مطالعه موردی تأثیر تبدیل مراتع به اراضی کشاورزی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی، حاصل‌خیزی، و شاخص کشت‌پذیری خاک در بروجن

محمدعلی حاج‌عباسی[۱]، احمد جلالیان[۱]، جمال‌الدین خواجه‌الدین[۲] و حمیدرضا کریم‌زاده[۱]

چکیده

خاک‌های مراتع استان چهارمحال و بختیاری به خاطر پستی و بلندی، ساختمان ضعیف و کم بودن مواد آلی، عموماً در معرض تخریب و فرسایش می‌باشد. تبدیل این مراتع به زمین‌های کشاورزی و انجام عملیات خاک‌ورزی، شدت تخریب‌پذیری در این خاک‌ها را افزایش می‌دهد. در این پژوهش عوامل دخیل در شاخص کشت‌پذیری و برخی از ویژگی‌های حاصل‌خیزی خاک، در سه موقعیت مرتعی بکر، تبدیل شده تحت کشت، و تبدیل شده کاملاً تخریب شده بررسی گردیده است. این عوامل عبارتند از: بافت و مقدار رس، مواد آلی، درصد اشباع، شاخص مخروطی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، جرم مخصوص ظاهری، شاخص خمیری، میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها و توزیع اندازه‌ای خاک‌دانه‌ها.

حدود ۲۰ سال انجام عملیات کشت و کار باعث تغییر محسوسی در بافت و مقدار رس گردیده است. در خاک مرتع تخریب شده، جرم مخصوص ظاهری خاک حدود ۲۰٪ افزایش یافته، و مواد آلی خاک به میزان ۳۰ درصد کمتر از دو خاک مرتعی بکر و تحت کشت می‌باشد. درصد اشباع (تخلخل کل) در خاک مرتع دست نخورده و مرتع تحت کشت حدود ۲۵٪ بیشتر از مرتع تخریب شده بود خاک مرتع دست نخورده مقاومت کمتری نسبت به فرو رفتن میله فروسنج از خود نشان داد. در خاک مرتع دست نخورده مقادیر نیتروژن کل و فسفر قابل جذب نیز بیشتر بود. اندازه میانگین خاک‌دانه‌های خاک مرتعی دست نخورده در عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متری سه برابر خاک مرتعی تخریب شده می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که برخورد با منابع طبیعی بایستی هماهنگ با پتانسیل کاری طولانی مدت آنها باشد، یعنی استفاده از این منابع بایستی با کلیه پدیده‌ها و قوانین طبیعی ماندگاری آنها هم‌خوانی داشته باشد. در صورت توجه نکردن به چنین قوانینی، به مرور کیفیت خاک کاهش می‌یابد، و اگر مدیریتی متناسب با موقعیت خاک جای‌گزین نگردد، ممکن است خاک برای مدت زیادی توان بهره‌دهی خود را از دست بدهد.

واژه‌های کلیدی: *مرتع زدایی، شاخص کشت‌پذیری، تخریب خاک، مواد آلی*

---

۱. به ترتیب دانشیار، دانشیار و دانشجوی دکتری خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. استادیار مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-14]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.1.5.2]

مقدمه

توسعه پایدار در هر نظام، نیازمند قوام مؤلفه‌های تشکیل دهنده آن می‌باشد. مدیریت‌های علمی و بهینه کشاورزی و منابع طبیعی از مؤلفه‌های مهم توسعه پایدار به شمار می‌آیند. آب، خاک، جنگل و مرتع از ارکان اصلی منابع طبیعی و کشاورزی بوده، و از جمله عوامل زیربنایی اقتصاد هر کشور می‌باشند. تلاش در حفظ این منابع، نه تنها استقلال اقتصادی و رفع وابستگی و حفظ محیط زیست را در پی دارد، بلکه باعث استقلال فرهنگی، سیاسی و نظامی، که از دیگر شاخص‌های توسعه پایدار هستند، می‌گردد.

با درنظر گرفتن جمعیت پنج میلیاردی جهان در سال ۱۹۸٦، سرانه زمین کشاورزی به طور میانگین ۰/۳ هکتار بوده است، که در سال ۲۰۰۰ به ۰/۲٤ رسیده، و پیش‌بینی می‌شود که این رقم در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰ به ترتیب ۰/۱۵ و۰/۱٤ هکتار باشد (۱۵). از سوی دیگر، تولید سرانه غلات که تا سال ۱۹۵۰ در هر دهه ۱۳ درصد رشد داشته، پس از آن تا سال ۱۹۸۰ دو درصد، و در دهه بعد تا ۱۹۹۰ حدود هفت درصد کاهش نشان می‌دهد (۱۵). بنابراین، افزایش تصاعدی جمعیت، و نیز کاهش رشد تولید باعث شده که انسان‌ها همواره در صدد کشف و گسترش زمین‌هایی باشند که مورد استفاده کشاورزی و تولید قرار دهند، و حتی برای مدت زمان کوتاهی به تصرف درآورند. ولی به طور کلی، این زمین‌ها از لحاظ پستی و بلندی و ژرفای خاک، توان کشاورزی طولانی مدت را نداشته، و با به هم خوردن ساختمان آن، دچار فرسایشی شتابان می‌گردند. در اثر تبدیل مراتع و جنگل‌ها به زمین‌های کشاورزی و عملیات خاک‌ورزی، سالیانه حدود ٤۳۰ میلیون هکتار از اراضی کشورهای گوناگون، که برابر با ۳۰ درصد کل زمین‌های شخم خورده جهان است، فرسایش می‌یابد.

خاک مراتع به خاطر دارا بودن مواد آلی نسبتاً زیاد و ساختمان مناسب، همواره مورد توجه بوده است، ولی تغییر در مدیریت و کاربری آنها و اعمال خاک‌ورزی تأثیر زیادی بر مقدار مواد آلی و دیگر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک آن می‌گذارد. کاهش مواد آلی بر اثر تغییر مدیریت این زمین‌ها توسط پژوهشگران بسیاری گزارش شده است (۸، ۱٤، ۱۷، ۲۱ و ۲۲). رابطه بین مقدار مواد آلی و ساختمان خاک دو طرفه است، از یک سو کاهش کربن و نیتروژن آلی باعث تخریب ساختمان خاک و در نتیجه افزایش فرسایش می‌شود، و از سوی دیگر تخریب ساختمان خاک باعث از بین رفتن مواد آلی خاک می‌گردد (۷ و ۲٦). تخریب ساختمان خاک بر دیگر ویژگی‌های آن مانند جرم مخصوص ظاهری، استحکام، و نیز نفوذ آب به خاک تأثیر گذاشته، و نهایتاً بر حاصل‌خیزی و کشت‌پذیری آن مؤثر می‌باشد.

در ایران، مراتع و جنگل‌ها به طور اعم در مکان‌هایی واقع‌اند که از توان تخریب بسیاری برخوردار می‌باشند. خاک این مناطق طی سال‌های متمادی همراه با گونه‌هایی بومی استقرار یافته و بازده طبیعی خود را داشته است. اگرچه این بازده از حدود عرف بین‌المللی پایین‌تر است، ولی با اعمال عملیات خاک‌ورزی از حالت طبیعی خارج شده و به شدت تخریب‌پذیر گشته، و کمترین بازده را نیز نخواهد داشت.

بررسی تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مراتع، پس از تبدیل آنها به زمین‌های کشاورزی، می‌تواند پایه‌ای برای تعیین چگونگی رو به رویی با مشکل فوق باشد. یعنی با مقایسه کمی عواملی که در ضریب کشت‌پذیری خاک‌های مراتع دست نخورده و مراتع تخریب شده دخیل می‌باشند، می‌توان میزان تغییر در ظرفیت کشت‌پذیری آنها را به دست آورد، و دریافت که تا چه حد این تبدیل نتیجه‌بخش بوده است. برای نشان دادن تغییرات کمی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بر اثر تبدیل اراضی مرتعی به کشاورزی، می‌توان از شاخص‌های بسیاری استفاده نمود. در سال ۱۹۹۲ سینگ و همکاران (۲۳) شاخص کشت‌پذیری را معرفی نمودند. این شاخص از عواملی مانند جرم مخصوص ظاهری، میانگین وزنی قطر خاک‌دانه و توزیع اندازه‌ای آن، شاخص شکل‌پذیری، مواد آلی و ضریب فروسنجی تشکیل شده است.

در پژوهش حاضر، ضمن بررسی تغییرات حاصل از تبدیل

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-14]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.1.5.2]

مراتع به مزارع در ویـژگی‌هـای فـیزیکی و حـاصل‌خیزی، ایـن تغییرات کمی شده، و سپس تحت عنوان شاخص کشت‌پذیـری تیمارهای مرتع دست نخورده، مرتع دست نخورده ولی فعـال، و مرتع کاملاً تخریـب یافتـه، در منطقـه بروجـن واقـع در اسـتان چهارمحال و بختیاری مقایسه گردیده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی مراتع اطراف بروجن در استان چـهارمحال و بختیاری و در جنوب غربی حوزه آبخیز شمال رودخانه کـارون واقع شده است. این ناحیه دارای میانگین سالیانه بارندگـی ۵۰۲ میلی‌مـتر و دمـای C ۱۴/۹°، و اقلیمـی نیمـه مرطـوب-گـرم بـا زمستان‌های سرد می‌باشد.

عملیات صحرایی

سه قطعه که از نظر سـازند زمین‌شناسـی و سـن یکسـان بودنـد واقع در منطقه‌ای در هفت کیلومتری جنوب غربی شهر بروجـن انتخاب گردید. از این نقاط، یکی دارای پوشـش کـامل مرتعـی بکر و دست نخورده، دیگری مرتعی که آن را متناوباً شـخم زده و کشت دیم داشته ولی در حـال حـاضر مرتـع دیـم رهـا شـده می‌باشد، و سومی مرتعی که پـس از ۲۰ سـال بـر اثـر عملیـات شخم زیاد کاملاً از بین رفته و مواد مادری آن تقریباً آشکار شده بود، انتخـاب گردیـد. ژرفـای کلـی خـاک حداکـثر حـدود ۲۰ سانتی‌متر بود، به همین علت هر یـک از نقـاط فـوق بـه چـهار بلوک تقسیم، و سپس نمونه‌های خاک برای انجام آزمایش‌هـای مربوط از افق‌های ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتی‌متری برداشته شد.

تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی

ویژگی‌های فیزیکی خاک مـانند بـافت (۱۹)، جـرم مخصـوص ظاهری (٤)، مواد آلی (۲۸)، شاخص خمیری یا PI (Plasticity index) ، و حـدود آتربـرگ (٦) انـدازه‌گـیری شـد. شـاخص مخروطی یا مقاومت فروسنجی، CI (Cone index)، بـه عنـوان نمـاینده‌ای از نفـوذ ریشـه، بـا اسـتفاده از دسـتگاه فروسـنج مدلSP1000 ساخت شرکت فیندلی ایروین اندازه‌گیری گردیـد. در هر کرت ۱۰ نقطه انتخـاب، و تـا ژرفـای ۲۰ سـانتی‌متری از یافته‌ها میانگین گرفته شد. بـرای محاسـبه مقـاومت نقطـه‌ای یـا شاخص مخروطی از رابطه زیر استفاده گردید:

$$CI = ۰/۰۹۸ (F/A) \quad [۱]$$

که :

CI = شاخص مخروطی خاک بر حسب مگاپاسکال (MPa)

F = نیروی عمودی وارده بر مخروط بر حسب کیلـوگـرم نـیرو (kgf)

A = سطح مقطع مخروط بر حسب سانتی‌متر مربع

قطـر میـانگین وزنـی خاک‌دانـه‌های پـایدار در آب (MWD-WSA) بـا روش ون‌بـاول (۲۷) انـدازه‌گـیری شـد، و ضریـب یک‌نواختـی خاک‌دانـه‌ها (AUC) بـر اسـاس کـلاس اندازه‌های (۲< ، ۱-۲ ، ۰/۵-۱ ، ۰/۲۵-۰/۵ و ۰/۲۵> میلی‌مـتر) تعیین گردید (۱۲ و ۲۹).

برای تعیین پایداری خاک‌دانـه‌ها بـا روش غربـال کـردن در آب، دستگاه مخصوصی سـاخته شـد (۱۰ و ۱۳). ایـن دسـتگاه شامل دو سری غربال در دو ظـرف آب جـداگانـه بـود، کـه بـا سرعت ۵۰ بار در دقیقه و به مدت ۱۰ دقیقه می‌توانسـت بـالا و پایین شود. ابعاد شبکه‌ها به ترتیـب ۲، ۱، ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌مـتر بود. ذرات کوچک‌تر از ۰/۲۵ میلی‌مـتر در ظـرف زیـر غربال‌هـا جمع‌آوری شد. پس از گذراندن نمونه خاک (۷۰ تا ۱۰۰گرم) از الک هشت میلی‌متری و قـرار دادن آن روی غربـال بـالایی (دو میلی‌متری)، کمی آب توسط آب‌فشان روی نمونه خاک پاشـیده شد، این عمل به منظور جلوگیری از متلاشی شـدن خاک‌دانـه‌ها پس از ورود نـاگـهانی بـه آب صـورت گرفـت. پـس از انجـام آزمایش، خاک‌دانه‌های باقی مانده روی هر الک برداشته شـد، و پس از جداسازی شن و خشک کردن، وزن خاک‌دانـه‌های روی هر الک مشخص گردید. برای تعییـن منحنـی توزیـع انـدازه‌ای خاک‌دانه‌ها، نسبت درصد وزنی خاک‌دانه‌ها روی هر غربـال بـه وزن کل نمونه در مقابل اندازه الک‌ها ترسیم شد. برای محاسـبه قطر متوسط وزنی خاک‌دانه‌ها از رابطه زیر استفاده گردید.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-14]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.1.5.2]

$$MWD = \sum XiWi \qquad [۲]$$

که در آن Xi میانگین اندازه خاک‌دانه‌ها در محدوده‌های ۲< ، ۱-۲ ، ۰/۵-۱ ، ۰/۲۵ - ۰/۵ و ۰/۲۵ > میلی‌متر، و Wi وزن خاک‌دانه‌های روی هر الک بوده است. مثلاً برای اولین اندازه، X برابر است با ۵ mm = ۲ / (۲+ ۸) و برای آخرین اندازه، Xi برابر است با ۰/۱۲۵ mm = ۲ / (۰+ ۰/۲۵). برای رسم منحنی توزیع اندازه‌ای خاک‌دانه‌ها، درصد وزنی خاک‌دانه‌های باقی مانده روی هر الک نسبت به وزن کل تعیین، و در مقابل کلاس اندازه‌ای آنها (۲< ، ۱-۲ ، ۰/۵-۱ ، ۰/۲۵- ۰/۵و ۰/۲۵ > میلی‌متر) ترسیم گردید.

ضریب یکنواختی خاک‌دانه‌ها (Aggregate uniformity coefficient) با نسبت $D_{۶۰}$ و $D_{۱۰}$ بیان می‌شود، که $D_{۶۰}$ و $D_{۱۰}$ ذرات خاک هستند، که به ترتیب ۶۰٪ و ۱۰٪ از توده خاک دارای قطری کوچک‌تر از این قطرها می‌باشند. این ضریب توسط روش وری (۲۹) تعیین شد.

شاخص کشتایی (Tilth Index,TI)

کشت‌پذیری یا قدرت کشتایی یک اصطلاح کیفی است که شرایط فیزیکی خاک را برای ظرفیت و توان کشت توصیف می‌کند. در این زمینه، شاخص کشت‌پذیری (TI) بر پایه ویژگی‌های فیزیکی خاک، به منظور کمی‌کردن مفهوم کشت‌پذیری ارائه شده است (۲۳). در محاسبه این شاخص از پنج عامل وزن مخصوص ظاهری خاک، مواد آلی، شاخص مخروطی، شاخص خمیری و ضریب یکنواختی خاک‌دانه‌ها استفاده می‌شود. به طوری که ضریب کشت (Tilth Coefficient, TC) برای هر یک از ویژگی‌ها برابر با حاصل ضرب ضریب ثابت (A) و مقدار آن ویژگی خاک (X) به صورت معادله درجه ۲ زیر بیان می‌گردد (۲۳):

$$TCX = A + A_1 *X + A_2 *X^2 \qquad [۳]$$

سپس شاخص کشتایی (TI) به صورت معادله‌ای از حاصل ضرب ضرایب کشت برای مجموع ویژگی‌های خاک خواهد بود، که به ترتیب زیر تعیین گردید:

$$TI = TC1 *TC2* \ldots \qquad [۴]$$

شاخص کشت دارای طیفی برابر صفر تا یک است، و برای شرایطی از خاک که غیر قابل استفاده برای گیاه می‌باشد برابر صفر، و در شرایطی که هیچ گونه محدودیتی برای رشد و نمو گیاهی ندارد مقدار آن برابر یک است. پس با استفاده از شاخص کشت اراضی(TI) می‌توان دو خاک مرتعی و کشاورزی (مرتعی که به زمین‌های کشاورزی تبدیل شده) را از نظر کشت‌پذیری با هم مقایسه کرد. مقادیر محدودیت پارامترهای مختلف بر پایهٔ روابط مندرج در جدول ۱ محاسبه شده است (۲۳).

نمونه‌برداری و اندازه‌گیری‌های ویژگی‌های خاک در اواخر پاییز سال ۱۳۷۸ انجام گرفت. در هر بلوک سه نمونه از هر عمق تهیه گردید. تحلیل‌های آماری نتایج توسط برنامه SAS (۲۵) انجام گرفت، و میانگین تکرارهای هر ویژگی در اراضی مرتع بکر، تحت کشت و تخریب شده توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن با یکدیگر مقایسه گردید.

نتایج و بحث

تحلیل آماری مربوط به پارامترهای اندازه‌گیری شده و ضرایب هم‌بستگی میان متغیرها در منطقه بروجن نشان دهنده اختلافاتی بین تیمارها و یا بین اعماق بوده است. در این گزارش نتایج یافته‌هایی که بین تیمارها و یا اعماق از لحاظ آماری (در سطح پنج درصد احتمالات) تفاوت معنی‌داری داشته‌اند، ارائه شده است. به طور کلی، تفاوت میزان آهک، کلر، pH، سولفات و EC، در سطح پنج درصد احتمالات برای هیچ یک از تیمارها و اعماق و آثار متقابل آنها معنی‌دار نبوده است. با توجه به بارندگی سالیانه ۵۰۰ میلی‌متری، یکسان بودن مقدار سولفات امری نسبتاً طبیعی، ولی برای آهک غیر قابل پیش‌بینی بود. نتایج دیگر پارامترها به شرح زیر می‌باشد:

بافت خاک و مقدار رس

تغییر در مدیریت این اراضی باعث شده که طی مدت ۲۰ سال تغییر جزئی در بافت آن حاصل شود، به گونه‌ای که در ابتدا

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-14]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.1.5.2]

جدول ۱. مقادیر محدودیت پنج عامل وزن مخصوص ظاهری خاک، مواد آلی، شاخص مخروطی، شاخص خمیری و ضریب یک‌نواختی خاک‌دانه‌ها به منظور کمی کردن مفهوم کشت‌پذیری

وزن مخصوص ظاهری(Mgm^{-3})

$TC(BD) = ۱/۰$	For	$BD < ۱/۳$
$TC(BD) = -۱/۵ + ۳/۸۷ *BD -۱/۵ *BD^{۲}$	For	$۱/۳ < BD < ۲/۱$
$TC(BD) = ۰/۰$	For	$BD > ۲/۱$

شاخص مخروطی(MPa)

$TC(CI) = ۱/۰$	For	$CI < ۱/۰$
$TC(CI) = ۱/۰۱۲ - ۰/۰۰۲ *CI -۰/۰۱ *CI^{۲}$	For	$۱/۰ < CI < ۱۰/۰$
$TC(CI) = ۰/۰$	For	$CI > ۱۰/۰$

مواد آلی

$TC(OM) = ۱/۰$	For	$OM > ٪۵$
$TC(OM) = ۰/۵۹ + ۰/۱۲۲ *OM -۰/۰۰۸ *OM^{۲}$	For	$٪۱ < OM < ٪۵$
$TC(OM) = ۰/۷۰$	For	$OM < ٪۱$

ضریب یک‌نواختی خاک‌دانه

$TC(AUC) = ۱/۰$	For	$AUC > ۵$
$TC(AUC) = ۰/۳۴۸ + ۰/۲۴۵ * AUC -۰/۰۲۳ * AUC^{۲}$	For	$AUC < ۵$ and > ۲
$TC(AUC) = ۰/۷۵$	For	$AUC < ۲$

شاخص پلاستیکی

$TC(PI) = ۱/۰$	For	$PI < ٪۱۵$
$TC(PI) = ۱/۰۲ + ۰/۰۰۰۹ * PI -۰/۰۰۰۱۶ * PI^{۲}$	For	$٪۱۵ < PI < ٪۴۰$
$TC(PI) = ۰/۸۰$	For	$PI > ٪۴۰$

(مرتع دست نخورده) خاک دارای بافت رس سیلتی با مقدار ٤٤ درصد رس بوده، ولی با به هم خوردن ساختمان خاک (مرتع تخریب شده) بافت آن به لوم رسی‌سیلتی و با ۳۹ درصد رس رسیده است. مرتع در حال کشت نیز دارای بافت رس سیلتی با ٤٢ درصد رس می‌باشد (جدول ۲). با به هم خوردن خاک، مواد آلی آن در معرض هوا قرار گرفته، اکسید شده و از بین می‌رود. در نتیجه خاک‌دانه‌ها نیز خرد شده و تولید خاک‌دانه‌های ریزتر می‌نمایند. این عمل باعث می‌شود ذرات راحت‌تر در آب شناور شده و همراه با روان‌آب فرسایش یافته، و یا به افق‌های زیرین منتقل شوند (۱۱). تفاوت معنی‌داری در بافت و درصد رس بین تیمارها و در ژرفای ۱۰-۲۰ سانتی‌متری دیده نشد (جدول ۲).

جرم مخصوص ظاهری

خاک مرتع دست نخورده دارای جرم مخصوص ظاهری کمتری نسبت به دو تیمار دیگر بود (جدول ۲). به هم خوردن

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-14]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.1.5.2]

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکی خاک‌های مورد بررسی ناحیه بروجن در مراتع دست‌نخورده، تخریب شده و تحت کشت (میانگین چهار تکرار عمق)

وضعیت اراضی	بافت خاک	درصد رس	جرم مخصوص ظاهری($g\ cm^{-3}$)	درصد اشباع	مواد آلی(٪)
		(ژرفای ۱۰-۰ cm)			
مرتع دست نخورده	رس سیلتی	٤٤^{a}	۱/۲۲^{a}	۲۷^{a}	۱/۸٤^{a}
مرتع تخریب شده	لوم‌رسی	۳۹^{a}	۱/۵٦^{b}	۲۲^{b}	۱/۳۱^{b}
مرتع تحت کشت	رس سیلتی	٤۲^{a}	۱/۳۲^{a}	۲۵^{a}	۱/۷٤^{a}
		(ژرفای ۲۰-۱۰ cm)			
مرتع دست نخورده	رسی	۵٤^{a}	۱/۲۱^{a}	۲٦^{a}	۰/۸۲^{a}
مرتع تخریب شده	رسی	۵٦^{a}	۱/٦۰^{b}	۲٤^{a}	۰/٦۸^{b}
مرتع تحت کشت	رسی	۵۲^{a}	۱/۳۲^{a}	۲۵^{a}	۰/٦۱^{b}

مقادیر در هر ستون و برای هر ژرفا با حرف مشابه، از لحاظ آماری و در سطح پنج درصد احتمالات تفاوتی ندارند.

ساختمان خاک بر اثر اعمال خاک‌ورزی باعث شده است که مواد آلی کاهش، و در نتیجه جرم مخصوص ظاهری افزایش یابد. با از بین رفتن مواد آلی و نیز خرد شدن خاک‌دانه‌ها بر اثر اعمال خاک‌ورزی، خاک‌دانه‌ها به ذرات ریزتری تبدیل شده‌اند، و این ذرات در خلل و فرج خاک جای گرفته و جرم مخصوص ظاهری خاک را افزایش داده‌اند. از سوی دیگر، عملیات خاک‌ورزی باعث به هم خوردن ساختمان خاک شده و موجب می‌شود جرم مخصوص ظاهری لایه شخم ابتدا کاهش، و سپس بر اثر نیروی برخورد قطرات باران و هم‌چنین حرکت ماشین‌آلات فشرده شود. فعالیت‌های ۲۰ ساله تبدیل اراضی مرتعی به کشاورزی سبب شده است که جرم مخصوص ظاهری این خاک‌ها تقریباً ۲۵ درصد افزایش یابد (جدول ۲).

باور و بلاک (۳) نیز گزارش نموده‌اند که جرم مخصوص ظاهری مراتع دست نخورده بین ۷ تا ۲۰ درصد کمتر از مراتعی است که تبدیل به مزرعه شده و به مدت ۲۵ سال تحت کشت بوده‌اند. بر پایهٔ گزاش‌های آزوز و همکاران (۲) و آلن (۱)، افزایش جرم مخصوص ظاهری (افزایش تراکم خاک) باعث کاهش خلل و فرج درشت شده، و در نتیجه نفوذ آب به داخل خاک کاهش یافته و فرسایش شتابان را در پی داشته است. تأثیر تیمارها بر جرم مخصوص ظاهری در ژرفای ۱۰-۲۰ سانتی‌متری نیز چشم‌گیر بوده، به طوری که در این ژرفا تبدیل مراتع به اراضی کشاورزی باعث شده است که جرم مخصوص ظاهری این خاک‌ها تقریباً ۲۵ درصد افزایش یابد (جدول ۲).

درصد رطوبت در گل اشباع

در خاک مرتع دست نخورده و مرتع تحت کشت، که میزان رس و مقدار مواد آلی آنها بیشتر از خاک مرتع تخریب یافته و نیز ساختمان خاک دست نخورده است، مقدار درصد آب در حالت اشباع بیشتر می‌باشد. به گونه‌ای که در ژرفای صفر تا ۱۰ سانتی‌متری، مقدار درصد آب خاک در حالت اشباع مرتع دست نخورده حدود ۲۵ درصد بیشتر از خاک مرتع تخریب شده می‌باشد (جدول ۱). در ژرفای ۱۰-۲۰ سانتی‌متری تفاوت معنی‌داری میان تیمارها دیده نشده است (جدول ۲). در پژوهش دیگری (۱٦) نیز گزارش شده که تبدیل مراتع به اراضی کشاورزی باعث شده است تخلخل کل خاک از ۵۷ درصد به حدود ٤۵ درصد کاهش یابد. بیشترین سهم این کاهش به علت تخریب خلل و فرج درشت بوده است (۱٦).

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-14]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.1.5.2]

مواد آلی

مواد آلی خاک مرتع دست نخورده در ژرفای صفر تا ۱۰ سانتی‌متری به میزان ۳۰ درصد بیشتر از خاک مرتع تخریب شده (به ترتیب ۱/۸٤٪ نسبت به ۱/۲۱٪) در این منطقه می‌باشد (جدول ۱). ولی مقدار مواد آلی خاک مرتع تحت کشت (۱/۷٤٪) تفاوت معنی‌داری با خاک مرتع دست نخورده در این عمق نداشته است. علت کاهش مواد آلی خاک اکسید شدن این مواد در اثر شخم سالیانه و فرسایش فیزیکی مواد آلی همراه ذرات ریز خاک مانند رس‌ها می‌باشد. در گزارش دیگری نشان داده‌اند که تبدیل مرتع به زمین‌های کشاورزی باعث کاهش چشم‌گیر (حدود ٦۰ درصد) مواد آلی خاک در طی شصت سال گردیده است (۵). هم‌چنین، اعمال مدیریت کشت حداقل و یا بدون خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم، باعث محافظت کربن آلی خاک شده است (١٤ و ٢١).

مقدار مواد آلی در مراتع تخریب شده و تحت کشت و در ژرفای ۱۰-۲۰ سانتی‌متری از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشته است، ولی مقدار مواد آلی خاک در خاک مراتع دست نخورده به ترتیب ٢٦ و ۱۸ درصد بیشتر از تیمارهای یاد شده می‌باشد (جدول ۲).

شاخص مخروطی

به طور کلی هرچه خاک دارای مواد آلی بیشتری باشد ساختمان بهتری نیز خواهد داشت (دارای خاک‌دانه‌های بیشتر و بزرگ‌تر است)، و همین امر باعث می‌شود که مقاومت کمتری نسبت به نفوذ اجسام، از جمله ریشه گیاهان از خود نشان بدهد. در آزمایشی، اضافه‌کردن سالیانه ٤۰ و یا ۸۰ تن در هکتار کود دامی به خاک یک مزرعه در مدت سه سال، شاخص مخروطی را به‌ترتیب ۳۰ و ٤۰ درصد کاهش داده است (٢٤). اختلاف معنی‌داری میان مقدار فروسنجی خاک تیمارهای بررسی حاضر، که در ژرفای صفر تا ۲۰ سانتی‌متری انجام گرفت، وجود داشت، به طوری که برای خاک مرتع دست نخورده که حاوی مواد آلی بیشتری بود، و خاک مرتع تخریب شده، به ترتیب ۰/۵۲ MPa و ۰/۸٦ MPa بود (جدول ۳).

نیتروژن، فسفر و پتاسیم

مدیریت خاک‌ورزی بر میزان حفظ و جا به جایی رس و عناصر غذایی تأثیر بسزایی دارد. این موضوع توسط پژوهشگران بسیاری بررسی گردیده است (۹). در خاک مرتع دست نخورده، که میزان رس و مواد آلی آن زیادتر بوده، مقادیر نیتروژن کل و فسفر قابل جذب نیز بیشتر بوده است (جدول ۳). وجود رس و مواد آلی این خاک‌ها باعث جذب سطحی این عناصر شده و از فرسایش آنها جلوگیری می‌کند. در پژوهشی نشان داده شده که حذف پوشش گیاهی(درختان) از سطح خاک باعث کاهش تا سه برابر عناصر غذایی، از جمله نیتروژن کل خاک گردیده است (۲۰). این کاهش به خاطر حذف زیست توده (Biomass) و بازگشت نکردن این عناصر به خاک، و هم‌چنین به خاطر افزایش جا به جایی و آبشویی این عناصر در هنگام نبود پوشش گیاهی روی خاک بوده است. پژوهشگر دیگری (۹) نشان داده است که مقادیر کربن، نیتروژن و فسفر در خاک‌دانه‌های بزرگ (Macroaggregates) بیشتر از خاک‌دانه‌های کوچک (Microaggregates) است، و با متلاشی شدن خاک‌دانه‌ها مقادیر بیشتری کربن و نیتروژن نسبت به فسفر آزاد می‌شود.

مقادیر پتاسیم در تیمارها در ژرفای صفر تا ۱۰ سانتی‌متری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۳)، و هم‌چنین تفاوت معنی‌داری در مقدار عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم بین تیمارها در ژرفای ۱۰-۲۰ سانتی‌متری دیده نشد.

شاخص خمیرایی

حضور مواد آلی و رس در خاک باعث می‌شود که در حد سیلان (LL)، و نیز در حد خمیری (PL)، مقدار زیادی آب در خاک وجود داشته، و در نتیجه با وجود مواد آلی و رس در خاک مقدار شاخص خمیرایی (PI)، که از اختلاف این دو حد به دست می‌آید، کوچک باشد. ولی در خاکی که مواد آلی کمتری دارد PI بزرگ‌تر است. البته در این فرایند سهم رس نسبت به مواد آلی بسیار چشم‌گیرتر است. چنان که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، میزان PI برابر با ۲۲٪ برای مرتع دست

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-14]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.1.5.2]

جدول ۳. مقادیر شاخص مخروطی، نیتروژن کل، فسفر قابل جذب، پتاسیم و شاخص خمیری خاک‌های مورد بررسی ناحیه بروجن در مراتع دست نخورده، تخریب شده و تحت کشت (میانگین چهار تکرار)(عمق cm ۱۰-۰)

وضعیت اراضی	شاخص مخروطی [1](MPa)	نیتروژن کل (٪)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (meq/l)	شاخص خمیری [2](٪)
مرتع دست نخورده	۰/۵۲[a]	۰/۲۳[a]	۳۷[a]	۰/۲۷[a]	۲۲[a]
مرتع تخریب شده	۰/۸۶[b]	۰/۱۸[b]	۲۳[b]	۰/۲۲[b]	۳۶[b]
مرتع تحت کشت	۰/۷۸[a]	۰/۱۹[b]	۳۲[a]	۰/۲۱[b]	۲۸[b]

مقادیر در هر ستون با حرف مشابه، از لحاظ آماری و در سطح پنج درصد احتمالات تفاوتی ندارند.

۱. عمق cm ۲۰-۰ ۲. درصد وزنی

نخورده، ۲۸٪ برای مرتع تحت کشت، و ۳۶٪ (وزنی) برای مرتع تخریب شده می‌باشد. تخریب خاک‌دانه‌ها در اثر تبدیل اراضی مرتعی به کشاورزی باعث شده است که مواد آلی خاک کاهش یافته، و در حد خمیری مقدار زیادی رطوبت در خاک باقی نماند، ولی در حد سیلان مقدار قابل توجهی رطوبت در آن وجود داشته باشد. بنابراین، حضور ذرات رس بیشتر و مواد آلی کمتر در این تیمار، باعث افزایش بیشتر شاخص خمیری گردیده است.

میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها و توزیع آنها

دو عامل اساس باعث به وجود آمدن خاک‌دانه‌ها و پایداری آنها است. این دو عامل وجود عناصر چسباننده ذرات به یکدیگر (مانند کاتیون‌های دو ظرفیتی و مواد آلی)، و زمان لازم برای تأثیر عوامل یاد شده می‌باشد. حال هرچه میدان فعالیت دو عامل فوق محدودتر باشد، و یا اعمالی باعث کاهش آنها شود، مقدار خاک‌دانه‌سازی و پایداری آن نیز کاهش می‌یابد. خاک‌ورزی سالیانه و پی‌درپی طی ۲۰ سال باعث شده است که مقدار مواد آلی خاک این منطقه کاهش یابد، و نیز با به هم خوردن مداوم خاک، خاک‌دانه‌ها خرد گردیده و فرصت کافی برای چسبیدن دوباره ذرات به یکدیگر وجود نداشته باشد. اندازه خاک‌دانه‌های خاک مرتعی دست نخورده در ژرفای صفر تا ۱۰ سانتی‌متر حدود سه برابر خاک مرتعی تخریب شده می‌باشد (به ترتیب برابر با ۱/۰۷ mm و ۰/۳۲ mm)(شکل ۱). میانگین وزنی قطر خاک‌دانه‌ها در خاک مرتع تحت کشت برابر ۰/۸۲ میلی‌متر بوده است. برخی از پژوهشگران دلیل پایداری بیشتر خاک‌دانه در مراتع را شبکه قوی ریشه‌ای، عدم به هم خوردن و خرد شدن خاک‌دانه‌ها و تولید مواد پلی‌ساکاریدی بیشتر گیاهان مرتعی دانسته‌اند (۱۸). در ژرفای ۱۰-۲۰ سانتی‌متری روند تغییر در اندازه خاک‌دانه‌ها مشابه ژرفای صفر تا ۱۰ سانتی‌متر بوده است (شکل ۲).

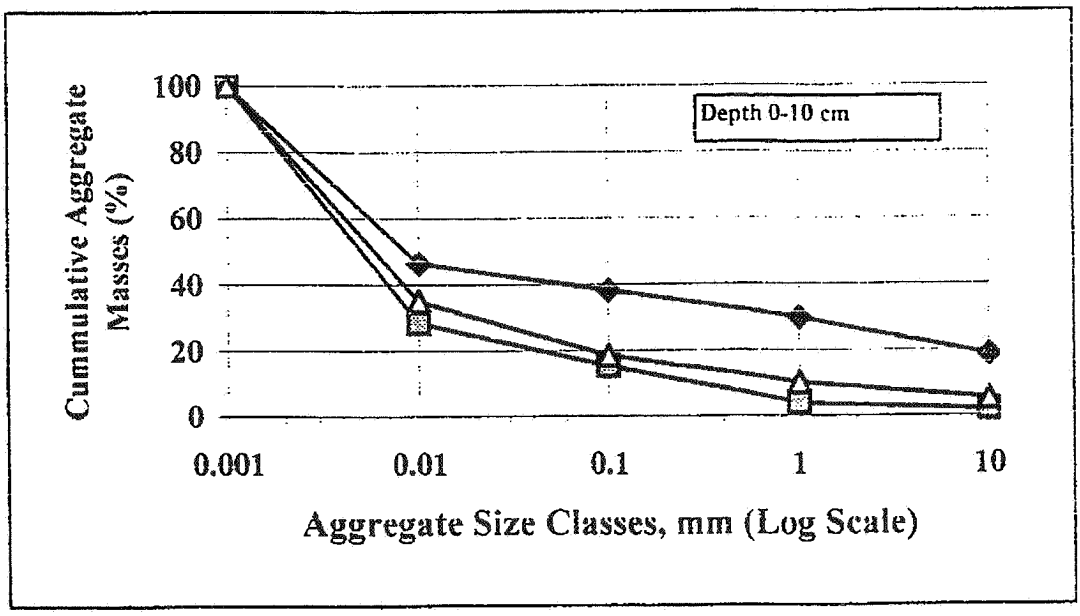
با کاهش مواد آلی و به هم خوردن ساختمان خاک، توزیع اندازه‌ای خاک‌دانه‌ها نیز به سمت کاهش در مقدار خاک‌دانه‌های بزرگ‌تر می‌شود، به طوری که در خاک مرتعی دست نخورده و در هر دو ژرفای ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتی‌متر، حدود ۳۰ درصد از خاک‌دانه‌ها بزرگ‌تر از یک میلی‌متر بوده، در صورتی که این مقدار برای مرتع تخریب شده و تحت کشت به‌ترتیب ۵٪ و ۱۰٪ است (شکل ۱)، و به تبع آن میزان خاک‌دانه‌های کوچک‌تر از ۰/۲۵ و ۰/۲۵- ۰/۵ میلی‌متر کمتر بوده است. در بررسی دیگری، درصد خاک‌دانه‌های درشت (۰/۲۵ mm <) در زمین‌های کشاورزی کمتر از مراتع دست نخورده بوده است، به طوری که مقدار خاک‌دانه‌های بزرگ‌تر از ۰/۲۵ میلی‌متر در مرتع دست نخورده حدود ۵۰ درصد، و در مراتع تخریب شده و تحت کشت به‌ترتیب ۷۰ و ۶۵ درصد می‌باشد (۱۸).

شاخص کشت‌پذیری

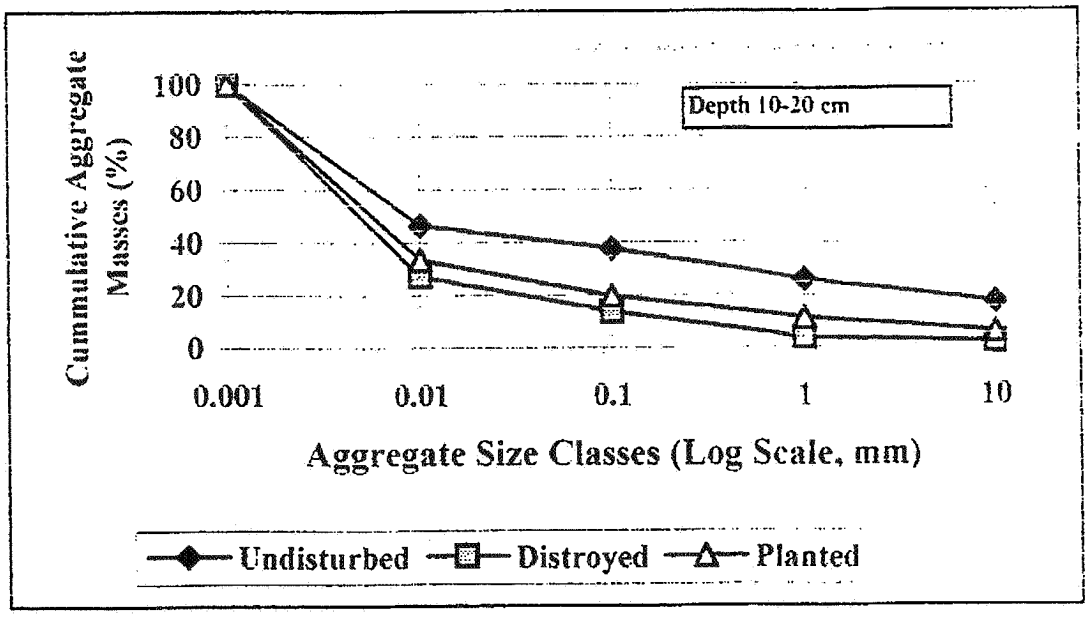
در جدول ٤ مقادیر میانگین ضرایب ویژگی‌های مربوط به

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-14]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.1.5.2]



شکل ۱. منحنی توزیع اندازه‌ای خاک‌دانه‌ها در خاک مرتع دست نخورده، تخریب شده و تحت کشت در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متر در منطقه بروجن



شکل ۲.منحنی توزیع اندازه‌ای خاک‌دانه‌ها در خاک مرتع دست نخورده، تخریب شده و تحت کشت در عمق ۱۰-۲۰ سانتی‌متر در منطقه بروجن

شاخص کشت‌پذیری در تیمارها و ژرفاهای گوناگون مقایسه شده است. از لحاظ آماری در سطح پنج درصد احتمالات، تیمار مرتع تخریب شده دارای ضرایب کشت‌پذیری کمتر از دو تیمار مرتع تحت کشت و به ویژه مرتع دست نخورده بود، به گونه‌ای که میانگین مقدار ضرایب کشت مربوط به ویژگی‌های TI در خاک مرتع تخریب شده حدود ٤٠ درصد کمتر از تیمار مرتع دست نخورده بوده است. به طور کلی، تیمارهای مورد بررسی از لحاظ شاخص مخروطی محدودیتی برای کشت‌پذیری

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-14]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.1.5.2]

جدول ٤. ضرایب ویژگی‌های اندازه‌گیری شده CFx مربوط به ضریب کشت‌پذیری خاک(TI)، برای خاک‌های مرتع دست نخورده، تخریب شده و تحت کشت منطقه بروجن در استان چهارمحال و بختیاری

عمق خاک(cm)	مرتع دست نخورده	مرتع تخریب شده	مرتع تحت کشت
	CF(BD) جرم مخصوص ظاهری		
۰-۱۰	۱/۰^{a}	۰/۸۹^{b}	۰/۹۹^{a}
۱۰-۲۰	۱/۰^{a}	۰/۸۵^{b}	۰/۹۹^{a}
	CD(OM) مواد آلی		
۰-۱۰	۰/۷۹^{a}	۰/۷۳^{b}	۰/۷۸^{a}
۱۰-۲۰	۰/٦۸^{a}	۰/٦٦^{a}	۰/٦۷^{a}
	CF(AUC) یک‌نواختی خاک‌دانه‌ها		
۰-۱۰	۰/۹^{a}	۰/۷٦^{b}	۰/۸۳^{ab}
۱۰-۲۰	۰/۹۵^{a}	۰/۷۷^{b}	۰/۸۲^{ab}
	CF(PI) شاخص خمیری		
۰-۱۰	۱/۰^{a}	۰/۹۱^{b}	۰/۹۸^{a}
۱۰-۲۰	۰/۹۹^{a}	۰/۸٤^{b}	۰/۹٤^{a}
	CD(CI) شاخص مخروطی		
۰-۱۰	۱/۰^{a}	۱/۰^{a}	۱/۰^{a}
۱۰-۲۰	۱/۰^{a}	۱/۰^{a}	۱/۰^{a}
	TI خاک		
۰-۱۰	۰/۷۱	۰/٤٦	۰/٦۳
۱۰-۲۰	۰/٦٤	۰/۳٦	۰/۵۱

ضرایب ردیف مربوط به ویژگی‌های با حروف مشابه، از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ندارند.

نداشتند (اعداد مربوطه برابر یک می‌باشند)، و بیشترین محدودیت از لحاظ میزان مواد آلی نشان داده شده است. در ژرفای ۰-۱۰ سانتی‌متر ضریب کشت‌پذیری ۷۱ درصد برای خاک مرتع دست نخورده، و به ترتیب ٤٦ و ٦۳ درصد برای مراتع تخریب شده وتحت کشت بوده است. این مقادیر برای ژرفای دوم به ترتیب ٦٤، ۳٦ و ۵۱ درصد برای تیمارهای مرتع دست نخورده، تخریب شده و تحت کشت است.

نتیجه کلی این که برخورد با منابع طبیعی دیر تجدید شونده و استفاده پایدار از آنها، که از ارکان اصلی توسعه پایدار هر جامعه است، بایستی منطبق با موقعیت فیزیکی و استعداد کاری در دراز مدت برای هر منطقه باشد. بدین معنی‌که استفاده از این منابع بایستی با کلیه پدیده‌ها و قوانین طبیعت که برای حفظ و بقای آنهاست، هم‌خوانی داشته باشد. در صورت بی‌توجهی به چنین قوانین و پدیده‌هایی، پس از مدت کوتاهی نه تنها عملکرد کاهش می‌یابد، که نهایتاً برای مدت‌های طولانی کلاً منابع طبیعی بهره‌دهی خود را برای بشر از دست می‌دهند.

سپاسگزاری

هزینه این پژوهش از محل طرح ملی شماره M59 تحت عنوان بررسی تأثیر استفاده‌های غلط از اراضی(۱۳۷۵- ۱۳۳٤) بر تولید فرسایش و رسوب در حوزه آبخیز شمالی رودخانه کارون تأمین شده است، که بدین وسیله سپاسگذاری می‌گردد.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-14]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.1.5.2]

منابع مورد استفاده

1. Allen, J. 1985. Soil response to forest clearing in the United States and in the tropics: Geological and biological factors. Biotropica 11: 15-27.
2. Azooz, R. H. M. , A. Arshad and A. J. Franzlueberts. 1996. Pore size distribution and hydraulic conductivity affected by tillage in Nortwestern Canada. Soil Sci. Soc. Am. J. 60: 1197-1201.
3. Bauer, A. and A. L. Black. 1981. Soil carbon, nitrogen and bulk density comparison in two cropland tillage systems after 25 years and in virgin grassland. Soil Sci. Soc. Am. J. 45: 1166-1170.
4. Blake, G. R. and K. H. Hartage. 1986. Bulk density determination. PP. 363-375. *In:* Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Soil Sci. Soc. Am. Crop Sci. Soc. of Am. Agron., Monograph # 9 (2nd edition), WI.
5. Bowman, R. A., J. D. Reader and R. W. Lober. 1990. Change in soil properties in a central plains rangeland soil after 3, 20, and 60 years of cultivation. Soil Sci. 150: 851-857.
6. Casagrande, A. 1948. Classification and identification of soils. Trans. ASCE 113: 919-925.
7. Chaney, K. and R. S. Swit. 1984. The influence of organic matter on aggregate stability in some British soils. J. Soil Sci. 35: 223-230.
8. Doran, J. W. 1987. Microbial biomass and mineralizable nitrogen distribution in no-tillage and plowed soils. Biol. Fertil. Soils 5: 68-75.
9. Elliot, E. T. 1986. Aggregate structure and carbon, nitrogen and phosphorus in native and cultivated soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 50: 627-633.
10. Gee, G. W. and J. W. Bauder. 1986. Physical and mineralogical methods. PP. 404-410. *In:* Methods of Soil Analysis. Soil Sci. Soc. Am., Crop Sci. Soc. of Am. Agron., Monogragh # 9 (2nd edition).
11. Hajabbasi, M. A., A. Jalalian and H. R. Karimzadeh. 1997. Deforestation effects on soil physical and chemical properties, Lordegan, lran. Plant and Soil 190: 301-308.
12. Hillel, D. 1982. Introduction to Soil Physics. Academic Press, Orlando, FL.
13. Kemper, W. D. and R. C. Rosenau. 1986. Aggregate stability and size distribution. PP. 425-440. *In*: Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Soil Sci. Soc. Am., Crop Sci. Soc. of Am. Agron., Monograph # 9 (2nd edition), WI.
14. Kerna, J. S. and M. G. Johnson. 1993. Conservation tillage impacts on national soil and atmospheric carbon levels. Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 200-210.
15. Lal, R. 1989. The Vanishig resource. *In*: Soil Management and Sustainability. Soil and Water Conserv. Soc., Ankeny, Iowa.
16. Low, A. J. 1972. The effect of cultivation on the structure and other physical characteristics of grassland and arable soils. J. Soil Sci. 23: 365-380.
17. Mahboubi, A. A., R. Lal and N. R. Faussey. 1993. Twenty eight years effects on two soils in Ohio. Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 506-512.
18. Neufeldt, H., M. A. Ayarza and D. V. S. Resck. 1999. Distribution of water-stable aggregate in Cerado Oxisols. Soil and Tillage Res. 93: 85-99.
19. Page, A. L. 1992. Methods of Soil Analysis. ASA and SSSA Publishers, Madison, WI.
20. Patrick, J. H. and D. W. Smith. 1975. Forest management and nutrient cycling in eastern hardwoods. USDA For. Serv. Res. Pap. ME-4. Northeast For. Exp. Station, Broomal, PA.
21. Pausian, K. , H. P. Collins and E. A. Paul. 1997. Management controls on soil carbon. PP. 15-49. *In*: E. A. Paul, K. Pausian, E. T. Elliot and C. V. Vole (Eds.), Organic Matter in Tamperate Agroecosystems. CRC Press, Boca Baton, Fl.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-14]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.1.5.2]

22. Plaster, E. J. 1985. Soil Science and Management. Delmar Publishers Inc., Albany, NY.

23. Singh, K. K., T. S. Colvin and A. Q. Mughal. 1992. Tilth index: An approach to quantifying soil tilth. Am. Soc. Agric. Eng. 35: 1177-1185.

24. Soane, B. D. 1990. The role of organic matter in soil compactability: A review of some practical aspects. Soil and Tillage Res. 16: 179-201.

25. Statistical Analysis System. 1996. User's Guide: Statistics. Version 5, SAS Institute Inc. , Cary, NY.

26. Van Veen, J. A. and P. J. Kuikman. 1990. Soil Structural aspects of decomposition of organic matter by micro-organisms. Biochem. 11: 213-233.

27. Van Bavel, C. H. M. 1950. Mean weight diameter of soil aggregates as a statistical index of aggregation. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 14: 20-23.

28. Walkly, A. and I. A. Black 1934. An examination of digestion method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38.

29. Wary, W. K. 1986. Measuring Engineering Properties of Soil. Prentice Hall Inc. , Englwood Cliffs, NJ.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-14]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.1.5.2]