

اثر شیوه خاک‌ورزی و مقادیر مختلف کود نیتروژن بر حرکت آب و نیترات در اراضی شمال خوزستان

محمد خرمیان*، سعید برومند نسب، فریبرز عباسی و سید رضا اشرفی زاده**

*نگارنده مسئول، نشانی: دزفول، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، ص.پ: ۳۳۳، تلفن: ۵۳-۴۳-۰۶۴۲۲۴۳۳۰، پیام نگار: khorramy.mohamad@yahoo.com

**به ترتیب: دانشجوی دوره دکتری دانشگاه شهید چمران اهواز و عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی، دزفول، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد؛ استاد دانشگاه شهید چمران، اهواز، دانشکده مهندسی آب؛ دانشیار پژوهش مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی، دزفول، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد
تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۹/۶

چکیده

مدیریت آبیاری، شیوه خاک‌ورزی و مدیریت کود نیتروژن، نقش مهمی در خصوصیات فیزیکی و چگونگی حرکت آب و نیترات در نیم‌رخ خاک دارند. لذا، این تحقیق با هدف بررسی اثر بی‌خاک‌ورزی و مقادیر مختلف کود نیتروژن در حرکت نیتروژن معدنی و رطوبت در خاکی با بافت لوم رسی سیلتی در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد با شرایط اقلیمی گرم و نیمه‌خشک صورت گرفت. برای این منظور دو شیوه تهیه بستر بذر شامل روش خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاک‌ورزی هر کدام با سه سطح کود نیتروژن (۱۵۰، ۲۲۵، و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) برای کشت ذرت پیاده شد. کود نیتروژن در هر دو روش خاک‌ورزی در سه تقسیط آبیاری اول، مرحله چهار برگی و شروع گلدهی ذرت به صورت کودآبیاری استفاده شد. مقادیر نیترات و آمونیوم خاک قبل و ۱۰ روز پس از کودآبیاری و همچنین پس از برداشت ذرت در لایه‌های ۳۰ سانتی‌متر تا عمق ۱۲۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. مقادیر آب ورودی و خروجی، رطوبت خاک قبل و پس از آبیاری و جرم مخصوص ظاهری خاک اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متر در ابتدا، اواسط، و انتهای دوره رشد در شیوه بی‌خاک‌ورزی تفاوت معنی‌داری با شیوه خاک‌ورزی مرسوم نداشت. مقادیر رطوبت خاک قبل از آبیاری، بیان‌کننده بالاتر بودن رطوبت در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر در شیوه بی‌خاک‌ورزی نسبت به روش خاک‌ورزی مرسوم (به میزان ۳ درصد) بود. مقادیر آب ورودی و خروجی اندازه‌گیری شده در دو شیوه خاک‌ورزی نشان‌دهنده افزایش مصرف آب در هر آبیاری و کاهش رواناب سطحی در شیوه بی‌خاک‌ورزی به دلیل تجمع بقایا در کف جویچه بود. میزان نیترات خاک در هر دو روش خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاک‌ورزی در لایه ۳۰-۰ سانتی‌متر بیش از لایه‌های بعدی بود که اختلاف معنی‌داری را در سطح ۱ درصد نشان داد. روش خاک‌ورزی تأثیری بر مقدار و حرکت نیترات در لایه‌های خاک نداشت. بنابراین مصرف کود در روش بی‌خاک‌ورزی و کشت مستقیم در بقایا می‌تواند به میزان توصیه شده برای روش خاک‌ورزی مرسوم باشد. مقدار آمونیوم خاک در مقایسه با نیترات کمتر و مقدار آن در مراحل قبل و پس از هر نوبت کودآبیاری در دو روش خاک‌ورزی، یکسان بود و از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری را نشان نداد.

واژه‌های کلیدی

انتقال نیترات و آمونیوم، بی‌خاک‌ورزی، خوزستان، ذرت دانه‌ای، کود نیتروژن

مقدمه

است و برای دستیابی به کشاورزی پایدار ناگزیر به اعمال مدیریت‌های لازم در زمینه آبیاری، شیوه خاک‌ورزی و تأمین کود مورد نیاز گیاه برای افزایش بهره‌وری آب

تولید محصول در نواحی خشک و نیمه خشکی همانند استان خوزستان به‌طور جدی به آبیاری وابسته

به میزان زیادی انتقال و دسترسی به نیتروژن را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Blevins & Frye, 1993; Silgram & Shepherd, 1999). آزمایش ردیابی یون برومید با دستگاه شبیه‌ساز باران روی یک خاک لومی در آیووا نشان داد که در بی‌خاک‌ورزی، انتقال یون بیشتری به لایه‌های پایین‌تر خاک در مقایسه با شیوه‌ی خاک‌ورزی صورت گرفت. محققان دیگر نیز نشان داده‌اند که آبشویی آلاینده‌ها در حالت بی‌خاک‌ورزی بیش از خاک‌ورزی مرسوم است (Dick *et al.*, 1989). علی‌رغم نتایج فوق‌کنوار و همکاران (Kanwar *et al.*, 1985) گزارش کردند که نیترات آبشویی شده به عمق بیشتر از ۱/۵ متر با دستگاه شبیه‌ساز باران روی خاک لومی در ایالت آیووا در خاک‌ورزی مرسوم، بیش از شیوه‌ی بی‌خاک‌ورزی است. از طرف دیگر نتایج تحقیقات در مناطق دارای زهکش زیرزمینی لوله‌ای نشان داد که مقدار آب زهکشی و غلظت نیترات آب زهکش در شیوه‌ی خاک‌ورزی مرسوم بیش از بی‌خاک‌ورزی است (Drury *et al.*, 1993). مشابه همین نتایج توسط محققان دیگری مورد تأیید قرار گرفته است (Zhu *et al.*, 2003; Angle *et al.*, 1993). در عین حال، مطالعات دیگر نشان داده‌اند که مقدار آب نفوذ یافته و نیترات آبشویی شده در هر دو شیوه‌ی خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی یکسان بوده و تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (Logan *et al.*, 1994). به‌رحال اعتقاد بر این است که مدیریت درست کوددهی همراه با اعمال مدیریت گیاه، آب و خاک می‌تواند آبشویی نیترات را به حداقل رسانده و عملکرد گیاه را افزایش دهد (Kalita & Kanwar, 1993). نتایج مطالعات هالورسون و همکاران (Halvorson *et al.*, 2006) در یک دوره‌ی چهار ساله نشان داد که با افزایش مقدار کود نیتروژن در روش‌های مختلف خاک‌ورزی، عملکرد دانه ذرت به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و در مجموع عملکرد دانه ذرت در خاک‌ورزی مرسوم، بیش از روش بی‌خاک‌ورزی بود. مطالعات دیگر نشان داد که در روش بی‌خاک‌ورزی به‌دلیل

آبیاری است. در اراضی سنگین و نیمه‌سنگین که رواناب درصد قابل ملاحظه‌ای از آب ورودی به مزرعه را تشکیل می‌دهد، استفاده از شیوه‌ی بی‌خاک‌ورزی توأم با حفظ بقایا روی سطح خاک، باعث کند شدن حرکت آب در سطح خاک و در نتیجه افزایش نفوذ آب و همچنین نگهداری رطوبت خاک می‌شود و از فرسایش خاک، به‌خصوص در اراضی شیب‌دار، جلوگیری می‌کند (Hammel, 1996). خاک‌ورزی حفاظتی به‌ویژه بی‌خاک‌ورزی می‌تواند تلفات مواد غذایی مورد نیاز گیاه را به حداقل رسانده (Shipitalo & Edwards, 1993) ذخیره رطوبتی خاک را افزایش (Malhi *et al.*, 2001) و هزینه تولید را کاهش دهد (Uri, 2000). آمار نشان می‌دهد که از سال ۲۰۰۰ میلادی استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی در ۳۷ درصد از اراضی کشاورزی آمریکا رایج شده که نیمی از این سطح به شیوه‌ی بی‌خاک‌ورزی اختصاص داشته است (Zhu *et al.*, 2003). نیتروژن یکی از عناصر مغذی مورد نیاز گیاهان است که مصرف آن در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا که مواد آلی اندکی دارند باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شود (Derby *et al.*, 2005). استفاده از کود نیتروژن علی‌رغم افزایش تولید محصول ممکن است آثار زیانبار زیست محیطی به‌همراه داشته باشد. از این‌رو محققان مطالعات فراوانی را در زمینه حرکت نیتروژن در مجموعه به هم پیوسته گیاه- خاک انجام داده‌اند. حاصل این مطالعات نشان می‌دهد که سرنوشت این عنصر در مجموعه گیاه- خاک بستگی به عوامل مختلف گیاهی، اقلیمی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین مدیریت آبیاری دارد (Malhi *et al.*, 2001). انتقال و آبشویی مواد مغذی مورد نیاز گیاه، به‌ویژه نیترات تحت تأثیر حرکت آب در سطح و در نیم‌رخ خاک می‌باشد. در نتیجه در نواحی فاریاب با بازده آبیاری کم، احتمال آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترات، به‌ویژه در اراضی با بافت سبک، افزایش می‌یابد (Stark *et al.*, 1983). از طرف دیگر شیوه‌ی خاک‌ورزی

متداول نبوده، اما در سال‌های اخیر با ورود تعداد اندکی از دستگاه‌های خطی کار بی‌خاک‌ورزی، کاشت مستقیم گندم در بقایای ذرت در برخی از اراضی کشاورزان و کشت و صنعت‌های منطقه ترویج شده است. برای استفاده از شیوه بی‌خاک‌ورزی در تناوب متداول منطقه (تناوب گندم-ذرت)، لازم است که شیوه بی‌خاک‌ورزی و کاشت مستقیم ذرت روی بقایای گندم نیز مطالعه شود. لذا این پروژه با هدف بررسی امکان کاشت مستقیم ذرت روی بقایای گندم در شرایط اقلیمی خوزستان و تأثیر آن بر حفظ رطوبت، بهبود خصوصیات فیزیکی خاک، و روند حرکت نیترات در خاک صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ در یکی از مزارع مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد واقع در وسط اراضی شبکه آبیاری دز در شمال استان خوزستان صورت گرفت. داده‌های هواشناسی شامل دمای هوا، سرعت باد، رطوبت نسبی، تبخیر از تشت کلاس A و همچنین بارندگی روزانه از ایستگاه هواشناسی به فاصله ۲۰۰ متر از محل اجرای پروژه به‌دست آمد. خاک منطقه از نوع رسوبی با زهکشی طبیعی خوب و بافت غالب آن، لوم رسی سیلتی بود (جدول ۱).

اینکه بقایای کمتری با خاک مخلوط می‌شود، تجزیه بقایا و آزادسازی نیتروژن به‌کندی صورت می‌گیرد. بنابراین برای دستیابی به عملکرد مساوی با روش خاک‌ورزی مرسوم نیاز به افزایش مقدار کود نیتروژن در سال‌های اول اجرای روش بی‌خاک‌ورزی است (Sims et al., 1998). مطالعات فوق نشان می‌دهند که محدوده وسیعی از شیوه‌های خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی وجود دارند که در نوع ماشین‌آلات مورد استفاده، کاربرد علف‌کش‌ها، کودهای شیمیایی و شیوه مدیریت بقایا متفاوتند. علاوه بر این، تفاوت در شرایط اقلیمی و نوع خاک در نقاط مختلف مورد مطالعه باعث شده است که نمی‌توان تأثیر شیوه‌های مدیریتی حاصل از مطالعات یک منطقه را به‌صورت یک نسخه واحد برای دیگر مناطق تجویز کرد.

کشاورزان منطقه شمال خوزستان معمولاً برای تهیه بستر ذرت تابستانه (خاک‌ورزی مرسوم) از گاوآهن و دو دیسک عمود بر هم و یا برای کاهش مصرف انرژی به جای گاوآهن از دو دیسک سنگین عمود بر هم استفاده می‌کنند. برای این کار لازم است که با آبیاری اولیه رطوبت خاک را تا حد گاورو افزایش دهند. حال آنکه در روش بی‌خاک‌ورزی و کاشت مستقیم روی بقایا، نیازی به هیچ یک از مراحل یاد شده نیست. شیوه بی‌خاک‌ورزی بین کشاورزان منطقه به‌دلیل نبودن دستگاه‌های بی‌خاک‌ورز

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای پروژه

عمق خاک (سانتی‌متر)	مواد آلی (درصد)	نیتروژن کل (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	رطوبت حجمی (درصد)	
				ظرفیت مزرعه	نقطه پژمردگی
۰-۳۰	۰/۷۵	۸۱۰	۱/۳	۳۳	۱۷/۹
۳۰-۶۰	۰/۵	۵۶۰	۰/۷۳	۳۳	۱۸
۶۰-۹۰	۰/۴۷	۴۲۰	۰/۶۹	۳۴/۲	۱۸/۴
۹۰-۱۲۰	۰/۳۴	۳۸۰	۰/۶۲	-	-

۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و پتاسیم مورد نیاز به شکل سولفات پتاسیم به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار مطابق آزمون خاک قبل از کاشت به تمام تیمارها به صورت یکسانی داده شد. به این صورت که مقدار کود پایه در تیمار خاک‌ورزی مرسوم توسط دیسک با خاک مخلوط شد و در تیمار بی‌خاک‌ورزی توسط قسمت کودکار دستگاه بی‌خاک‌ورز در زیر سطح خاک قرار گرفت. نیتروژن مورد نیاز به شکل اوره در سه تقسیط، قبل از کاشت، زمان ۸-۶ برگی و قبل از گلدهی به صورت کودآبیاری در اختیار گیاه قرار گرفت. در کودآبیاری اول، پس از رسیدن جبهه آب به وسط مزرعه عملیات کودآبیاری شروع شد. در کودآبیاری دوم و سوم به دلیل بالا بودن سرعت پیشروی آب نسبت به آبیاری اول، کودآبیاری‌ها از ابتدای شروع آبیاری اعمال شد و قبل از اتمام زمان پیشروی (۶۰ تا ۷۰ دقیقه) خاتمه یافت. در هر یک از کودآبیاری‌های دوم و سوم با هدف جلوگیری از خروج آب و کود، انتهای جویچه‌ها مسدود و پس از تکمیل مرحله پیشروی، آب ورودی قطع شد. انتقال آب به هریک از جویچه‌ها توسط سیفون‌های هم‌قطر صورت گرفت. برای جلوگیری از نوسان جریان آب ورودی و تثبیت سطح آب در نهر بالادست، دو نهر اولیه و ثانویه در نظر گرفته شد. وجود یک سرریز در انتهای نهر اولیه باعث تثبیت سطح آب شد. برای انتقال آب به هریک از نهرهای ثانویه از سیفون‌های ۲ تا ۳ اینچی استفاده شد. برای اندازه‌گیری جریان ورودی و خروجی به هریک از کرت‌ها، از فلوم‌های WSC استفاده شد. در هر نوبت آبیاری، زمان آبیاری، میزان آب ورودی به مزرعه، رواناب سطحی، پیشروی و پسروی آب اندازه‌گیری شد. در این مطالعه به منظور افزایش بازدهی آبیاری، از شیوه کاهش جریان استفاده شد (Walker & Skogerboe, 1987). رطوبت خاک طی دوره رشد، در مراحل قبل و پس از هر آبیاری در عمق‌های

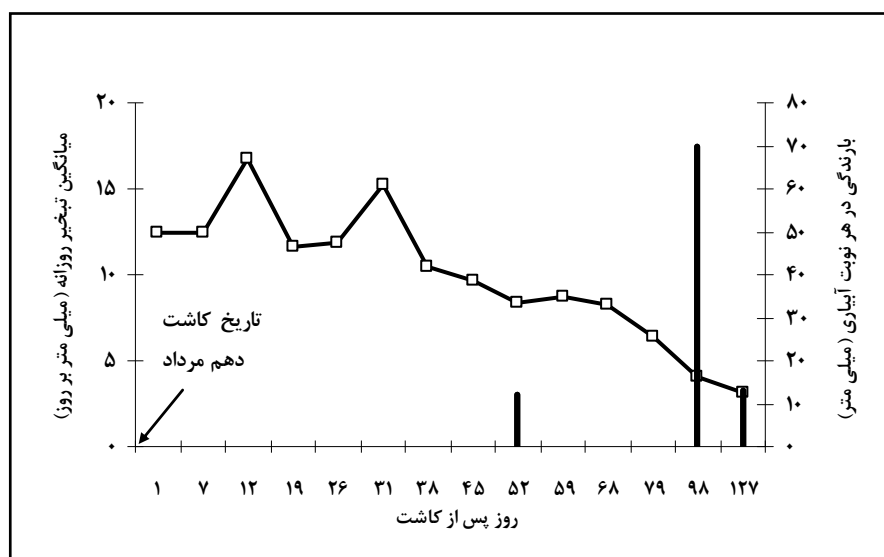
سطح آب زیرزمینی در محل آزمایش در عمق ۶ تا ۷ متری سطح خاک قرار داشت. کیفیت آب آبیاری با توجه به طبقه‌بندی ویلکاکس در کلاس C₂-S₁ بوده که قابل استفاده برای مصارف کشاورزی است. برای اجرای آزمایش ابتدا زمین مورد نظر در آبان سال ۱۳۸۷ تهیه و در اوایل آذر همان سال گندم (رقم چمران) به صورت جوی و پشته با فواصل ۷۵ سانتی‌متر کشت شد. پس از برداشت گندم در اواخر اردیبهشت ۱۳۸۸، دو روش خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاک‌ورزی هر کدام در سه سطح کود نیتروژن (شامل ۱۵۰، ۲۲۵، و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار با علامت به ترتیب N150، N225، و N300 از منبع اوره) و سه تکرار برای کاشت ذرت پیاده شد. در خاک‌ورزی مرسوم مراحل آبیاری اولیه (ماخار)، دو مرحله دیسک سنگین عمود برهم، ماله‌کشی، کودپاشی توسط کودپاش سانتریفیوژ، دیسک سبک برای مخلوط کردن کود با خاک و ایجاد جوی و پشته توسط فاروئر و کاشت توسط دستگاه ردیف‌کار پنوماتیک اجرا شد. در روش بی‌خاک‌ورزی، با به‌کارگیری دستگاه ردیف‌کار بی‌خاک‌ورز، بذرها روی پشته‌های باقیمانده از گندم کاشته شدند. عرض هر کرت ۶ متر (۸ جویچه برای هر سطح کودی) و طول کرت‌ها ۱۱۰ متر با شیب طولی ۰/۲ درصد در نظر گرفته شد. کاشت ذرت (رقم سینگل کراس ۷۰۴) در مناسب‌ترین تاریخ کاشت منطقه یعنی دهه اول مرداد صورت گرفت. برای جلوگیری از بد سبزی، تراکم در زمان کاشت ۱۱۰۰۰۰ بوته در هکتار (فاصله بوته‌ها ۱۲ سانتی‌متر) در نظر گرفته شد و پس از چهار برگی شدن بوته‌ها، برای دستیابی به تراکم مورد نظر (۷۵۰۰۰ بوته در هکتار)، مزرعه تنک شد. قبل از اعمال تیمارهای کودی نمونه‌های مرکب خاک از چند نقطه مزرعه و از عمق‌های ۳۰-۰، ۶۰-۳۰، ۹۰-۶۰، و ۱۲۰-۹۰ سانتی‌متر برداشت شد. فسفر مورد نیاز به شکل سوپر فسفات تریپل به میزان

در ۷ نوبت) از عمق‌های ۰-۳۰، ۰-۶۰، ۳۰-۹۰، ۶۰-۹۰ و ۹۰-۱۲۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری صورت گرفت. نمونه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه، منتقل و پس از خشک کردن و کوبیدن آنها، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. میزان نیترات و آمونیوم نمونه‌ها به روش تقطیر بخار آب (Bremner & Keeney, 1965) اندازه‌گیری شد.

۰-۲۰، ۲۰-۴۰، ۴۰-۶۰، و ۶۰-۸۰ سانتی‌متری با استفاده از دستگاه تراپیم در دو نقطهٔ ابتدا و انتهای مزرعه اندازه‌گیری و از متوسط این مقادیر برای مقایسه تغییرات رطوبت خاک استفاده شد. به‌منظور بررسی مقادیر نیترات در نیم‌رخ خاک از هر تکرار و هر تیمار در فواصل زمانی قبل از هر کودآبیاری و ۱۰ روز پس از کودآبیاری و همچنین پس از برداشت ذرت (مجموعاً

نتایج و بحث

بیان آب خاک



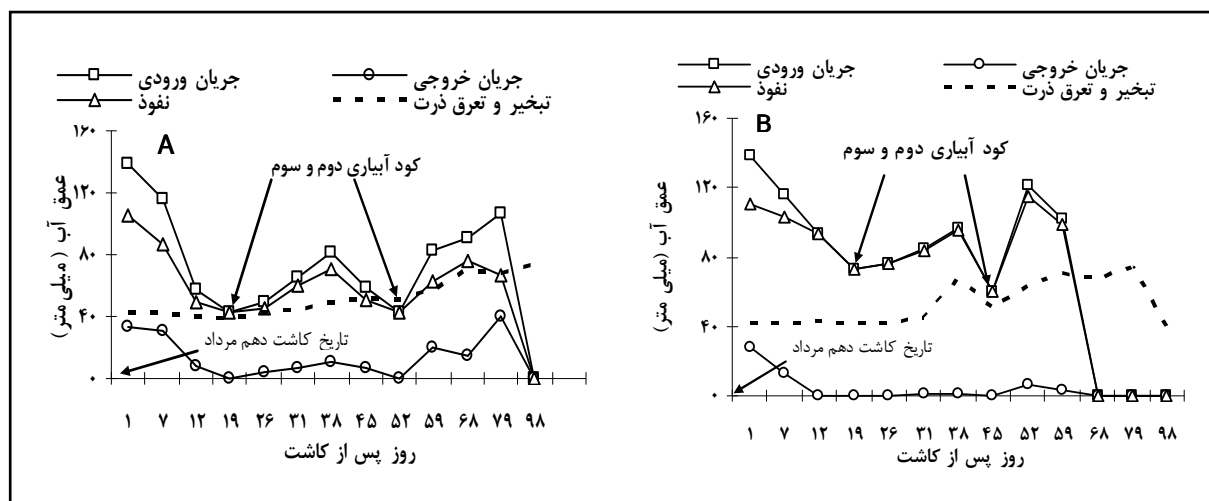
شکل ۱- تغییرات تجمعی تبخیر از تشت تبخیر کلاس A و میزان بارندگی از ابتدای دوره رشد

کاشت، به‌میزان ۹۶/۶ میلی‌متر و در فاصله ۹۸ تا ۱۲۷ روز پس از کاشت به‌میزان ۱۲/۸ میلی‌متر وجود داشته است. این بارندگی‌ها همزمان با خمیری سفت و رسیدگی دانه‌های ذرت اتفاق افتاد. از آنجایی که نیاز آبی ذرت در این مرحله از رشد گیاه پایین بوده و معمولاً تا رسیدگی فیزیولوژیکی، آبیاری صورت نمی‌گیرد، بارندگی‌های یاد شده نقشی در تأمین رطوبت مورد نیاز گیاه نداشته و

متوسط میزان تبخیر روزانه در آبیاری اول تا ششم بیش از ۱۲/۵ میلی‌متر است که در برخی از فواصل آبیاری به‌دلیل افزایش سرعت باد و انتقال افقی گرما متوسط تبخیر به بیش از ۱۶ میلی‌متر افزایش یافته است (شکل ۱). مجموع بارندگی در فاصله آبیاری هشتم و نهم، در شهریور ماه، به‌میزان ۱۲/۵ میلی‌متر (نمودار میله‌ای در شکل ۱) و پس از آبیاری دوازدهم، ۷۹ تا ۹۸ روز پس از

۱۸ درصد آن (حدود ۱۷۰ میلی‌متر) به شکل رواناب از انتهای مزرعه تخلیه و بقیه به صورت نفوذ در اختیار ریشه گیاه قرار گرفت و به شکل نفوذ عمقی از دسترس ریشه گیاه خارج شد (شکل ۲).

قسمت اعظم آن، صرف تکمیل ظرفیت ذخیره رطوبتی لایه‌های خاک شده است. مقدار کل حجم آب ورودی به مزرعه در روش خاک‌ورزی مرسوم بدون در نظر گرفتن آب مورد نیاز برای تهیه زمین ۹۳۰ میلی‌متر بود که

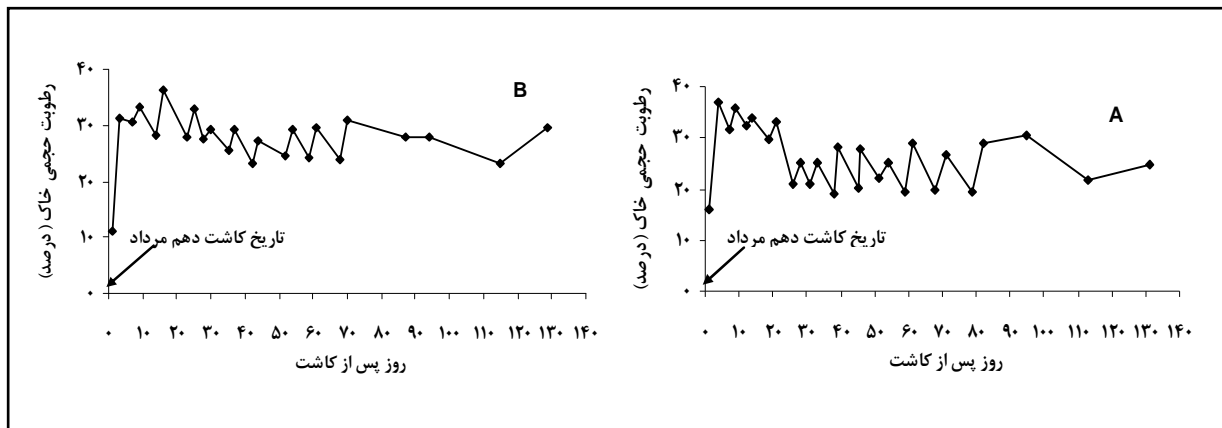


شکل ۲- آب ورودی، خروجی، نفوذ یافته و تبخیر و تعرق در هر آبیاری در کرت خاک‌ورزی مرسوم (A) و بی خاک‌ورزی (B)

بیش از روش خاک‌ورزی مرسوم است. حال آنکه مقدار رطوبت خاک لایه‌های ۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ سانتی‌متر در دو شیوه خاک‌ورزی به یک اندازه است (جدول ۲). وجود کاه و کلش در سطح زمین در حالت بی خاک‌ورزی به صورت یک لایه عایق، عمل کرده و در نتیجه باعث افزایش ماندگاری رطوبت لایه سطحی خاک شده است.

در مطالعه حاضر متوسط میزان کاه و کلش باقیمانده روی سطح خاک در تیمار بی خاک‌ورزی ۴ تن در هکتار بود. نقش مثبت وجود بقایای سطحی در شیوه بی خاک‌ورزی در نگهداری رطوبت لایه سطحی خاک در مطالعات محققان تأیید شده است (Unger, 1978).

مقدار آب ورودی در دو آبیاری اولیه، بالا بود و در مجموع ۲۷ درصد کل آب ورودی را به خود اختصاص داد. در روش بی خاک‌ورزی با دو آبیاری کمتر از روش خاک‌ورزی مرسوم حجم آب مصرفی برابر ۹۶۱ میلی‌متر و میزان رواناب معادل ۴۰/۹ میلی‌متر بود. وجود بقایا در کف جویچه در تیمار بی خاک‌ورزی، سرعت پیشروی آب در جویچه‌ها را در مقایسه با روش خاک‌ورزی مرسوم، کاهش و مدت زمان آبیاری را افزایش داد (شکل ۲). مقایسه مقادیر رطوبت خاک قبل از آبیاری (نقاط کمینه در شکل ۳) در تمام آبیاری‌ها نشان می‌دهد که میزان رطوبت حجمی لایه ۲۰-۰ سانتی‌متر خاک در روش بی خاک‌ورزی به صورت میانگین حدود ۳ درصد حجمی



شکل ۳- تغییرات رطوبت خاک در عمق ۲۰-۶۰ سانتی‌متر در کرت خاک‌ورزی (A) و بی‌خاک‌ورزی (B)

آبیاری بهینه ۶۰ سانتی‌متر است.

جرم مخصوص ظاهری خاک

نتایج آماری مقایسه میانگین جرم مخصوص ظاهری لایه‌های ۱۰ سانتی‌متری خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متر در ابتدا و اواسط دوره رشد و در لایه‌های ۲۰ سانتی‌متری خاک تا عمق ۱۲۰ سانتی‌متر در انتهای دوره رشد در شکل ۴ خلاصه شده است. پس از آبیاری سوم میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک در لایه ۱۰-۰ سانتی‌متر برای دو حالت خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاک‌ورزی به ترتیب ۱/۶۵ و ۱/۵۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب اندازه‌گیری شد که این میزان پس از آبیاری هفتم به ترتیب به مقادیر ۱/۶۴ و ۱/۵۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب رسید.

بالابودن انحراف معیار مقادیر رطوبت در شیوه خاک‌ورزی مرسوم، به‌ویژه در لایه سطحی خاک، نشان‌دهنده نوسان رطوبت در اوایل دوره رشد گیاه است. نبودن پوشش گیاهی و وجود بادهای گرم و خشک را می‌توان جزو عوامل مهم تأثیرگذار در نوسان رطوبت در حالت خاک‌ورزی مرسوم دانست. بالا بودن متوسط رطوبت خاک در عمق ۸۰-۶۰ سانتی‌متر در روش بی‌خاک‌ورزی به دلیل نفوذ عمقی بیشتر رطوبت، در مقایسه با روش خاک‌ورزی مرسوم و نبودن ریشه گیاه در این ناحیه به عنوان یک عامل تخلیه‌کننده رطوبت می‌باشد. حفر نیم‌رخ خاک در هر دو روش خاک‌ورزی نیز نشان داد که متوسط عمق توسعه ریشه گیاه در حالت

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار مقادیر درصد رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری در دو روش خاک‌ورزی

بی‌خاک‌ورزی			خاک‌ورزی			عمق خاک (سانتی‌متر)
انحراف از قدر مطلق	انحراف معیار	میانگین	انحراف از قدر مطلق	انحراف معیار	میانگین	
۲/۱۱	۲/۴۴	۲۶/۳۵	۴/۶۲	۵/۴۳	۲۳/۵۴	۰-۲۰
۲/۱۳	۲/۴۳	۳۰/۱۶	۳/۲	۳/۸۵	۳۰/۷	۲۰-۴۰
۱/۸۶	۲/۵۴	۲۸/۹۳	۲/۷۲	۳/۰۹	۲۸/۹۶	۴۰-۶۰
۱/۲۶	۱/۶۴	۳۱/۵۶	۲/۳۵	۲/۶۱	۲۷/۵۹	۶۰-۸۰

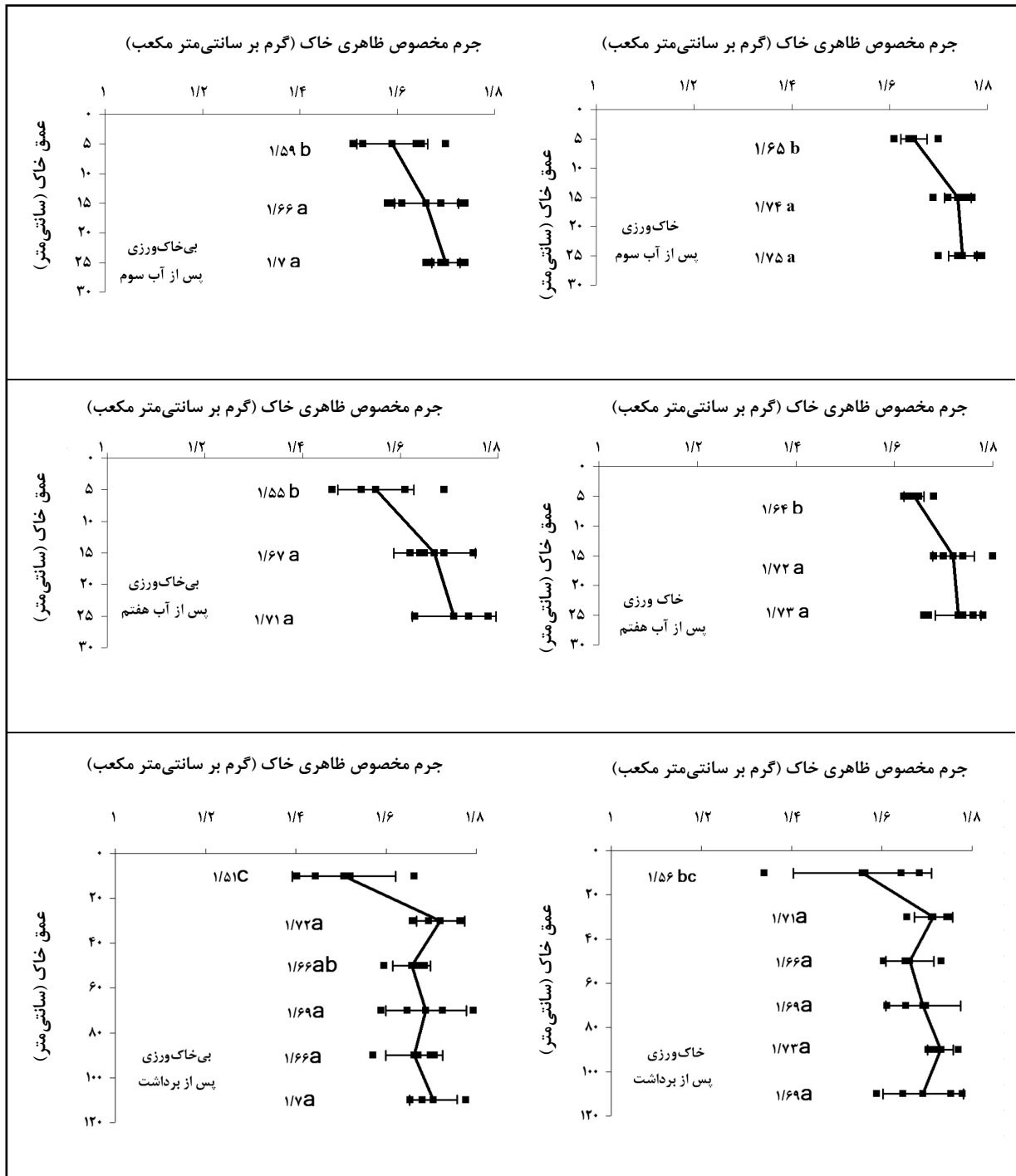
مخصوص ظاهری خاک ندارد. حال آنکه برخی از محققان، بهبود خصوصیات فیزیکی خاک را در یک دوره چندساله در خاک‌ورزی حفاظتی تأیید نموده‌اند (Hakansson, 1993). به‌رحال بافت خاک، حجم مواد آلی موجود در خاک، اقلیم منطقه و نوع گیاه از جمله عواملی هستند که می‌توانند علاوه بر شیوه خاک‌ورزی نقش مهمی را در تغییر خصوصیات فیزیکی خاک از جمله جرم مخصوص ظاهری خاک ایفا نمایند (Strudley et al., 2008).

روند تغییرات نیترات و آمونیوم در نیم‌رخ خاک

نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده برای تعیین مقادیر نیتروژن نیتراتی و آمونیومی در ۷ نوبت اندازه‌گیری شد و سپس تغییرات غلظت نیترات و آمونیوم در نیم‌رخ خاک در مقادیر مختلف کوددهی به‌صورت نمودار ترسیم گردید. به‌دلیل زیاد بودن این نمودارها، نتایج مربوط به مقادیر ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (سطح کودی بهینه) ارائه شده است. شکل ۵ مربوط به مقادیر نیترات در نیم‌رخ خاک در روش خاک‌ورزی مرسوم است. قبل از شروع کشت نمونه‌های مرکب از خاک تهیه و تغییرات نیترات خاک ترسیم شد (نمودار الف شکل ۵). با توجه به این نمودار، ملاحظه می‌شود که تغییرات نیترات از لایه سطحی تا عمق ۱۲۰ سانتی‌متر بین ۳ تا ۶ میلی‌گرم در هر کیلوگرم خاک متغیر است.

اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری خاک در انتهای دوره رشد در چهار تکرار و تا عمق ۱۲۰ سانتی‌متر صورت گرفت. جرم مخصوص ظاهری خاک لایه ۲۰-۰ سانتی‌متر در این مرحله از رشد برای خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاک‌ورزی به ترتیب ۱/۵۶ و ۱/۵۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب به دست آمد. گرچه این مقادیر در یک سطح آماری قرار داشتند، جرم مخصوص ظاهری خاک در تیمار بی‌خاک‌ورزی نسبت به روش خاک‌ورزی مرسوم کاهش محسوسی را نشان داد. افزایش مواد آلی سطح خاک و ایجاد مسیرهای ترجیحی جریان آب در خاک (Crovetto, 1998) توأم با کاهش تردد ماشین‌آلات در زمان کاشت، باعث شد که جرم مخصوص ظاهری خاک در روش بی‌خاک‌ورزی در مقایسه با روش خاک‌ورزی مرسوم، افزایش نیابد. با افزایش عمق، جرم مخصوص ظاهری خاک نیز به تدریج افزایش یافته است. به‌طوری که بین لایه ۱۰-۰ سانتی‌متر و لایه‌های بعدی در هر دو روش خاک‌ورزی بیشترین اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده می‌شود (شکل ۴). مقایسه جرم مخصوص ظاهری خاک در دو روش خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاک‌ورزی در لایه‌های پایین‌تر از ۲۰ تا عمق ۱۲۰ سانتی‌متر در انتهای دوره رشد اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. هیل و کراس (Hill & Cruse, 1985) نشان دادند که بی‌خاک‌ورزی، کم‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم در کشت ذرت از لحاظ آماری تأثیر معنی‌داری بر جرم

اثر شیوه خاک‌ورزی و مقادیر مختلف کود نیتروژن...



شکل ۴- جرم مخصوص ظاهری خاک در دو روش خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاک‌ورزی در مراحل مختلف رشد گیاه ذرت

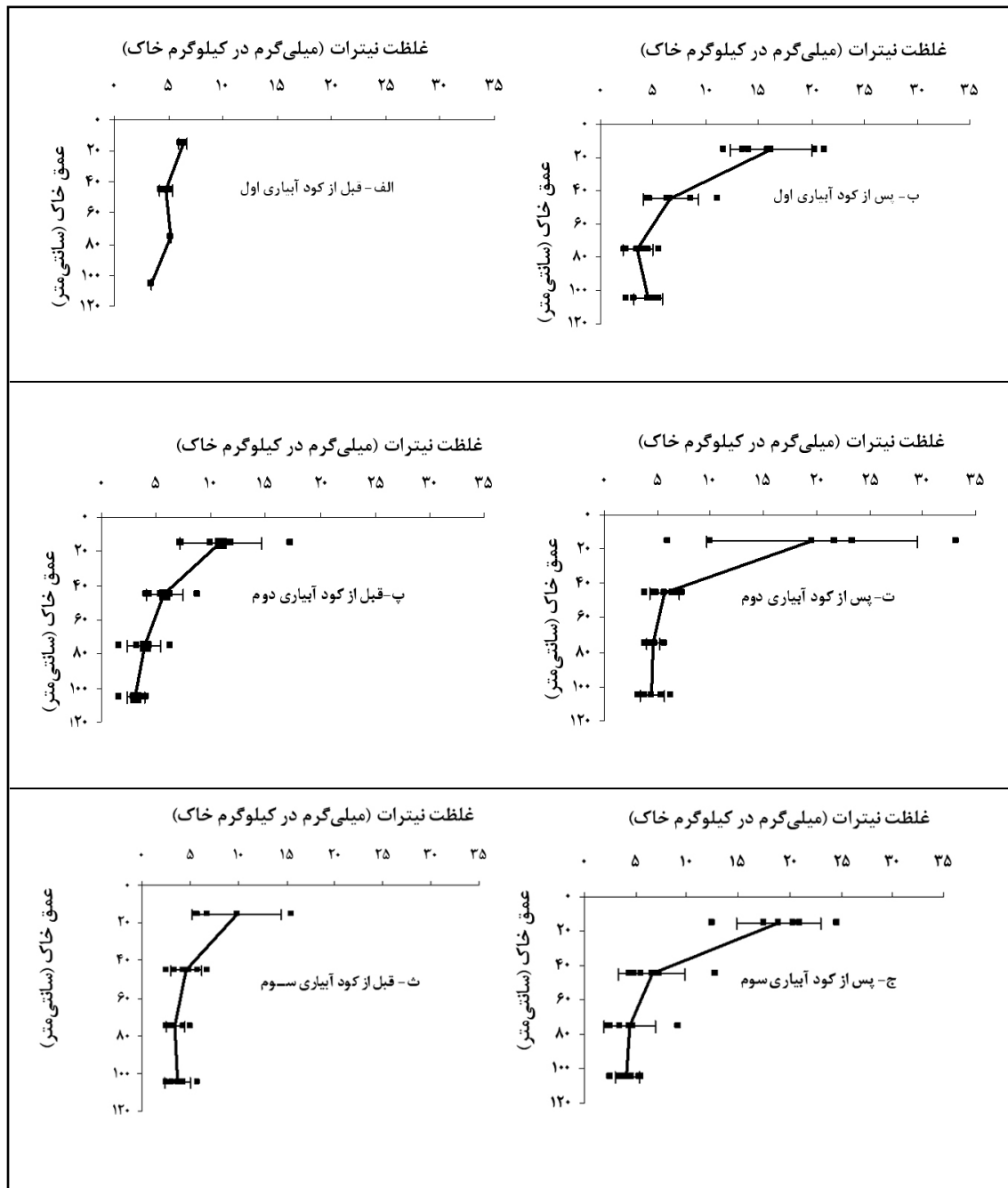
در لایه سطحی خاک نسبت به زمان قبل از کودآبیاری است (نمودار ب شکل ۵). حال آنکه مقدار نیترات در

نتایج اندازه‌گیری غلظت نیترات ۱۰ روز پس از کودآبیاری اول، بیانگر افزایش ۲ تا ۳ برابری غلظت نیترات

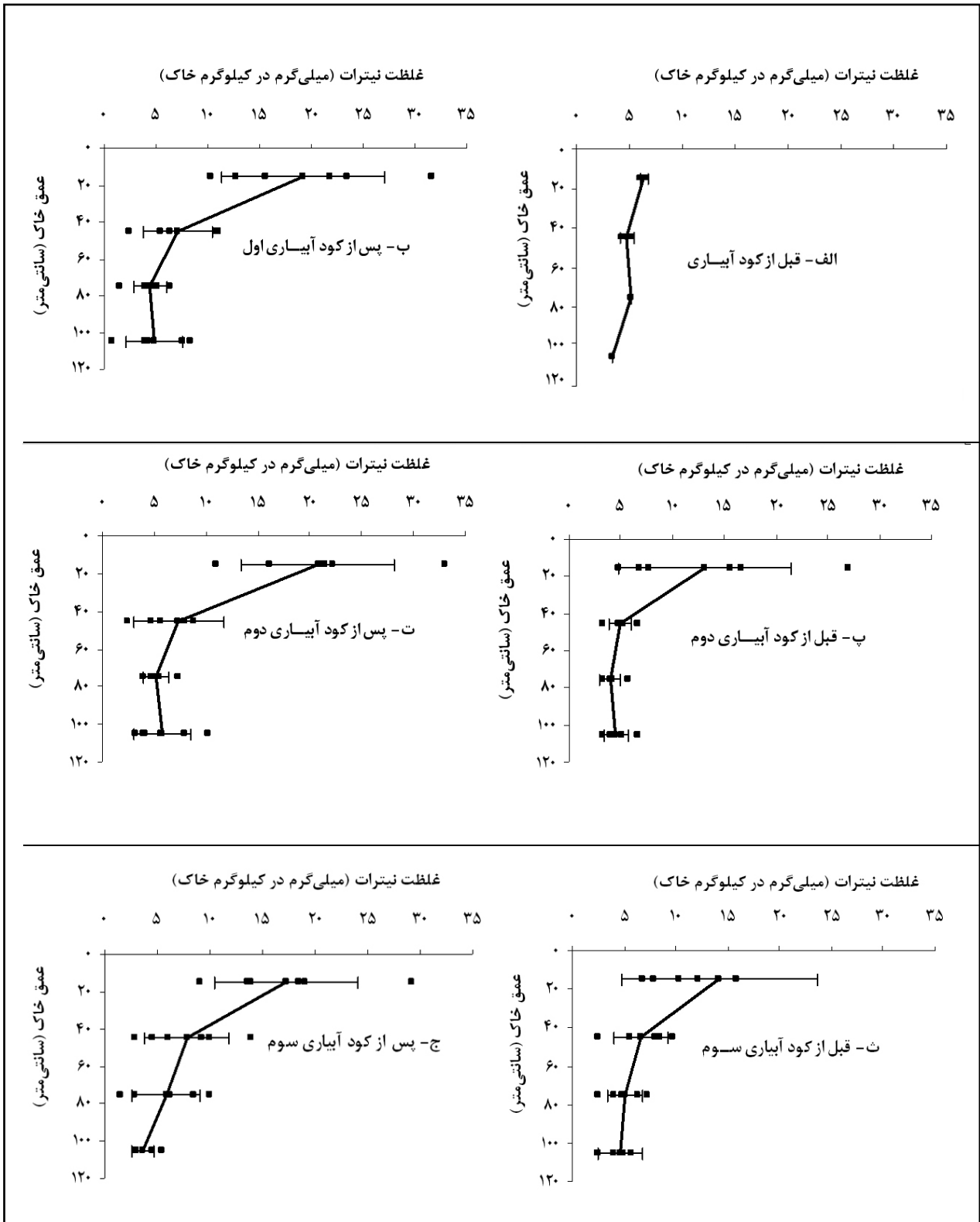
در افزایش نسبی نیترات لایه سطحی و لایه‌های زیرین خاک مؤثر باشد. در خاک‌ورزی مرسوم، بقایا (کاه و کلش گندم) با لایه سطحی خاک کاملاً مخلوط شده و در نتیجه نسبت کربن به نیتروژن افزایش می‌یابد. بنابراین، واضح است که برای تجزیه این بقایا، نیترات بیشتری مصرف شود. وجود جریان‌های ترجیحی در مسیر حرکت آب و املاح (Kumar et al., 1999) و همچنین افزایش فرصت نفوذ آب در خاک در هر نقطه از طول جویچه و انتقال نیترات به همراه آب آبیاری (Tyler & Thomas, 1977) عامل دیگری است که می‌تواند در افزایش نیترات لایه‌های زیرین خاک، هر چند به میزان اندک، مؤثر باشد. پس از کودآبیاری سوم غلظت نیترات در لایه سطحی خاک افزایش یافته است اما میزان افزایش نیترات در روش خاک‌ورزی مرسوم حدود ۹ درصد بیش از روش بی‌خاک‌ورزی است (نمودار ج شکل‌های ۵ و ۶). با مقایسه نمودار ج در شکل‌های ۵ و ۶ مشاهده می‌شود که پراکندگی مقادیر نیترات در تکرارهای مختلف (میله‌های افقی ترسیمی در نمودار) در روش بی‌خاک‌ورزی، بیش از روش خاک‌ورزی مرسوم است. این وضعیت می‌تواند بیان‌کننده وجود جریان ترجیحی در شیوه بی‌خاک‌ورزی باشد. تجزیه و تحلیل آماری نیز نشان داد که میزان افزایش نیترات در لایه ۰-۳۰ سانتی‌متر، خاک در دو حالت قبل و پس از کودآبیاری در هر دو روش خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاک‌ورزی در سطح ۱ درصد معنی‌دار، و مقدار نیترات لایه‌های بعدی در یک سطح آماری قرار داشتند (نتایج ارائه نشده است). به طور خلاصه می‌توان گفت که پراکندگی مقادیر نیترات لایه ۰-۳۰ سانتی‌متر به مراتب بیش از لایه‌های زیرین است به طوری که انحراف معیار مقادیر نیترات (میله‌های افقی ترسیم شده در نمودار) لایه ۰-۳۰ سانتی‌متر پس از کودآبیاری‌های اول تا سوم بیش از انحراف معیار مقادیر حاصل از لایه‌های زیرین است. از طرف دیگر مجموع نیترات باقیمانده خاک در

عمق‌های ۶۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر تغییرات اندکی را نشان می‌دهد. همین وضعیت در شرایط بی‌خاک‌ورزی پس از کودآبیاری اول اتفاق افتاده است (نمودار ب شکل ۶). عباسی و همکاران (Abbasi et al., 2008) با انجام کودآبیاری در یک خاک لومی لخت نیز گزارش کرده‌اند که کود تزریقی تا عمق ۷۰ سانتی‌متر نفوذ کرده ولی تغییرات غلظت نیترات در اعماق پایین‌تر از ۴۰ سانتی‌متر ناچیز است. مقدار نیترات لایه سطحی خاک قبل از کودآبیاری دوم خاک‌ورزی مرسوم (نمودار پ شکل ۵) در مقایسه با مقدار نیترات پس از کودآبیاری اول حدود ۳۰ درصد کاهش یافته است. حال آنکه در عمق‌های پایین‌تر تغییرات چندانی مشاهده نمی‌شود. مشابه همین نتایج در حالت بی‌خاک‌ورزی اتفاق افتاده است (نمودار پ شکل ۶). با این تفاوت که غلظت نیترات در لایه سطحی خاک بیش از روش خاک‌ورزی مرسوم (میانگین ۱۰/۸ در مقابل ۱۳/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) است. پس از کودآبیاری دوم غلظت نیترات لایه سطحی خاک در روش خاک‌ورزی مرسوم به بیش از ۱۹ میلی‌گرم در هر کیلوگرم افزایش یافت (نمودار ت شکل ۵) که این میزان بیش از مقدار کودآبیاری اول است. افزایش مقدار نیترات در لایه‌های بعدی در روش خاک‌ورزی مرسوم ناچیز بود اما در روش بی‌خاک‌ورزی میزان نیترات لایه بعدی به بیش از ۳۰ درصد افزایش یافت (نمودار ت شکل ۶). اندازه‌گیری نیترات خاک قبل از کودآبیاری سوم نیز بیانگر بالا بودن مقدار نیترات در روش بی‌خاک‌ورزی در لایه‌های مختلف خاک نسبت به روش خاک‌ورزی مرسوم است (نمودار ث شکل‌های ۵ و ۶). به طوری که مقدار نیترات تیمار بی‌خاک‌ورزی در عمق ۰-۹۰ سانتی‌متر خاک، ۳۰ درصد و در عمق ۹۰-۱۲۰ سانتی‌متر، حدود ۲۰ درصد بیش از روش خاک‌ورزی مرسوم است. مخلوط نشدن بقایا با خاک سطحی در شیوه بی‌خاک‌ورزی و در نتیجه پایین بودن کربن به نیتروژن نسبت به روش خاک‌ورزی مرسوم می‌تواند

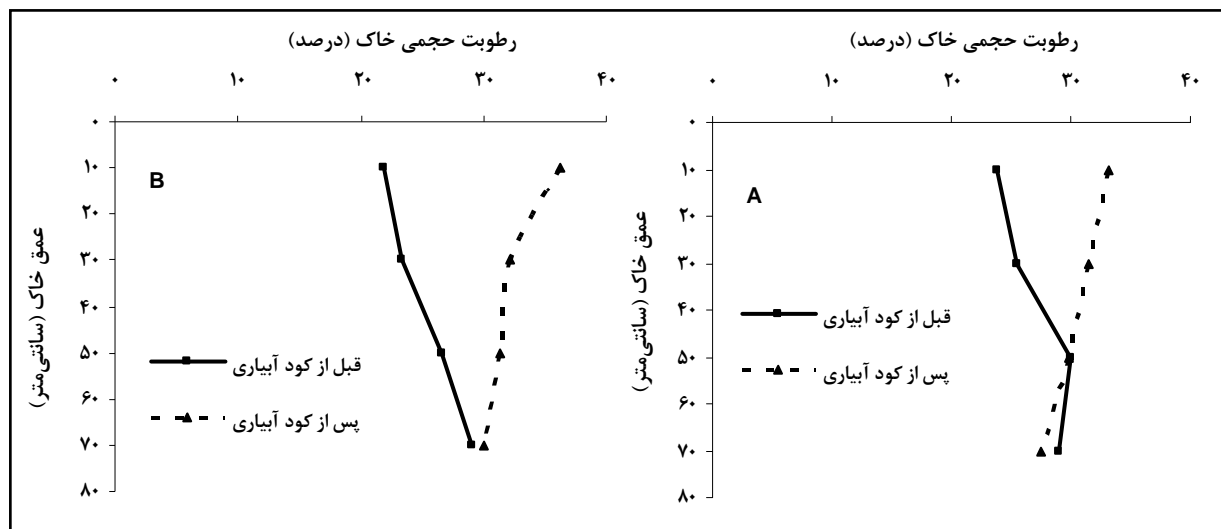
حالت بی‌خاک‌ورزی بیش از روش خاک‌ورزی مرسوم است. (Tyler & Thomas, 1977; 1999 همخوانی دارد و با نتایج بالا بودن نیترات باقیمانده خاک در روش بی‌خاک‌ورزی با نتایج برخی محققان (Zhu et al., 2003; Kumar et al., 1985) سازگار نیست.



شکل ۵- تغییرات نیترات در نیم‌رخ خاک، قبل و پس از کودآبیاری در تیمار خاک‌ورزی مرسوم



شکل ۶- تغییرات نیترات در نیم‌رخ خاک، قبل و پس از کودآبیاری در تیمار بی‌خاک‌ورزی



شکل ۷- رطوبت خاک قبل و پس از کودآبیاری دوم در دو روش خاک‌ورزی مرسوم (A) و بی‌خاک‌ورزی (B)

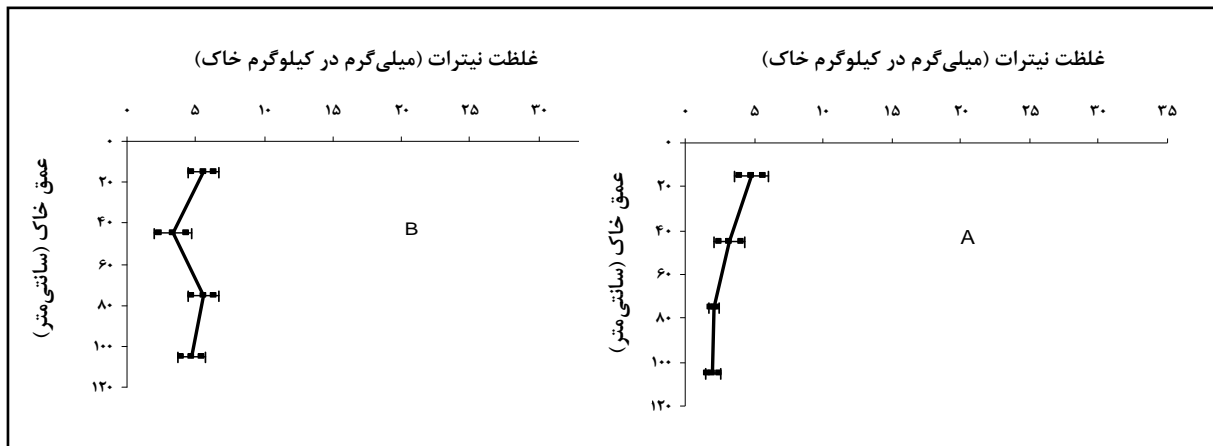
دوم به ترتیب به ۷۰ و ۶۰ میلی‌متر (شکل ۲ تصویر B) کاهش یابد. لازم به توضیح است که در مراحل کودآبیاری دوم و سوم برای جلوگیری از خروج کود از انتهای مزرعه، همانند کشاورزان منطقه، مدت آبیاری کوتاه و به اندازه زمان رسیدن جبهه آب به انتهای مزرعه انتخاب شده است. این شیوه باعث شد که رطوبت خاک، عامل مؤثر در فرایند حرکت نیترات در خاک، پس از هر بار کودآبیاری در لایه‌های پایین‌تر از عمق توسعه ریشه ذرت (عمق ۶۰ سانتی‌متر) افزایش نیابد (شکل ۷). تجمع ریشه ذرت به خصوص در لایه سطحی خاک و بالا بودن تبخیر و تعرق گیاه ذرت در شرایط اقلیمی خوزستان عامل دیگری است که انتقال نیترات به لایه‌های پایین‌تر از عمق توسعه ریشه گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. سایر محققان تجمع نیترات در لایه سطحی خاک به خصوص در فصول خشک به دلیل تبخیر و تعرق بالا را مورد تأیید قرار داده‌اند (Rehman et al., 1999).

شکل ۸ مقادیر غلظت نیترات را پس از برداشت ذرت نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که در دو تیمار خاک‌ورزی

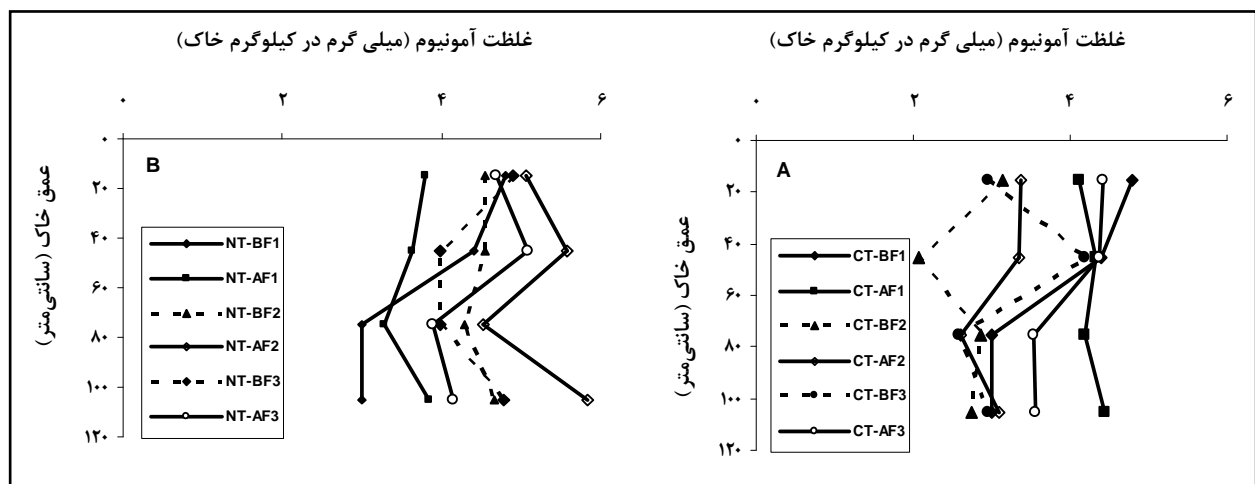
به نظر می‌رسد که تفاوت در شرایط اقلیمی، بافت خاک، میزان بقایای کشت قبل و همچنین روش کوددهی (کودآبیاری و یا پخش سطحی کود) و مراحل کوددهی باعث تفاوت در نتایج نهایی شده است. مقایسه غلظت نیترات باقیمانده در عمق‌های مختلف از نیم‌رخ خاک در دو شیوه خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاک‌ورزی نشان می‌دهد که بیشترین مقدار نیترات در مراحل قبل و پس از کودآبیاری‌ها در لایه سطحی خاک (۳۰-۰ سانتی‌متر) تجمع یافته و به تدریج با افزایش عمق، غلظت نیترات باقیمانده در خاک کاهش یافته است. به عبارت دیگر در حالت آبیاری برنامه‌ریزی شده، روند حرکت نیترات از سطح خاک به لایه‌های زیرین مشاهده نمی‌شود. عوامل مختلفی در کاهش نیترات باقیمانده به لایه‌های زیرین مؤثر است. کاهش مدت آبیاری به زمان پیشروی آب در جویچه‌ها در هر یک از مراحل کودآبیاری باعث شد تا مجموع آب آبیاری در هر یک از کودآبیاری‌های دوم و سوم در روش خاک‌ورزی مرسوم به ۴۵ میلی‌متر (شکل ۲ تصویر A) و در روش بی‌خاک‌ورزی برای کودآبیاری اول و

در مراحل قبل (با علامت BF) و ۱۰ روز پس از کودآبیاری (با علامت AF) در دو حالت خاک‌ورزی مرسوم (با علامت CT در تصویر A) و بی‌خاک‌ورزی (با علامت NT در تصویر B) نشان می‌دهد. شماره‌های ۱ الی ۳ در کنار علائم BF و AF بیانگر کودآبیاری اول الی سوم می‌باشد. علی‌رغم بالا بودن متوسط مقادیر آمونیوم در روش بی‌خاک‌ورزی به‌خصوص پس از کودآبیاری دوم (NT-AF2)، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد بین دو تیمار خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاک‌ورزی مشاهده نشد.

مرسوم (A) و بی‌خاک‌ورزی (B) در فاصله زمانی پس از کودآبیاری سوم تا زمان اندازه‌گیری نیترات خاک، با ۱۶۰ میلی‌متر بارندگی و کاهش دمای محیط نسبت به ابتدای دوره رشد گیاه، مقادیر نیترات در عمق‌های مختلف به‌حالت قبل از اعمال کودآبیاری‌ها رسیده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط مصرف بهینه کود، حرکت و تجمع نیترات در محدوده مورد اندازه‌گیری (۱۲۰-۰ سانتی‌متر) در انتهای فصل رشد نیز مشاهده نمی‌شود. شکل ۹ تغییرات اندک مقادیر آمونیوم خاک را



شکل ۸- تغییرات نیترات در نیم‌رخ خاک پس از برداشت در تیمار خاک‌ورزی (A) و بی‌خاک‌ورزی (B)



شکل ۹- تغییرات آمونیوم در نیم‌رخ خاک، قبل و پس از کودآبیاری در خاک‌ورزی مرسوم (A) و بی‌خاک‌ورزی (B)

مصرف آب در هر آبیاری و کاهش رواناب در شیوه بی‌خاک‌ورزی به دلیل تجمع بقایا در کف جویچه است. به طوری که مقادیر زمان پیشروی آب و در نتیجه مدت فرصت نفوذ در تمام آبیاری‌ها در شیوه بی‌خاک‌ورزی بیش از روش خاک‌ورزی مرسوم بود. گرچه اجرای این پروژه در اراضی کم‌شیب (با شیب ۰/۲ درصد) افزایش مصرف آب در هر آبیاری را به دلیل افزایش زمان پیشروی به همراه داشت، اجرای آن در اراضی شیب‌دار (شیب بیش از ۰/۷ درصد) با بافت سنگین، همانند بیشتر اراضی شمال استان خوزستان، می‌تواند به صورت چشمگیری رواناب را در مقایسه با روش خاک‌ورزی مرسوم کاهش و در نتیجه بازدهی آبیاری را افزایش دهد. اندازه‌گیری مقادیر نترات خاک نشان داد که در هر دو روش خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاک‌ورزی، غلظت نترات در لایه ۰-۳۰ سانتی‌متر خاک، بالا و اختلاف آن با لایه‌های زیرین در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. حال آنکه اختلاف مقادیر نترات در دو روش خاک‌ورزی در سطح ۱ درصد معنی‌دار نیست. انتقال نترات به لایه‌های مختلف خاک در حالت آبیاری برنامه‌ریزی شده و شرایط بافت نسبتاً سنگین و اقلیم شمال استان خوزستان برای دو شیوه خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاک‌ورزی در هیچ یک از مراحل کودآبیاری مشاهده نشد. به طوری که مقادیر نترات خاک در هر یک از مراحل کودآبیاری در عمق‌های ۶۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر نزدیک به مقدار اولیه (قبل از شروع کودآبیاری) اندازه‌گیری شد. اختلاف مقادیر آمونیوم خاک اندازه‌گیری شده در دو روش خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاک‌ورزی، چه در مراحل قبل و چه در مراحل پس از کودآبیاری در سطح ۱ درصد، معنی‌دار نیست. وجود رطوبت بهینه خاک توأم با شرایط مساعد فیزیکی و شیمیایی خاک باعث شد تا احتمالاً تبدیل آمونیوم کود اوره به ترکیبات دیگر

شیوه توزیع کود پتاس (کودکاری با استفاده از دستگاه ردیف‌کار بی‌خاک‌ورز در مقایسه با توزیع کود پتاس توسط کودپاش و مخلوط نمودن آن با خاک توسط دیسک) و در نتیجه تفاوت در جذب پتاسیم توسط گیاه، می‌تواند جذب و یا تثبیت یون‌های آمونیوم را به دلیل شعاع یونی یکسان تحت تأثیر قرار دهد (Malakouti & Homae, 1995) و در مقدار آمونیوم باقیمانده خاک تفاوت ایجاد نماید. در مجموع می‌توان گفت که رطوبت بهینه به همراه شرایط مساعد فیزیکی و شیمیایی خاک باعث شد تا احتمالاً تبدیل آمونیوم کود اوره به ترکیبات دیگر با سرعت بیشتری صورت گیرد. فانگ و همکاران (Fang et al., 2006) نیز نشان دادند که تغییرات آمونیوم خاک در تناوب گندم-ذرت برای چهار مقدار کود نیتروژن و دو رژیم رطوبتی خاک، یکسان بود و تفاوت معنی‌داری بین تمام تیمارها مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه برخی خصوصیات فیزیکی خاک، بیلان آب و حرکت نترات و آمونیوم در خاک در دو شیوه خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاک‌ورزی در شرایط آبیاری مطلوب و مقدار کود نیتروژن در سطح بهینه به صورت کودآبیاری در اراضی شمال استان خوزستان بررسی شد. نتایج تغییرات جرم مخصوص ظاهری نیم‌رخ خاک نشان داد که شیوه بی‌خاک‌ورزی می‌تواند حتی در یک دوره کشت باعث بهبود برخی از خصوصیات فیزیکی خاک شود. از طرف دیگر تجزیه و تحلیل مقادیر رطوبت خاک قبل از آبیاری، بیان‌کننده بیشتر بودن رطوبت لایه سطحی خاک (۲۰-۰ سانتی‌متر) در شیوه بی‌خاک‌ورزی نسبت به روش خاک‌ورزی مرسوم به میزان ۳ درصد است. مقادیر آب ورودی و خروجی اندازه‌گیری شده نشان‌دهنده افزایش

به سرعت صورت گیرد. به طوری که در فاصله ۱۰ روز به مقدار اولیه (قبل از شروع کودآبیاری) پس از کودآبیاری، مقدار آمونیوم خاک نزدیک اندازه گیری شد.

مراجع

- Abbasi, F., Liaghat, A.M. and Ganjeh, A. 2008. Evaluation of fertigation uniformity in furrow irrigation. Iranian J. Soil Water Res. 39(1):117-127. (in Farsi).
- Angle, J.S., Goss, C.M., Hill, R.L. and McIntosh, M.S. 1993. Soil nitrate concentrations under corn as affected by tillage, manure, and fertilizer applications. J. Environ. Quality. 22, 141-147.
- Blevins, R.L. and Frye, W.W. 1993. Conservation tillage an ecological approach to soil management. Adv. Agron. 51, 33-78.
- Bremner, J.M. and Keeney, D.R. 1965. Stream distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrite. Anal. Chim. Acta. 32, 485-495.
- Crovetto, C.C., 1998. No-till development in Chequen farm and its influence on some physical, chemical and biological parameters. J. Soil and Water Cons. 53, 194-199.
- Derby N.E., Steele, D.D., Terpstra, J. Knighton, R.E. and Casey, F.X.M. 2005. Interactions of nitrogen, weather, soil, and irrigation on corn yield. Agron. J. 97, 1342-1351.
- Dick, W.A., Rosenberg, R.J. McCay, E.L. Edwards, W.M. and Haghiri, F. 1989. Surface hydrologic response of soils to no-tillage. Soil. Sci. Soc. Am. J. 53, 1520-1526.
- Drury, C.F., Mckenney, D.J. Findlay, W.I. and Gaynor, J.D. 1993. Influence of tillage on nitrate loss in surface runoff and tile drainage. Soil Sci. Soc. Am. J. 57, 797-802.
- Fang, F.Q., Wang, Y.E., Chen, Y., Zhang, G., Wang J. and Li, L. 2006. Soil nitrate accumulation, leaching and crop nitrogen use as influenced by fertilization and irrigation in an intensive wheat-maize double cropping system in the North China Plain. Plant Soil. 284, 335-350.
- Hakansson, I. 1993. Impact of machinery induced soil compaction on environmental effects of agriculture. Soil Till. Env. 88, 369-370.
- Halvorson, A.D., Mosier A.R., Reule C.A. and Bausch, W.C. 2006. Nitrogen and tillage effects on irrigated continuous corn yields. Agron. J. 98, 63-71.
- Hammel, J.E. 1996. Water conservation practices for sustainable dryland farming systems in the Pacific Northwest. Am. J. Alt. Agric. 11, 58-63.
- Hill, R.L. and Cruse, R.M. 1985. Tillage effects on bulk density and soil strength of two Mollisols. Soil Sci. Soc. Am. J. 49, 1270-1273.
- Kalita, P.K. and Kanwar, R.S. 1993. Effect of water table management practices on transport of nitrate-nitrogen to shallow groundwater. T. ASAE. 36, 413- 22.
- Kanwar, R.S., Saker, J.L. and Laflen, J.M. 1985. Nitrate movement through the soil profile in relation to tillage system and fertilization application method. T. ASAE. 28, 1802-1807.
- Kumar, A., Kanwar, R.S. Singh, P. Ahuja, L.R. 1999. Evaluation of the root zone water quality model for predicting water and NO₃-N movement in an Iowa soil. Soil Tillage Res. 50, 223-236.
- Logan, T.J., Eckert, D.J. and Beak, D.G. 1994. Tillage, crop and climate effects on runoff and tile drainage losses of nitrate and four herbicides. Soil Tillage Res. 30, 75-103.
- Malakouti, M. J. and Homae, M. 1995. Soil Fertility in Arid Regions. Tarbiat Modarres University. P.494. (in Farsi)
- Malhi, S.S., Grant, C.A., Johnston, A.M. and Gill, K.S. 2001. Nitrogen fertilization management for no-till cereal production in the Canadian Great Plains: A review. Soil Tillage Res. 60, 101-122.

- Rehman, R., Sial, J.K., Arshad, M. and Zaman, W.U. 1999. Effect of fertilizer doses on nitrate-nitrogen leaching. *Agric. Bio. J.* 1, 356-358.
- Shipitalo, M.J. and Edwards, W.M. 1993. Seasonal patterns of water and chemical movement in tilled and no-till column lysimeters. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57, 218-223.
- Silgram, M. and Shepherd, M.A. 1999. The effects of cultivation on soil nitrogen and mineralization. *Advance in Agron.* 65, 267-311.
- Sims, A.L., Schepers, J.S., Olson, R.A. and Power, J.F. 1998. Irrigated corn yield and nitrogen accumulation response in a comparison of no-till and conventional till: Tillage and surface-residue variables. *Agron. J.* 90, 630-637.
- Stark, J.C., Jarrell, W.M., Letey, J. and Valoras, N. 1983. Nitrogen use efficiency of trickle irrigated tomatoes receiving continuous injection of N. *Agron. J.* 75, 672-676.
- Strudley, M.W., Green, T.R. and Ascough, J.C. 2008. Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time. *Soil Tillage Res.* 99, 4-48.
- Tyler, D.D. and Thomas, G.W. 1977. Lysimeter measurements of nitrate and chloride losses from soil under conventional and no-tillage corn. *J. Environ. Quality.* 6, 63-66.
- Uri, N.D. 2000. Perceptions on the use of no-till farming in production agriculture in the United States: An analysis of survey results. *Agric. Ecosyst. Environ.* 77, 263-266.
- Unger, P.W. 1978. Straw mulch effects on soil temperatures and sorghum germination and growth. *Agron. J.* 70, 858-864.
- Walker, W.R., and Skogerboe, G.V. 1987. *Surface Irrigation: Theory and Practice*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- Zhu, Y.R., Fox, H. and Toth, J.D. 2003. Tillage effects on nitrate leaching measured by pan and wick lysimeters. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67(5): 1517-1523.

Effect of Tillage Method and N Fertilizer Rates on Water and Nitrate Movement in Northern Khuzestan Soils

M. Khorramian^{*}, S. Boroomand nasab, F. Abbasi and S.R. Ashrafizadeh

* Corresponding Author: Ph.D student Shahid Chamran University; Academic Member, Dezfoul Safiabad Agricultural Research Center, Department of Agricultural Engineering Research., P.O. Box: 333; Tel: 0642243 3043-53; Fax: 0642243 3042. E-mail: khorramy.mohamad@yahoo.com

Received: 14 June 2010, Accepted: 27 November 2010

Irrigation management, soil tillage method and fertilizer management play important roles in increasing crop yield and water and solute movement in the soil profile. The present research was conducted to study the effects of a no-tillage system and nitrogen fertilizer on the mineral nitrogen movement and soil moisture under optimum irrigation conditions. The study was conducted at Safiabad Agricultural Research Center in silty clay loam soil and a warm, semi-arid climate. Two methods of corn seedbed preparation, including conventional tillage (CT) and no-tillage (NT) at three nitrogen levels (150, 225, 300 kg per hectare) were implemented. The nitrogen source was urea and was applied through fertigation in three equal splits at first irrigation, four-leaf and flowering stages. Nitrate and ammonium were measured before and 10 days after fertigation and after harvesting at 30 cm depth increments down to 120 cm. Inflow and outflow rates, soil moisture before and after irrigation, and bulk density were measured. The results indicated that no significant difference was observed between soil bulk density at the initial, middle and end of the cropping period for both tillage systems. The greatest moisture level was observed in the upper soil layer (0-20 cm) under NT (about 3%) for all pre-irrigation measurements. Inflow and outflow rates indicated that NT increased applied water and decreased runoff for every irrigation as a result of residues accumulated in the furrows. Nitrate concentration in the 0-30 cm soil layer for the two tillage methods was significantly higher than for the other layers ($P < 0.01$). No significant differences were found between soil nitrate concentration and nitrate movement in soil layer for both tillage systems. Thus, nitrogen fertilizer application in the NT system with direct drilling on wheat residue is recommended at the same level recommended for CT. The levels of $\text{NH}_4\text{-N}$ in pre- and post-fertigation applications were generally low than the $\text{NO}_3\text{-N}$ level and no significant differences were found in the soil layers for both tillage systems.

Keywords: No-tillage, N fertilizer, Nitrate and ammonium movement, Corn, Northern Khuzestan