اثر روش‌های خاک‌ورزی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و حرکت برومید

مجید افیونی و محمدرضا مصدقی[۱]

چکیده

اثر روش‌های خاک‌ورزی مرسوم (CT) و بدون خاک‌ورزی (NT) بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و حرکت برومید، در دو مزرعه در ایالت کارولینای شمالی (مزرعه اول با خاک لوم شنی تیپیک پیل یودالتز؛ مزرعه دوم با خاک لوم رسی شنی تیپیک کانهاپل یودالتز) بررسی گردید. گیاه کاشته شده، سویا (واریته آسگرو ۶۲۹۷) بود. در سه موقعیت مکانی شامل ردیف گیاه (R)، ردیف رفت و آمد (T) و ردیف بدون رفت و آمد (N)، جرم مخصوص ظاهری (BD)، تخلخل کل (TP)، تخلخل درشت (MP) و هدایت هیدرولیکی اشباع (K_S) خاک قبل از کاشت گیاه اندازه‌گیری شد. برای بررسی آب‌شویی املاح، از برومید پتاسیم (KBr) استفاده گردید. به وسیلهٔ دستگاه باران ساز، باران مصنوعی با شدت ۱/۲۷ و ۵/۰۸ سانتی‌متر در ساعت به مدت نیم ساعت روی کرت‌های ($1m^2$) تیمار شده با KBr باریده شد. برای تعیین میزان آب‌شویی Br در خاک، دو روز پس از اولین و دومین باران مصنوعی با فاصله زمانی یک هفته، و در پایان فصل نمونه‌های خاک از اعماق مختلف گرفته شد.

روش خاک‌ورزی و موقعیت مکانی در هر دو مزرعه، بر ویژگی‌های فیزیکی خاک تأثیر معنی‌داری گذاشت. BD در روش NT بیش از روش CT، و در ردیف T بیشتر از ردیف R و N بود. در هر دو مزرعه، TP در روش NTکمتر از روش CT بود. افزایش معنی‌دار MP در روش NT نسبت به روش CT در مزرعه اول، بیانگر اثر مفید روش NT در بهبود ساختمان خاک‌های سبک است، ولی در مزرعه دوم (خاک سنگین) روند بر عکس بود. هر چند روند تغییرات K_S مانند MP بود، ولی به دلیل ضریب تغییرات زیاد K_S، میان دو روش خاک‌ورزی در مورد این ویژگی فیزیکی، اختلاف آماری مشاهده نشد. بیشترین اثر تیمارها بر حرکت برومید، در عمق ۰-۲۵ سانتی‌متر دیده شد. در هر دو مزرعه، در اولین و دومین نمونه‌برداری، غلظت برومید در عمق‌های بالایی خاک، در روش CT بیشتر از NT بود، که بیانگر جا به جایی بیشتر Br در روش NT به اعماق پایین خاک می‌باشد. شدت بارندگی اثر معنی‌داری بر جا به جایی Br در خاک داشت، و در بارندگی با شدت ۵/۰۸ سانتی‌متر در ساعت، نسبت به ۱/۲۷ سانتی‌متر در ساعت، مقادیر بیشتری Br به عمق خاک انتقال یافت. در پایان فصل رشد، تفاوت معنی‌دار در جابه جایی Br بین دو روش وجود نداشت، ولی کاهش Br در تمام عمق‌ها نسبت به گذشته، گویای انتقال Br به عمق‌های پایین‌تر خاک (۱۲۰cm) است. در مزرعه اول، به علت بافت سبک و هدایت هیدرولیکی بیشتر خاک، Br به عمق‌های پایین‌تر خاک انتقال یافت.

واژه‌های کلیدی: خاک‌ورزی، بدون خاک‌ورزی، هدایت هیدرولیکی، جرم مخصوص ظاهری، تخلخل، حرکت برومید، شدت بارندگی

---

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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.4.1]

مقدمه

در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰، دگرگونی چشم‌گیری در مفهوم «نیاز به خاک‌ورزی»[1] برای تولید محصول پدید آمد (۲۱). منظور از این دگرگونی، حفظ انرژی و منابع طبیعی بر پایه روش‌های کم خاک‌ورزی[2] و حتی بدون خاک‌ورزی[3] (NT) برای تهیه بستر بذر بود (۱۸و۲۱). روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی[4] اغلب باعث کاهش فرسایش و افزایش مقدار آب قابل استفاده گیاه می‌گردند. ولی کاربرد دراز مدت این روش‌ها، به ویژه روش بدون خاک‌ورزی، ممکن است آثار نامطلوبی بر برخی از ویژگی‌های فیزیکی خاک بگذارد، اگرچه بعضی پژوهشگران معتقدند کاربرد دراز مدت این روش‌ها (NT) به دلیل تشکیل ساختمان مناسب‌تر، درصد خاک‌دانه، مقاومت بیشتر و تخلخل درشت خاک، و پیوستگی خلل و فرج، اثر مفیدی بر خاک دارد (۲۰).

تراکم خاک[5] یکی از مشکلاتی است که در خاک‌ورزی حفاظتی مطرح می‌شود، ولی نتایج بررسی آن بسیار متفاوت و گاهی ضد و نقیض بوده است (۴،۵ و ۱۵). پژوهش‌های زیادی به منظور ارزیابی آثار دراز مدت روش‌های خاک‌ورزی و رفت و آمد ماشین‌های کشاورزی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک انجام شده، ولی نتایج بسیار متفاوت است. دلیل این تفاوت‌ها، شرایط زراعی پیشین (اولیه) خاک‌ها، تفاوت اقلیم مناطق و دوره آزمایش می‌باشد (۲۱).

پژوهشگران بسیاری از بررسی خاک‌های ریزبافت به این نتیجه رسیدند که جرم مخصوص ظاهری[6] (BD)، معمولاً در روش NT بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم[7] (CT) است (۸،۱۳،۱۴،۱۶،۱۷،۲۴و۲۷). ولی، دیگر پژوهشگران تفاوتی میان روش‌های خاک‌ورزی مشاهده نکردند (۵ و ۶). لال و وان دورن (۱۹) از آزمایشی در ایالت اوهایو گزارش کردند که شدت نفوذ آب به خاک در روش NT بیشتر از تیمارهای خاک‌ورزی بوده است. هم چنین، داگلاس و همکاران (۹) نشان دادند که هدایت هیدرولیکی خاک در روش NT بیشتر از روش خاک‌ورزی است. در بررسی گانتزر و بلاک (۱۱) هدایت هیدرولیکی در پلات‌های خاک‌ورزی بیشتر از NT بود. از دلایل نتایج ضد و نقیض در این گزارش‌ها می‌توان به اثر تراکم خاک (که اثر متفاوت روش‌ها راکاهش می‌دهد)، عدم توجه به محل نمونه‌برداری، روش اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی، و به خصوص فاصله محل نمونه‌برداری با محل رفت و آمد ماشین‌های کشاورزی اشاره نمود.

در یک پژوهش درازمدت در ایالت اوهایو، محبوبی و همکاران (۲۱) گزارش کردند که گذشته از روش خاک‌ورزی، بیشترین مقدار BD، کمترین مقدار هدایت هیدرولیکی و تخلخل خاک، در ردیف رفت و آمد ماشین‌های خاک‌ورزی به دست آمد. واگر و دنتون (۳۰) نیز دریافتند که BD و تخلخل در روش NT به گونه‌ای معنی‌دار تحت تأثیر محل نمونه‌برداری است.

پژوهش‌های انجام شده در مورد بازده روش‌های خاک‌ورزی در بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک در ایران، و به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک، اندک می‌باشد. آزمایشی توسط حاج عباسی و همکاران (۱)، برای بررسی تأثیر دو روش خاک‌ورزی (NT و CT) بر ویژگی‌های فیزیکی خاک مزرعه لورک (بافت رسی سیلتی) در اصفهان، طی دو سال صورت گرفت. روش بدون خاک‌ورزی باعث افزایش ماده آلی خاک تا دو برابر، نسبت به روش خاک‌ورزی مرسوم شده، هرچند BD و شاخص مخروطی[8] (CI) در هر دو روش یکسان بود. هم چنین، حاج عباسی و همت (۱۴) گزارش کردند که کاربرد روش NT در یک خاک لوم رسی در اصفهان، سبب افزایش ماده آلی خاک و در نتیجه پایداری خاک‌دانه‌ها[9] (MWD) شده است. به هر حال، بافت سنگین و ماده آلی اولیه ناچیز خاک مورد مطالعه، استفاده از این روش (NT) را دچار تردید می‌کند. زیرا عوامل ذکر شد سبب افزایش مقاومت خاک (CI) تحت روش NT، کاهش نفوذ ریشه گندم و نهایتاً منجر به کاهش عملکرد گردیده است.

1. Tillage requirements
2. Reduced tillage
3. No-tillage
4. Conservation tillage
5. Soil compaction
6. Bulk density
7. Conventional tillage
8. Cone index
9. Mean weight diameter

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.4.1]

مقایسه بررسی‌های انجام شده در ایران (نواحی خشک و نیمه خشک) و نواحی مرطوب فوق نشان می‌دهد که شدت اثر روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی در مناطق خشک و نیمه خشک، به دلیل ماده آلی اولیه ناچیز خاک‌ها، رطوبت کم، و ناپایدار بودن خاک‌دانه‌ها، کمتر از مناطق مرطوب می‌باشد. سخت شدن خاک با گذشت زمان[1]، یکی از مشکلات مهم خاک‌های نواحی خشک و نیمه خشک است، که استفاده از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی را با تردید رو به رو می‌کند. با این حال، بررسی‌های انجام شده در مناطق مرکزی ایران به صورت کوتاه مدت و میان مدت بوده، و بررسی دراز مدتی در این مورد صورت نگرفته است.

تغییر ویژگی‌های فیزیکی خاک در روش‌های گوناگون خاک‌ورزی، ممکن است بر میزان آب‌شویی[2] املاح در خاک تأثیر بگذارد. افزایش میزان آب‌شویی املاح در روش NT بایستی مورد توجه قرار گیرد. زیرا در این روش، بقایای گیاهی روی سطح خاک باعث کاهش تشکیل سله، و در نتیجه افزایش نفوذ آب به خاک می‌گردد (۱۰و۲۹). افزایش نفوذپذیری در روش بدون خاک‌ورزی، ممکن است باعث تسریع حرکت املاح در خاک شود. هم چنین، به علت کاربرد زیاد علف‌کش برای کنترل علف‌های هرز در روش NT نسبت به CT، باید به آب‌شویی مواد شیمیایی در این نوع خاک‌ورزی توجه ویژه نمود. املاح و مواد شیمیایی ممکن است سرانجام به آب‌های زیرزمینی رسیده و باعث آلودگی منابع آبی شوند.

پژوهش‌های بسیاری نشان می‌دهد که بخش عمده آب در پروفیل خاک، از راه خلل و فرج درشت (ماکروپورها[3]) انتقال می‌یابد (۱۲،۲۵و۳۱). ویژگی‌هایی همچون ساختمان خاک، پوشش سطحی خاک و شدت بارندگی، بر مقدار آبی که از طریق ماکروپورها منتقل می‌شود، تأثیر می‌گذارند. روش CT باعث یک‌نواخت‌تر شدن اندازه خلل و فرج در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری می‌گردد، درصورتی که در روش NT، ماکروپورها دست نخورده باقی می‌مانند. بررسی‌های رادکلیف و همکاران (۲۶) نشان داد که حرکت آب و املاح در روش NT، به علت وجود ماکروپورهای بیشتر و پوشش بقایای گیاهی، به گونهٔ معنی‌داری بیش از روش CT است. به خاطر آثاری که روش NT بر ویژگی‌های فیزیکی خاک (به خصوص درصد ماکروپورها) می‌گذارد، انتقال بیشتر نمک به آب‌های زیرزمینی و آلودگی این منابع در این روش نگران کننده است.

هدف از انجام این آزمایش بررسی اثر نوع خاک‌ورزی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و حرکت برومید می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

آزمایش در دو مزرعه پژوهشی دانشگاه ایالتی کارولینای شمالی (آمریکا)، در سال ۱۹۹۲ میلادی انجام گردید. مزرعه شماره ۱ در بخش شرقی ایالت، در دشت‌های ساحلی[4]، و مزرعه شماره ۲ در بخش غربی ایالت، در مناطق کوه‌پایه‌ای[5] واقع شده است. بافت خاک در مزرعه شماره ۱ لوم شنی[6] و در مزرعه شماره ۲ لوم رسی شنی[7] می‌باشد. برخی از ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک این مزارع در جدول ۱ آورده شده است. این پژوهش بخشی از یک مطالعه جامع‌تر است که برای بررسی همه جانبه روش‌های خاک‌ورزی، از سال ۱۹۸۶ میلادی آغاز شده است (۲،۲۲و۳۰).

آزمایش به صورت طرح کرت‌های دوبار خرد شده[8] در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، به منظور مطالعه دو روش خاک‌ورزی (بدون خاک‌ورزی یا NT، و خاک‌ورزی مرسوم یا CT) با کشت گیاه سویا (واریته آسگرو ۶۲۹۷[9]) اجرا گردید. روش خاک‌ورزی (T_i) در پلات اصلی[10]، موقعیت مکانی نسبت به ردیف عبور (P) در پلات فرعی[11]، و عمق نمونه‌برداری (D) در پلات فرعی-فرعی[12] قرار گرفت. در روش

1. Age hardening 2. Leaching 3. Macropores 4. Coastal Plain 5. Piedmont
6. Fine-loamy, siliceous, thermic Typic Paleudults 7. Clayey, kaolinitic, thermic Typic Kanhapludults
8. Split-split plots 9. Asgrow 6297 10. Main plot 11. Subplot 12. Sub-sub plot

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.4.1]

جدول ۱. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (عمق ۰-۲۰cm) مزارع مورد آزمایش (۱)

مزرعه	شن	سیلت	رس	کربن کل	pH_e	CEC*
	%	%	%	($g\ kg^{-1}$)		($cmol\ kg^{-1}$)
مزرعه ۱	۷۴	۱۸	۸	۰/۵۳	۵/۹	۳/۱
مزرعه ۲	۴۸	۲۵	۲۷	۰/۸۱	۵/۷	۵/۴

* ظرفیت تبادل کاتیونی

CT، زمین با استفاده از گاوآهن قلمی[1] با فواصل ۳۰ سانتی‌متر تا عمق ۲۰ سانتی‌متر در بهار آماده شد. سپس دوبار تا عمق ۲۰ سانتی‌متری برای تهیه بستر دیسک زده شد. در روش NT، بقایای گیاهی کشت قبلی روی سطح کرت‌ها نگهداری شد، به گونه‌ای که بقایای گیاهی به طور میانگین بیش از ۹۰% سطح خاک را پوشانده بود. از آغاز بررسی، در هر دو روش، رفت و آمد (ماشین‌های کشاورزی و افراد) تنها به میان ردیف‌های کاشت (یک در میان) که با فواصل ۱/۹۳ متر از یکدیگر قرار داشتند، محدود گردید. ابعاد کرت‌های آزمایش ۵/۸×۱۵/۲ متر انتخاب شد، که شامل شش ردیف کاشت گیاه با فاصله ردیفی ۰/۹۷ متر بودند (۲).

قبل از کاشت گیاه، به وسیلهٔ استوانه‌های نمونه‌برداری با قطر و ارتفاع ۷/۶ cm، نمونه‌های دست نخورده از محل ردیف گیاه[2] (R)، ردیف رفت و آمد[3] (T) و ردیف بدون رفت و آمد[4] (N) و از عمق‌های ۰-۱۵، ۱۵-۳۰ و ۳۰-۴۵ سانتی‌متری برداشته شد. با استفاده از این نمونه‌ها، برخی از ویژگی‌های فیزیکی خاک تعیین گردید. جرم مخصوص ظاهری (BD) به روش استوانه نمونه‌برداری، و تخلخل کل[5] (TP) به روش اشباع کردن و سپس خشک نمودن نمونه‌ها در آون (۱۰۵°C) اندازه‌گیری شد. تخلخل درشت[6] (MP) با استفاده از محفظه‌های فشار مشخص گردید، به طوری که تخلخل درشت درصد حجمی آب خارج شده از خاک را در فشار ۵ kPa نشان می‌دهد (۷). هدایت هیدرولیکی اشباع[7] (K_S) به روش بار ثابت در همان نمونه‌های دست نخورده تعیین شد (۲۱).

کشت سویا با تراکم ۹۶۰۰۰ بذر در هکتار، به کمک کارنده بدون خاک‌ورزی[8] صورت گرفت. تاریخ کاشت در دشت ساحلی و منطقه کوه‌پایه‌ای، به ترتیب ۸ و ۱۱ ماه مه میلادی بود (۳). دو هفته پس از جوانه زدن گیاه، در داخل هر کرت چهار کرت کوچک به مساحت یک متر مربع، به منظور بررسی آب‌شویی املاح مرزبندی شد.

برای بررسی آب‌شویی املاح در خاک، برومید پتاسیم (KBr) حل شده در آب به طور یکنواخت به مقدار ۳۰۰ کیلوگرم برومید خالص در هکتار، در سطح کرت‌های کوچک پخش گردید. پژوهش‌های بسیار نشان می‌دهد که یون برومید (Br) ردیاب مناسبی برای تخمین حرکت آب و نیترات در خاک است (۲). یک ساعت پس از پخش محلول KBr روی سطح خاک، با استفاده از دستگاه باران ساز[9]، باران مصنوعی با شدت ۱/۲۷ سانتی‌متر در ساعت روی دو عدد از کرت‌های کوچک، و با شدت ۵/۰۸ سانتی‌متر در ساعت روی دو کرت کوچک دیگر، به مدت نیم ساعت بارانیده شد (۲). برای تعیین میزان آب‌شویی Br در خاک، دو روز پس از اعمال باران مصنوعی، نمونه‌های خاک از عمق‌های ۰-۸، ۸-۱۶، ۱۶-۲۳ و ۲۳-۴۰ سانتی‌متری برداشته شد.

یک هفته پس از باران مصنوعی اول، باران مصنوعی دوم با شدت ۵/۰۸ سانتی‌متر در ساعت بر تمامی کرت‌های کوچک اعمال شد، و مجدداً دو روز پس از آبیاری، از سطح خاک تا

1. Chisel plow 2. Crop row 3. Trafficked interrow 4. Untrafficked interrow 5. Total porosity
6. Macroporosity 7. Saturated hydraulic conductivity 8. No-till planter 9. Rainfall simulator

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.4.1]

عمق ۴۰ سانتی‌متری، مانند حالت قبل، در دو مزرعه نمونه‌برداری گردید. در زمان بین دو باران مصنوعی، برای جلوگیری از ورود باران طبیعی به کرت‌ها، روی کرت‌های کوچک با چهارچوب‌هایی که تنها در قسمت بالایی (سقف) پوشش داشتند، طوری پوشانده شد که مانع تبخیر و تعرق در کرت‌ها نشود. پس از نمونه‌برداری دوم، پوشش از روی کرت‌ها برداشته شد تا کرت‌ها در معرض بارندگی طبیعی قرار گیرند.

در پایان فصل، پس از برداشت سویا، نمونه‌های خاک از اعماق ۰-۱۵، ۱۵-۳۰، ۳۰-۴۵، ۴۵-۶۰، ۶۰-۷۵، ۷۵-۹۰، ۹۰-۱۰۵ و ۱۰۵-۱۲۰ سانتی‌متری برداشته شد. در تمام نمونه‌های خاک که در نمونه‌برداری‌های اول، دوم و سوم برداشته شده بود، غلظت برومید در عصاره اشباع، با استفاده از الکترود ویژه برومید[1] (دستگاه اوریون[2]) اندازه‌گیری شد. حد تشخیص[3] این دستگاه $0/05\ mgl^{-1}$ بود.

تجزیه‌های آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد (۲۸) و ترسیم نمودارها به کمک نرم‌افزار COPLOT صورت گرفت.

نتایج و بحث

جرم مخصوص ظاهری (BD)

تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیکی در جدول ۲ نشان داده شده است. تیمارهای خاک‌ورزی، موقعیت مکانی و عمق اثر معنی‌دار بر BD داشت. در هر دو مزرعه، گذشته از موقعیت مکانی و عمق، BD در روش NT بیش از CT ($1/62\ Mg\ m^{-3}$ در برابر ۱/۵۴) بود (شکل ۱). در مزرعه ۱، BD در ردیف رفت و آمد (T) به ترتیب ۱۰ و ۱۲ درصد بیشتر از ردیف گیاه (R) و بدون رفت و آمد (N) شد. در مزرعه ۲، این ارقام به ترتیب ۱۱ و ۹ درصد بود. تفاوت BD میان ردیف گیاه و بدون رفت و آمد ($1/55\ Mg\ m^{-3}$ در برابر ۱/۵۳) معنی‌دار نبود (شکل ۱). این نتایج با یافته‌های مایزر و واگر (۲۲) هم‌خوانی دارد.

اثر متقابل $T_i \times P$ فقط در مزرعه ۱ معنی‌دار شد که بیانگر تأثیر متفاوت خاک‌ورزی بر BD در ردیف‌های مختلف می‌باشد. تراکم حاصل از عبور ماشین‌ها، دلیل افزایش BD در ردیف رفت و آمد، نسبت به ردیف R و N است (۲۱). عامل تراکم در مورد ردیف R و N دخالت نداشت، و این دو ردیف تفاوت معنی‌داری نشان نداده‌اند.

لال و همکاران (۱۸) گزارش کردند پس از ۲۸ سال اعمال روش NT، BD در این روش به طور معنی‌داری کمتر از روش CT بود، که دلیل این کاهش را بقایای گیاهی بیشتر، و در نتیجه فعالیت بیشتر کرم‌های خاکی در تیمار NT بیان کردند. اگرچه در این بررسی نیز دو روش در هر دو مزرعه تفاوت معنی‌دار داشتند، ولی تفاوت کمتر این دو روش را از نظر BD، می‌توان به مدت کوتاه‌تر (۴ سال) پژوهش نسبت داد، که هنوز بقایای گیاهی و فعالیت کرم‌های خاکی چندان افزایش نیافته است. هم‌چنین، تجزیه سریع بقایای گیاهی به علت گرما و رطوبت چشم‌گیر در این دو مزرعه (آب و هوای گرم و مرطوب) را، نسبت به آب و هوای شبه مدیترانه‌ای اوهایو در مطالعه لال و همکاران، می‌توان دلیل دیگری بر تفاوت نتایج این دو پژوهش دانست.

اثر روش‌های خاک‌ورزی بر BD کمتر از اثر موقعیت مکانی و عمق در هر دو مزرعه بود، که با نتایج مایزر و واگر (۲۲)، که در مناطقی شبیه و نزدیک به مطالعه حاضر بوده‌اند، هم‌خوانی دارد. اثر رفت و آمد بر BD، با افزایش عمق کاهش نشان داد (جدول ۲ و شکل ۱). اثر معنی‌دار عمق بر BD مربوط به تفاوت دو عمق ۰-۸ و ۸-۱۶ سانتی‌متری است. آثار متقابل $T_i \times D$، $P \times D$ و $T_i \times P \times D$ معنی‌دار نبودند، که بیانگر اثر مستقل روش‌های خاک‌ورزی و عمق، موقعیت مکانی و عمق، و روش خاک‌ورزی و موقعیت مکانی و عمق می‌باشد.

تخلخل کل (TP) و تخلخل درشت (MP)

تخلخل کل (TP) و تخلخل درشت (MP) خاک در هر دو منطقه، به ترتیب در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است. همان

1. Bromide ion selective electrode 2. Orion 3. Detection limit

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.4.1]

جدول ۲. منابع تغییر و تأثیر آنها بر جرم مخصوص ظاهری (BD)، تخلخل کل (TP)، تخلخل درشت (MP) و هدایت هیدرولیکی اشباع (K_s) خاک در دو مزرعه مورد مطالعه[۱].

ویژگی‌های فیزیکی / منبع تغییرات	BD	TP	MP	K_s
		مزرعه ۱		
خاک‌ورزی (T_i)	+	*	*	NS
موقعیت مکانی (P)	**	**	**	**
T_i×P	*	NS	NS	NS
عمق (D)	*	**	*	*
T_i×D	NS	NS	NS	NS
P×D	NS	NS	*	NS
T_i×P×D	NS	*	NS	NS
		مزرعه ۲		
خاک‌ورزی (T_i)	+	*	*	NS
موقعیت مکانی (P)	**	**	**	+
T_i×P	NS	NS	NS	NS
عمق (D)	*	NS	*	*
T_i×D	NS	NS	NS	NS
P×D	NS	NS	*	NS
T_i×P×D	NS	NS	NS	*

۱. +، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار در سطوح ۱۰، ۵ و ۱ درصد می‌باشد. NS نشانهٔ غیرمعنی‌دار بودن است.

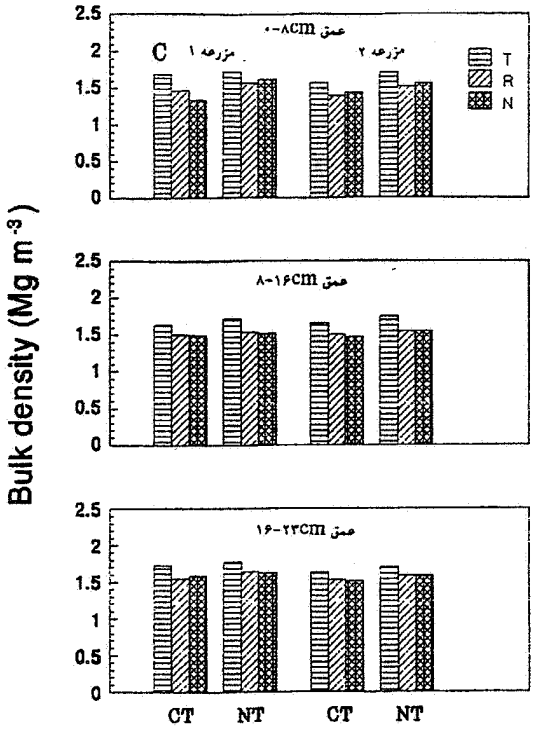
گونه که انتظار می‌رفت، تغییرات تخلخل تقریباً مانند تغییرات BD (ولی در جهت عکس) در تیمارهای مختلف در هر دو مزرعه بود. موقعیت مکانی و عمق بر TP و MP تأثیری بیشتر از اثر خاک‌ورزی داشتند (جدول ۲). با وجود این، به طور کلی خاک‌ورزی، موقعیت مکانی و عمق به گونه‌ای معنی‌دار بر TP و MP اثر نمودند، اگرچه اثر عمق در مزرعه ۲ بر TP و MP معنی‌دار نبود. تغییرات MP بین ردیف T و دو ردیف R و N، بیشتر از تغییرات TP می‌باشد (شکل‌های ۲و۳). این روند با نتایج واگر و دنتون (۲۸) شباهت دارد.

افزایش معنی‌دار MP در روش NT نسبت به CT در مزرعه ۱، بیان کننده اثر مفید روش NT در بهبود ساختمان خاک‌های سبک (لوم شنی) است. در حالی که در مزرعه ۲ (خاک ریز بافت، لوم رسی شنی) روند برعکس است. بنابراین، با این که تغییرات TP بین دو روش چندان زیاد نیست، ولی افزایش MP در روش NT نسبت به CT در مزرعه ۱ شایان توجه است، و نشان دهنده موفقیت روش NT در خاک‌های سبک یا درشت بافت می‌باشد (جدول ۲ و شکل‌های ۲ و ۳).

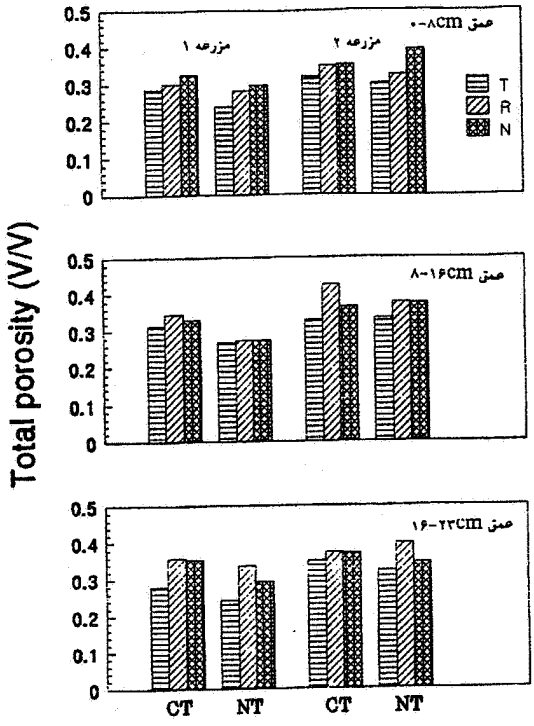
به دلیل اثر شدید تراکم بر TP و به ویژه MP در ردیف رفت و آمد، آثار متقابل T_i×P معنی‌دار نشد (۲۱). دیگر آثار متقابل نیز به استثنای اثر متقابل P×D در دو مزرعه برای MP، و اثر متقابل T_i×P×D در مزرعه (TP) معنی‌دار نبود. معنی‌دار بودن اثر متقابل P×D نشان دهنده تغییرات همانند MP در ردیف‌ها با

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.4.1]



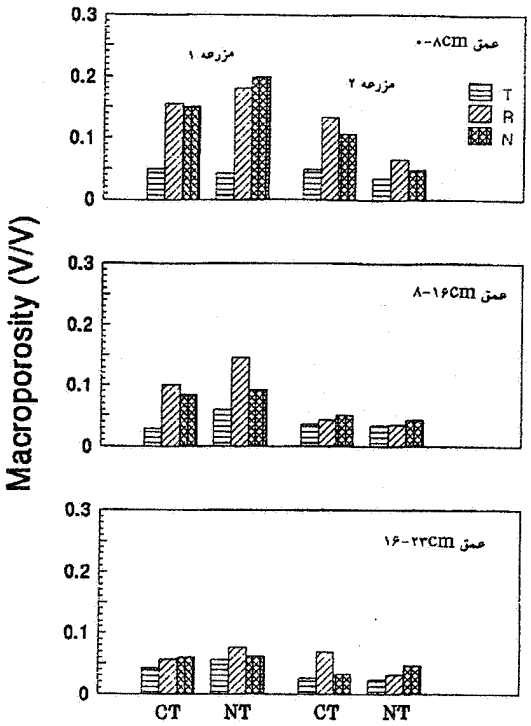
شکل ۱. تغییرات جرم مخصوص ظاهری در عمق‌های مختلف با موقعیت مکانی و تیمارهای خاک‌ورزی. حروف T، R و N به ترتیب نشان‌دهنده ردیف رفت و آمد، ردیف گیاه و ردیف بدون رفت و آمد، و حروف CT و NT به ترتیب بیانگر خاک‌ورزی مرسوم و بدون خاک‌ورزی می‌باشند.



شکل ۲. تغییرات تخلخل کل در عمق‌های مختلف با موقعیت مکانی و تیمارهای خاک‌ورزی. حروف T، R و N به ترتیب نشان‌دهنده ردیف رفت و آمد، ردیف گیاه و ردیف بدون رفت و آمد، و حروف CT و NT به ترتیب بیانگر خاک‌ورزی مرسوم و بدون خاک‌ورزی می‌باشند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.4.1]



شکل ۳. تغییرات تخلخل درشت در عمق‌های مختلف با موقعیت مکانی و تیمارهای خاک‌ورزی. حروف T، R و N به ترتیب نشان‌دهنده ردیف رفت و آمد، ردیف گیاه و ردیف بدون رفت و آمد، و حروف CT و NT به ترتیب بیانگر خاک‌ورزی مرسوم و بدون خاک‌ورزی می‌باشند.

افزایش عمق می‌باشد (۲۲).

در مزرعه ۱، TP در ردیف T به ترتیب ۱۶و۱۳ درصد کمتر از ردیف R و N، و در مزرعه ۲، این مقادیر به ترتیب ۱۳ و ۱۰ درصد بود. این مقادیر برای MP در مزرعه ۱، ۵۸ و ۵۴ درصد و در مزرعه ۲، ۳۳ و ۴۵ درصد بود. به طور کلی، در هر دو مزرعه، TP در روش NT کمتر از CT بود، ولی MP در مزرعه ۱ در روش NT بیشتر از CT بود. در مزرعه ۲، به دلیل بافت سنگین خاک، اثر روش NT به صورت کوتاه مدت (۴ سال) بر MP مشاهده نشد، و MP در روش NT کمتر از CT گردید. TP در روش CT و NT در مزرعه ۱، به ترتیب ۹ و ۱۸ درصد کمتر از مزرعه ۲ شد. در حالی که MP در روش CT و NT به ترتیب ۳۱ و ۱۱۰ درصد بیشتر از مزرعه ۲ بود. به طور کلی، چون MP وابستگی بیشتری به ساختمان خاک دارد، تغییرات بیشتری در تیمارهای مختلف نشان داد.

انتظار می‌رفت ثبات بقایای گیاهی در روش NT باعث افزایش MP ، و در نهایت افزایش TP ، در مقایسه با روش CT شود، همچنان که بررسی‌های جنوب شرقی آمریکا (ایالت‌های جورجیا و اوهایو) نشان داد (۱۸و۲۱). ولی در مورد پژوهش حاضر، احتمالاً زمان بیشتری برای دیدن این گونه تغییرات نیاز بود.

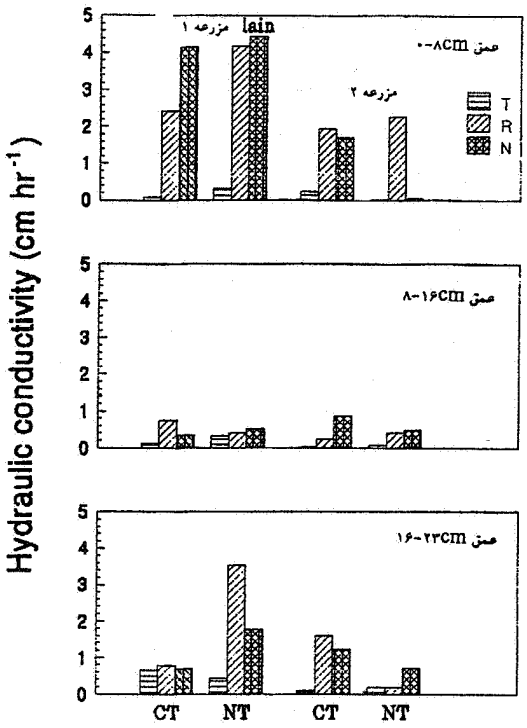
هدایت هیدرولیکی اشباع (K_S)

تغییرات هدایت هیدرولیکی اشباع (K_S) در تیمارهای مختلف در هر مزرعه در شکل ۴ آورده شده است. با توجه به این که ضریب تغییرات[1] (CV) هدایت هیدرولیکی زیاد می‌باشد، اختلافات آماری روش‌های خاک‌ورزی به خوبی دیده نمی‌شود، و اختلافات موقعیت مکانی و عمق نیز به شدت TP،BD و MP نیست، اگرچه روندی مشابه دارد. پژوهش‌های مایزر و واگر (۲۲) نیز نشان داد که CV زیاد K_S سبب شد تا تنها اثر عمق در سال اول، و اثر موقعیت مکانی در سال دوم معنی‌دار شود؛ CV

1. Coefficient of variation

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.4.1]



شکل ۴. تغییرات هدایت هیدرولیکی اشباع در عمق‌های مختلف با موقعیت مکانی و تیمارهای خاک‌ورزی. حروف T، R و N به ترتیب نشان‌دهنده ردیف رفت و آمد، ردیف گیاه و ردیف بدون رفت و آمد، و حروف CT و NT به ترتیب بیانگر خاک‌ورزی مرسوم و بدون خاک‌ورزی می‌باشند.

در سال اول ۱۱۲ درصد و درسال دوم ۳۳۸ درصد بود.

واگر و دنتون (۳۰) گزارش کردند که تنها موقعیت مکانی اثر معنی‌داری بر K_S داشته است. در این بررسی نیز CV بسیار زیاد (۱۳۸-۲۱۳ درصد) بوده است. بنابراین، باتوجه به پژوهش‌های گذشته و همین طور به شکل ۴، K_S در ردیف رفت و آمد (T) بسیار کاهش یافته و اثر موقعیت مکانی بر K_S، به ویژه در مزرعه ۱ معنی‌دار شده است. در مزرعه ۱، K_S در ردیف رفت و آمد (T) به ترتیب ۸۴ و ۸۳ درصد کمتر از ردیف R و N بود. در مزرعه ۲، این مقادیر ۹۱ و ۸۸ درصد بود ولی تفاوت معنی‌داری بین R و N وجود نداشت (جدول ۳).

اگرچه افزایش K_S در روش NT نسبت به CT، به دلیل CV زیاد آن معنی‌دار نبود (جدول ۲)، ولی با وجود این، آثار مفید NT در بهبود ساختمان خاک و در نتیجه افزایش K_S، به خصوص در مزرعه ۱ ($1/78\ cm\ hr^{-1}$) در روش NT، در برابر ۱/۱۲ در روش CT) چشم‌گیر است (شکل ۴). در مزرعه ۲، به هم نخوردن خاک در روش NT سبب درهم فرورفتگی[1] خاک سنگین شده و در نتیجه کاهش K_S را به دنبال داشته است.

در آزمایش محبوبی و همکاران (۲۱)، روش خاک‌ورزی پیوسته[2] (CT) سبب کاهش K_S، حتی در ردیف گیاه شد. در آزمایش حاضر این روند با شدت کمتری دیده شد (شکل ۴)، که دلایل آن در بخش مربوط به BD، تفاوت اقلیمی، تفاوت دوره آزمایش، و نیز تفاوت ویژگی‌های ذاتی خاک‌ها ذکر شده است. مقدار زیادتر K_S در روش NT، نسبت به روش CT، را به ویژه در مزرعه ۱، می‌توان به گذرگاه‌های کرم‌های خاکی و کانال‌های پایدار مربوط به موجودات زنده نسبت داد (۲۱). K_S در روش NT ۵۹ درصد بیشتر از روش CT در مزرعه ۱، و ۴۵ درصد کمتر در مزرعه ۲ شد.

اثر عمق بر K_S در هر دو مزرعه معنی‌دار بود (جدول ۲)، به

1. Packing
2. Continuous cultivation system

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.4.1]

جدول ۳. منابع تغییر و تأثیر آنها بر غلظت یون برومید در نیم‌رخ خاک دو مزرعه مورد آزمایش[۱]

عمق[۲] (cm)	منبع تغییرات	مزرعه ۱			مزرعه ۲		
		نمونه‌برداری			نمونه‌برداری		
		اول	دوم	سوم	اول	دوم	سوم
۰-۸/۰-۱۵	خاک‌ورزی (T_i)	*	*	NS	*	*	NS
	بارندگی (R)	*	T	NS	NS	NS	NS
	T_i×R	NS	NS	NS	NS	NS	NS
۸-۱۶/۱۵-۳۰	T_i	*	*	NS	*	NS	NS
	R	+	+	NS	NS	NS	NS
	T_i×R	NS	NS	NS	NS	NS	NS
۱۶-۲۳/۳۰-۴۵	T_i	*	*	NS	*	NS	NS
	R	NS	*	NS	NS	NS	NS
	T_i×R	NS	NS	NS	NS	NS	NS
۲۳-۴۰/۴۵-۶۰	T_i	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	R	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	T_i×R	NS	NS	NS	NS	NS	NS
۶۰-۷۵	T_i	-	-	NS	-	-	NS
	R	-	-	NS	-	-	NS
	T_i×R	-	-	NS	-	-	NS
۷۵-۹۰	T_i	-	-	NS	-	-	NS
	R	-	-	NS	-	-	NS
	T_i×R	-	-	NS	-	-	NS
۹۰-۱۰۵	T_i	-	-	NS	-	-	NS
	R	-	-	NS	-	-.	NS
	T_i×R	-	-	NS	-	-	NS
۱۰۵-۱۲۰	T_i	-	-	NS	-	-	NS
	R	-	-	NS	-	-	NS
	T_i×R	-	-	NS	-	-	NS

۱. +، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار در سطوح ۱۰، ۵ و ۱ درصد می‌باشد. NS نشانهٔ غیرمعنی‌دار بودن است.
۲. اعماق ۸-۰، ۱۶-۸ و... مربوط به نمونه‌برداری اول و دوم و اعماق ۱۵-۰، ۳۰-۱۵ و... مربوط به نمونه‌برداری سوم (پایان فصل) می‌باشند.

گونه‌ای که با افزایش عمق، Ks کاهش یافت. علت کاهش Ks با عمق، ممکن است وجود مواد آلی بیشتر در سطح خاک (۱۰-۰cm) و افق‌های با درصد رس بیشتر در لایه‌های پایین‌تر باشد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.4.1]

به طور کلی، تغییرات Ks همانند تغییرات MP بود. چون حرکت آب در خاک اشباع بیشتر از راه منافذ درشت صورت می‌گیرد، بنابراین بین Ks و MP باید ارتباط تنگاتنگی وجود داشته باشد. دلیل اختلافات احتمالی، CV زیاد Ks است، که مقداری از این تغییرات (CV) را می‌توان به اندازه نمونه ربط داد (۲۸).

آب‌شویی برومید

پراکندگی Br در نیم‌رخ خاک در هر دو منطقه، در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است. بیشترین اثر تیمارها بر حرکت Br در عمق ۰-۲۵ سانتی‌متری خاک مشاهده شد (جدول ۳). این نتایج مانند نتایج گزارش شده به وسیله مایرز و همکاران (۲۳) است که اثر نوع خاک‌ورزی و شدت بارندگی را بر آب‌شویی Br بررسی کردند.

در مزرعه شماره ۱، غلظت Br در اولین نمونه‌برداری در عمق ۰-۸ سانتی‌متری، در تیمار CT حدوداً دو برابر آن در تیمار NT بود که بیانگر انتقال بیشتر Br در روش NT، از سطح به عمق‌های پایین‌تر خاک می‌باشد (شکل ۵- a و b). در این مزرعه، شدت بارندگی نیز اثر معنی‌دار بر انتقال Br در نیم‌رخ خاک داشت، به گونه‌ای که در هر دو تیمار CT و NT، مقادیر بیشتری Br در بارندگی با شدت ۵/۰۸ سانتی‌متر در ساعت، نسبت به بارندگی با شدت ۱/۲۷ سانتی‌متر در ساعت، به عمق خاک انتقال یافت (شکل ۵- a و b).

در دومین نمونه‌برداری، آب‌شویی Br در نیم‌رخ خاک روند مشابهی با اولین نمونه‌برداری داشت (شکل ۵- c و d)، به طوری که هنوز تیمار CT دارای غلظت بیشتر Br در عمق ۰-۸ سانتی‌متری بود. ولی در این نمونه‌برداری، غلظت Br در هر تیمار در عمق‌های پایین‌تر بیشتر از اولین نمونه‌برداری بود. در نمونه‌برداری آخر فصل رشد، تفاوت معنی‌داری در انتقال Br بین دو تیمار CT و NT دیده نشد (جدول ۳). ولی کاهش غلظت Br در تمام عمق‌ها نسبت به دو نمونه‌برداری قبلی، بیانگر انتقال Br به عمق‌های پایین‌تر از عمق ۱۲۰ سانتی‌متری خاک در اثر بارندگی طبیعی می‌باشد.

در مزرعه ۲، در اولین نمونه‌برداری اختلافات معنی‌دار در غلظت Br در عمق ۰-۸ سانتی‌متر مشاهده گردید (جدول ۳). در این منطقه نیز در تیمار NT مقداری Br به اعماق خاک رفت (شکل ۶- a و b). هم چنین، بارندگی شدیدتر در این منطقه نسبت به مزرعه ۱، باعث انتقال بیشتر Br به عمق‌های پایین‌تر نیم‌رخ خاک گردید. در دومین نمونه‌برداری، اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در دو عمق ۰-۸ و ۸-۱۶ سانتی‌متری دیده نشد (جدول ۳)، و همانند مزرعه ۱ بارندگی دوم باعث انتقال بیشتر Br به عمق‌های پایین‌تر خاک گردید (شکل ۶-c و d). در نمونه‌برداری آخر فصل رشد، غلظت Br در عمق‌های سطحی کاهش یافت، ولی در عمق‌های پایین‌تر افزایش چشم‌گیری داشت (شکل ۶- e و f)، ولی اختلافات میان روش CT و NT معنی‌دار نشد.

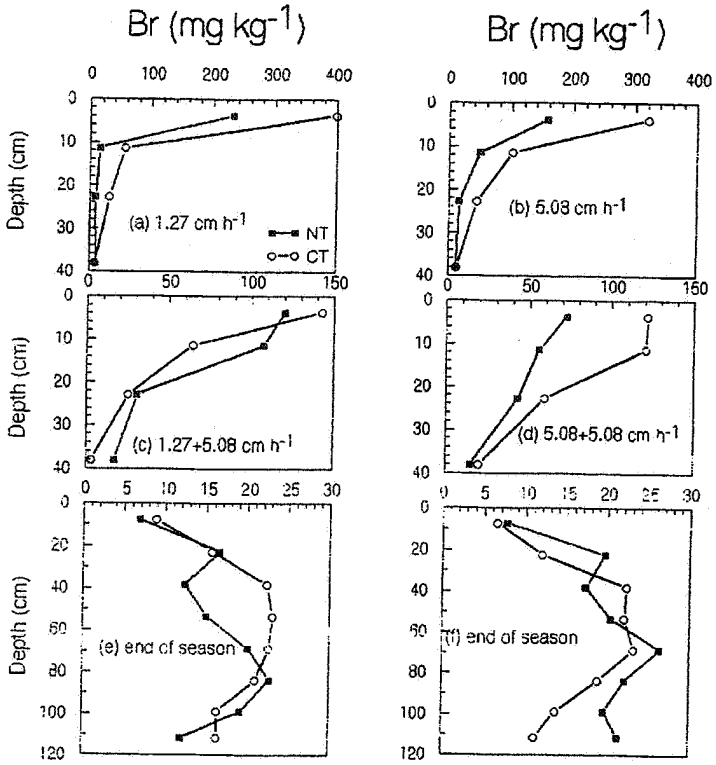
مقایسه داده‌های سه نمونه‌برداری در دو منطقه، نشان می‌دهد که مزرعه ۱ به علت داشتن خاک با بافت درشت‌تر و نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی بیشتر، مقادیر بیشتری Br را به عمق‌های پایین‌تر نیم‌رخ خاک انتقال داده است.

نتیجه‌گیری

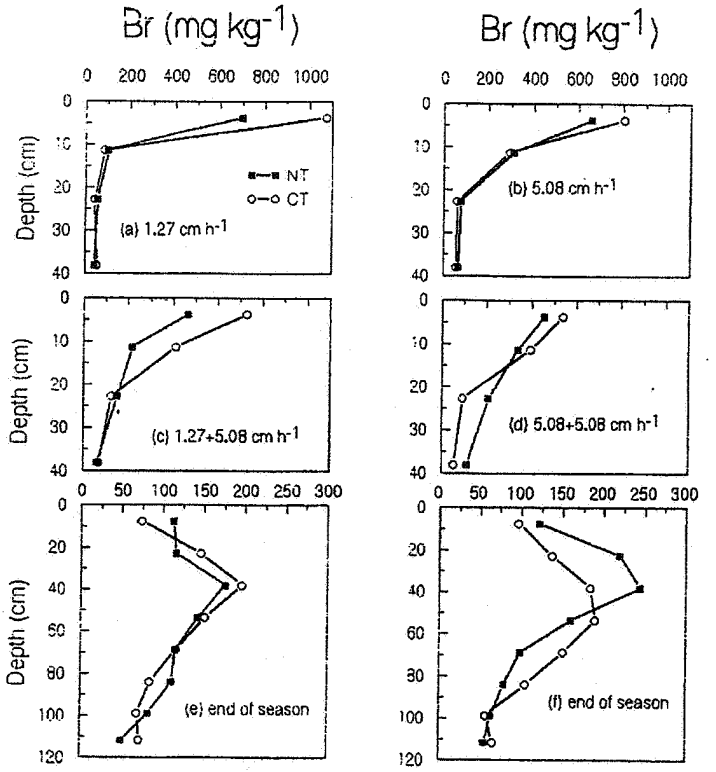
۱. در هر دو مزرعه، روش خاک‌ورزی و موقعیت مکانی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک تأثیر معنی‌دار گذاشت. BD در روش NT بیش از روش CT، و در ردیف T بیش از ردیف R و N بود. در هر دو مزرعه مورد آزمایش، TP در روش NT کمتر از CT بود. افزایش معنی‌دار MP در روش NT نسبت به CT در مزرعه ۱، بیانگر اثر مفید روش NT در بهبود ساختمان خاک‌های سبک می‌باشد، ولی در مزرعه ۲ با خاک سنگین روند برعکس بود. روند تغییرات Ks مانند MP بود، ولی به سبب ضریب تغییرات زیاد Ks، اختلاف آماری میان دو روش خاک‌ورزی دیده نشد. بنابراین، به نظر می‌رسد آثار میان مدت روش NT در بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک‌های سبک در شرایط مورد بررسی شایان توجه است. هم چنین،

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.4.1]



شکل ۵. تغییرات غلظت یون برومید در مزرعه ۱ در عمق‌های مختلف، با تیمارهای خاک‌ورزی، بارندگی و زمان نمونه‌برداری



شکل ۶. تغییرات غلظت یون برومید در مزرعه ۲ در عمق‌های مختلف، با تیمارهای خاک‌ورزی، بارندگی و زمان نمونه‌برداری

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.4.1]

به دلیل بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک در مزرعه ۱ (بافت سبک)، Br به عمق‌های پایین‌تر خاک انتقال یافت.

۲. بررسی‌های انجام شده در ایران (۱و۱۴) نشان داد که کاربرد روش NT در شرایط ایران (خشک و نیمه خشک)، که خاک‌ها اغلب پایداری و مواد آلی ناچیز دارند، سبب افزایش مقاومت خاک و کاهش محصول می‌شود. ولی در بررسی حاضر، کاربرد روش NT در خاک‌های سبک، موجب بهبود وضعیت فیزیکی خاک شد. بنابراین، به نظر می‌رسد تعمیم نتایج این پژوهش به شرایط ایران نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد.

منابع مورد استفاده

۱. حاج عباسی، م.ع.، آ. ف. میرلوحی و م. صدارحامی. ۱۳۷۸. اثر روش‌های خاک‌ورزی بر بعضی از ویژگی‌های فیزیکی خاک و عملکرد ذرت در مزرعه تحقیقاتی لورک. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۳(۳): ۱۳-۲۳.

2. Afyuni, M. M., M. G. Wagger and R. B. Leidy. 1997. Runoff of two sulfonylurea herbicides in relation to tillage system and rainfall intensity. J. Environ. Qual. 26: 1318-1326.

3. Afyuni, M. M., D. K. Cassel and W. P. Robarge. 1994. Lateral and vertical bromide ion transport in a Piedmont landscape. Soil Sci. Soc. Am. J. 58: 967-974.

4. Bauder, A. and A. L. Black. 1981. Soil carbon, nitrogen, and bulk density comparisons in two cropland tillage systems after 25 years and in virgin grassland. Soil Sci. Soc. Am. J. 45: 1166-1170.

5. Bauder, J. W., G. W. Randall and J. B. Swann. 1981. Effect of four continuous tillage systems on mechanical impedance of a clay loam soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 45: 803-806.

6. Blevins, R. L., G. W. Thomas, M. S. Smith, W. W. Frye and P. L. Cornelius. 1983. Changes in soil properties after 10 years continuous non-tilled and conventionally tilled corn. Soil Tillage Res. 3: 133-135.

7. Cassel, D. K. 1974. In situ unsaturated hydraulic conductivity for selected North Dakota soils. Agricultural Experiment Station, ND State University, Fargo, Bulletin 494.

8. Cassel, D. K. and A. Bauer. 1975. Spatial variability in soils below depth of tillage: Bulk density and fifteen atomosphere percentage. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 39: 247-251.

9. Douglas, J. T., M. J. Goss and D. Hill. 1980. Measurements of pore characteristics in a clay soil under ploughing and direct drilling including use of a radioactive tracer (^{144}Ce) technique. Soil Tillage Res. 1: 11-18.

10. Edwards, W. M. 1982. Predicting tillage effects on infiltration. PP. 105-116. *In*: P. W. Unger and D. M. Van Doren Jr. (Eds.), Predicting Tillage Effects on Soil Physical Properties and Processes. ASA. Spec. Publ. 44, ASA, Madison, WI.

11. Gantzer, C. J. and G. R. Black. 1978. Physical characteristics a Le Sueur clay loam following no-tillage and conventional tillage. Agron. J. 70: 853-857.

12. Germann, D. E., W. M. Edwards and L. B. Owens. 1984. Profile of Br and increased soil moisture after infiltration into soil with macropores. Soil Sci. Soc. Am. J. 48: 237-244.

13. Grevers, M. C. L. and A. A. Bomke. 1986. Tillage practices on a northern clay soil: Effect of sod breaking methods on crop production and soil physical properties. Can. J. Soil Sci. 66: 385-395.

14. Hajabbasi, M. A. and A. Hemmat. 2000. Tillage impacts on aggregate stability and crop productivity in a clay-loam soil in central Iran. Soil Tillage Res. 56(3, 4): 205-212.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.4.1]

15. Heard, J. R., E. J. Kladivko and J. V. Mannering. 1988. Soil macroporosity, hydraulic conductivity and air permeability of silty soil under long-term conservation tillage in Indiana. Soil Tillage Res. 11: 1-18.
16. Hill, R. L. and R. M. Cruse. 1985. Tillage effects on soil bulk density and soil strength of two Mollisols. Soil Sci. Soc. Am. J. 49: 1270-1273.
17. Lal, R., T. J. Logan, N. R. Fausey and D. J. Eckert. 1989. Long-term tillage and wheel traffic effects on a poorly drained Mollic Ochraqualf in northwest Ohio. 1. Soil physical properties, root distribution and grain yield of corn and soybean. Soil Tillage Res. 14: 341-358.
18. Lal, R., A. A. Mahboubi and N. R. Fausey. 1994. Long-term tillage and rotation effect on properties of a central Ohio soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 58: 517-522.
19. Lal, R. and D. M. Van Doren, Jr. 1990. Influence of 25 years of continuous corn production by three tillage methods on water infiltration for two soils in Ohio. Soil Tillage Res. 16: 71-84.
20. Mahboubi, A. A. and R. Lal. 1998. Long-term tillage effects on changes in structural properties of two soils in central Ohio. Soil Tillage Res. 45: 107-118.
21. Mahboubi, A. A., R. Lal and N. R. Fausey. 1993. Twenty-eight years of tillage effects on two soils in Ohio. Soil Sci Soc. Am. J. 57: 506-512.
22. Myers, J. L. and M. G. Wagger. 1996. Runoff and sediment loss from tillage systems under simulated rainfall. Soil Tillage Res. 39: 115-129.
23. Myers, J. L., M. G. Wagger and R. B. Leidy. 1995. Chemical movement in relation to tillage system and rainfall intensity under simulated rainfall. J. Environ. Qual. 24: 1183-1192.
24. NeSmith, D. S., D. E. Radcliffe, W. L. Hargrove, R. L. Clark and E. W. Toller. 1987. Soil compaction in double-cropped wheat and soybean on an Ultisol. Soil Sci. Soc. Am. J. 51: 183-186.
25. Priebe, D. L. and A. M. Blackman. 1989. Preferential movement of oxygen-18-labeled water and N-15 urea through macropores in a Nicollet soil. J. Environ. Qual. 18: 66-72.
26. Radcliffe, D. E., E. W. Toller and W. L. Hargrove. 1988. Effect of tillage practices on infiltration and soil strength of a Typic Hapludulat soil after ten years. Soil Sci. Soc. Am. J. 52: 798-804.
27. Roth, C. H., B. Meyer, J. G. Frede and R. Derpsch. 1988. Effect of mulch rates and tillage systems on infiltrability and other soil physical properties of an Oxisol in Parana, Brazil. Soil Tillage Res. 11: 81-91.
28. SAS Institute. 1985. SAS User's Guide: Statistics. 5th ed., SAS Institute, Inc., Cary, NC.
29. Unger, P. W. 1990. Conservation tillage systems. PP. 27-68. *In*: R. P. Singh et al. (Eds.), Dryland Agriculture: Strategies for Sustainability. Adv. Soil Sci., Vol. 13. Springer-Verlag, New York.
30. Wagger, M. G. and H. P. Denton. 1989. Influence of cover crop and wheel traffic on soil physical properties in continuous no till corn. Soil Sci. Soc. Am. J. 53: 1206-1210.
31. Watts, D. W. and J. K. Hall. 1996. Tillage and application effects on herbicide leaching. Soil Tillage Res. 39: 241-257.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.4.1]