تغییر شاخص‌های کیفیت خاک در اثر احیای زمین‌های شور دشت ابرکوه در ایران مرکزی

جابر فلاح‌زاده* و محمدعلی حاج‌عباسی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۶/۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۰/۲۶)

چکیده

زمین‌های شور در قسمت‌های خشک مرکزی ایران با ویژگی‌هایی مانند رطوبت و حاصل‌خیزی کم، شوری، تبخیر و تعرق زیاد شناخته می‌شوند. زیر کشت‌بردن این زمین‌ها ممکن است بر برخی از شاخص‌های کیفیت خاک تأثیر داشته باشد. هدف از این پژوهش تعیین میزان تغییرات شاخص‌های کیفیت خاک در طی احیا و زیر کشت‌بردن زمین‌های شور دشت ابرکوه واقع در مرکز ایران بوده است. شاخص‌های کیفی خاک در سه کاربری شامل زمین‌های شور، زمین‌های زیر کشت گندم و یونجه اندازه‌گیری شده‌اند. نمونه‌های ترکیبی خاک از چهار لایه ۱۰-۰، ۲۰-۱۰، ۳۰-۲۰ و ۴۰-۳۰ سانتی‌متری برداشته شده و کربن آلی، نیتروژن کل، کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با اسید رقیق، کربن آلی ذره‌ای موجود در خاک‌دانه‌های درشت (POC_{mac}) و ریز (POC_{mic})، معدنی‌شدن کربن آلی و پایداری خاک‌دانه‌ها در آنها تعیین شد. زیر کشت‌بردن زمین‌های شور باعث کاهش معنی‌دار شوری خاک در تمام لایه‌ها گردیده ولی مقادیر کربن آلی، نیتروژن کل، کربوهیدرات، POC_{mac} ، POC_{mic} و معدنی‌شدن کربن آلی خاک در زمین‌های کشاورزی افزایش یافته است. در تمام لایه‌ها نسبت POC_{mac}/POC_{mic} در زمین‌های زیر کشت یونجه بیشتر از زمین‌های زیر کشت گندم بوده است. هم‌چنین زیر کشت‌بردن زمین‌های شور موجب افزایش معنی‌دار شاخص پایداری خاک‌دانه‌ها (MWD) شده است. در بیشتر لایه‌ها، میزان مواد آلی و پایداری ساختمان خاک در زمین‌های زیر کشت یونجه بیشتر از زمین‌های زیر کشت گندم بوده که این نشان‌دهنده بهتربودن کیفیت خاک و زیادتربودن پتانسیل ترسیب کربن در زمین‌های زیر کشت یونجه نسبت به زمین‌های زیر کشت گندم می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: احیای زمین، کیفیت خاک، زمین‌های شور، مواد آلی خاک، کربن آلی ذره‌ای

۱. به‌ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استاد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: jaber84023@yahoo.com

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.55.11.9]

مقدمه

استفاده پایدار از منابع طبیعی و ایجاد تعادل بین میزان تولید و بهبود کیفیت منابع طبیعی در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. در این میان خاک جزء بسیار مهم پایداری اکوسیستم‌هاست. توانایی خاک در انجام فرایند یا استفاده‌ای ویژه، مفهوم کیفیت خاک را در اکوسیستم نشان می‌دهد (۱۱). کیفیت خاک شاخص مهم پایداری در کشاورزی و محیط زیست محسوب می‌شود. ویژگی‌های خاک که در بیشتر پژوهش‌های مربوط به کیفیت خاک مورد استفاده پژوهشگران قرار گرفته است شامل ۱- ویژگی‌های فیزیکی مانند: چگالی ظاهری، پایداری خاک‌دانه‌ها و تخلخل، ۲- ویژگی‌های شیمیایی مانند: کربن و نیتروژن آلی و ۳- ویژگی‌های بیولوژیکی مانند: تنفس خاک، کربن زیتوده میکروبی و فعالیت آنزیمی است (۲). عوامل شیمیایی و میکروبی به عنوان شاخص‌های بیوشیمیایی و بیولوژیکی کیفیت خاک معرفی شده‌اند. اجزای مختلف مواد آلی خاک از شاخص‌های مهم بیوشیمیایی در کیفیت خاک محسوب می‌شوند (۱۰). در مورد شاخص‌های بیولوژیکی می‌توان این‌چنین گفت که جامعه میکروبی خاک به عنوان حیاتی‌ترین عضو اکوسیستم، می‌تواند هر گونه تغییر در عملکرد اکولوژیکی خاک را انعکاس دهد. کربن آلی خاک از مهم‌ترین و کلیدی‌ترین عوامل مؤثر بر کیفیت خاک بوده و پتانسیل زیادی برای تغییر در اثر مدیریت‌های مختلف کشاورزی دارد (۱۱). وابستگی بین میزان تولید محصول با مقدار کربن آلی خاک نیز توسط پژوهشگران به اثبات رسیده است (۱۰). با این وجود کربن آلی به تنهایی نمی‌تواند به عنوان شاخص حساس مواد آلی خاک مطرح شود (۲۰). گریگوریچ و همکاران (۱۰) مواد آلی ذره‌ای (Particulate organic matter, POM) را به‌عنوان ترکیبی مفید جهت ارزیابی کیفیت خاک معرفی کردند. POM از بخش‌های مهم مواد آلی ناپایدار خاک محسوب شده و شامل بقایای گیاهی است که کمتر دچار تجزیه شده است. کربن آلی ذره‌ای (Particulate organic carbon, POC) نزدیک به ۳۹ درصد کربن آلی خاک را تشکیل می‌دهد (۴). از دیگر ذخایر مواد آلی خاک کربوهیدرات‌ها هستند که از دیدگاه کشاورزی مهم‌ترین ویژگی و وظیفه آنها، پیونددادن ذرات در خاک‌دانه‌های پایدار می‌باشد. این ترکیبات هم‌چنین به نگهداری آب در خاک کمک کرده و به علت تأثیر در تشکیل و پایداری خاک‌دانه‌ها، در کیفیت خاک نقش بسزایی دارند (۱۴).

بخش عظیمی از کشور ایران را بیابان‌ها تشکیل می‌دهند که معمولاً شور بوده و بدون پوشش گیاهی یا دارای پوشش گیاهی خیلی کمی هستند. استان یزد دارای اقلیم‌های متنوعی می‌باشد که اقلیم فراخشک و بیابانی بخش اعظمی از این استان را در بر گرفته است. کمی نزولات جوی و زیادبودن تبخیر سالیانه در برخی از مناطق این استان، پیدایش خاک‌های شور را در پی داشته است. شوری خاک با کاهش میزان جذب و نگهداری آب توسط گیاه، ایجاد اختلال در تبادل گازی، فتوسنتز و سنتز پروتئین‌ها مانع از رشد گیاه می‌شود (۱۷). تخریب خاک‌های شور در مناطق خشک با کم‌شدن مقدار کربن آلی خاک مشخص می‌گردد (۲۳). عوامل محیطی مختلفی مانند ورودی کم مواد آلی، مقدار زیاد نمک‌ها، غلظت یون سدیم، pH و مقدار آب خاک بر مقدار کربن آلی در خاک‌های شور اثر می‌گذارند (۱۳). شوری با کاهش رشد گیاه باعث کاهش زیتوده گیاهی در زیر و بالای سطح خاک می‌شود (۹). قولاراتا و رئیسی (۹) با بررسی اثر شوری بر رشد گیاه شبدر دریافتند که اثر شوری بر کاهش رشد ریشه بیشتر از ساقه و برگ است. با این وجود، در مناطق خشک انجام آبیاری مناسب به منظور آبشویی نمک‌ها، افزایش قابلیت استفاده از آب و در نهایت جهت تولید محصول کشاورزی لازم می‌باشد. فنگ و همکاران (۸) و زهتابیان و همکاران (۱) تأثیر آبیاری بر آبشویی و کاهش غلظت نمک‌ها را گزارش نموده‌اند.

با توجه به این‌که زمین‌های شور بخش عظیمی از قسمت‌های مرکزی ایران را در برگرفته‌اند، ولی تاکنون پژوهشی در مورد شاخص‌های کیفیت خاک این زمین‌ها و هم‌چنین زمین‌های کشاورزی حاشیه‌ای آنها انجام نشده است. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر احیاء و زیر کشت‌بردن زمین‌های

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.55.11.9]

شور بر برخی از شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی کیفیت خاک انجام شده است.

مواد و روش‌ها

توصیف منطقه مورد بررسی

شهرستان ابرکوه با موقعیت جغرافیائی ´۱۸ °۳۱ شمالی و ´۱۷ °۵۳ شرقی در ۱۴۰ کیلومتری جنوب غربی یزد قرار گرفته و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۵۰۰ متر است. بر اساس داده‌ها و آمار ایستگاه هواشناسی، آب و هوای این شهرستان خشک با تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های نیمه‌سرد بوده و میانگین بارندگی و تبخیر سالیانه آن به ترتیب ۶۰ و ۲۸۰۰ میلی‌متر می‌باشد. با توجه به قرار گرفتن این شهرستان در حاشیه بیابان، زیادبودن تبخیر و تعرق سالیانه و میزان بارندگی کم، خاک‌های شور در این منطقه دارای نمک‌های زیادی بوده و به همین علت پوشش گیاهی این زمین‌ها بسیار ضعیف بوده و گاهاً شامل بوته‌های گز (*Tamarix hispida*) می‌باشد. با این وجود، این شهرستان با بیش از ۲۷ هزار هکتار زمین‌های زیر کشت محصولات زراعی (بیشتر شامل گندم، یونجه و جو) و باغی (بیشتر شامل زردآلو، پسته و انار) یکی از قطب‌های کشاورزی استان محسوب می‌شود. آب کشاورزی این شهرستان از چاه‌های عمیق پمپاژ می‌شود. از آنجایی که سفره‌های زیرزمینی این شهرستان بیشتر از قسمت‌های شمالی استان فارس (آباده، بوانات و صفاشهر) تأمین می‌شود، کیفیت آب‌های کشاورزی نسبتاً مناسب بوده (هدایت الکتریکی آب کشاورزی مزارع انتخاب‌شده بین ۱۷۰۰ تا ۲۵۰۰ میکروموس در سانتی‌متر متغیر بود) و از این‌رو کشاورزی در این شهرستان از رونق ویژه‌ای برخوردار است. در ابتدای تبدیل زمین‌های شور به زمین‌های کشاورزی (سال‌های ۱۳۵۸ الی ۱۳۶۰)، در مناطق مورد بررسی زمین‌های شور کرت‌بندی شده و به صورت غرقابی، ۲ الی ۳ مرتبه در آنها آبیاری سنگین انجام‌شده، سپس زیر کشت چغندرقند و در سال‌های بعدی زیر کشت محصولات زراعی مانند گندم و جو رفته و پس از چند سال گیاه یونجه نیز در تناوب با آنها (به‌ویژه با گندم) قرار گرفته است. به‌طور میانگین سالیانه در هر هکتار از زمین‌های زیر کشت گندم به‌ترتیب ۴۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم اوره و فسفات آمونیوم و در زمین‌های زیر کشت یونجه ۲۰۰ کیلوگرم نیترات آمونیوم و ۲۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم مصرف می‌شود.

نمونه‌برداری خاک

برای نمونه‌برداری خاک ۳ منطقه در جنوب شهرستان به گونه‌ای انتخاب شد که زمین‌های کشاورزی این مناطق در حاشیه زمین‌های شور قرار داشتند. در تیرماه سال ۱۳۸۷ در هر یک از مناطق سه‌گانه، زمین‌های شور، زمین‌های زیر کشت یونجه (در تناوب با گندم) و زمین‌های زیر کشت گندم (در تناوب با جو و آیش) به عنوان سه تیمار، تعیین شد و نمونه‌برداری در هر یک از سه تیمار و با ۳ نمونه ترکیبی (هر نمونه ترکیبی شامل سه تکرار است) انجام گرفت. نمونه‌های خاک از چهار لایه ۱۰-۰، ۲۰-۱۰، ۳۰-۲۰ و ۴۰-۳۰ سانتی‌متر جمع‌آوری گردید و جهت انجام آزمایش‌های مربوطه به آزمایشگاه منتقل شد.

تجزیه خاک‌ها

در این پژوهش بافت خاک به روش پیپت، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع و اسیدیته (pH) خاک در گل اشباع، درصد نیتروژن کل بر اساس روش کلدال و درصد کربن آلی خاک با روش والکلی و بلاک تعیین شد (۳). برای تعیین پایداری خاک‌دانه‌ها با روش الک مرطوب، از روش کامباردلا و الیوت (۵) استفاده شد. ابتدا ۷۰ گرم خاک هواخشک که از الک ۴ میلی‌متری عبور داده شده بود، توسط آب‌پاش خیس شده و به مدت ۱۰ دقیقه در آب مقطر غوطه‌ور گردید و سپس خاک مرطوب روی سری الک‌های ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵ و ۰/۰۵ میلی‌متری ریخته شد. الک‌ها توسط موتور الکتریکی، ۵۰ بار به مدت ۲ دقیقه و با کورس ۳ سانتی‌متر در آب، بالا و پایین رفته و مواد باقی‌مانده روی الک‌ها در آون (دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد) خشک گردید. در این پژوهش ذرات بزرگ‌تر از

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.55.11.9]

۰/۲۵ میلی‌متر به عنوان خاکدانه‌های درشت (۲- ۰/۲۵ میلی‌متر) و ذرات باقی‌مانده روی الک ۰/۰۵ میلی‌متر به عنوان خاکدانه‌های ریز (۰/۲۵- ۰/۰۵ میلی‌متر) در نظر گرفته شد.

میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها (Mean weight diameter, MWD) با استفاده از معادله $MWD = \sum_{i=1}^{n} X_i W_i$ تعیین گردید که در آن، X_i میانگین قطر خاک‌دانه‌های روی الک i و W_i نسبت وزنی همان خاک‌دانه‌هاست.

برای جداکردن POM، ابتدا به ۱۰ گرم از هر دو بخش خاک‌دانه‌های ریز و درشت، ۳۰ میلی‌لیتر محلول ۵ درصد هگزا متافسفات‌سدیم اضافه گردید و به مدت ۱۶ ساعت تکان داده شد. سپس این سوسپانسیون روی الک ۵۳ میکرومتر ریخته شده و با آب مقطر شسته شد تا آب خروجی شفاف شود. مواد باقی‌مانده روی الک (POM + Sand در خاک‌دانه‌های ریز و درشت) در آون (دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد) خشک گردید. اندازه‌گیری POM از راه کاهش وزن به‌وسیله سوزاندن (Loss On Ignition) بود (۶). ابتدا POM + Sand توزین شده و برای مدت ۴ ساعت در دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و بعد از زمان مورد نظر، مواد باقی‌مانده دوباره وزن شده و از تفاوت آنها مقدار POM محاسبه شده و مقدار POC با استفاده از فرمول POC = POM / ۱/۷ به دست آمد. لازم به ذکر است که شاخص‌های پایداری خاک‌دانه‌ها و POC خاک در لایه ۴۰-۳۰ سانتی‌متری اندازه‌گیری نشد.

اندازه‌گیری مقدار کربوهیدرات‌های محلول در اسید رقیق با روش فنل- اسید سولفوریک انجام گرفت (۷). به یک گرم خاک ۱۰ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۰/۲۵ مولار افزوده شده و به مدت ۱۶ ساعت تکان داده شد. سپس سوسپانسیون به مدت ۳۰ دقیقه در ۳۰۰۰ دور، سانتریفوژ شده و از محلول صاف رویی برای اندازه‌گیری غلظت کربوهیدرات‌ها استفاده گردید، بدین ترتیب که به ۲ میلی‌لیتر از عصاره، ۰/۰۵ میلی‌لیتر محلول فنل ۸۰ درصد وزنی و ۵ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک غلیظ (خلوص ۹۸ درصد) جهت ایجاد رنگ زرد متمایل به نارنجی اضافه گردید و مقدار جذب در طول موج ۴۹۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. هم‌چنین به منظور تعیین منحنی استاندارد، از محلول گلوکز استفاده شد.

برای اندازه‌گیری پتانسیل معدنی‌شدن کربن آلی خاک، میزان CO_2 آزاد شده از خاک در مدت ۴۵ روز انکوباسیون و تحت شرایط دمایی و رطوبتی کنترل‌شده، به روش تیتراسیون برگشتی با سود باقی‌مانده اندازه‌گیری گردید (۱۸).

برای بررسی میزان تغییر شاخص‌های کیفیت خاک در اثر احیاء زمین‌های شور از آزمون تجزیه واریانس (ANOVA) استفاده شد و میانگین تکرارهای هر ویژگی در لایه‌ها و کاربری‌های مختلف توسط آزمون LSD در سطح آماری ۵ درصد با یکدیگر مقایسه شد. محاسبه‌های آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گرفت.

نتایج و بحث

برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد بررسی در لایه‌های مختلف در جدول ۱ آورده شده است. خاک‌های مورد بررسی دارای بافت لوم رسی بوده و میزان آهک آنها بین ۳۱/۳ تا ۳۴/۷ درصد و pH آنها بین ۷/۷ تا ۸/۱ متغیر بود. خاک‌های منطقه در گروه کلسیک هاپلو سالیدز (Calcic Haplosalids) طبقه‌بندی می‌شوند.

نتایج حاصله از تجزیه واریانس برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک‌های مورد بررسی در جدول ۲ آورده شده است. به‌طورکلی زیر کشت‌بردن زمین‌های شور باعث تغییر در برخی از ویژگی‌های خاک گردید که نتایج آن به صورت جداگانه برای هر یک از ویژگی‌ها آورده شده است.

هدایت الکتریکی خاک

شکل ۱ تأثیر زیر کشت‌بردن زمین‌های شور را بر هدایت الکتریکی خاک نشان می‌دهد. با زیر کشت‌بردن زمین‌های شور هدایت الکتریکی خاک در تمام لایه‌ها به صورت معنی‌داری کاهش یافته است. به این علت که آب آبیاری مورد استفاده در

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.55.11.9]

جدول ۱. برخی از ویژگی‌های خاک‌های مورد بررسی در لایه‌های مختلف

نوع کاربری	لایه	pH	آهک	شن	سیلت	رس
	سانتی‌متر	(-)	(%)			
زمین‌های شور	۰-۱۰	۷/۹	۳۴/۰	۳۰/۷	۳۳/۸	۳۵/۵
	۱۰-۲۰	۸/۱	۳۲/۵	۲۸/۷	۳۴/۳	۳۷/۰
	۲۰-۳۰	۸/۰	۳۳/۴	۲۷/۷	۳۴/۵	۳۷/۸
	۳۰-۴۰	۷/۸	۳۱/۳	۲۸/۳	۳۲/۷	۳۹/۰
زمین‌های کشاورزی گندم	۰-۱۰	۷/۷	۳۲/۵	۲۷/۵	۳۵/۵	۳۷/۰
	۱۰-۲۰	۷/۸	۳۲/۲	۲۶/۹	۳۳/۵	۳۹/۶
	۲۰-۳۰	۷/۷	۳۱/۸	۲۸/۷	۳۳/۷	۳۷/۶
	۳۰-۴۰	۷/۸	۳۱/۵	۲۸/۴	۳۳/۶	۳۸/۰
زمین‌های کشاورزی یونجه	۰-۱۰	۷/۸	۳۳/۳	۲۸/۰	۳۵/۰	۳۷/۰
	۱۰-۲۰	۷/۸	۳۲/۳	۲۹/۵	۳۱/۹	۳۸/۶
	۲۰-۳۰	۷/۹	۳۲/۲	۲۵/۶	۳۵/۴	۳۹/۰
	۳۰-۴۰	۷/۷	۳۴/۷	۲۸/۷	۳۳/۷	۳۷/۶

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک‌های مورد بررسی

منابع تغییر	درجه آزادی	هدایت الکتریکی	میانگین مربعات		
			کربن آلی	نیتروژن	کربوهیدرات
		($dS\ m^{-1}$)	($g\ kg^{-1}$)		
کاربری	۲	۱۱۱۳۵/۸*	۵۴/۸*	۰/۱۵*	۳/۰۵*
تکرار در کاربری	۲۴	۳۹/۳*	۰/۴*	۰/۰۰۱*	۰/۰۷*
لایه	۳	۵۳۱/۶*	۳/۱*	۰/۰۳*	۰/۵۳*
لایه × کاربری	۶	۵۶۶/۵*	۲/۴*	۰/۰۱*	۰/۲۹ns
خطا	۷۲	۲/۴	۰/۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۱

*: نشان‌دهنده اثر معنی‌دار تیمار در سطح آماری ۰/۱ درصد ns : نشان‌دهنده عدم معنی‌دارشدن اثر تیمار در سطح آماری ۵ درصد

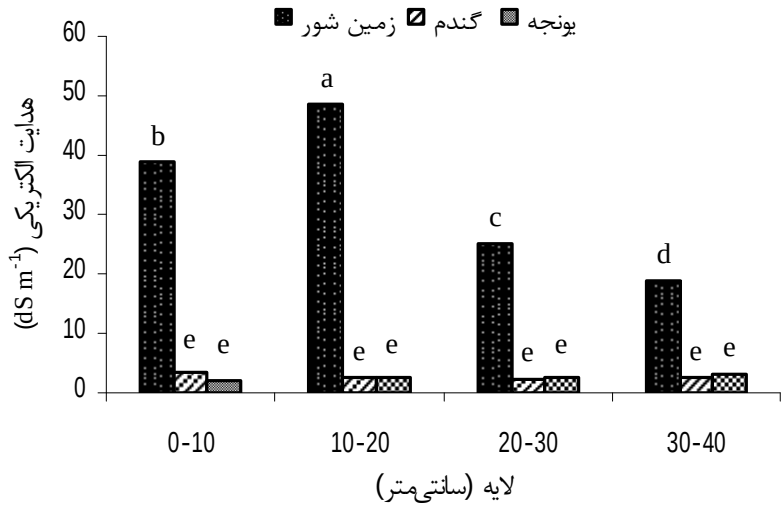
مزارع، از کیفیت نسبتاً مناسبی برخوردار بوده، آبیاری سبب آبشویی نمک‌ها و کاهش شوری خاک شده است. در این راستا فنگ و همکاران (۸) تأثیر معنی‌دار آبیاری را بر آبشویی و کاهش غلظت نمک‌ها در لایه‌های مختلف خاک‌های کشاورزی گزارش کردند. زهتابیان و همکاران (۱) نیز بیان نمودند که هدایت الکتریکی خاک‌های کشاورزی نسبت به زمین‌های بایر در دشت یزد- اردکان به علت آبیاری و شستشوی نمک‌ها به طور معنی‌داری کاهش یافته است.

کربن آلی خاک

احیا و زیر کشت‌بردن زمین‌های شور موجب افزایش معنی‌دار کربن آلی خاک شده است (جدول ۳). میزان کربن آلی خاک‌های زیر کشت یونجه در تمام لایه‌ها بیشتر از دو کاربری دیگر بود. هم‌چنین مقدار کربن آلی خاک‌های زیر کشت گندم در لایه‌های ۱۰-۰، ۲۰-۱۰ و ۳۰-۲۰ سانتی‌متری (که در واقع همان لایه شخم هستند) بیشتر از زمین‌های شور است. در لایه ۴۰-۳۰ سانتی‌متری تنها منشا مواد آلی خاک مربوط به ترشحات ریشه گیاه بوده و در این لایه بازگشت بقایای گیاهی

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.55.11.9]



شکل ۱. هدایت الکتریکی خاک در لایه‌ها و کاربری‌های مختلف. مقایسه میانگین‌ها به روش LSD انجام شده و حروف مشابه در سطح ۰/۰۵ آماری بدون تفاوت معنی‌دار می‌باشند (LSD = ۵/۸).

جدول ۳. مقایسه برخی از ویژگی‌های مواد آلی خاک در لایه‌ها و کاربری‌های مختلف

لایه (سانتی‌متر)	کاربری	کربن آلی	نیتروژن کل	نسبت C/N
		(گرم در کیلوگرم)		–
۰–۱۰	زمین شور	۰/۵۶ g	۰/۰۷ ef	۸/۲ d
	گندم	۲/۸۸ bc	۰/۱۸ bc	۱۶/۴ ab
	یونجه	۳/۸۰ a	۰/۳۰ a	۱۳/۳ bc
۱۰–۲۰	زمین شور	۰/۷۲ g	۰/۰۸ ef	۸/۷ d
	گندم	۲/۱۸ de	۰/۱۶ cd	۱۵/۶ ab
	یونجه	۳/۳۰ b	۰/۲۷ a	۱۲/۹ bc
۲۰–۳۰	زمین شور	۰/۲۶ g	۰/۰۵ f	۴/۱ e
	گندم	۱/۷۶ ef	۰/۱۴ cd	۱۳/۲ bc
	یونجه	۳/۰۱ bc	۰/۲۲ b	۱۳/۸ abc
۳۰–۴۰	زمین شور	۱/۲۸ f	۰/۱۲ de	۱۰/۹ cd
	گندم	۱/۴۲ f	۰/۱۴ cd	۱۰/۳ cd
	یونجه	۲/۵۴ cd	۰/۱۷ c	۱۷/۳ a
	LSD	۰/۵۱	۰/۰۵	۳/۷

مقایسه میانگین‌ها به روش LSD انجام شده و برای هر ستون، حروف مشابه در سطح ۰/۰۵ آماری بدون تفاوت معنی‌دار هستند.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.55.11.9]

به خاک توسط عملیات شخم ناچیز است، به همین دلیل تفاوتی بین خاک زیر کشت گندم و زمین‌های شور دیده نشده است. بدین علت که گیاه یونجه نسبت به گندم دارای ریشه‌های عمیق‌تری است، در نتیجه میزان کربن آلی در لایه ۴۰-۳۰ سانتی‌متری خاک زیر کشت یونجه بیشتر از سایر خاک‌هاست. از آنجایی‌که زمین‌های دست‌نخورده در مناطق مورد بررسی به علت شوری زیاد خاک و کمی رطوبت، عمدتاً دارای پوشش گیاهی ضعیفی هستند و پس از تغییر کاربری تحت کشت آبی قرار گرفته و از کوددهی نسبتاً مناسبی برخوردار بوده‌اند، این امر سبب شده که محصولات کشت‌شده از عملکرد خوبی برخوردار بوده و از این‌رو بازگشت مواد آلی خاک در زمین‌های تغییر یافته به کشاورزی بیشتر از زمین‌های شور باشد. رئیسی (۱۶) نیز تأثیر مثبت تغییر کاربری زمین‌های مرتعی به کشاورزی در شهرکرد را بر شاخص‌های کیفیت خاک (ذخایر کربن آلی و نیتروژن خاک) گزارش کرد. از آنجایی که پژوهشگران بین کربن آلی و کیفیت خاک رابطه خطی مثبتی در نظر می‌گیرند (۱۰)، در این منطقه با زیر کشت‌رفتن زمین‌های دست‌نخورده شور، کیفیت خاک به‌طور محسوسی بهبود یافته است.

نیتروژن خاک

نتایج به دست آمده از مقایسه نیتروژن خاک در کاربری‌های مختلف نشان داد که در تمام لایه‌ها به استثناء لایه ۴۰-۳۰ سانتی‌متری، مقدار نیتروژن در خاک‌های کشاورزی بیشتر از زمین‌های شور بوده است (جدول ۳). از آنجایی‌که بیشتر نیتروژن موجود در خاک به صورت آلی ذخیره می‌شود، می‌توان بیشتربودن نیتروژن در زمین‌های کشاورزی را با مقدار کربن آلی آنها توجیه نمود. لازم به ذکر است که در سیستم کشت یونجه تثبیت زیستی نیتروژن هوا نیز بر مقدار نیتروژن خاک تأثیرگذار است. افزایش مواد آلی ورودی در خاک‌های کشاورزی به علت کاهش شوری، آبیاری و کاربرد کودهای شیمیایی موجب افزایش میزان نیتروژن خاک در زمین‌های کشاورزی شده است.

نسبت C/N نیز مانند کربن آلی و نیتروژن کل در تمام لایه‌های خاک شور (به استثناء لایه ۴۰-۳۰ سانتی‌متری) کمتر از خاک‌های کشاورزی بود (جدول ۳).

کربوهیدرات خاک

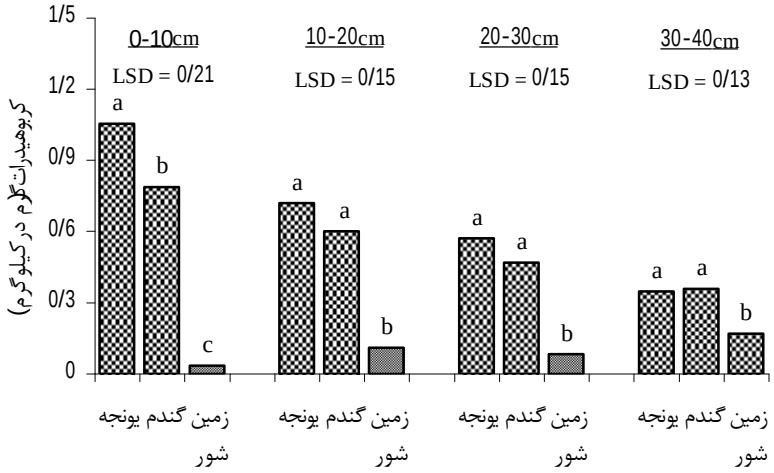
در تمام لایه‌ها غلظت کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با اسید رقیق در خاک‌های کشاورزی بیشتر از خاک‌های شور بوده است (شکل ۲). با وجود این‌که غلظت کربوهیدرات در لایه ۱۰-۰ سانتی‌متری خاک زیر کشت یونجه بیشتر از گندم بود ولی در سایر لایه‌ها تفاوت معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد. علت این نتایج را که با دانسته‌های موجود غیر قابل توضیح به‌نظر می‌رسد، شاید بتوان با بررسی بیشتر روی کیفیت و ترکیب کربوهیدرات‌های محلول در اسید رقیق (با استفاده از روش‌های نوین مانند HPLC) و مقایسه آنها در دو سیستم کشت یونجه و گندم که از نظر مقدار و نوع کربن آلی نیز متفاوت می‌باشند، توجیه نمود.

پایداری خاک‌دانه‌ها

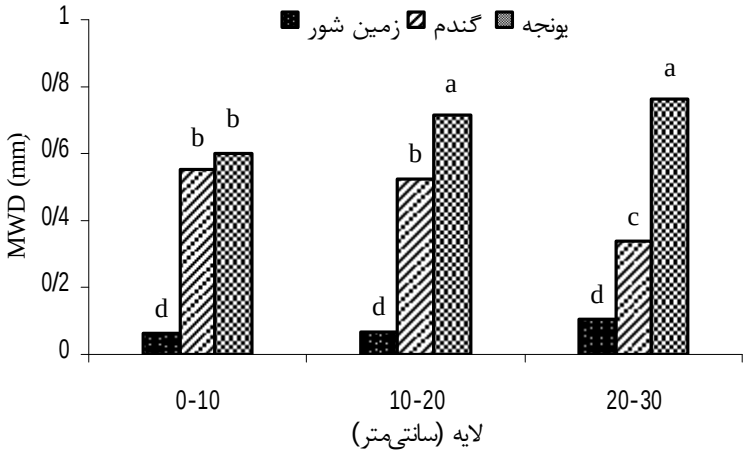
با توجه به شکل ۳ مشخص می‌شود که مقادیر MWD در خاک‌های شور نسبت به خاک‌های کشاورزی بسیار کم بوده است. در تشکیل و پایداری خاک‌دانه‌ها عواملی مانند ماده آلی، کاتیون‌ها (کلسیم) و زمان نقش دارند. هر چه فعالیت این عوامل محدودتر شود و یا عواملی سبب کاهش آنها گردد، خاک‌دانه‌سازی نیز کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد در زمین‌های شور به سبب کم‌بودن تراکم پوشش گیاهی و مواد آلی خاک، مقادیر MWD کم بوده و تبدیل آنها به زمین‌های کشاورزی توانسته است به دلیل کاهش غلظت نمک‌ها و افزایش میزان مواد آلی خاک، موجب افزایش فعالیت عوامل خاک‌دانه‌ساز (جانداران خاک، نفوذ ریشه گیاهان و ترشح مواد چسب‌مانند از ریشه گیاهان و ریز جانداران خاک‌زی) شده و ساختمان خاک را بهبود ببخشد. هم‌چنین تجادا و گنزالز (۲۱) بیان داشتند که افزایش EC (همراه با افزایش Na و K) موجب کاهش پایداری ساختمان خاک می‌شود.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.55.11.9]



شکل ۲. مقایسه کربوهیدرات خاک در لایه‌ها و کاربری‌های مختلف. مقایسه میانگین‌ها به روش LSD انجام شده و برای هر لایه، حروف مشابه در سطح ۰/۰۵ آماری بدون تفاوت معنی‌دار هستند.



شکل ۳. مقایسه میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها (MWD) در لایه‌ها و کاربری‌های مختلف. مقایسه میانگین‌ها به روش LSD انجام شده و حروف مشابه در سطح ۰/۰۵ آماری بدون تفاوت معنی‌دار هستند (LSD = ۰/۰۸).

POC

به‌علت ناچیزبودن مقادیر POC در خاک‌های شور، تنها مقادیر POC در خاک‌های کشاورزی (گندم و یونجه) با هم مقایسه شده است (جدول ۴). در تمام لایه‌ها مقدار POC_{mac} و نسبت POC_{mac}/POC_{mic} در خاک زیر کشت یونجه بیشتر از خاک زیر کشت گندم بوده است (جدول ۴).

POC جزء مواد آلی خاک است که کمتر دچار تجزیه شده است (۴). به نظر جان و همکاران (۱۲)، با کاهش اندازه خاک‌دانه‌ها درجه تجزیه مواد آلی افزایش می‌یابد. هم‌چنین سیکس و همکاران (۱۹) بیان داشتند مواد آلی تازه بیشتر در خاک‌دانه‌های درشت یافت می‌شود و مواد آلی موجود در خاک‌دانه‌های ریز شامل مواد آلی تجزیه‌شده‌ای است که باعث پایداری خاک‌دانه‌های ریز می‌گردد. بر این اساس، در بین اجزاء POC، POC_{mac} نسبت به POC_{mic} دارای مواد آلی تازه‌تری بوده و کمتر دچار تجزیه و تخریب شده است. با توجه به بیشتربودن

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.55.11.9]

جدول ۴. مقایسه POC در لایه‌های مختلف خاک‌های کشاورزی

لایه (سانتی‌متر)	نوع کاربری	POC_{mac}	POC_{mic}	POC_{mac}/POC_{mic}
		(گرم در کیلوگرم خاک کوچک‌تر از ۴ میلی‌متر)		–
۰–۱۰	گندم	۰/۵۷ cd	۰/۲۱ b	۲/۷ d
	یونجه	۲/۳۵ a	۰/۳۶ a	۶/۵ a
۱۰–۲۰	گندم	۰/۶۵ cd	۰/۲۷ ab	۲/۴ e
	یونجه	۱/۲۵ b	۰/۲۶ b	۴/۷ b
۲۰–۳۰	گندم	۰/۴۱ d	۰/۱۹ b	۲/۲ e
	یونجه	۰/۸۴ c	۰/۲۵ b	۳/۴ c
LSD		۰/۳۸	۰/۰۹	۰/۴

POC_{mac}: کربن آلی ذره‌ای موجود در خاک‌دانه‌های درشت، POC_{mic}: کربن آلی ذره‌ای موجود در خاک‌دانه‌های ریز. مقایسه میانگین‌ها به روش LSD انجام شده و در هر ستون، حروف مشابه در سطح ۰/۰۵ آماری بدون تفاوت معنی‌دار هستند.

نسبت POC_{mac}/POC_{mic} در خاک زیر کشت یونجه می‌توان گفت که مواد آلی این خاک‌ها نسبت به خاک‌های زیر کشت گندم تازه‌تر و ناپایدارتر (Labile) است. در زمین‌های کشاورزی مواد آلی خاک (کربن آلی، نیتروژن کل، کربوهیدرات و POC) افزایش پیدا کرده و از آنجایی که مواد آلی در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و در نتیجه در کیفیت خاک نقش بسزایی دارند، زیر کشت‌بردن زمین‌های شور در این منطقه باعث ارتقای کیفیت خاک شده است.

معدنی‌شدن کربن آلی خاک

در جدول ۵ نتایج بدست‌آمده از مقایسه میزان معدنی‌شدن کربن آلی خاک‌های مورد بررسی ارائه شده است. مقدار معدنی‌شدن کربن آلی در طول مدت انکوباسیون (۴۵ روز) در زمین‌های زیر کشت یونجه زیاد و در زمین‌های شور بسیار کم بوده که نشان می‌دهد که خاک‌های زیر کشت یونجه از نظر فعالیت میکروبی فعال‌تر از سایر خاک‌ها به‌ویژه خاک‌های شور هستند. از آنجایی که مقدار کربن آلی با افزایش شوری خاک کاهش یافته، در نتیجه کاهش فعالیت بیولوژیکی در زمین‌های شور نیز قابل پیش‌بینی است. تریپاتی و همکاران (۲۲) و ساردینها و همکاران (۱۸) کاهش معدنی‌شدن کربن آلی را در خاک‌های شور گزارش کردند. علاوه بر کاهش فعالیت میکروبی در ECهای زیاد، ورودی سوبسترا و قابلیت استفاده از آن بر معدنی‌شدن کربن آلی اثر می‌گذارد. نتایج به دست آمده از مقایسه شاخص بیولوژیکی کیفیت خاک (معدنی‌شدن کربن آلی) در خاک‌های مورد بررسی به‌وسیله مقادیر کربن آلی خاک و درجه شوری آن قابل توجیه است. به‌عبارت دیگر با احیای زمین‌های شور، شوری خاک که به همراه کمبود رطوبت از عوامل محدودکننده رشد گیاه است، کاهش یافته و میزان ورودی مواد آلی به خاک در زمین‌های کشاورزی بیشتر شده و به تبع آن تجمع مواد آلی بر جمعیت و فعالیت میکروبی خاک نیز اثر گذاشته و از این‌رو موجب افزایش میزان معدنی‌شدن کربن آلی در خاک‌های کشاورزی شده است. در بین زمین‌های کشاورزی، عاملی که باعث گردیده که معدنی‌شدن کربن آلی در خاک زیر کشت یونجه بیشتر از خاک زیر کشت گندم شود، کمیت و کیفیت مواد آلی بوده که در خاک زیر کشت یونجه مواد آلی بیشتر و تازه‌تر از خاک زیر کشت گندم بوده است. هم‌چنین رئیسی (۱۵) با مقایسه کیفیت بقایای گندم و یونجه گزارش کرد که میزان معدنی‌شدن کربن و سرعت تجزیه بقایای یونجه نسبت به بقایای گندم بیشتر بوده و در مجموع بقایای یونجه نسبت به بقایای گندم دارای کیفیت مناسب‌تری است.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.55.11.9]

جدول ۵. مقدار معدنی‌شدن کربن آلی ($mg\ C\ kg^{-1}$) خاک‌های مورد بررسی در طول دوره انکوباسیون

نوع کاربری	زمان انکوباتور (روز)								
	۰-۳	۳-۵	۵-۸	۸-۱۲	۱۲-۱۷	۱۷-۲۳	۲۳-۲۹	۲۹-۳۶	۳۶-۴۵
زمین شور	۱۵/۲ c	۲/۰ c	۴/۰ c	۱/۶ c	۳/۷ c	۶/۲ c	۴/۹ c	۷/۱ c	۴/۵ c
گندم	۴۲/۵ b	۲۰/۰ b	۱۹/۵ b	۱۶/۶ b	۱۳/۰ b	۲۲/۴ b	۲۹/۰ b	۲۵/۳ b	۱۵/۵ b
یونجه	۷۹/۰ a	۳۲/۵ a	۲۹/۸ a	۲۲/۸ a	۲۷/۴ a	۴۹/۶ a	۴۲/۵ a	۵۶/۰ a	۳۳/۹ a

در هر ستون، حروف مشابه در سطح ۰/۰۵ آماری بدون تفاوت معنی‌دار می‌باشند.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که احیاء زمین‌های شور و زیر کشت‌بردن آنها موجب بهبود تمام شاخص‌های کیفیت خاک شده است. در زمین‌های شور، به علت نامساعدبودن شرایط خاک جهت تولید زیتوده گیاهی، کیفیت خاک مطلوب نبوده و شاخص‌های کیفیت خاک این زمین‌ها در مقایسه با زمین‌های کشاورزی بسیار پایین است. نتایج به دست آمده از مقایسه فعالیت میکروبی (که معدنی‌شدن کربن آلی بیانگر آن است)، هماهنگی کامل با نتایج مربوط به کربن آلی خاک داشت به طوری‌که فعالیت میکروبی در خاک زیر کشت یونجه حداکثر و در خاک‌های شور حداقل بود. از آنجایی که POC_{mac} در سیستم کشت یونجه بیشتر از سیستم کشت گندم بود و از سوی دیگر POC_{mac} نسبت به POC_{mic} از مواد آلی تازه‌تری تشکیل شده است، این موضوع که مواد آلی خاک‌های زیر کشت یونجه تازه‌تر از گندم است، به اثبات می‌رسد. بنابراین در سیستم کشت یونجه به علت افزایش مواد تازه گیاهی، فعالیت ریز جانداران خاک‌زی شدیدتر بوده و از این جهت کیفیت کربن آلی خاک در مقایسه با سیستم کشت گندم و زمین‌های شور مناسب‌تر می‌باشد. از آنجایی که در زمین‌های کشاورزی حفظ تولید بیولوژیکی حائز بیشترین اهمیت بوده و هم‌چنین وابستگی میزان تولید محصول به مقدار مواد آلی خاک کاملاً به اثبات رسیده است، می‌توان بیشتربودن تمام اجزاء مواد آلی خاک (کربن آلی، نیتروژن کل، کربوهیدرات و اجزای POC) در زمین‌های کشاورزی را به معنی تولید بیولوژیکی بیشتر و در نتیجه ارتقای کیفیت خاک در نظر گرفت. در اثر تبدیل زمین‌های شور به زمین‌های کشاورزی شاخص پایداری خاک‌دانه‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافته، در نتیجه با زیر کشت‌بردن زمین‌های شور می‌توان فرسایش خاک را نیز کاهش داد. هم‌چنین زیر کشت‌رفتن زمین‌های شور دست‌نخورده، باعث افزایش ذخیره و ترسیب کربن (Carbon sequestration) در خاک شده است. با وجود اینکه در مناطق مرطوب تبدیل زمین‌های دست‌نخورده به زمین‌های کشاورزی باعث کاهش ذخایر کربن آلی خاک می‌شود (۱۲) اما کشت و کار مداوم در اقلیم‌های خشک، به علت افزایش میزان تولید بیولوژیکی، مقدار کربن آلی خاک را نسبت به زمین‌های غیرکشاورزی افزایش می‌دهد. وجود تناقض در تأثیر تبدیل زمین‌های دست‌نخورده به زمین‌های کشاورزی بر مقدار مواد آلی خاک در مناطق خشک و مرطوب بیشتر به وضعیت پوشش گیاهی زمین‌های دست‌نخورده (تراکم و نوع پوشش گیاهی) و پتانسیل تولید ماده خشک زمین‌های کشاورزی بستگی دارد. هرچند کشت مداوم یونجه کیفیت خاک را در مقایسه با کشت گندم بیشتر افزایش داده، ولی باید به این نکته توجه داشت که یونجه جزء گیاهانی است که نیاز آبی بسیار زیادی دارد. از آنجایی‌که کم‌آبی عامل محدودکننده کشاورزی در این منطقه است، در نتیجه شاید کشت گیاهان باغی به‌ویژه پسته نیز بهبود شاخص‌های کیفیت خاک را در پی‌داشته باشد که بررسی این موضوع برای پژوهش‌های آینده پیشنهاد می‌شود.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.55.11.9]

منابع مورد استفاده

۱. زهتابیان. غ. ر.، م. سرداری مهرآباد و م. سوری. ۱۳۸۵. بررسی اثر آبیاری بر شورشدن خاک (بررسی موردی: دشت یزد-اردکـان). بیابان ۱۱ (۱): ۱۹۷-۲۱۰.

2. Arshad, M. A. and S. Martin. 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. Agric. Ecosys. Environ. 88: 153–160.
3. Baruah, T. C. and H. P. Barthakur. 1997. A Textbook of Soil Analysis. Vikas Publishing House Pvt Ltd., New Delhi, India.
4. Cambardella, C. A. and E. T. Elliott. 1992. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. Soil Sci. Soc. Amer. J. 56: 777–782.
5. Cambardella, C. A. and E. T. Elliott. 1993. Carbon and nitrogen distributions in aggregates from cultivated and grassland soils. Soil Sci. Soc. Amer. J. 57: 1071–1076.
6. Cambardella, C. A., A. M. Gajda, J. W. Doran, B. J. Wienhold and T. A. Kettler. 2001. Estimation of particulate and total organic matter by weight loss-on-ignition. PP: 349–359. *In*: R. Lal, J. M. Kimble, R. F. Follett and B. A. Stewart (Eds.), Assessment methods for soil carbon. CRC, Boca Raton, FL.
7. Dubois, M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers and F. Smith. 1956. Colorimetric method of determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28: 350–356.
8. Feng, Z., X. Wang and Z. Feng. 2005. Soil N and salinity leaching after the autumn irrigation and its impact on groundwater in Hetao Irrigation District, China. Agric. Water Manag. 71: 131–143.
9. Ghollarata, M. and F. Raiesi. 2007. The adverse effects of soil salinization on the growth of Trifolium alexandrinum L. and associated microbial and biochemical properties in a soil from Iran. Soil Biol. Biochem. 39: 1699–1702.
10. Gregorich, E. G., M. R. Carter, D. A. Angers, C. M. Monreal and B. H. Ellert. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. Can. J. Soil Sci. 74: 367–385.
11. Islam, K. R. and R. R. Weil. 2000. Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. Soil Water Conserv. 54: 69–78.
12. John, B., T. Yamashita, B. Ludwig and H. Flessa. 2005. Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use. Geoderma 128: 63–79.
13. Nelson, P. N., B. A. Rahman and J. M. Oades. 1997. Sodicity and clay type: influence on decomposition of added organic matter. Soil Sci. Soc. Amer. J. 61: 1052–1057.
14. Puget, P., D. A. Angers and C. Chenu. 1999. Nature of carbohydrates associated with water-stable aggregates of two cultivated soils. Soil Biol. Biochem. 31: 55–63.
15. Raiesi, F. 2006. Carbon and N mineralization as affected by soil cultivation and crop residue in a calcareous wetland ecosystem in Central Iran. Agric. Ecosys. Environ. 112: 13–20.
16. Raiesi, F. 2007. The conversion of overgrazed pastures to almond orchards and alfalfa cropping systems may favor microbial indicators of soil quality in central Iran. Agric. Ecosys. Environ. 121: 309–318.
17. Romero-Aranda, R., T. Soria and J. Cuartero. 2001. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. Plant Sci. 160: 265–272.
18. Sardinha, M ., T. Muller, H. Schmeisky and R. G. Joergensen. 2003. Microbial performance in soils along a salinity gradient under acidic conditions. Appl. Soil Ecol. 23: 237–244.
19. Six, J., K. Paustian, E. T. Elliott and C. Combrink. 2000. Soil structure and organic matter: I. distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon. Soil Sci. Soc. Amer. J. 64: 681–689.
20. Sparling, G. P. 1992. Ratio of microbial biomass to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. Aust. J. Soil Res. 30: 195–207.
21. Tejada M. and J. L. Gonzalez. 2005. Beet vinasse applied to wheat under dryland conditions affects soil properties and yield. Eur. J. Agron. 23: 336–347.
22. Tripathi, S., S. Kumari, A. Chakraborty, A. Gupta, K. Chakrabarti and B. K. Bandyapadhyay. 2006. Microbial biomass and its activities in salt-affected coastal soils. Biol. Fertil. Soils 42: 273–277.
23. Yuan, B., Z. Li, H. Liu, M. Gao and Y. Zhang. 2007. Microbial biomass and activity in salt affected soils under arid conditions. Appl. Soil Ecol. 35: 319–328.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.55.11.9]