



دانشگاه گیلان، دانشکده کشاورزی، املش، گیلان

مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد شانزدهم، شماره چهارم، ۱۳۸۸
www.gau.ac.ir/journals

اثر سیستم‌های خاک‌ورزی و کود آلی بر آب‌شویی برومید تحت کشت ذرت

* حسین شیرانی^۱، مجید افیونی^۲، محمدعلی حاج‌عباسی^۲ و عباس همت^۳

^۱ استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، ^۲ استاد گروه علوم خاک، دانشگاه صنعتی اصفهان،

^۳ استاد گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: ۸۷/۲/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۰/۱۵

چکیده

مدیریت خاک‌ورزی و مواد آلی بر خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک تأثیر داشته و بنابراین روی حرکت آب و املاح در خاک مؤثرند. این پژوهش در دو سال متوالی انجام گردید. تیمارهای خاک‌ورزی شامل شخم با دیسک سطحی به‌علاوه دو دیسک سطحی به‌عنوان کم‌خاک‌ورزی (عمق شخم ۱۵ سانتی‌متر) و شخم با گاوآهن برگردان‌دار به‌علاوه دو دیسک سطحی به‌عنوان خاک‌ورزی مرسوم (عمق شخم ۳۰ سانتی‌متر) می‌باشند. هم‌چنین، تیمارهای کود دامی در سه سطح صفر، ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار اعمال گردیدند. تیمارهای بالا در قالب طرح بلوک‌های خرد شده با ۳ تکرار و تحت کشت ذرت به‌مدت ۲ سال انجام شدند. برای بررسی حرکت املاح، برومید پتاسیم با غلظت ۱۶/۶۷ گرم بر لیتر به خاک اضافه شد. نمونه‌برداری از کف جوی، به‌ترتیب پس از آبیاری به‌مقدار ۱۲۶، ۳۱۵ و ۶۳۰ میلی‌متر آب صورت گرفت. عمق نمونه‌برداری شامل صفر تا ۱۵، ۱۵ تا ۳۰، ۳۰ تا ۶۰، ۶۰ تا ۹۰ و ۹۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر بود. نتایج نشان داد که در تمام مقادیر آب آبیاری، آب‌شویی و انتقال برومید در تیمار دیسک سطحی (کم‌خاک‌ورزی) در مقایسه با گاوآهن برگردان‌دار (خاک‌ورزی مرسوم) به‌طور معنی‌داری کمتر بود. علت این امر تأثیر بیشتر گاوآهن برگردان‌دار در سست کردن خاک تا عمق پایین‌تر، نسبت به دیسک سطحی است. در این پژوهش افزودن کود دامی به خاک تأثیر معنی‌داری بر حرکت برومید در خاک نداشت. هم‌چنین با افزایش عمق آب آبیاری،

* مسئول مکاتبه: shirani379@yahoo.com

حرکت برمید به عمق‌های پایین‌تر، بیشتر بود که این اثر (حرکت رو به پایین برمید) در تیمار خاک‌ورزی مرسوم با شدت زیادتری مشاهده شد. اگرچه آب‌شویی برمید در سیستم گاوآهن برگردان‌دار بیشتر از دیسک سطحی بود، ولی با توجه به نفوذپذیری خیلی کم لایه‌های زیرین (پایین‌تر از عمق شخم) حتی پس از آبیاری با ۳۱۵ میلی‌متر آب، مقدار غلظت ردیاب در لایه‌های سطحی خاک در تیمار خاک‌ورزی مرسوم، قابل‌توجه بود. ولی پس از آبیاری با ۶۳۰ میلی‌متر آب در آخرین مرحله نمونه‌برداری، غلظت باقی‌مانده برمید در لایه سطحی ۱۵-۰ سانتی‌متر کم بوده و بنابراین بخش زیادی از عنصر ردیاب از این لایه خارج شده است.

واژه‌های کلیدی: کم‌خاک‌ورزی، خاک‌ورزی مرسوم، کود دامی، برمید، آب‌شویی

مقدمه

املاح به‌وسیله آب در خاک انتقال می‌یابند که این حرکت در منافذ درشت خاک سریع و در صورتی که املاح وارد منافذ ریز خاک‌دانه‌ها و در حقیقت به رطوبت غیرمتحرک خاک ملحق شوند، آب‌شویی آنها بسیار کندتر است (وان‌گنوختن و ویرینگا، ۱۹۷۶). با توجه به رشد روزافزون جمعیت و نیاز بیشتر به تولید مواد غذایی، انسان دست به اقدامات متعددی برای تأمین احتیاجات غذایی خود زده است. استفاده از ارقام پرمحصول که نیازمند کاربرد بیشتر کودهای شیمیایی و نیز علف‌کش‌ها در خاک است از جمله این اقدامات می‌باشد. این عمل اگرچه تاکنون توانسته است تا حدودی نیاز غذایی بشر را تأمین کند، ولی همراه با آن استفاده بی‌رویه از مواد شیمیایی به‌صورت کود و سموم، سبب آلودگی خاک‌ها و به دنبال آن انتقال مواد شیمیایی به آب‌های سطحی و زیرزمینی شده است (افیونی و مصدقی، ۲۰۰۱).

نمک‌های برمید، کلرید و فلورید از منابع مختلفی به خاک اضافه می‌شود. برمید و کلرید به‌راحتی شسته می‌شوند و به‌دلیل این خاصیت به‌عنوان ردیاب حرکت آب و املاح در خاک مورد توجه قرار گرفته‌اند. استفاده از برمید به‌عنوان ردیاب به این دلیل برتری دارد که غلظت اولیه برمید نسبت به دو عنصر کلر و فلورید در خاک‌های ایران (که آنیون غالب کلر می‌باشد) کم می‌باشد و باعث آلودگی خاک نمی‌شود. هم‌چنین در فرایندهای پیچیده شیمیایی و بیولوژیک مانند نترات شرکت نمی‌کند و غلظت آن در خاک پس از نمونه‌برداری با زمان تغییر نمی‌کند (صیاد، ۱۹۹۸).

مدیریت خاک‌ورزی و آبیاری فاکتورهای مهم و مؤثری در آب‌شویی مواد شیمیایی کشاورزی می‌باشند. خاک‌ورزی نمادهای ساختمانی خاک مانند توزیع اندازه خلل و فرج، کل تخلخل درشت و پیوستگی خلل و فرج خاک را تغییر می‌دهد که در واقع عناصر کلیدی در هدایت هیدرولیکی خاک می‌باشند (باندارانایاک و همکاران، ۱۹۹۸). بررسی‌های متعدد نشان داده که سیستم‌های خاک‌ورزی بر خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک تأثیر داشته و بنابراین روی حرکت آب و املاح در خاک مؤثرند (آگوس و کاسل، ۱۹۹۲؛ کاسل، ۱۹۸۲).

مایرز و همکاران (۱۹۹۵) تأثیر خاک‌ورزی و شدت بارندگی را بر حرکت برومید و آب‌شویی آن مورد مطالعه قرار دادند. آنها ۳ تیمار خاک‌ورزی و ۲ تیمار شدت بارندگی به کار بردند و نمونه‌برداری توسط آگر تا عمق ۴۰ سانتی‌متر صورت گرفت. این محققان نتیجه گرفتند که مقدار رواناب و به دنبال آن خروج برومید تحت سیستم خاک‌ورزی مرسوم نسبت به خاک‌ورزی حفاظتی کمتر است. همچنین، افیونی و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند که مقدار رواناب ایجاد شده در دو سیستم خاک‌ورزی مختلف (بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم) نمی‌تواند به مقدار قابل‌توجهی در انتقال علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره نقش داشته باشد، اگرچه مقدار رواناب تحت خاک‌ورزی مرسوم بیشتر است. از طرفی ساتیا (۱۹۹۷) نشان داد که آب‌شویی املاح تحت سیستم خاک‌ورزی مرسوم سریع‌تر از خاک‌ورزی حفاظتی می‌باشد.

مواد آلی بر خصوصیات فیزیکی خاک از قبیل ساختمان خاک (مازوراک و همکاران، ۱۹۹۵؛ رابرتسون و اریکسون، ۱۹۷۸)، هدایت هیدرولیکی خاک (گوپتا و همکاران، ۱۹۷۷) و نفوذ آب در خاک (مارتنز و فرانکن‌برگ، ۱۹۹۲) تأثیر داشته و بنابراین می‌تواند بر حرکت آب و املاح در خاک مؤثر باشد. علاوه بر مقدار کود آلی، نحوه توزیع کود در خاک نیز می‌تواند بر ویژگی‌های فیزیکی خاک اثر داشته باشد (سوان، ۱۹۹۰). در واقع مواد آلی با افزودن تخلخل خاک (به‌ویژه تخلخل درشت) مقدار آب متحرک را افزایش داده و سبب انتقال سریع‌تر املاح توسط جریان توده‌ای می‌شوند (آنگولو-جرامیلو و همکاران، ۱۹۹۶). افزایش سرعت نفوذ و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در اثر افزودن مواد آلی نیز بیانگر این تأثیر می‌باشد. به‌ویژه هدایت هیدرولیکی که شاخص قابلیت انتقال آب در خاک می‌باشد و حرکت آب در شرایط اشباع و غیر اشباع به آن بستگی دارد.

در یک پژوهش نشان داده شد که آبیاری با پس‌آب فاضلاب موجب آب‌شویی بیشتر آترازین در مقایسه با آبیاری توسط آب گردید، به‌طوری‌که مرکز جرم آترازین تحت آبیاری با پس‌آب، پایین‌تر از

مرکز جرم آن تحت آبیاری با آب بود که علت آن افزایش مواد آلی خاک و بهبود خواص فیزیکی خاک بوده است (گرابر و همکاران، ۱۹۹۵). پوشش مواد آلی می‌تواند به‌عنوان عاملی در کاهش قدرت تبخیر استفاده گردد. برسلر و همکاران (۱۹۸۲) گزارش کردند که پوشش‌های سطحی می‌توانند به‌طور مؤثری حرکت رو به بالای آب و املاح را کاهش دهند، تا حدی که ممکن است خاک‌های شور به‌وسیله باران‌های زمستانه اصلاح گردند، هم‌چنین گزارش کردند که پوشش ناشی از کاه و کلش به حد چشم‌گیری تبخیر از خاک‌های تحت کشت مناطق خشک را کاهش می‌دهد. این پوشش‌ها، آب‌شویی خاک‌ها را توسط آب باران افزایش می‌دهند. شارما و همکاران (۱۹۸۵) توسط کلش گندم، پوشش‌هایی با ضخامت ۰/۵ سانتی‌متر (۳/۳ تن در هکتار)، ۱ سانتی‌متر (۶/۶ تن در هکتار)، ۱/۵ سانتی‌متر (۱۰ تن در هکتار) و ۳ سانتی‌متر (۲۰ تن در هکتار) ایجاد نمودند و در مدت ۳۰ روز موفق به حفظ آب در زیر لایه‌های مواد آلی شدند، این ذخیره آبی در منطقه‌ای به‌وجود آمد که مقدار تبخیر در حد بالایی بود. نتایج نشان داد، پوشش کاه در حد ۱۰ تن در هکتار می‌تواند رطوبت پروفیل خاک را تقریباً معادل یک بار آبیاری حفظ نماید که این امر در مناطق خشک اهمیت دارد. صیاد (۱۹۹۸) گزارش کرد که افزودن ۴۰ تن در هکتار مواد آلی سبب حرکت بیشتر برومید در پروفیل خاک نسبت به تیمار شاهد (بدون کود) گردید. او علت این امر را بهبود ساختمان خاک، نفوذ و حرکت سریع‌تر آب در خاک و هم‌چنین نقش مواد آلی به‌عنوان پوشش خاک که از تأثیر مستقیم نور خورشید جلوگیری نموده و موجب حفظ رطوبت خاک و افزایش بازده مصرف آب می‌گردد، ذکر نمود. این پژوهش با هدف تعیین آب‌شویی برومید تحت تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی و کود آلی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در روستا جوزدان (لورک) نجف‌آباد در ۴۰ کیلومتری جنوب‌غربی اصفهان انجام گردید. منطقه مورد مطالعه در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی قرار دارد. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۶۳۰ متر و طبق تقسیم‌بندی کوپن دارای اقلیم نیمه‌خشک با تابستان‌های خنک و خشک است. متوسط بارندگی و درجه حرارت سالیانه منطقه به‌ترتیب ۱۴۰ میلی‌متر و ۱۴/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اجرای طرح در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات خاک قبل از اجرای طرح.

عمق (سانتی متر)	بافت خاک	OM (درصد)	EC _e (دسی زیمنس بر متر)	pH
۰-۱۵	لوم رسی سیلتی	۰/۵۶	۳/۵	۷/۶
۱۵-۳۰	لوم رسی سیلتی	۰/۳۶	۲/۸	۷/۵
۳۰-۵۰	رسی سیلتی	۰/۲۰	۲/۵	۷/۵

این مطالعه در یک قطعه زمین که ۴ سال (قبل از اجرای طرح) به صورت آیش بوده و سال قبل از آیش کشت ذرت در آن صورت گرفته بود، در قالب طرح بلوک‌های خرد شده با ۳ تکرار انجام گردید. در این پژوهش از عامل خاک‌ورزی در ۲ سطح و عامل کود آلی (گاوی) در ۳ سطح استفاده شد. تیمارهای خاک‌ورزی عبارت بودند از:

۱- **کم‌خاک‌ورزی**^۱: شامل شخم سطحی توسط دیسک (عمق شخم ۱۵ سانتی‌متر) همراه با دو دیسک سبک که پس از شخم و قبل از کشت فقط به منظور تسطیح زمین و خرد کردن کلوخه‌های خاک انجام شد (T_۱).

۲- **خاک‌ورزی مرسوم**^۲: شامل شخم عمیق توسط گاواهن برگردان‌دار (عمق شخم ۳۰ سانتی‌متر) همراه با دو دیسک سبک که پس از شخم و قبل از کشت فقط به منظور تسطیح زمین و خرد کردن کلوخه‌های خاک انجام شد (T_۲).

تیمارهای کودی شامل: ۱- تیمار شاهد، بدون افزودن کود گاوی، ۲- تیمار ۳۰ تن کود گاوی در هکتار، ۳- تیمار ۶۰ تن کود گاوی در هکتار. در این طرح از کود گاوی پوسیده، خرد و سرند شده استفاده گردید و مقادیر کود گاوی طوری انتخاب شدند که از لحاظ کاربردی قابل اجرا توسط کشاورزان باشد.

این پژوهش در دو سال متوالی (۷۹-۱۳۷۸) در یک زمین معین و در قالب طرح بلوک‌های خرد شده با ۳ تکرار انجام شد. در سال دوم نیز تیمارها همانند سال اول در همان بلوک‌ها و کرت‌ها به‌طور یکسان اعمال گردید. فواصل بین کرت‌ها در هر بلوک ۲ متر و بین بلوک‌ها ۳ متر در نظر گرفته شد. ابعاد کرت‌ها ۵×۱۰ متر بود. هر بلوک در امتداد طولی دارای دو نوع خاک‌ورزی (مرسوم و

1- Reduced Tillage

2- Conventional Tillage

کم‌خاک‌ورزی) و در جهت عرضی شامل ۳ سطح (صفر، ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار) کود گاوی بود. سپس بذر ذرت روی پشته‌ها به صورت ردیفی کشت گردید. در تیمار گاواهن برگردان‌دار که عمق شخم ۳۰ سانتی‌متر بود، پس از تبدیل خاک به جوی و پشته، عمق خاک نرم در کف جوی ۱۰ سانتی‌متر کاهش و ارتفاع خاک نرم پشته حدود ۱۰ سانتی‌متر افزایش یافت. به طوری که پس از تبدیل زمین به جوی و پشته، در تیمار گاواهن، عمق خاک نرم از کف جوی ۲۰ سانتی‌متر و در روی پشته ۴۰ سانتی‌متر و در تیمار دیسک به ترتیب ۱۰ و ۲۵ سانتی‌متر تعیین شد. قبل از اجرای طرح نمونه‌های خاک از عمق‌های صفر تا ۱۵، ۱۵ تا ۳۰، ۳۰ تا ۶۰، ۶۰ تا ۹۰ و ۹۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر در ۳ نقطه از مزرعه توسط آگر برای تعیین غلظت برومید اولیه در خاک برداشت شد. غلظت اولیه برومید در خاک ناچیز (حدود ۳ میکروگرم در سانتی‌متر مکعب خاک) و تقریباً برابر خطای دستگاه بود. در گوشه هر کرت در سال دوم، کرت‌های کوچکی به ابعاد ۲×۲ متر (۴ مترمربع) جدا شد که برای بررسی حرکت املاح در نظر گرفته شدند. بدیهی است که تمام عملیاتی که روی کرت‌های اصلی انجام شد (از قبیل خاک‌ورزی، افزودن کود و کشت گیاه)، روی کرت‌های کوچک‌تر نیز صورت گرفت و فقط به کرت‌های کوچک مقدار ۲۰۰ گرم برومید پتاسیم برای بررسی حرکت برومید در خاک اضافه گردید. این مقدار معادل حدود ۳۳۶ کیلوگرم در هکتار برومید خالص (۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار برومید پتاسیم) می‌باشد. برومید پتاسیم در کف جوی‌ها (فاروها) به صورت کاملاً یکنواخت و به فرم محلول توسط آب‌پاش با غلظت ۱۶/۶۷ گرم در لیتر انجام شد. مقدار تبخیر روزانه و متوسط تبخیر در طول فصل رشد از سطح تشنگ تبخیر، پس از اضافه کردن برومید به خاک، تعیین گردید که حدود ۹ میلی‌متر در روز بود. کرت‌های کوچک ۲×۲ که برای بررسی حرکت برومید در نظر گرفته شده بود، دقیقاً در هر نوبت آبیاری معادل ۶۳ میلی‌متر آب دریافت می‌کردند (که با توجه به معلوم بودن حجم آب‌پاش و مساحت کرت قابل محاسبه بود).

برای بررسی حرکت برومید در خاک، نمونه‌برداری در سه نوبت، پس از ۲ آبیاری (معادل ۱۲۶=۶۳×۲ میلی‌متر آب)، ۵ آبیاری (معادل ۳۱۵=۶۳×۵ میلی‌متر آب) و ۱۰ آبیاری (معادل ۶۳۰=۶۳×۱۰ میلی‌متر آب) در طول فصل رشد ذرت از ۵ عمق صفر تا ۱۵، ۱۵ تا ۳۰، ۳۰ تا ۶۰، ۶۰ تا ۹۰ و ۹۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر از کف جوی انجام گرفت و نمونه‌های خاک برای اندازه‌گیری مقدار برومید و رطوبت به آزمایشگاه منتقل شد.

نمونه‌های خاک پس از خشک شدن در هوا، کوبیده و از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شد. سپس ۱۰ گرم خاک توزین و به هر نمونه ۵۰ سی‌سی آب مقطر و ۲ سی‌سی نیترات پتاسیم ۲/۵ مولار (برای تثبیت قدرت یونی) اضافه و مخلوط به‌دست آمده به‌مدت ۳۰ دقیقه در شیکر تکان داده شد. سپس به‌مدت ۲۴ ساعت در آزمایشگاه به حالت سکون قرار داده و پس از آن سانتی‌فیوژ گردید و محلول صاف رویی برای اندازه‌گیری غلظت برومید جدا شد. در پایان با استفاده از الکتروود انتخاب‌گر برومید، غلظت برومید در محلول تعیین گردید. دامنه اندازه‌گیری برومید توسط این دستگاه از ۵ میکرومول در لیتر تا ۱ مول در لیتر بوده و دامنه واکنش خاک بین صفر تا ۱۴ و دما بین صفر تا ۵۰ و زمان تعادل ۱ دقیقه می‌باشد. دستگاه مورد استفاده پس از واسنجی به‌طور اتوماتیک غلظت یون برومید را به‌طور مستقیم در محلول اندازه می‌گیرد. کلیه محاسبات داخل دستگاه انجام شده و واسنجی توسط محلول‌های بافر برومید با غلظت‌های صفر، ۰/۱، ۰/۱ و ۱ مولار انجام گردید (شعبان‌پور و همکاران، ۲۰۰۱).

نتایج و بحث

تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی بر حرکت برومید پس از ۲ آبیاری: جدول ۲ مقایسه میانگین غلظت برومید در عمق‌های مختلف خاک را در دو نوع سیستم خاک‌ورزی و پس از ۲ آبیاری نشان می‌دهد. در عمق ۰-۱۵ سانتی‌متر غلظت برومید به‌طور معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) در سیستم کم‌خاک‌ورزی بیشتر است. در مقابل در عمق ۱۵-۳۰ سانتی‌متر غلظت برومید در تیمار خاک‌ورزی مرسوم نسبت به سیستم کم‌خاک‌ورزی بیشتر می‌باشد. این روند نشان‌دهنده آب‌شویی کمتر برومید در تیمار دیسک سطحی در مقایسه با گاوآهن برگردان‌دار می‌باشد. علت این امر تأثیر بیشتر گاوآهن برگردان‌دار در سست کردن خاک تا عمق پایین‌تر نسبت به دیسک سطحی است. به‌طوری‌که در تیمار دیسک سطحی، املاح در عمق ۱۰ سانتی‌متر با لایه‌ای با نفوذپذیری کم (خاک دست‌نخورده) مواجه می‌شوند، ولی در تیمار گاوآهن برگردان‌دار این لایه در عمق ۲۰ سانتی‌متر وجود دارد. خاک‌ورزی باعث تغییر ویژگی‌های ساختمانی خاک مانند توزیع اندازه خلل و فرج، تخلخل درشت و پیوستگی خلل و فرج خاک شده و در نتیجه بر خواص هیدرولیکی خاک و حرکت املاح تأثیر می‌گذارد (باندارانایاک و همکاران، ۱۹۹۸). بررسی‌ها نشان داده که با افزایش عمق خاک‌ورزی پیک غلظت

(حداکثر غلظت) ردیاب در عمق پایین‌تری قرار می‌گیرد (آگوس و کاسل، ۱۹۹۲). در سایر عمق‌ها اختلاف معنی‌داری بین دو سیستم خاک‌ورزی مشاهده نمی‌شود.

پیک املاح در تیمار دیسک سطحی در لایه سطحی ۰-۱۵ سانتی‌متر و در تیمار گاوآهن برگردان‌دار در عمق ۱۵-۳۰ سانتی‌متر مشاهده می‌گردد. همچنین، مقدار کمتری از برومید در هر دو نوع خاک‌ورزی به عمق‌های پایین‌تر حرکت کرده که در عمق ۹۰-۱۲۰ سانتی‌متر مقدار آن ناچیز است. به عبارت دیگر، به علت نفوذپذیری کم خاک به ویژه در عمق‌های پایین‌تر از شخم، ۲ آبیاری قادر به آب‌شویی برومید تا اعماق پایین خاک نبوده است.

جدول ۲- مقایسه میانگین غلظت برومید (میکروگرم بر سانتی‌متر مکعب خاک) در عمق‌های مختلف خاک تحت دو سیستم خاک‌ورزی (T_۱: کم‌خاک‌ورزی و T_۲: خاک‌ورزی مرسوم) و پس از ۲ آبیاری*.

عمق (سانتی‌متر)					سیستم
۹۰-۱۲۰	۶۰-۹۰	۳۰-۶۰	۱۵-۳۰	۰-۱۵	خاک‌ورزی
۳/۴ ^a	۱۰/۶ ^a	۲۱/۱ ^a	۳۵/۴ ^b	۴۳/۱ ^a	T _۱
۴/۵ ^a	۱۲/۵ ^a	۱۷/۳ ^a	۴۵/۴ ^a	۲۸/۱ ^b	T _۲

* در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵ درصد).

تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی بر حرکت برومید پس از ۵ آبیاری: جدول ۳ مقایسه میانگین غلظت برومید را در عمق‌های مختلف خاک در دو نوع خاک‌ورزی به کار رفته پس از ۵ آبیاری نشان می‌دهد. در عمق ۰-۱۵ سانتی‌متر اختلاف معنی‌داری از نظر مقدار برومید بین دو سیستم خاک‌ورزی وجود ندارد. به این معنی که در این عمق در تیمار دیسک سطحی نیز بخش قابل توجهی از عنصر ردیاب پس از ۵ بار آبیاری شسته شده و به عمق پایین‌تر حرکت کرده است. اگرچه مقدار برومید در عمق بالایی در تیمار دیسک سطحی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم بیشتر است، ولی این اختلاف از نظر آماری (در سطح ۵ درصد) معنی‌دار نیست. بین دو سیستم خاک‌ورزی در عمق‌های ۱۵-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متر از نظر غلظت برومید اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد. به طوری که در عمق ۱۵-۳۰ سانتی‌متر غلظت برومید در تیمار کم‌خاک‌ورزی به طور معنی‌داری در مقایسه با خاک‌ورزی

مرسوم بیشتر و در عمق ۶۰-۳۰ سانتی متر کمتر است. در عمق‌های پایین‌تر یعنی ۹۰-۶۰ و ۱۲۰-۹۰ سانتی متر تفاوت معنی داری (در سطح ۵ درصد) بین دو سیستم خاک‌ورزی مشاهده نگردید.

جدول ۳- مقایسه میانگین غلظت برومید (میکروگرم بر سانتی متر مکعب خاک) در عمق‌های مختلف خاک تحت دو سیستم خاک‌ورزی (T_1 : کم‌خاک‌ورزی و T_2 : خاک‌ورزی مرسوم) و پس از ۵ آبیاری*.

عمق (سانتی متر)					سیستم
۹۰-۱۲۰	۶۰-۹۰	۳۰-۶۰	۱۵-۳۰	۰-۱۵	خاک‌ورزی
۴/۳ ^a	۱۴/۱ ^a	۲۵/۱ ^b	۳۰/۸ ^a	۱۷/۱ ^a	T_1
۵/۱ ^a	۱۳/۵ ^a	۳۴/۵ ^a	۲۰/۹ ^b	۱۴/۴ ^a	T_2

* در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، اختلاف معنی داری ندارند (دانکن ۵ درصد).

تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی بر حرکت برومید پس از ۱۰ آبیاری: مقایسه میانگین غلظت برومید در عمق‌های مورد نظر خاک پس از ۱۰ آبیاری و در دو نوع سیستم خاک‌ورزی در جدول ۴ آورده شده است. در عمق سطحی ۰-۱۵ سانتی متر، تفاوت معنی داری (در سطح ۵ درصد) بین دو سیستم خاک‌ورزی از نظر مقدار برومید وجود نداشت. در عمق ۶۰-۳۰ سانتی متر، غلظت ردیاب در سیستم خاک‌ورزی مرسوم به‌طور معنی داری کمتر از سیستم کم‌خاک‌ورزی است. این روند نشان‌دهنده حرکت بیشتر ردیاب به عمق‌های پایین‌تر در خاک‌ورزی مرسوم می‌باشد. به‌طوری‌که در عمق پایین خاک یعنی ۹۰-۱۲۰ سانتی متر غلظت برومید در تیمار خاک‌ورزی مرسوم به‌طور معنی داری نسبت به تیمار کم‌خاک‌ورزی بیشتر بوده و بخشی از برومید در اثر حرکت بیشتر در خاک‌ورزی مرسوم از پروفیل خاک خارج شده است. به‌طوری‌که در سیستم کم‌خاک‌ورزی کل برومید موجود در عمق پروفیل خاک (عمق ۰-۱۲۰ سانتی متر) بیشتر است.

اگرچه بررسی‌ها نشان داده که سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی به‌علت ایجاد ماکروپوره‌های بیشتر و تبخیر کمتر از سطح خاک موجب انتقال بیشتر املاح به عمق‌های پایین می‌گردد (افیونی و مصدقی، ۲۰۰۱)، ولی تعدادی از محققان نیز آب‌شویی سریع‌تر املاح را در سیستم خاک‌ورزی مرسوم و خاک‌ورزی‌های عمیق نسبت به سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی گزارش نموده‌اند (آگوس و کاسل، ۱۹۹۲؛ ساتیا، ۱۹۹۷). شخم با گاواهن برگردان‌دار مقاومت خاک را در عمق بیشتری نسبت به دیسک

سطحی کاهش می‌دهد. این کاهش مقاومت و سست شدن خاک در عمق‌های پایین‌تر خاک می‌تواند نفوذ بیشتر آب و املاح در خاک را موجب شود.

جدول ۴- مقایسه میانگین غلظت برومید (میکروگرم بر سانتی‌مترمکعب خاک) در عمق‌های مختلف خاک تحت دو سیستم خاک‌ورزی (T_۱: کم‌خاک‌ورزی و T_۲: خاک‌ورزی مرسوم) و پس از ۱۰ آبیاری*.

عمق (سانتی‌متر)					سیستم
۹۰-۱۲۰	۶۰-۹۰	۳۰-۶۰	۱۵-۳۰	۰-۱۵	خاک‌ورزی
۵/۲ ^b	۱۷/۱ ^a	۲۲/۹ ^a	۱۰/۴ ^a	۶/۵ ^a	T _۱
۱۳ ^a	۱۶/۱ ^a	۱۰ ^b	۶/۳ ^a	۴/۷ ^a	T _۲

* در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵ درصد).

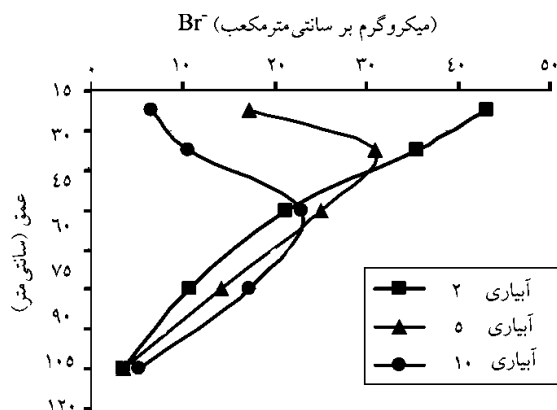
تأثیر کود دامی بر حرکت برومید در خاک: در این پژوهش افزودن کود دامی به خاک تأثیر معنی‌داری بر حرکت برومید در خاک نداشت. بررسی‌های متعدد نشان داده‌اند که مواد آلی با تأثیر بر خواص فیزیکی خاک مانند تخلخل، هدایت هیدرولیکی و نفوذپذیری خاک می‌توانند حرکت املاح در خاک را تحت تأثیر قرار دهند (آنگولو- جرامیلو و همکاران، ۱۹۹۶؛ مارتنز و فرانکن‌برگ، ۱۹۹۲). کود دامی هیچ تأثیر معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) بر خواص فیزیکی مهم در حرکت املاح از قبیل ساختمان، تخلخل (جرم مخصوص ظاهری) و هدایت هیدرولیکی خاک در کف جوی نداشت. بنابراین، تأثیر نداشتن آن بر حرکت برومید در خاک دور از انتظار نمی‌باشد. نحوه توزیع کود در خاک می‌تواند بر مقدار اثر آن بر خواص فیزیکی خاک (سوان، ۱۹۹۰) و در نتیجه حرکت املاح تأثیر گذارد و در این پژوهش پس از تبدیل زمین به جوی و پشته، بیشتر کود در قسمت پشته تجمع یافت و تأثیر آن در کف جوی کم بود. از طرف دیگر، برومید حدود ۲ ماه پس از اعمال تیمارها به خاک اضافه شد، یعنی زمانی که تأثیر خاک‌ورزی بر خواص فیزیکی خاک مشهود بوده و احتمالاً مانع ظهور اثر اندک کود بر حرکت املاح گردیده است.

تأثیر پدیده آب‌شویی بر حرکت برومید در سیستم کم‌خاک‌ورزی: آب‌شویی عمومی‌ترین روش تخلیه املاح از خاک می‌باشد. شکل ۱ اثر آب‌شویی را بر حرکت برومید در عمق پروفیل خاک در سیستم کم‌خاک‌ورزی نشان می‌دهد. در اولین مرحله نمونه‌برداری یا پس از ۲ آبیاری در سیستم

کم‌خاک‌ورزی بخش عمده برومید در عمق‌های بالایی خاک دیده می‌شود، ولی انتقال برومید تا عمق ۶۰-۹۰ سانتی‌متر نیز قابل ملاحظه است. پس از آبیاری با حدود ۱۲۰ میلی‌متر آب، مقدار کمی برومید به عمق پایینی خاک (۹۰-۱۲۰ سانتی‌متر) انتقال یافت. دلایل این امر بافت ریز و نفوذپذیری کم خاک به ویژه در عمق‌های پایین می‌باشد.

بعد از ۵ آبیاری (حدود ۳۰۰ میلی‌متر آب) هنوز بخش قابل توجهی از برومید در لایه سطحی خاک باقی‌مانده است. در منابع دلیلی که برای توجیه حرکت کند املاح ذکر شده، این است که حرکت سریع آب و املاح از طریق خلل و فرج درشت (ماکروپورها) صورت می‌گیرد (افیونی و مصدقی، ۲۰۰۱). اما تحت‌تأثیر پدیده پخشیدگی یا انتشار بخشی از املاح به داخل منافذ ریز درون خاک‌دانه‌ها (میکروپورها) انتقال یافته و در واقع به رطوبت غیرمتحرک خاک ملحق می‌شوند. بنابراین، آب‌شویی به راحتی نمی‌تواند این قسمت از عنصر ردیاب که وارد رطوبت غیرمتحرک شده است را همراه با آب به عمق‌های پایین انتقال دهد (وان گنوختن و ویرنگا، ۱۹۷۶). بررسی‌ها نشان داده که ورود آب موجود در خلل و فرج درشت به منافذ ریز مانع حرکت سریع املاح به عمق‌های پایین خاک می‌شود (باندارانایاک و همکاران، ۱۹۹۸). در این مرحله نیز انتقال عنصر ردیاب به آخرین عمق اندازه‌گیری یعنی ۹۰-۱۲۰ سانتی‌متر چندان قابل ملاحظه نیست. این روند می‌تواند نشان‌دهنده ساختمان ضعیف خاک و اندک بودن مقدار ماکروپورها و نبود حاکمیت جریان روان یا توده‌ای در خاک باشد.

سومین یا آخرین مرحله نمونه‌برداری، پس از ۱۰ آبیاری صورت گرفت که در این مرحله پس از آبیاری با مقدار آب حدود ۶۳۰ میلی‌متر، غلظت برومید در لایه ۰-۱۵ سانتی‌متر نسبت به مراحل قبلی نمونه‌برداری کاهش چشم‌گیری داشته و هم‌چنین، غلظت برومید در عمق ۹۰-۱۲۰ سانتی‌متر در مقایسه با مراحل قبلی نمونه‌برداری افزایش داشته است.

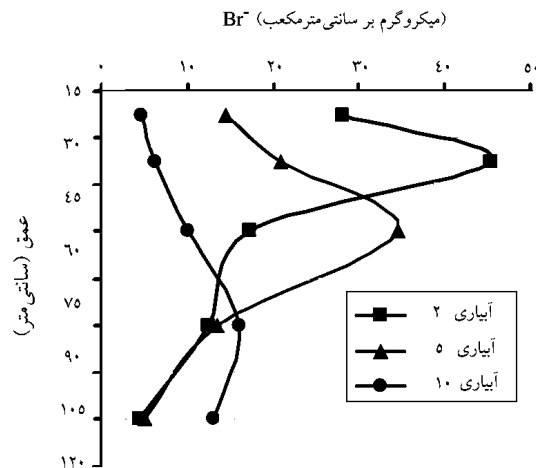


شکل ۱- اثر آب‌شویی (۱۲۶، ۳۱۵ و ۶۳۰ میلی‌متر آب) بر حرکت برومید در سیستم کم‌خاک‌ورزی.

تأثیر پدیده آب‌شویی بر حرکت برومید در سیستم خاک‌ورزی مرسوم: در تیمار گاواهن برگردان‌دار، پس از ۲ آبیاری، برومید تا عمق ۹۰ سانتی‌متر حرکت کرده، اگرچه مقدار آن نسبت به عمق‌های بالاتر کمتر است (شکل ۲). در عمق ۹۰-۱۲۰ سانتی‌متر مقدار عنصر ردیاب ناچیز می‌باشد، به‌طوری‌که ۲ بار آبیاری قادر به انتقال برومید به پایین‌ترین عمق نمونه‌برداری نبوده است. به‌طورکلی پس از ۲ آبیاری بیشترین غلظت ردیاب در لایه‌های سطحی خاک دیده می‌شود.

در مرحله دوم نمونه‌برداری پس از ۵ آبیاری، مقدار برومید در لایه سطحی همچنان قابل توجه است که دلیل آن احتمالاً حرکت کند بخشی از عنصر ردیاب در خاک می‌باشد. بنابراین، اگرچه آب‌شویی برومید در سیستم گاواهن برگردان‌دار بیشتر از دیسک سطحی بوده است، ولی با توجه به نفوذپذیری خیلی کم لایه‌های زیرین (پایین‌تر از عمق شخم) هنوز پس از ۵ بار آبیاری مقدار غلظت ردیاب در لایه‌های سطحی خاک قابل توجه است. غلظت برومید در عمق ۶۰-۹۰ سانتی‌متر نیز قابل ملاحظه بوده که نشان‌دهنده حرکت سریع‌تر مقدار به‌نسبت کمتری از ردیاب در خاک می‌باشد.

پس از ۱۰ بار آبیاری در آخرین مرحله نمونه‌برداری، غلظت باقی‌مانده برومید در لایه سطحی ۰-۱۵ سانتی‌متر کم بوده و بنابراین بخش زیادی از عنصر ردیاب از این لایه خارج شده است. در این مرحله بخش نسبتاً زیادی از عنصر ردیاب به عمق ۹۰-۱۲۰ سانتی‌متر حرکت کرده و حتی از پروفیل خاک خارج شده است.



شکل ۲- اثر آب‌شویی (۱۲۶، ۳۱۵ و ۶۳۰ میلی‌متر آب) بر حرکت برومید در سیستم خاک‌ورزی مرسوم.

نتیجه‌گیری

در تمام مقادیر آب آب‌شویی، حرکت برومید در خاک به سمت پایین سریع‌تر بود. خاک منطقه مورد مطالعه دارای ساختمان ضعیف و نفوذپذیری بسیار کم بود، به طوری که در صورت شخم نخوردن متراکم و سخت می‌گردد. به همین دلیل هرچه عمق خاک‌ورزی بیشتر بود، خاک سست‌تر و نفوذپذیری بیشتری داشت. در کم‌خاک‌ورزی (دیسک سطحی) در کف جوی و در عمق ۱۰ سانتی‌متر، خاک متراکم و سخت بود، در صورتی که در خاک‌ورزی مرسوم این لایه متراکم در عمق ۲۰ سانتی‌متری وجود داشت. بنابراین بدیهی است که در خاک‌ورزی مرسوم با توجه به عمق بیشتر خاک نرم (۲ برابر خاک‌ورزی سطحی)، حرکت برومید سریع‌تر است. با توجه به این که کود دامی تأثیر معنی‌داری بر خواص فیزیکی خاک مانند ساختمان، تخلخل (جرم مخصوص ظاهری) و هدایت هیدرولیکی خاک در کف جوی نداشت، بنابراین تأثیر مشهودی بر حرکت برومید در خاک نیز نداشته است. نحوه توزیع کود در خاک به طوری بود که در محل اضافه نمودن برومید به خاک (کف جوی) کمترین تأثیر را بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و در نتیجه بر حرکت برومید در خاک داشت. با افزایش آب آب‌شویی در هر دو سیستم خاک‌ورزی، برومید به عمق‌های پایین‌تر در خاک نفوذ یافت که این روند کاملاً قابل پیش‌بینی بود، زیرا برومید یک آنیون است که توسط ذرات خاک جذب نمی‌شود (بلکه دفع می‌شود) و هرچه مقدار آب اضافه شده به خاک افزایش یابد، آب‌شویی و حرکت آن به سمت عمق‌های پایین‌تر، بیشتر است.

منابع

1. Afyuni, M., and Mosaddeghi, M.R. 2001. Effect of tillage methods on soil physical properties and bromide movement. *J. Sci. and Tech. Agri. and Natu. Res.* 5: 2. 39-52. (In Persian)
2. Afyuni, M., Wagger, M.G., and Leidy, R.B. 1997. Runoff of two sulfonyl urea herbicides in relation to tillage system and rainfall intensity. *J. Environ. Qual.* 26: 1318-1326.
3. Agus, F., and Cassel, D.K. 1992. Field-scale bromide transport as affected by tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 254-260.
4. Angulo-Jaramillo, R., Gaudet, J.P., Thony, J.L., and Vauclin, M. 1996. Measurement of hydraulic properties and mobile water content of a field soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60: 710-715.
5. Bandaranayake, W.M., Butters, G.L., Hamdi, M., Prieksat, M., and Ellsworth, T.R. 1998. Irrigation and tillage management effects on solute movement. *Soil and Tillage Res.* 46: 165-173.
6. Bresler, E., Meneal, B.L., and Carter, D.L. 1982. *Salin and Sodic Soils*. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 226p.
7. Cassel, D.K. 1982. Tillage effects on soil bulk density and mechanical impedance. In: *Predicting tillage effect on soil physical properties and processes*. ASA special Publication, 44: 45-68.
8. Graber, E.R., Gerstl, Z., Fischer, E., and Mingelgrin, U. 1995. Enhanced transport of atrazine under irrigation with effluent. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 59: 1513-1519.
9. Gupta, S.C., Dowdy, R.H., and Larson, W.E. 1977. Hydraulic and thermal properties of sandy soil as influenced by incorporation of sewage sludge. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41: 601-605.
10. Martens, D.A., and Frankenberg, W.T. 1992. Effect of organic amendment on water infiltration and soil properties of an irrigated soil. *Agron. J.* 84: 707-717.
11. Mazurak, A.P., Chesnin, L., and Thijsel, A.A. 1995. Effects of beef cattle manure on water-stability of soil aggregates. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41: 613-615.
12. Myers, J.L., Wagger, M.G., and Leidy, R.B. 1995. Chemical movement to tillage system and simulated rainfall intensity. *J. Environ. Qual.* 24: 1183-1192.
13. Robertson, L.S., and Erickson, A.E. 1978. Soil compaction, symptoms, causes, remedies. *Crops and Soils Manag.* 30: 11-14.
14. Satya, N.Y. 1997. Formulation and estimation of nitrate-nitrogen leaching from corn cultivation. *J. Environ. Qual.* 26: 808-814.
15. Sayyad, G.A. 1998. Studying the Effects of organic matter in improving the physical properties of heavy textured saline and sodic soils using a solute transport model. M.Sc. Thesis. College of Agriculture, Tarbiat Modarres University of Tehran, 142p. (In Persian)

16. Shabanpour, M., Mousavi, S.F., Afyuni, M., and Saadat, S. 2001. Bromide transport under field conditions. *Iranian J. Soil and Water Sci.* 14: 1. 92-97. (In Persian)
17. Sharma, R.A., Verma, G.P., and Gupta, R.K. 1985. Modification of evaporation from a vertisol by straw mulch. *J. India Soc. Soil Sci.* 33: 383-386.
18. Soane, B.D. 1990. The role of organic matter in soil compactibility: A review of some practical aspects. *Soil and Tillage Res.* 16: 179-201.
19. Van Genuchten, M.Th., and Wierenga, P.J. 1976. Mass transfer studies in sorbing porous media I. Analytical solutions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40: 473-480.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 16(4), 2009
www.gau.ac.ir/journals

Effect of tillage systems and organic manure on bromide leaching under corn cropping

***H. Shirani¹, M. Afyuni², M.A. Hajabbasi² and A. Hemmat³**

¹Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan,

²Professor, Dept. of Soil Science, Isfahan University of Technology,

³Professor, Dept. of Farm Machinery, Isfahan University of Technology

Abstract

Tillage and organic matter management have some impact on soil physical, chemical and biological properties, therefore they influence water and solute transport in soil. This study was performed in two consecutive years. Different tillage treatments including disk harrowing + two disk harrowings as reduced tillage (15 cm plowing depth) and moldboard plowing + two disk harrowings as conventional tillage system (30 cm plowing depth) were used. Also, three levels of 0, 30 and 60 tons per hectare farmyard manure were also used as organic manure treatments. The above mentioned treatments were done in a split block design with 3 replications and under corn cultivation for two years. In order to determine solute transport, potassium bromide was added to soil at concentration of 16.67 g/l. Soil sampling from furrow was conducted after 126, 315 and 630 mm irrigation, respectively. Sampling depth were 0-15, 15-30, 30-60, 60-90 and 90-120 cm. The results showed that bromide leaching and transport was significantly lower under reduced tillage (T₁) in comparison to conventional tillage (T₂) irrespective to water irrigation content. This is due to higher soil loosening by T₂ compared to T₁. The results indicated that manure had no significant effect on bromide transport. With increasing irrigation water content, bromide leaching to lower layers increased as well. Under T₁, after 126 and 315 mm water, most of bromide has remained at depth of 0-15 cm. However, by adding 630 mm of water, bromide concentration reduced considerably at surface layer. Although bromide leaching was higher at T₂ than T₁ treatment, but due to low permeability of subsoil layers, bromide concentration (tracer) at topsoil was considerable. But, by adding 630 mm water in the last stage of sampling, the bromide concentration at surface layer (0-15 cm) showed a reduction, therefore a great amount of trace element has escaped from this layer.

Keywords: Reduced tillage, Conventional tillage, Organic manure, Bromide, Leaching

* Corresponding Author; Email: shirani379@yahoo.com