹	۶/۴۱ ^{ab}	۷/۱۳ ^a	۵/۶۷ ^b
منیزیم محلول	mg kg ⁻¹	۲/۷۶ ^a	۲/۶۱ ^{ab}	۲/۲۱ ^b
سدیم محلول	mg kg ⁻¹	۱/۳۷ ^a	۱/۴۳ ^a	۱/۰۱ ^b
تنفس میکروبی	mgCO ₂ /g/day	۰/۰۹۳ ^b	۰/۱۰۷ ^b	۰/۱۶۵ ^a
کربن توده زنده میکروبی	μg g ⁻¹	۵/۵ ^b	۶/۰۵ ^b	۱۷/۷۶ ^a

^{a, b, c} نشان دهنده تغییرات معنی دار میانگین ها می باشند (اعداد با علائم مختلف دارای اختلاف معنی دار هستند)

غالب خاک ها در بخش رس و مواد آلی آنها متمرکز است. نتایج این تحقیق نشان داده که ظرفیت تبادل کاتیونی در تناوب زراعی برنج- باقلا و برنج- آیش تفاوت معنی داری نسبت به تناوب زراعی برنج- شبدر داشته

ظرفیت تبادل کاتیونی: دران و پارکین (۱۹۹۴)، ظرفیت تبادل کاتیونی را یکی از پارامترهای مهم کیفیت خاک می دانند اگر چه ذرات خاک به درجات مختلف در ایجاد نقاط تبادل کاتیونی نقش دارند، ولی این خصوصیت در

است (جدول ۵). این امر شاید به دلیل وجود ماده آلی بیشتر در تناوب زراعی برنج-باقلا و وجود مقادیر رس بیشتر در تناوب زراعی برنج-آیش باشد (وگن و همکاران، ۲۰۰۶).

ماده آلی خاک: مواد آلی خاک نشانه مهمی از وضعیت کیفی خاک است (گرگوریچ و همکاران، ۱۹۹۴). اغلب ازت خاک در مواد آلی متمرکز بوده و در اثر فعالیت میکروبی به آمونیوم تبدیل می‌شود. با توجه به جدول ۵ مقدار ماده آلی در تناوب‌های زراعی مختلف دارای اختلاف معنی‌داری بوده، به طوری که در تناوب زراعی برنج-باقلا، دارای بیشترین مقدار نسبت به تناوب‌های زراعی دیگر می‌باشد. این مقدار برای تناوب‌های زراعی برنج-آیش، برنج-شبدر و برنج-باقلا به ترتیب ۱/۳۸، ۱/۷۵ و ۲/۰۴ درصد بوده است.

نیترژن کل: اغلب ازت خاک در مواد آلی متمرکز بوده و در اثر فعالیت میکروبی به آمونیوم تبدیل می‌شود و بیش از ۹۵ درصد ازت خاک به شکل آلی می‌باشد (ملکوتی و همایی، ۱۹۹۲). مطالعه حاضر نیز به طوری که مقایسه خاک در سه تناوب زراعی نشان داد، میزان هر کدام از این دو پارامتر در تناوب زراعی برنج-آیش با اختلاف بسیار معنی‌داری نسبت به تناوب زراعی برنج-باقلا کاهش یافته است. میزان ماده آلی خاک از ۲/۰۴ درصد برای تناوب زراعی برنج-باقلا به ۱/۳۸ درصد برای تناوب زراعی برنج-آیش کاهش نشان داد و میزان نیترژن کل خاک از ۰/۳۸ برای تناوب زراعی برنج به ۰/۳۳ درصد برای تناوب زراعی برنج-آیش کاهش یافت (جدول ۵). نتایج حاصله با یافته بسیاری از پژوهشگران نظیر حاج عباسی و همکاران (۱۹۹۷)، سالاردینی (۱۹۹۵)، رفاهی (۱۹۹۶)، گرگوریچ و همکاران (۱۹۹۴)، مطابقت دارد.

فسفر قابل استفاده: مواد آلی محلول در خاک برای جذب شدن در سطح رس‌ها با فسفات رقابت کرده و در نتیجه میزان فسفر محلول خاک را افزایش می‌دهند. بنابراین نظام‌های کشت و تناوب‌های زراعی که مولد مواد آلی

بیشتر در خاک هستند به مصرف بهتر فسفر خاک و کود فسفوری کمتری کمک می‌کنند (منگل، ۱۹۹۷). در مورد میزان فسفر در خاک منطقه مطالعاتی، به دلیل اعمال مدیریت‌های خاص زراعی مانند استفاده از کودهای شیمیایی، وضعیت طبیعی تحولات این عنصر تحت تأثیر قرار گرفته و به دلیل تغییرات حاصله نمی‌تواند قابل استفاده باشد. راسموسن و داگلاس (۱۹۹۲) و وایت برید و همکاران (۱۹۹۸) کاربرد مستمر کودهای فسفردار را باعث افزایش غلظت فسفر قابل استفاده در لایه سطحی خاک می‌دانند. میزان فسفر در تناوب زراعی برنج-باقلا تفاوت معنی‌داری با دو تناوب زراعی دیگر داشته که مقدار آن برابر با ۴۹/۷۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بوده است که امکان دارد علت این تفاوت به علت وجود ماده آلی بیشتر در این تناوب زراعی و یا تفاوت در مدیریت به علت کاربرد ناهمسان کودهای فسفوره در این تناوب زراعی باشد (جدول ۵).

پتاسیم قابل استفاده: مقایسه کلی خاک در سه تناوب زراعی نشان داد، مقدار پتاسیم قابل استفاده در تناوب زراعی برنج-آیش و برنج-شبدر با اختلاف معنی‌داری نسبت به مقدار پتاسیم قابل استفاده در تناوب زراعی برنج-باقلا افزایش یافته به طوری که مقدار پتاسیم قابل استفاده در تناوب زراعی برنج-باقلا نسبت به تناوب‌های برنج-آیش و برنج-شبدر کاهش نشان داده است.

تنفس میکروبی خاک: میزان تنفس بیانگر فعالیت بیولوژیک میکروارگانیسم‌ها، ماکروارگانیسم‌ها و ریشه‌های گیاهی می‌باشد. با توجه به جدول ۵ مقدار تنفس میکروبی در تناوب‌های زراعی مختلف دارای اختلاف معنی‌داری بوده، به طوری که در تناوب زراعی برنج-باقلا، دارای بیشترین مقدار نسبت به تناوب‌های زراعی دیگر می‌باشد. این مقدار برای تناوب‌های زراعی برنج-آیش، برنج-شبدر و برنج-باقلا به ترتیب ۰/۰۹۳، ۰/۱۰۷ و ۰/۱۶۵ میلی‌گرم گاز دی‌اکسیدکربن بر گرم در روز می‌باشد. این

$$MR = 0.0689 + 0.0054MBC \quad R^2 = 0.925^{**} \quad (1)$$

$$MR = -0.0187 + 0.0552OM + 0.0231MWD \quad R^2 = 0.97^{**} \quad (2)$$

$$MBC = -19.838 + 7.319OM + 11.49MWD \quad R^2 = 0.958^{**} \quad (3)$$

در این معادله‌ها MR و MBC بیولوژیک تنفس خاک و کربن توده زنده میکروبی می‌باشند. همان‌طور که در معادلات ۱ تا ۳ دیده می‌شود دو فاکتور بیولوژیک تنفس خاک و کربن توده زنده میکروبی دارای نسبت همبستگی بالا می‌باشند. همچنین این دو فاکتور با ماده آلی و میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها نسبت همبستگی بالایی از خود نشان داده‌اند (گرگوریچ و همکاران، ۱۹۹۴؛ شارما و همکاران، ۲۰۰۳). به عبارتی وجود ماده آلی به‌عنوان یک ماده اولیه مورد نیاز برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها و توزیع مناسب خاک‌دانه‌ها (شاخص MWD) شرایط را برای فعالیت میکروب‌ها فراهم می‌نماید و ضمن حفظ شرایط بیولوژیکی خاک، تنوع زیستی را نیز تحت این شرایط حفظ نماید.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که شاخص‌های مهم کیفیت خاک مشتمل بر میزان ماده آلی، میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها، جرم مخصوص ظاهری خاک، مقدار تنفس میکروبی و میزان کربن توده زنده میکروبی تحت تأثیر تناوب زراعی قرار گرفته‌اند. در مجموع تناوب زراعی برنج با گونه‌های خانواده بقولات مانند باقلا و شبدر باعث بهبود و پایداری در ویژگی‌های مزبور نسبت به تیمار شاهد (تناوب زراعی برنج-آیش) شده است. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که دو شاخص بیولوژیک، تنفس خاک و کربن توده زنده میکروبی با مقدار ماده آلی خاک و میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها همبستگی بالایی داشته‌اند.

امر شاید به علت وجود ماده آلی بیشتر و یا MWD بالاتر در تناوب زراعی برنج-باقلا نسبت به دو تناوب زراعی دیگر باشد (عجمی و همکاران، ۲۰۰۶؛ نائل و همکاران، ۲۰۰۲).

کربن توده زنده میکروبی: اندازه‌گیری توده زنده میکروبی به‌عنوان شاخص دینامیکی از کیفیت خاک می‌تواند برای اندازه‌گیری میزان تخریب خاک‌ها مورد استفاده قرار گیرد. حفاظت آب و خاک، شخم و سیستم‌های مختلف کشت بر روی کربن توده زنده میکروبی مؤثر می‌باشند (پاتاک و همکاران، ۲۰۰۴). با توجه به نتایج جدول ۵ مقدار کربن توده زنده میکروبی در تناوب‌های زراعی مختلف دارای اختلاف معنی‌داری بوده، به‌طوری‌که تناوب زراعی برنج-باقلا، دارای بیشترین مقدار نسبت به تناوب‌های زراعی دیگر می‌باشد. این امر ممکن است به دلیل وجود ماده آلی بیشتر و یا MWD بالاتر در تناوب زراعی برنج-باقلا نسبت به دو تناوب زراعی دیگر باشد (شارما و همکاران، ۲۰۰۳؛ گرگوریچ و همکاران، ۱۹۹۴).

بررسی عوامل مؤثر بر تنفس میکروبی و کربن توده زنده میکروبی: به‌منظور مشخص نمودن آن‌دسته از خصوصیات خاک که تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات بیولوژیک خاک دارند، از رگرسیون چندگانه خطی با روش گام به گام استفاده شد. متغیرهایی نظیر هدایت الکتریکی و میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها، ماده آلی، رس، ازت کل، فسفر قابل استفاده، پتاسیم قابل استفاده، جرم مخصوص ظاهری و ظرفیت تبادل کاتیونی به‌عنوان متغیرهای مستقل انتخاب شده و متغیرهای تنفس خاک و کربن توده زنده میکروبی به‌عنوان متغیرهای وابسته در نظر گرفته شدند. که معادله‌های به‌دست آمده به شرح زیر می‌باشند:

منابع

1. Ajami, M., Khormali, F., Ajami, M., Ayoubi, Sh., and Amoozadeh Omrani, R. 2006. Soil Quality changes due to deforestation in Golestan province, Northern Iran. P 501-504 8th International Soil Meeting (ISM) on "Soil Sustaining Life on Earth, Managing Soil and Technology". Proceedings.
2. Amini, M. 1999. Geostatistical investigation of the soil salinity and sodicity in Rudasht area, MSc Thesis, Isfahan University of Technology, 120p. (In Persian)
3. Angers, D.A., and Mehuys, G.R. 1993. "Aggregate stability to water", In: Carter, M. R., (ed.), Soil Sampling and Methods of Analysis, Lewis Publishers, Boca Raton. Pp: 651-657.
4. Arshad, M.A., and Martin, S. 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment, 88: 153-160.
5. Black, C.A. 1986. Methods of soil analysis. Part 1. ASA. Madison, WI. 9:545-566.
6. Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agron. Jour. 54: 464-465.
7. Bremner, J.M., and Mulvany, C.S. 1982. "Nitrogen-total", In: Page, A.L., Miller, R.M. and Keeney, D.R., (eds.), Methods of Soil Analysis, Part2, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, Pp: 595-624.
8. Carter, M.R., Gregorich, E.G., Anderson, D.W., Doran, J.W., Jonson, H.H., and Pierce, F.J. 1997. "Concepts of soil quality and their significance", In: Gregorich, E.G. and Carter, M. R., (eds), Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health, Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands, Pp: 1-19.
9. Corwin, D.L., Kaffka, S.R., Hopmans, J.W.Y., Mori, van Groenigen, J.W., Van Kessel, C., Lesch, S.M., and Oster, J.D. 2003. Assessment and field-scale mapping of soil quality properties of a saline-sodic soil. Geoderma. 114: 231-259.
10. Cox, M.S., Gerard, P.D., Wardlaw, M.C., and Abshire, M.J. 2003. Variability of selected soil properties and their relationships with soybean yield. Soil Sci. Soc. Am. J. 67: 1296-1302.
11. Doran, J.W., and Parkin, T.B. 1994. Defining and assessing soil quality, In Doran j, W, Coleman, D.C., Bezdicek, D.F. and Stewart, B.A., (eds), Defining soil quality for a sustainable Environment, soil su, soc. Am. Special publication, NO.35, Madison, Wisconsin, USA. Pp: 3-21.
12. Doran, J.W., and Parkin, T.B. 1996. "Quantitative indicators of soil quality: A minimum data set", In: Doran , J.W. and Jones, A. J., (eds.), Methods for Assessing Soil Quality, Soil Sci. Soc. Am. Special Publication, No. 49, Madison, Wisconsin, USA. Pp: 25-37.
13. Gregorich, E.G., Carter, M.R., Angers, D.A., Monreal, C.M., and Ellert, B.H. 1994. "Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils", Can. J. Soil Sci., Vol. 74: 367-385.
14. Hajabbasi, M., Jalalian, A., and Karim zadeh, P.R. 1997. Deforestation effects on soil physical and chemical properties, Lordegan, Iran, plant and soil, 190:301-308.
15. Hasani Pak, A. 1998. Geostatistics. Tehran University Press, 306 p.
16. Karlen, D.L., Maushback, M.J.W., Cline, R.G., Harris, R.F., and Schuman, G.E. 1997. "Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation", Soil Sci. Soc. Am. J., Vol. 61: 4-10.
17. Kavdir, Y., Ozcan, H., Ekinici, H., and Yigini, Y. 2004. The influence of clay content, organic carbon and land use types on soil aggregate stability and tensile strength. Turk J. Agr. 28: 155-162
18. Kemper, W.D., and Rosenau, R.C. 1986. "Aggregate stability and size distribution", In: Klute, A., (ed.), Methods of Soil Analysis, Part 1. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, PP: 425-442.
19. Larson, W.E., and Pierce, F.J. 1991. Conservation and enhancement of soil quality. In: Dumanski, J. (Ed.), Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World. Proceedings of the international Workshop, Chiang Rai, Thailand, 15-21 sept. 1991. Technical papers. Vol. 2. Int. Board for Soil Res. And management Bangkok, Thailand, Pp: 175-203.
20. Lopez-Granados, F., Jurado-Exposito, M., Atenciano, S., Garcia-Ferrer, A., De La Orden, M.S., and Garcia-Torres, L. 2002. Spatial variability of agricultural soil parameters in southern Spain. Plant and Soil, 246: 97-105.
21. Lu, G., Sakagami, K., Tanaka, H., and Hamada, R. 1998. Role of soil organic matter in stabilization of water-stable aggregates in soils under different types of land use. Soil Sci. Plant Nutr, 44: 147-156.

22. Malakuti, M.J., and Homaei, V. 1992. Fertility of arid soils. Problems and solutions. Tarbiat Modaress Univeisty Press, 494 p.
23. Mengel, K. 1997. Agronomic measures for better utilization of soil and fertilizer phosphates. *European Journal of Agronomy*, 7: 221-233.
24. Microsoft SPSS for windows. 1999. Release. 7 (Nov 141996), Copyright SPSS, Inc.
25. Mohammad Zamani, S. 2005. Spatial variability of wheat yield and soil properties in a part of Sorkhankalateh district. MSc Thesis. Gorgan University, 120 p.
26. Nael, M., Khademi, H., and Hajabbasi, M.A. 2004. Response of soil quality indicators and their spatial variability to land degradation in central Iran. *Applied Soil Ecology*. 27:221-232.
27. Natural Resources Conservation Service (NRCS), USDA. 1996. Soil Quality Information Sheet. Soil Quality Indicators.
28. Natural Resources Conservation Service (NRCS), USDA. 1998. Soil Quality Information Sheet. Indicators for Soil Quality Evaluation.
29. Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Buxton, D.R. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part II, 2nd Edition*, ASA, Monograph, No.9, Madison, WI. Pp: 539-579.
30. Olsen, S.R., and Sommers, L.E. 1982. Phosphorus. In: A. L. Page (ed.) *Methods of soil analysis, Agron. No. 9, Part2: Chemical and microbiological properties, 2nd ed.*, P.403-430. Am. Soc. Agron., Madison, WI, USA.
31. Page, A.L. 1982. *Methods of soil analysis, Agron. No. 9, Part2: Chemical and microbiological properties, 2nd ed.*, P.403-430. Am. Soc. Agron., Madison, WI, USA.
32. Pathak, P., Sahrawat, K.L., Rego, T.J., and Wani, S.P. 2004. Measurable Biophysical Indicators for impact Assessment: changes in soil quality, ICRISAT, 53-73.
33. Paz-Gonzalez, A., Viera, S.R., and Tobaoda castro, M.T. 2000. The effect of cultivation on the spatial variability of selected properties of an umbric horizon.
34. Rasmussen, P.E., and Douglas, C.L. 1992. The influence of tillage and cropping intensity on cereal response to N, sulfur and P. *Fert. Res* 31:15-19.
35. Refahi, H. 1996. Soil erosion and conservation. Tehran University Press. 551pp.
36. Richards, L.A. (ed.). 1954 *Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils*. USDA Hand b. No. 60. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC. 160p.
37. Salardini, A. 1995. Soil Fertility. Tehran University Press. 441pp.
38. Salehi, M.H., Hosseinifard, J., and Rafieiolhossaini, M. 2005. The effect of different land uses on some soil quality indices in Zagros region, Iran. *Proceedings of International Conference on Human Impacts on Soil Quality Attributes*. Isfahan, I. R. Iran.
39. Sharma, K.L., Uttam Kumar Mandal, Srinivas, K., Vittal, K.P.R., Biswapati Mandal, Kusuma Grace, J., and Ramesh, V. 2004. Long-term soil management effects on crop yields and soil quality in a dryland Alfisol. *Soil & Tillage Research*.
40. Stotzky, G. 1965. Microbial respiration. In: Black, C.A. (Ed.). *Methods of soil analysis, part 2*. Am. Soc. Of Agron: 1550-1572. Inc, Madison, Wis.
41. Vagen, T.G., Andrianorofanomezana, M.A.A., and Andrianorofanomezana, S. 2006. Deforestation and cultivation effects on characteristics of Oxisols in the highlands of Madagascar. *Geoderma*, 131:190-200
42. Vance, E.D., Brookes, P.C., and Jenkinson, D.S. 1987. An Extraction Method For Measuring Soil Microbial Biomass C, *Soil Biol. Biochem.* Vol 19, No. 6, Pp: 703-707.
43. Whitebread, A.M., Lefroy, R.D.B., and Blair, G.J. 1998. A survey of the impact of cropping on soil physical and chemical properties in Northwestern New south Wales. *Aust. J. Soil Res.* 36: 669-681.

Assessment of soil quality indicators in different rice rotation systems in Dasht-Sar district, Amol, Mazandaran Province

O.H. Shalika¹, * Sh. Ayoubi², F. Khormali³ and R. Ghorbani Nasrabadi⁴

¹Former M.Sc. Student, Dept., of Soil Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, ²Assistant Prof., Dept., of Soil Sciences, Isfahan University of Technology, Iran, ³Assistant Prof., Dept., of Soil Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, ⁴Lecturer Dept., of Soil Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

Abstract

Soil quality as a concern for sustainable global development was defined to conserve soil productivity and water, air and human health under sustainable land uses. Soil quality investigations are needed to provide information for management and regulatory decisions. Soil quality indicators usually are used to assess soil quality in an ecosystem. This study was conducted to evaluate the effects of three crop rotation systems in paddy soils of Dasht-Sar district, Amol, Mazandar province. Three adjacent sites which managed over 8 years similarly were selected. The study area located 8 km far away of Amol in Mazandaran province. Soil sampling was performed on a regular systematic pattern in three selected plots with 100 in 15 m dimensions and in depth of 0-30 cm of soil in forty locations. Statistical Results showed that frequency distribution of most data was normal. The lowest CV% was related to pH. Analysis of Variance (ANOVA) and comparison test showed that there were the significant differences in soil quality indicators between understudy crop rotation systems. Results of multivariable regression analysis revealed that soil respiration and microbial biomass carbon had high correlation coefficients with soil organic matter and MWD. Overall results indicated that the rice rotation with legumes such as bean and clover over a long time improved soil quality in compared to rice-follow rotation.

Keywords: Soil Quality; Indicator; Crop Rotation System; Rice; Bean; Amol