نشریه دانش آب و خاک / جلد ۲۸ شماره ۴ صفحه‌های ۱۵۵تا ۱۶۵ / سال ۱۳۹۷

انتخاب مناسب‌ترین تناوب زراعی بر اساس ارزیابی شاخص‌های مختلف کیفیت خاک در حاشیه رود ارس

مسلم ثروتی*[1]

۱-استادیار، مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: m.sarvati@urmia.ac.ir

چکیده

ارزیابی کیفیت خاک برای تولید پایدار محصولات کشاورزی ضروری بوده و باید به‌تواند اطلاعاتی در ارتباط با تصمیم‌گیری ارائه دهد. به این علت شاخص‌های کیفیت خاک به‌عنوان معیارهای ارزیابی معرفی شده است. این تحقیق به‌منظور تعیین تناوب زراعی مناسب براساس شاخص‌های مختلف کیفیت خاک در منطقه پارس آباد واقع در استان اردبیل انجام شد. سه قطعه زمین همجوار تحت کشت برنج که کشت دوم آن‌ها به‌صورت آیش، گندم و شبدر بوده و برای حداقل ۴ سال متوالی تحت این تناوب زراعی قرار داشتند، انتخاب شدند. نمونه‌برداری از خاک به صورت تصادفی و از عمق ۰ تا ۵۰ سانتی‌متری (در هر قطعه ۳۰ نمونه) پس از برداشت کشت دوم انجام گرفت. تحلیل‌های آماری بیانگر این است که تمامی متغیرها از توزیع نرمال برخوردار بوده و در بین پارامترهای مختلف واکنش خاک و کربن توده زنده میکروبی به‌ترتیب دارای کمترین و بیشترین ضریب تغییرات در سه تناوب انتخابی است. نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها بیانگر اختلاف معنی‌دار بین شاخص‌های کیفیت خاک در تناوب‌های مختلف زراعی می‌باشد. مقدار ماده آلی، نیتروژن کل، تنفس میکروبی، کربن توده زنده میکروبی، ظرفیت تبادل کاتیونی، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در تناوب برنج-شبدر به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تناوب‌ها بود. اما ویژگی‌های جرم مخصوص ظاهری و بافت خاک اختلاف معنی‌دار در تناوب‌های مختلف زراعی نشان نداد. نتایج کلی پژوهش حاضر نشان داد که تناوب زراعی برنج در طولانی مدت با خانواده بقولات مانند شبدر کیفیت خاک را بهبود می‌بخشد.

واژه‌های کلیدی: برنج، پارس آباد، تناوب، کشاورزی پایدار، ویژگی‌های خاک

Selection of the most Suitable Crop Rotation in Aras River Margin, Based on Assessing Soil Qualitative Indicators

M Servati[1*]

1-Assist. Prof., Shahid Bakeri High Education Center of Miandoab., Urmia University, Iran
* Corresponding Author, Email: m.sarvati@urmia.ac.ir

Abstract

Soil quality appraisal is essential for sustainable agricultural production and should provide some information for decision. In this means soil quality indicators are introduced as criteria for assessment. This research was conducted to determine a suitable crop rotation system in parsabad region of Ardabil province, based on diffrent soil quality indicators. Three adjacent sites under rice cultivation that their second cultivation were fallow, clover and wheat with at least 4 consecutive years under this crop rotation, were selected. Soil sampling was performed on a random pattern from depth of 0-50 cm (30 samples in each plot) after secend cultivation harvest. Statistical results revealed that the frequency distributions of all variables were normal. pH and microbial biomass (C) had the lowest and highest CV among the three selected rotations respectively. Analysis of Variance (ANOVA) and comparison test revealed that there were significant differences between the soil quality indicators. Organic matter content, total nitrogen, microbial respiration, cation exchange capacity, aggregates' mean weight diameter and microbial biomass C were significantly greater in Rice-clover rotation systems than those in the other systems. However, bulk density and textural fractions components were not significantly different in the crop rotation systems. Overall results of this research showed that the rice rotation with legumes such as clover over a long time improved the soil quality.

Keywords: Parsabad, Rice, Rotation, Soil properties, Sustainble agriculture

مقدمه

برنج با نام علمی *Oryza Sativa*، از خانواده گرامینه (گندمیان) بوده و یکی از غلات مهم در قاره آسیاست. دانه برنج و فراورده‌های به‌دست آمده از آن تقریبا ۴۰ درصد غذای نیمی از مردم دنیا را تشکیل می‌دهد (بی‌نام ۲۰۰۴). نتایج ارزیابی اقتصادی تناسب اراضی نیز در مناطق مختلف ایران نشان‌دهنده آن است که از بین محصولات زراعی، برنج بیشترین درآمد ناخالص در واحد سطح را داراست (شاهرخ و همکاران ۲۰۱۱). خاک‌های شبه‌گلی در حاشیه رود ارس برای کشت برنج مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این اراضی، سطح آب زیرزمینی معمولاً نسبتا پایین است ولی در زمستان تا نزدیک سطح خاک بالا می‌آید (بی‌نام ۲۰۱۳). در ایالات متحده آمریکا، خاک‌های اراضی خیس عمدتا زیر کشت برنج و پنبه قرار دارند. در عرض‌های میانه شمالی و شمال شرقی چین و در قسمت‌هایی از آرژانتین و اروگوئه که عمدتاً دارای خاک‌های خیس هستند، برنج کشت می‌شود. اراضی خیس در هند، پاکستان و غرب بنگال با بافت شنی تا رسی، از قدرت تولید بالایی برای گیاه برنج برخوردارند (مورتی، ۱۹۷۸). از سویی اقدام به کشت دوم هم در بالابردن توان اقتصادی خانواده کشاورز و هم در افزایش تولیدات کشاورزی بسیار موثر است. منطقه پارس آباد با توجه به شرایط خاص جغرافیایی و کشت انواع محصولات از

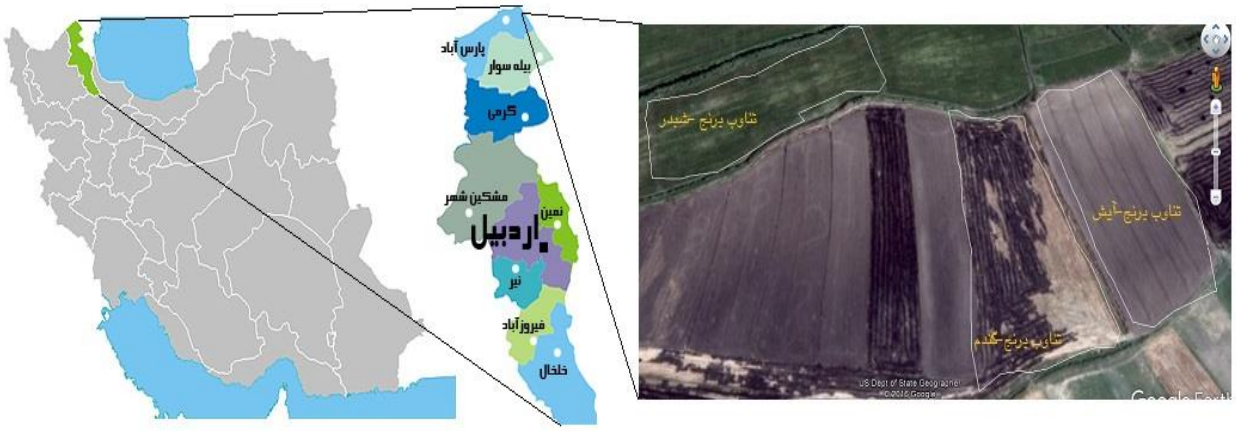
موقعیت بسیار مناسب‌تری در مقایسه با دیگر شهرستان-های استان اردبیل برای کشت دوم برخوردار بوده و از این‌رو پیدا کردن مناطق مستعدتر برای کشت دوم بعد از برنج و تاثیر کشت دوم بر خصوصیات خاک (کیفیت خاک) بسیار مهم می‌باشد. دران و پارکین (۱۹۹۴) کیفیت خاک را توانایی دایم خاک به‌عنوان یک سامانه حیاتی زنده در داخل اکوسیستم و تحت بهره‌برداری‌های متفاوت تعریف می‌کنند، به‌ترتیبی که علاوه بر حفظ توان تولید، کیفیت آب و هوا را بهبود دهد و تأمین‌کننده سلامت موجودات زنده باشد. لارسون و پیرس (۱۹۹۱) گزارش کردند که کیفیت خاک، قابلیت آن در محدوده اکوسیستم و برهم‌کنش مثبت با محیط خارج را نشان می‌دهد. در واقع ارزیابی کیفیت نشان می‌دهد که آن‌ها چطور به فعالیت‌های مختلف مدیریتی بهره‌بردارن پاسخ می‌دهند. بعدها کارلن و همکاران (۱۹۹۷) آن را به‌صورت قابلیت عملکرد ویژه‌ای از خاک در محدوده اکوسیستم طبیعی یا با اعمال مدیریت، حفظ و نگهداری از باروری گیاه و جانور، افزایش، حفظ کیفیت آب و هوا و حمایت از سلامت انسان بیان نمودند. مفهوم کیفیت خاک بر دو امر آموزش و ارزیابی تأکید دارد. شاخص‌های کیفیت خاک شامل ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک است (ارشد و مارتین ۲۰۰۲). متقیان و محمدی (۲۰۱۱) تاثیر کاربری‌های مرتع، کشت دیم، کشت آبی را بر شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک در منطقه مرغملک شهرکرد بررسی نمودند. نتایج نشان داد که کشت آبی شاخص پایداری مرطوب خاکدانه‌ها و کربن آلی کمترین، هدایت هیدرولیکی و ماده آلی بیشترین مقدار نسبت به دو کاربری دیگر می‌باشد. همچنین تفاوت ویژگی‌های فرسایش‌پذیری و پایداری مرطوب خاکدانه‌ها در بین کاربری‌های مختلف در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. یائو و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی شاخص-های مختلف کیفیت خاک در اراضی شور کشور چین گزارش نمودند که که از ۱۷ ویژگی مورد بررسی ۵ ویژگی کلر، سدیم، پتاسیم، هدایت‌الکتریکی و مواد آلی موثرترین ویژگی‌ها در کیفیت خاک هستند. این پژوهش به‌منظور انتخاب مناسب‌ترین تناوب کشت بر اساس تغییرات کمی شاخص‌های کیفیت خاک‌های تحت کشت برنج با کشت-های دوم مختلف در حاشیه رود ارس واقع در شهرستان پارس‌آباد صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

دشت مغان، به‌سهم خود جایگاه مناسبی در فعالیت-های کشاورزی کشور و منطقه داشته و سومین دشت حاصلخیز از نظر وسعت بعد از دشت خوزستان و گرگان می‌باشد. از محصولات عمده زراعی و باغی این دشت می-توان برنج و سایر غلات، صیفی‌جات، بقولات و درختان میوه را نام برد. سال‌های متمادی است که در حاشیه رود ارس در شهرستان پارس آباد گیاه برنج کشت می‌شود که غالباً فاقد کشت دوم است. با این حال در مناطقی کشت گندم و جو یاییزه و شبدر به‌عنوان کشت دوم قابل مشاهده است که سهم ناچیزی از وسعت منطقه را شامل می‌شود. براساس یک عادت قدیمی و وجود آفات ویژه گندم و جو در منطقه بعد از برداشت مزرعه آتش زده می‌شود (بی‌نام ۲۰۱۳). در این تحقیق، سه قطعه زمین تحت کشت برنج با کشت دوم مختلف (برنج-آیش، برنج-گندم، برنج-شبدر) به مختصات ۳۹ درجه و ۳۹ دقیقه و ۳۰ ثانیه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۵۴ دقیقه و ۸ ثانیه شرقی انتخاب شدند که این روند در قطعات انتخابی حداقل به مدت ۴ سال اجرا شده است. شایان ذکر است که این اراضی با فاصله کمتر از ۳۰۰ متر نسبت به یکدیگر قرار داشته و تقریبا از نظر ویژگی‌های ذاتی خاک اختلاف کمی با یکدیگر دارند. رژیم حرارتی و رطوبتی منطقه براساس نرم‌افزار نیوهال به‌ترتیب ترمیک و اریدیک گزارش می-گردد.

جهت نیل به اهداف، از هر تناوب ۳۰ نمونه با فواصل تقریبی ۵۰ متر از اعماق ۰ تا ۵۰ سانتی‌متری به صورت تصادفی برداشته شد. مقداری از خاک لایه سطحی برای تعیین تنفس میکروبی و کربن توده زنده میکروبی انتخاب شد. مقداری از نمونه های خاک نیز قبل از کوبیده‌شدن برای تعیین پایداری خاک دانه‌ها و میانگین وزنی قطر ذرات خاک (MWD) و تعدادی کلوخه برای اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری در نظر گرفته شد. بقیه نمونه‌ها برای آزمایش‌های فیزیکی، شیمیایی در هوا

خشک و پس از کوبیدن از الک ۱۰ مش عبورداده شدند. pH در گل اشباع (مکلین ۱۹۸۲)، ماده آلی به روش والکلی و بلک اصلاح‌شده (نلسون و سامرز ۱۹۸۲)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش باور (۱۹۵۲)، ازت کل به روش کجلدال (برمنرومولوانی ۱۹۸۲)، پتاسیم قابل استفاده از طریق جایگزینی یون آمونیوم (ریچاردز ۱۹۵۴)، فسفر قابل استفاده به‌روش اولسن و سامرز (۱۹۸۲)، جرم مخصوص ظاهری خشک به روش پارافین (بلک ۱۹۸۶)، میانگین وزنی خاکدانه به روش الک مرطوب (انگرس و مهیوس ۱۹۹۳)، توزیع اندازه ذرات به روش هیدرومتری (بویکوس ۱۹۶۲)، تنفس میکروبی به‌روش تصاعد دی‌اکسید کربن (استوتزکی ۱۹۶۵)، کربن توده زنده میکروبی به‌روش ضدعفونی عصاره‌گیری (وانس و همکاران ۱۹۸۷) بر روی نمونه‌ها انجام شد.



شکل ۱-جانمایی منطقه مطالعاتی

میانگین، ضریب تغییرات، واریانس، انحراف معیار، چولگی و کشیدگی توسط نرم‌افزار SAS نسخه 9.4 تعیین گردید. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، تجزیه واریانس برای هریک از ویژگی‌های انتخابی بین سه کشت دوم مختلف صورت گرفت. آزمون نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون کولموگروف-اسمیرونوف و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام شد. جهت بررسی رابطه بین ویژگی‌های خاک و کیفیت پویای خاک در هر تناوب از آمار چندمتغیره خطی استفاده شد ومعنی‌داری آن با آزمون F و دقت آن با ضریب تبیین (r^2) تعیین شد.

نتایج و بحث

از نظر رده‌بندی، خاک‌های این منطقه در زیر گروه تیپیک هاپلوکمبید رده‌بندی شدند. توصیف آماری ویژگی‌های انتخابی در سه تناوب مختلف در جدول‌های ۱ تا ۳ ارائه شده است. در بین ویژگی‌های مختلف خاک، pH خاک دارای کمترین ضریب تغییرات بوده (کاکس و همکاران ۲۰۰۳، ایوبی و همکاران ۲۰۱۱، موگس و همکاران ۲۰۱۳) که به‌ترتیب برابر ۱/۲۶، ۱/۱۵ و ۱/۱۹ درصد برای تناوب‌های برنج-آیش، برنج-گندم، برنج- شبدر می‌باشد. pH خاک در اثر مدیریت‌های مختلف زراعی ممکن است تغییر کند (ایوبی و همکاران ۲۰۱۱). در بین ویژگی‌های مختلف خاک کربن توده زنده میکروبی دارای بیشترین ضریب تغییرات برای تناوب‌های مختلف می‌باشد که چنین نتیجه‌ای توسط آدوگانا و آبگاز (۲۰۱۶) نیز گزارش شده است واحتمالا ناشی از تاثیر کاربری اراضی بر جمعیت میکروبی خاک است. عوامل مدیریتی (مصرف کود و کاربری‌های مختلف از اراضی) و عوامل ذاتی (پستی و بلندی، تغییرات شدید بافتی و وضعیت زهکشی و پوشش گیاهی) در منطقه بر روی کربن آلی تاثیرگذار هستند. شایان ذکر است برخی از ویژگی‌ها مانند کلسیم، منیزیم، سدیم، هدایت الکتریکی و آهک در اراضی مورد مطالعه تفاوتی در تناوب‌های مختلف نداشتند که مورد بررسی قرار نگرفتند.

بافت خاک

از ویژگی‌های پایدار خاک بوده و به‌و سیله عملیات کشت و زرع مرســـوم تحت تاثیر قرا نمی‌گیرد (بی‌نام ۱۹۹۸). نتایج این تحقیق نشـــان داد که تناوب‌های زراعی اعمال شده روی بافت خاک تأثیری نداشته است. این موضوع با فرضیه قطعات خاکی انتخابی با ویژگی‌های ذاتی نسبتا یکســـان انتخاب شـــده‌اند، مطابقت دارد. لل (۲۰۱۵) نیز گزارش نمود که اکثر عملیات کشـــت و زرع بر بافت خاک بی‌تاثیر بوده و از پدیده‌های طبیعی تخریب و فرســـایش خاک از مهم‌ترین عوامل موثر در تغییرات تدریجی بافت خاک به‌شمار می‌رود.

جدول ۱-توصیف آماری ویژگی‌های خاک در کشت برنج بدون کشت دوم.

ویژگی‌های خاک	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	ضریب تغییرات	ضریب چولگی	ضریب کشیدگی
واکنش خاک	۷/۴۸	۷/۲۱	۷/۸۵	۰/۶۸	۱/۲۶	۰/۸۲	۰/۵۸
ظرفیت تبادل کاتیونی ($Cmol+ Kg^{-1}$)	۲۶/۱۳	۲۱/۱۶	۳۰/۵۴	۰/۹۲	۷/۱۷	۰/۷۵	۰/۶۱
جرم مخصوص ظاهری ($g\ cm^{-3}$)	۱/۳۹	۱/۲۶	۱/۶۴	۰/۰۹	۵/۸۲	۰/۳۵	−۰/۳۷
میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها mm	۱/۴۱	۱/۲۶	۱/۶۹	۰/۴۲	۲۷/۱۴	۰−/۳۱	۰/۳۴
ماده آلی (٪)	۱/۲۱	۰/۸۶	۱/۸۴	۰/۸۷	۳۱/۸۴	۰/۴۸	۰/۵۸
نیتروژن کل (٪)	۰/۳۶	۰/۲۷	۰/۴۱	۰/۰۸	۲۸/۴۵	۰/۴۳	−۰/۵۱
فسفر قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	۳۶/۷	۲۴/۶	۴۵/۰	۱۳/۶۴	۳۷/۷۴	۰/۹۳	۰/۵۲
پتاسیم قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	۵۵۱	۴۳۰	۵۹۲	۲۴/۷۵	۱۳/۱۴	۰/۵۵	۰/۷۴
رس (٪)	۱۹/۵	۱۳/۱	۱۹/۱	۲/۴۰	۵/۰۷	۰/۴۷	۰/۴۲
سیلت (٪)	۳۶/۴	۳۴/۱	۵۸/۴	۲/۸۴	۶/۰۱	۰/۷۳	−۰/۳۱
شن (٪)	۴۴/۱	۳۵/۵	۵۰/۷	۲/۷۱	۴/۳۴	۰/۱	۰/۲۴
تنفس میکروبی ($mg\ CO_2\ g^{-1}\ day^{-1}$)	۰/۹۷	۰/۸۹	۰/۱۱۸	۱/۹۳	۱۹/۱۲	۰/۳۵	۰/۲۷
کربن توده زنده میکروبی ($\mu G\ g^{-1}$)	۹/۷۴	۴/۶۱	۱۶/۸۷	۱۰/۷۲	۴۳/۳۲	۰/۲۱	۰/۶۳

جدول ۲-توصیف آماری ویژگی‌های خاک در کشت برنج با کشت دوم گندم.

ویژگی‌های خاک	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	ضریب تغییرات	ضریب چولگی	ضریب کشیدگی
واکنش خاک	۷/۳۸	۷/۰۲	۷/۹۶	۰/۸۴	۱/۱۵	۰/۶۹	۰/۱۱
ظرفیت تبادل کاتیونی ($Cmol+ Kg^{-1}$)	۲۲/۳۲	۱۹/۵۰	۲۶/۲۸	۰/۲۴	۶/۹۱	−۰/۳۸	−۰/۳۷
جرم مخصوص ظاهری ($g\ cm^{-3}$)	۱/۴۱	۱/۲۳	۱/۶۲	۰/۱۷	۴/۲۱	۰/۲۱	۰/۲۶
میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها mm	۱/۲۴	۱/۰۷	۱/۵۷	۰/۲۳	۱۷/۴	−۰/۳۵	۰/۳۸
ماده آلی (٪)	۱/۰۲	۰/۸۲	۱/۹۲	۰/۶۹	۳۲/۱۹	۰/۴۴	۰/۴۵
نیتروژن کل (٪)	۰/۳۰	۰/۲۴	۰/۳۳	۰/۱۰	۲۷/۲۴	−۰/۴۸	۰/۴۷
فسفر قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	۳۸/۱	۳۰/۲	۴۳/۵	۱۱/۹۷	۳۲/۹۰	−۰/۳۱	۰/۳۹
پتاسیم قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	۳۸۰	۳۲۲	۴۵۸	۲۹/۰۷	۱۲/۱۴	۰/۷۹	۰/۷۲
رس (٪)	۱۵/۲	۱۱/۸	۲۰/۳	۲/۳۱	۴/۸۹	۰/۳۷	۰/۴۸
سیلت (٪)	۳۹/۹	۳۶/۱	۴۶/۲	۲/۱۱	۵/۰۷	۰/۳۴	−۰/۲۷
شن (٪)	۴۴/۹	۳۸/۳	۴۹/۴	۳/۲۱	۷/۲۹	۰/۴۸	۰/۴۷
تنفس میکروبی ($mg\ CO_2\ g^{-1}\ day^{-1}$)	۰/۱۲۷	۰/۱۰۷	۰/۱۴۲	۳/۰۸	۲۴/۹۳	۰/۴۵	۰/۳۹
کربن توده زنده میکروبی ($\mu G\ g^{-1}$)	۱۰/۱۸	۵/۹۷	۲۱/۳۴	۱۲/۳۹	۴۸/۹	۰/۵۳	−۰/۷۴

جدول ۳-توصیف آماری ویژگی‌های خاک در کشت برنج با کشت دوم شبدر.

واکنش خاک	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	ضریب تغییرات	ضریب چولگی	ضریب کشیدگی
واکنش خاک	۷/۵۷	۷/۲۲	۷/۸۸	۰/۹۱	۱/۱۸	۰/۵۴	۰/۸۴
ظرفیت تبادل کاتیونی ($Cmol+ Kg^{-1}$)	۲۸/۱۲	۲۳/۲۱	۳۱/۳۲	۰/۱۲	۷/۳۱	۰/۷۳	-۰/۵۹
جرم مخصوص ظاهری ($g\ cm^{-3}$)	۱/۲۲	۱/۱۳	۱/۴۷	۰/۰۷	۲/۹۶	۰/۲۶	۰/۴۶
میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها mm	۱/۶۸	۱/۵۲	۱/۸۳	۰/۳۶	۴/۲۸	-۰/۴۱	۰/۵۲
ماده آلی (٪)	۱/۹۶	۱/۴۳	۲/۲۴	۰/۵۶	۲۵/۴	۰/۶۹	۰/۷۱
نیتروژن کل (٪)	۰/۳۱	۰/۲۶	۰/۳۶	۰/۱۲	۲۵/۴۸	۰/۱۹	۰/۳۴
فسفر قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	۵۱/۱	۴۱/۶	۵۶/۴	۱۰/۲۷	۳۵/۲۱	-۰/۶۳	-۰/۵۳
پتاسیم قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	۳۹۲	۳۴۱	۴۴۷	۲۳/۱۸	۱۴/۰۶	-۰/۴۹	-۰/۷۲
رس (٪)	۱۳/۸	۱۱/۰	۱۸/۷	۱/۹۱	۴/۶۹	-۰/۵۸	۰/۲۸
سیلت (٪)	۳۹/۱	۳۲/۴	۴۵/۸	۲/۱۲	۵/۱	۰/۹۸	-۰/۵۹
شن (٪)	۴۷/۱	۳۴/۵	۵۰/۴	۲/۷۷	۵/۸	۰/۸۲	۰/۹۲
تنفس میکروبی ($mg\ CO_2\ g^{-1}\ day^{-1}$)	۰/۱۵۲	۰/۱۲۶	۰/۱۷۹	۲/۸۷	۲۲/۲۸	۰/۴۱	۰/۴۳
کربن توده زنده میکروبی ($\mu G\ g^{-1}$)	۱۸/۸۴	۱۳/۱۲	۲۴/۶۵	۰/۰۳۹	۴۵/۷۲	۰/۶۶	-۰/۲۳

میانگین وزنی قطر خاکدانه ها (MWD) و جرم مخصوص ظاهری

جنبه‌ی فیزیکی کیفیت خاک، تأثیر به سزایی بر فرآیندهای شیمیایی و زیستی در خاک دارد. بنابراین کیفیت فیزیکی خاک، نقش اصلی و محوری را در مطالعات کیفیت خاک ایفا می‌کند. بافت خاک، میزان و نوع مواد آلی، نوع کانی‌های رسی، مقدار کاتیون‌ها، آهن و نوع و اندازه جمعیت میکروبی بر پایداری خاکدانه‌ها موثرند (بی‌نام ۱۹۹۸). نتایج نشان داد که بین تناوب‌های مختلف از نظر میانگین وزنی قطر خاکدانه ها اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد وجود دارد که بیش‌ترین مقدارآن مربوط به تناوب زراعی برنج-شبدر و کمترین مقدار مربوط به تناوب زراعی برنج-گندم به‌ترتیب ۱/۶۸ و ۱/۲۴ می‌باشد (جدول ۴). تناوب زراعی برنج-شبدر و برنج-گندم به‌ترتیب بیشترین وکمترین ماده آلی را دارا بوده، بنابراین ماده آلی بیشتر، دلیلی بر بالابودن مقدار میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها می‌باشد که این نتیجه توسط کاودیر و همکاران (۲۰۰۴) نیز گزارش شده است. در ارتباط با جرم مخصوص ظاهری، اختلاف معنی‌داری بین تناوب برنج-شبدر با دو تناوب دیگر در سطح احتمال ۵ درصد وجود دارد که به علت کشت گیاهان خانواده بقولات به‌عنوان کشت دوم و اضافه‌شدن ماده‌آلی به خاک ویژگی‌های فیزیکی خاک از جمله جرم مخصوص ظاهری خاک بهبود یافته است که با نتایج تحقیقات لایشارما و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد. در این تحقیق اختلافی بین تناوب برنج-گندم با برنج-آیش مشاهده نشد، تراکم خاک‌ها در اثر عدم اعمال عملیات شخم عمیق در تناوب برنج-آیش و از بین بردن مواد آلی به دلیل آتش زدن مزرعه گندم بعد از پایان فصل رشد در تناوب برنج-گندم می‌توانند از دلایل عمده افزایش میزان جرم مخصوص ظاهری دانست.

pH خاک

مقدار واکنش خاک در تناوب‌های زراعی انتخابی اختلاف معنی‌داری نداشته (جدول ۴) و برای تناوب‌های برنج-شبدر، برنج-گندم و برنج-آیش به‌ترتیب ۷/۵۷، ۷/۳۸ و ۷/۴۸ می‌باشد. این اختلاف ناشی از تولید اسیدهای آلی و تولید کربنیک‌اسید از ریشه گیاهان، تنفس میکروبی و فرآیند نیتراتی‌شدن متفاوت در اراضی با مدیریت‌های مختلف است. جمیل و همکاران (۲۰۱۶) لگاریتمی‌بودن مقیاس واکنش خاک را دلیلی بر عدم معنی‌داری در

کاربری های مختلف عنوان کرد ند. در تحقیق حاضر مشاهده می‌شود که همه خاک‌ها دارای واکنش قلیایی ضعیف بوده و تناوب برنج-شبدر به دلیل تثبیت ازت و فرآیند نیتراتی شدن دارای واکنش قلیایی‌تری ا ست چنین نتیجه‌ای توسط ساهراوات (۲۰۰۸) نیز گزارش شده است.

جدول ۴-مقایسه میانگین ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک کیفیت خاک در تناوب‌های مختلف زراعی.

ویژگی خاک	برنج-آیش	برنج-گندم	برنج-شبدر
میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (mm)	۱/۴۱^{b}	۱/۲۴^{c}	۱/۶۸^{a}
جرم مخصوص ظاهری ($g\ cm^{-3}$)	۱/۳۹^{a}	۱/۴۱^{a}	۱/۲۲^{b}
ماده آلی (٪)	۱/۲۱^{b}	۱/۰۲^{b}	۱/۹۶^{a}
واکنش خاک	۷/۴۸^{a}	۷/۳۸^{a}	۷/۵۷^{a}
ظرفیت تبادل کاتیونی ($Cmol+\ Kg^{-1}$)	۲۶/۱۳^{a}	۲۲/۳۲^{b}	۲۸/۱۲^{a}
فسفر قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	۳۶/۷^{b}	۳۸/۱^{b}	۵۱/۱^{a}
پتاسیم قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	۳۹۲^{b}	۳۸۰^{b}	۵۵۱^{a}
نیتروژن کل (٪)	۰/۳۱^{b}	۰/۳۰^{b}	۰/۳۷^{a}
تنفس میکروبی ($mg\ CO_2\ g^{-1}\ day^{-1}$)	۰/۹۷^{c}	۰/۱۲۷^{ab}	۰/۱۵۲^{a}
کربن توده زنده میکروبی ($\mu G\ g^{-1}$)	۹/۷۴^{b}	۱۰/۱۸^{b}	۱۸/۸۴^{a}

ماده آلی خاک

با توجه به جدول ۴ مقدار ماده آلی در تناوب‌های زراعی مختلف دارای اختلاف معنی‌داری بوده، به‌طوری که در تناوب زراعی برنج-شبدر، دارای بیشترین مقدار می‌باشد. نتایج موید این مطلب است که میزان مواد آلی به‌وسیله عملیات زراعی و کشت و کار تحت تأثیر قرارمی‌گیرد. وقتی مزارع بعد از بردا شت برنج زیر کشت شبدر برده می شود، در پایان بقایای گیاهی به خاک ا ضافه می‌گردد و مقدار کربن آلی خاک افزایش پیدا می‌کند. شایان ذکر ا ست که شخم‌زدن ارا ضی در کشت گندم می‌تواند باعث تهویه منا سب‌تر خاک و فعالیت بیشتر میکروارگانیسم‌ها و تجزیه مواد آلی گردد و در پایان فصل نیز آتش زدن بقایای گیاه به کاهش ماده آلی دامن می‌زند. پا تاک و همکاران (۲۰۰۴) نیز شخم زدن و تهویه مناسب را یکی از عوا مل موثر در کاهش مواد آلی خاک بیان نمود ند. مواد آلی شاخص کیفیت خاک، ک شاورزی و محیط بوده و نقش مهمی در سلامت خاک و محیط زیست ایفا می‌کند. مطالعه اجزای اندازه‌ای و شیمیایی مواد آلی یک رویکرد اصلی برای بررسی نقش کلیدی آن در فرآیندهای خاک می‌باشد.

ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)

ذرات بنیادی خاک به درجات مختلف در ایجاد تبادل کاتیونی نقش دارند، با این حال در غالب خاک‌ها در بخش رس و مواد آلی آن‌ها متمرکز است. نتایج موید این مطلب است که ظرفیت تبادل کاتیونی در تناوب زراعی برنج-شبدر و برنج-آیش تفاوت معنی‌داری نسبت به تناوب زراعی برنج-گندم دا شته ا ست (جدول ۴). این امر احتمالا به‌دلیل وجود ماده آلی بیشتر در تناوب زراعی برنج-شبدر و وجود مقادیر رس بیشتر در تناوب زراعی برنج-آیش باشد. کاکس و همکاران (۲۰۰۳) با تحقیقات

خود مواد آلی ونوع رس را در میزان ظرفیت تبادل کاتیونی خاک موثر گزارش نمودند.

نیتروژن کل

بیش از ۹۵ درصد نیتروژن کل خاک در مواد آلی متمرکز است (بی‌نام ۱۹۹۸). مقایسه خاک در سه تناوب زراعی انتخابی نشان داد که نیتروژن کل و مواد آلی در تناوب زراعی برنج-گندم (۱/۰۲ و ۰/۳۰) بوده و با اختلاف معنی‌داری نسبت به تناوب زراعی برنج-شبدر (۱/۹۶ و ۰/۳۶) کاهش یافته است (جدول ۴). نسبت پایین C/N در گیاهان شبدر باعث می‌شود که بقایای آلی سریعا تجزیه شده و میزان مواد آلی افزایش یابد. تخریب خاک و عدم جایگزینی نیتروژن برداشت‌شده توسط گیاهان، باعث کاهش فراهمی نیتروژن در خاک شده که می‌توان با کاشت گیاهان تیره لگوم به‌عنوان کشت دوم این معظل را برطرف نمود. نتیجه فوق با یافته‌های حاج‌عباسی و همکاران (۱۹۹۷) هم‌خوانی دارد.

پتاسیم قابل جذب

نتایج موید این مطلب است که کشت دوم گندم باعث کاهش میزان پتاسیم قابل جذب و تخلیه آن از خاک شده است، لذا تفاوت معنی‌داری (جدول ۴) بین تناوب بدون کشت دوم با تناوب‌های با کشت دوم وجود دارد. ادامه این روند می‌تواند بر روی حاصلخیزی خاک از دیدگاه پتاسیم تاثیرگذار باشد که می‌توان با اضافه کردن کود دامی که حاوی این عنصر است، پتاسیم خاک را افزایش داد.

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 فسفری کمتری کمک می‌کنند (منگل ۱۹۹۷). میزان فسفر در تناوب زراعی برنج-شبدر تفاوت معنی‌داری با دو تناوب زراعی دیگر داشته که مقدار آن برابر با ۴۹/۷۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک می‌باشد (جدول ۴). علت این تفاوت به علت وجود ماده‌آلی بیشتر در این تناوب زراعی و یا تفاوت در مدیریت به علت کاربرد ناهمسان کودهای فسفره (وایت برید و همکاران ۱۹۹۸) در این تناوب زراعی باشد.

کربن توده زنده میکروبی

حفاظت آب و خاک، شخم و سیستم‌های مختلف کشت بر روی کربن توده زنده میکروبی مؤثر می باشند (فروغی‌فر و همکاران ۲۰۱۲، پاتاک و همکاران ۲۰۰۴). مقدار کربن توده‌زنده میکروبی در تناوب های زراعی مختلف دارای اختلاف معنی‌داری بوده (جدول ۴)، به‌طوری که تناوب زراعی برنج- شبدر، دارای بیشترین مقدار نسبت به تناوب‌های زراعی دیگر می‌باشد. این امر ممکن است به‌دلیل وجود ماده آلی بیشتر و یا میانگین وزنی قطر خاکدانه های بالاتر در تناوب زراعی برنج-شبدر نسبت به دو تناوب زراعی دیگر باشد (شارما و همکاران ۲۰۰۴).

به‌منظور مشخص نمودن آن دسته از ویژگی‌های خاک که تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های بیولوژیک خاک دارند، از رگرسیون چندگانه خطی با روش گام به گام استفاده شد. متغیر هایی نظیر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، ماده آلی، رس، ازت کل، فسفر قابل استفاده، پتاسیم قابل استفاده، جرم مخصوص ظاهری و ظرفیت تبادل کاتیونی به‌عنوان ورودی و متغیرهای تنفس خاک و کربن توده زنده میکروبی به‌عنوان خروجی مدل انتخاب شدند. رابطه‌های ۱، ۲ و ۳ بیانگر مدل‌های آماری به‌دست آمده جهت محاسبه ویژگی های بیولوژیک از سایر ویژگی‌های انتخابی است.

$$MR = 0.0648 + 0.0063\ MBC \quad r^2=0.95 \quad (۱)$$

$$MR = -0.0144 + 0.541OM + 0.0265MWD \quad r^2=0.84 \quad (۲)$$

$$MBC = -18.984 + 7.218OM + 12.3MWD \quad r^2=0.81 \quad (۳)$$

در این رابطه‌ها MR و MBC به‌ترتیب تنفس خاک و کربن توده زنده میکروبی می‌باشند. براساس این روابط، دو فاکتور بیولوژیک تنفس خاک و کربن توده زنده میکروبی دارای همبستگی بالا بایکدیگر می‌باشند که با تحقیقات شالیکار و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد. دو فاکتور فوق با ماده‌آلی و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها همبستگی بالایی داشته که با تحقیقات شارما و همکاران (۲۰۰۴) مطابقت دارد. وجود ماده آلی به‌عنوان ماده اولیه فعالیت و توزیع مناسب خاکدانه‌ها ایجادکننده شرایط مناسب تنفس برای میکروب‌ها بوده و ضمن حفظ شرایط زیستی خاک، تنوع زیستی را نیز فراهم می‌کند.

تنفس میکروبی

میزان تنفس بیانگر فعالیت بیولوژیک میکروارگانیسم‌ها، ماکروارگانیسم‌ها و ریشه‌های گیاهی است. این فرآیند یک فرآیند سلولی بوده و واکنش های بیوشیمیایی بسیاری را در برمی‌گیرد. این فرآیند علاوه بر اینکه شاخصی از وضعیت و فعالیت میکروب‌های خاک است، بیان‌گر روند و چگونگی تجزیه مواد آلی، فعالیت آنزیمی و چرخه برخی از عناصر است (لو و ژو ۲۰۰۶). مقدار تنفس میکروبی در تناوب‌های زراعی مختلف اختلاف معنی‌داری داشته (جدول ۴)، به‌طوری که در تناوب زراعی برنج-شبدر، دارای بیشترین مقدار نسبت به تناوب‌های زراعی دیگر می‌باشد. این امر احتمالا به‌علت وجود ماده‌آلی بیشتر و یا میانگین وزنی قطر خاکدانه‌های بالاتر در تناوب زراعی-شبدر نسبت به دو تناوب زراعی دیگر باشد (فروغی‌فر و همکاران ۲۰۱۲).

نتیجه‌گیری کلی

این تحقیق به‌منظور انتخاب تناوب کشت مناسب در اراضی حاشیه رود ارس انجام گرفت. نتایج موید این مطلب است که شاخص‌های مهم کیفیت خاک مشتمل بر میزان میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، جرم مخصوص ظاهری خاک، ماده آلی، فسفر و پتاسیم قابل جذب، نیتروژن کل، کربن توده زنده میکروبی و تنفس میکروبی تحت تأثیر تناوب زراعی قرار گرفته‌اند. کشت دوم گندم بعد از برنج چندان تاثیری در بهبود شاخص‌های کیفیت خاک نداشته و در برخی موارد نیز باعث کاهش کربن آلی و تخریب ساختمان خاک نیز شده است. براساس تحقیقات میدانی نیز گندم در این اراضی عملکرد چندان بالایی نداشته و باعث ارزش افزوده زیادی نمی‌شود. تناوب زراعی برنج با شبدر باعث بهبود در شاخص‌های کیفیت خاک شده است، بنابراین به‌عنوان تناوب مناسب معرفی می‌گردد. نهایتا می‌توان گفت که عملکرد خاک خیلی بیشتر از آن است که فقط بستری برای گیاه و زندگی انسان باشد. خاک بسیاری از وظایف و خدمات اکوسیستم را به عهده دارد. خاک منبع عظیمی از کربن، زیستگاهی برای انواع جانوران و کنترل‌کننده بسیاری از فرایندهای بیو شیمیایی است. بنابراین خاک در واقع پایه و اساس زندگی و محیط زیست است و از این‌رو لازم است که همواره کیفیت، سلامت و امنیت آن مورد توجه جدی قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

Adugana A and Abegaz A, 2016. Effects of land use changes on the dynamics of selected soil properties in northeast Wellega, Ethopia. Journal of European Geosciences 2: 63-70.

Angers DA and Mehuys GR. 1993. Aggregate stability to water. Pp. 651-657. In: Carter MR (ed). Soil Sampling and Methods of Analysis. Chapter 5, Physical attributes of soil quality. Lewis Publishers, Boca Raton.

Anonymous, 1998. Soil Quality Information Sheet, Indicators for Soil Quality Evaluation. Natural Resources Conservation Service (NRCS), USDA.

Anonymous, 2004. Production Yearbook. No, 57. FAO, Rome.

Anonymous, 2013. Detailed and semi-detailed survey of the Aras River margin. Ardebil Agricultural Organization (Farsi).

Arshad MA and Martin S, 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agroecosystems. Agriculture Ecosystems and Environment 88: 153-160.

Ayoubi Sh, Khormali F, Sahraswat KL and Rodrigues de Lima AC. 2011. Assessing impacts of land use change on soil quality indicators in a Loessial soil in Golestan province, Iran. Journal of Agricuture Science and Technology 13: 727-742.

Black CA, 1986. Methods of soil analysis. Journal of Soil Science 9:545-566.

Bouyoucos GJ, 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agronomy Journal 54: 464-465.

Bower CA, 1952. Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. Journal of Soil Science 73: 251-261.

Bremner JM and Mulvany CS, 1982. Nitrogen-total. Pp. 595-624. In: Page AL, Miller RM and Keeney DR (eds). Methods of Soil Analysis, Part2, Chapter 4, Chemical and Microbial Analaysis. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.

Cox MS, Gerard PD, Wardlaw MC and Abshire MJ. 2003. Variability of selected soil properties and their relationships with soybean yield. Soil Science Society of American Journal 67:1296-1302.

Doran JW and Parkin TB, 1994. Defining and assessing soil quality. Pp. 3-21. In: Doran JW, Coleman DC, Bezdicek DF and Stewart BA (eds). Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Chapter 1, Soil quality indicator. Soil Science Society of American, Madison, WI.

Froughifar H, Jafarzadah AA, Torabi Gelsefidi H and Aliasgharzadah N, 2012. Effect of different landforms on spatial variability and frequency distribution of soil diological droperties in Tabriz plain. Water and Soil Science- University of Tabriz 21(4): 35-52.

Hajabbasi M, Jalalian A and Karim zadeh PR. 1997. Deforestation effects on soil physical and chemical properties, Lordegan, Iran. Plant and Soil 190: 301-308.

Jamil N, Sajjad N, Ashraf H, Masood Z, Bazai ZA, Khan R, Anjum N, Akmal F, Arab N, Tareen P and Khan R, 2016. Physical and chemical properties of soil quality forests productivity. American-Eurasian Journal of Toxicological Sciences 8(2): 60-68.

Karlen DL, Maushback MJW, Cline RG, Harris RF and Schuman GE, 1997. "Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation". Soil Science Society of American Journal 61: 4-10.

Kavdir Y, Ozcan H, Ekinci H and Yigini Y. 2004. The influence of clay content, organic carbon and land use types on soil aggregate stability and tensile strength. Turk Journal of Agriculture 28: 155-162.

Laisharma J, Saxena KG, Maikhurio RK and Rao KS. 2012. Soil quality and Soil health. International Journal of Ecology and Enviromental Sciences 38(1): 19-37.

Lal R, 2015. Restoring soil quality to mitingate soil degradation. Sustainibility 7: 5875-5895.

Larson WE and Pierce FJ, 1991. Conservation and Enhancement of Soil Quality. Pp. 175-203. In: Dumanski J (Eds). Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World. Technical Papers, Board for Soil Research, Thailand.

Luo Y and Zhou X, 2006. Soil respiration and the environment. Academic press, China.

Mengel K. 1997. Agronomic measures for better utilization of soil and fertilizer phosphates. European Journal of Agronomy 7: 221-233.

McLean EO, 1982. Soil pH and Lime requirement. Pp. 199-224. In: Page AL, Miller RH and Keeney DR (Eds). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Micromorphological Properties. 2nd ed. Agron, Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

Moges A, Dagnachew M and Yimer F, 2013. Land use effect on soil quality indicator: A case study of Abo Wonsho southern Ethiopia. Applied and Environmental Soil Science 9: 137-151.

Motaghian H.R and Mohammadi J, 2011. Comparison of Some Soil Physical Quality Indices in Different Land Uses in Marghmalek Catchment, Shahrekord (Chaharmahal-va- Bakhtiari Province). Journal of Water and Soil 25(1): 115-124.

Murthy CS, 1978. Soils and Rice. International Rice Research Institute (IRRI), Los Banos, Philippines.

Nelson W and Sommers L, 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. Pp. 532-581. In: Page AL, Miller RH and Keeney DR (eds). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Methodes. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

Olsen SR and Sommers LE, 1982. Phosphorus. Pp. 403-430. In: Page AL (ed). Methods of Soil Analysis, Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Methodes. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

Pathak P, Sahrawat KL, Rego TJ and Wani SP. 2004. Measurable Biophysical Indicators for impact assessment changes in soil quality, Indian Agriculture Journal 19: 53-73.

Richards LA. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. USDA Handbook, No. 60. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC.

Sahrawat L, 2008. Factor affecting nitrification in soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis 39: 1436-1446.

Shahrokh V, Ayoubi Sh and Jalalian A, 2011. Qualititative, quantitative and economical land suitability evaluation for wheat and rice production and assessment of their environmental impacts in Zarrinshahr and Mobarakeh Isfahan Province. Journal of Water and Soil Conservation 18(3): 37-60.

Shalikar OH, Ayoubi Sh and, Khormali F and Ghorbani Nasrabadi R, 2009. Assessment of soil quality indicators in different rice rotation systems in Dasht-Sar district, Amol, Mazandaran Province. Journal of Agricural Science and. Natural. Resours 15(6): 67-78.

Sharma KL, Uttam Kumar M, Srinivas K, Vittal KPR, Biswapati M, Kusuma Grace J and Ramesh V. 2004. Long-term soil management effects on crop yields and soil quality in a dryland Alfisol. Soil and Tillage Research 23: 1121-1129.

Stotzky G. 1965. Microbial respiration. Pp. 1550-1572. In: Black CA (eds). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Methodes. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

Vance ED, Brookes PC and Jenkinson DS, 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. Soil Biology and Biochemstery 19: 703-707.

Whitebread AM, Lefroy RDB and Blair GJ. 1998. A survey of the impact of cropping on soil physical and chemical properties in Northwestern New south Wales. Austuralian Journal of Soil Research 36: 669-681.

Yao RJ, Yang JS, Zhao XF, Li XM and Liu MX, 2013. Determination minimum soil data set for soil quality assessment to typical salt-affected farmland in the coastal reclamation area. Soil and Tillage Research 128: 137-148.