

تأثیر مدیریت بقایا و سطوح کودی نیتروژن بر تجمع نترات باقیمانده خاک و عملکرد ذرت در روش بی خاک‌ورزی

مجید روزبه* و علی حسین قنبری**

* نگارنده مسئول: بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران. تلفن: ۰۷۳(۰۲۶۵۲۳۲۴۰)، پیام‌نگار: roozbeh.majid@gmail.com

** به ترتیب: استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی؛ و کارشناس بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۷/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱/۲۱

چکیده

مدیریت بقایای گیاهی و بهینه‌سازی کوددهی نیتروژن از فاکتورهای مهم در پایداری سیستم‌های بی خاک‌ورزی هستند. به منظور ارزیابی تأثیر روش‌های مدیریت بقایای زراعی و مقادیر مختلف کود نیتروژن بر تجمع نیتروژن نیتراتی خاک در پایان فصل رشد، جذب نیتروژن و عملکرد ذرت در روش بی خاک‌ورزی، این مطالعه مزرعه‌ای انجام شد. این پژوهش با استفاده از آزمایش کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی داراب اجرا شد. مدیریت بقایای گیاهی به‌عنوان کرت اصلی در سه سطح باقی‌گذاشتن بقایا (R.M1)، بیرون بردن بقایا (R.M2)، و خرد کردن بقایای گیاهی با ساقه خردکن (R.M3) و مقادیر مختلف کود نیتروژن به‌عنوان کرت فرعی در چهار سطح ۱۵۰ (N1)، ۲۰۰ (N2)، ۲۵۰ (N3) و ۳۰۰ (N4) کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در نظر گرفته شد. در هر یک از کرت‌های آزمایشی، مقدار و اندازه بقایای گیاهی ایستاده و خوابیده، مقدار نیتروژن نیتراتی باقیمانده در خاک بعد از برداشت ذرت، و میزان نیتروژن جذب‌شده توسط دانه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان می‌دهد که روش‌های مختلف مدیریت بقایا و سطوح کودی نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر نیتروژن نیتراتی باقیمانده در خاک و جذب نیتروژن توسط دانه دارد. تیمار R.M2 باعث تجمع بیشترین مقدار نیتروژن نیتراتی در خاک شده است؛ کمترین میزان نیتروژن نیتراتی در R.M3 مشاهده شده است. تأثیر متقابل $R.M2 \times N3$ نسبت به $R.M2 \times N4$ موجب کاهش تجمع نیتروژن نیتراتی به میزان ۲۷/۲ درصد شده است. نتایج پژوهش همچنین آشکار می‌سازد که جذب نیتروژن توسط دانه در تیمارهای R.M1 و R.M3 در مقایسه با تیمار R.M2، به ترتیب ۴/۵ و ۹/۴ درصد کمتر است. یافته‌های این بررسی نشان می‌دهد که به‌کارگیری سیستم $R.M3 \times N3$ نسبت به کاربرد جداگانه آنها (R.M3 یا N3)، تأثیر بیشتری در افزایش عملکرد محصول و جذب نیتروژن توسط دانه دارد.

واژه‌های کلیدی

بی خاک‌ورزی، تجمع نترات، ذرت، سطوح کودی نیتروژن، مدیریت بقایا

مقدمه

حال، به‌کارگیری سیستم‌های کاشت مستقیم و نگهداشت بقایا بر سطح خاک نیازمند مصرف بیشتر علف‌کش و کود است که می‌تواند به آلودگی‌های زیست‌محیطی بینجامد (Azooz et al., 1996; Ardell et al., 2000). حفظ بقایا در سطح خاک می‌تواند چرخه عناصر غذایی، به‌ویژه

در چند دهه گذشته روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی به‌ویژه بی خاک‌ورزی به‌علت صرفه‌جویی در سوخت مصرفی، هزینه‌های تولید، کاهش فرسایش، و اصلاح ساختمان خاک مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند. با این

عملکرد محصول نداشته‌اند ولی در سال چهارم آزمایش، عملکرد دانه در روش بی‌خاک‌ورزی به‌طور معنی‌داری بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم بوده است. نتایج این تحقیق هم‌چنین نشان داد که تأثیر متقابل خاک‌ورزی و مدیریت بقایا بر عملکرد دانه معنی‌دار است.

در مواردی که بقایا بر سطح نگه داشته شوند، تلفات ناشی از غیرمتحرک شدن نیتروژن ممکن است منجر به کاهش عملکرد شود و این واکنش در شرایط کاربرد نیتروژن به‌صورت پخش سطحی، بیشترین است (Malhi & Nyborg, 1990). در گزارشی دیگر مالهی و همکاران (Malhi et al., 2001) اعلام کردند که بیشترین میزان عملکرد با کاربرد سطوح مختلف کود نیتروژنه در روش بی‌خاک‌ورزی، با مقدار ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست می‌آید. نتایج این تحقیق هم‌چنین نشان داد که تأثیر متقابل مدیریت بقایا در سطوح مختلف کود نیتروژن‌دار در روش بی‌خاک‌ورزی معنی‌دار است. بیشترین میزان عملکرد در شرایط نگهداری و جابه‌جایی، به‌ترتیب ۸۰ و ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شده است. افزایش میزان کود نیتروژن‌دار از ۸۰ به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار در هر شیوه از مدیریت بقایا، موجب کاهش عملکرد شده بود. آپاریشو و همکاران (Aparicio et al., 2008) می‌گویند که مصرف زیاد کود نیتروژنه در کشت گندم در روش بی‌خاک‌ورزی، دو عیب عمده دارد: پایین بودن کارایی مصرف نیتروژن و هدرروی آن به‌صورت آبشویی. کارایی مصرف نیتروژن در روش بی‌خاک‌ورزی ممکن است به‌دلیل بهبود شرایط نفوذ و به‌دنبال آن افزایش آبشویی، تحت تأثیر قرار گیرد. هالورسون و همکاران (Halvorson et al., 2001) گزارش کردند که روش‌های خاک‌ورزی مرسوم و کم‌خاک‌ورزی نسبت به بی‌خاک‌ورزی در کشت گندم موجب تجمع نیتروژن نیتراتی بیشتری تا عمق ۱۵۰ سانتی‌متر شده‌اند و نتیجه گرفتند که روش‌های مرسوم و کم‌خاک‌ورزی به‌علت به‌هم زدن خاک، نیتروژن

نیتروژن را (با توجه به موبایل بودن و پرتحرکی آن) متأثر سازد و احتمال وقوع پدیده‌های نیترات‌زدایی و غیرمتحرک شدن (آلی شدن) را افزایش دهد. حساسیت نیتروژن به آبشویی، نیترات‌زدایی، تصعید و غیرمتحرک شدن به مقدار زیادی به مدیریت کود نیتروژنه و مدیریت بقایا وابسته است. به‌عبارت دیگر، کارایی مصرف کود و تلفات آن ممکن است با تغییر در مقدار کود و وضعیت بقایا، تغییر کند. سهرابی و همکاران (Sohrabi et al., 2014) در آزمایشی نشان دادند که عملکرد گندم تحت تأثیر مدیریت‌های مختلف بقایای گیاهی (بیرون بردن، سوزاندن و اختلاط بقایا) و میزان کود نیتروژن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

بررسی‌های جلالی و بحرانی (Jalali & Bahrani, 2012) در تأثیر نقش بقایای گیاهی و میزان کود نیتروژن‌دار بر راندمان مصرف نیتروژن در تولید ذرت دانه‌ای نشان دادند که با افزایش نیتروژن از ۱۵۰ به ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و افزایش بقایای گیاهی از ۲۵ به ۵۰ درصد، کارایی زراعی نیتروژن و کارایی بازیافت ظاهری کاهش می‌یابد. علاوه بر این، تلفیق مدیریت خاک‌ورزی و مدیریت کوددهی می‌تواند تأثیر بسزایی در تولید محصول بهره‌وری پایدار، کارایی زراعی، کارایی بازیافت ظاهری و کارایی عناصر غذایی داشته باشد. اقبال و همکاران (Iqbal et al., 2005) در بررسی‌های خود اعلام کردند که خاک‌ورزی به‌میزان ۵ تا ۲۰ درصد و کوددهی به‌میزان ۲۰ تا ۵۰ درصد در بهره‌وری محصول نقش دارد. آردل و همکاران (Ardell et al., 2000) در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم، بیشترین عملکرد دانه گندم در دوازده سال آزمایش در روش بی‌خاک‌ورزی را با بیشترین میزان نیتروژن کاربردی مشاهده کردند. مالهی و همکاران (Malhi et al., 2006) در مقایسه روش‌های مرسوم و بی‌خاک‌ورزی گزارش کردند که در سه سال اول تحقیق روش‌های خاک‌ورزی و تیمارهای مدیریت بقایا تأثیری بر

بقایای گیاهی گندم در سه سطح باقی‌گذاشتن بقایا (R.M1)، بیرون بردن بقایا (R.M2)، خردکردن بقایای گیاهی با ساقه خردکن (R.M3) و کرت فرعی مقادیر مختلف کود نیتروژن دار در چهار سطح ۱۵۰ (N1)، ۲۰۰ (N2)، ۲۵۰ (N3) و ۳۰۰ (N4) کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره بود. در قطعه زمین آزمایشی، ۳۶ کرت به ابعاد ۸×۲۰ متر در نظر گرفته شد. تناوب گندم- ذرت به عنوان تناوب غالب منطقه جهت کشت در فصل پاییز و تابستان انتخاب شد. با توجه به نوع تیمار مدیریت بقایا، در جمع‌آوری بقایای محصول زراعی ریخته شده از پشت کمباین، از دستگاه‌های شانه (ریک) و بسته‌بند (بیلر) استفاده شد. بر این اساس در تیمار R.M1، نوار بقایای انباشته شده پشت کمباین با دستگاه بسته‌بند جمع‌آوری شد. در تیمار R.M2 برای بیرون بردن بقایای زراعی ایستاده و رها شده در سطح خاک، از دستگاه‌های شانه و بسته‌بند استفاده شد، و در تیمار R.M3، بعد از جمع‌آوری بقایای انباشته شده توسط دستگاه بسته‌بند، جهت کاهش طول کاهبن‌های ایستاده و توزیع آن در سطح خاک، از دستگاه ساقه خردکن استفاده شد.

به منظور تعیین اندازه بقایا، در پنج نقطه از هر کرت بقایای ایستاده (کاهبن) و خوابیده (پهن شده بر سطح خاک) با استفاده از یک قاب نیم متر مربعی جمع‌آوری شدند. جرم ماده خشک بقایا نیز، با قرار دادن آنها درون آون، به مدت ۷۲ ساعت و در دمای ۶۰ درجه سلسیوس، تعیین شد (Chen *et al.*, 2004). پوشش سطح خاک با بقایا، با استفاده از روش برش عرضی- خطی تعیین شد. در این روش ابتدا ۱۰۰ نقطه به فاصله‌های ۱۰ سانتی‌متر روی یک طناب بیست متری با نوارچسب نشانه‌گذاری شد. طناب به صورت اریب (زاویه ۴۵ درجه) به گونه‌ای بر سطح خاک قرار داده شد که از میان ردیف‌های کاشت (عرض کار دستگاه) عبور کند. با شمارش تعداد نشانه‌هایی که مستقیماً روی بقایا قرار گرفته بودند، درصد پوشش

بیشتری را در لایه سطحی معدنی کرده‌اند. در این باره فونتز و همکاران (Fuentes *et al.*, 2003) می‌گویند در روش‌های بی‌خاک‌ورزی، نسبت به روش‌های مرسوم، آبشویی بیشتر به علت رطوبت بیشتر خاک و وجود جریان‌های ترجیحی، ممکن است در کاهش نیتروژن قابل دسترس سهم داشته باشند. علاوه بر این در روش‌های بی‌خاک‌ورزی به دلیل تجمع بقایای زراعی با نسبت C/N بالا، نیتروژن قابل استفاده کمتری (به دلیل غیرمتحرک شدن آن) در دسترس گیاه است. با توجه به منابع بررسی شده مشاهده می‌شود با این که سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی قابلیت اصلاح ساختمان خاک را در درازمدت دارا می‌باشند، اما در مورد افزایش مصرف کودهای نیتروژن دار، آبشویی بیشتر مواد شیمیایی و تجمع آنها در لایه‌های پایینی پروفیل خاک نگرانی‌هایی نیز وجود دارد. بر این اساس در این پژوهش تأثیر متقابل نحوه مدیریت بقایا و سطوح مختلف کود نیتروژن بر میزان نیتروژن نیتراتی باقیمانده بعد از برداشت محصول و عملکرد محصول تحت سیستم‌های بی‌خاک‌ورزی بررسی می‌شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی داراب واقع در ۲۵۰ کیلومتری جنوب شرقی شیراز با عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۱۲۰ متر از سطح دریا از سال ۱۳۹۳ به مدت دو سال اجرا شد. محل آزمایش دارای اقلیم نیمه‌خشک با متوسط بارندگی سالانه ۲۶۵ میلی‌متر است که اغلب در فصل پاییز و زمستان رخ می‌دهد. طی سال‌های آزمایش، بیشینه و کمینه دمای هوا به ترتیب ۴۱/۵ و ۱۲/۷ درجه سلسیوس و بیشینه و کمینه رطوبت نسبی ۵۸/۱ و ۱۶/۷ درصد بود. این پژوهش با استفاده از آزمایش کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کرت اصلی

و برای ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سلسیوس در آون خشک شدند و پس از آن مقدار نیتروژن دانه به روش میکروکودال تعیین شد (Nelson & Sommers, 1980). نیتروژن جذب شده از حاصل ضرب عملکرد دانه در غلظت نیتروژن دانه محاسبه شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C تجزیه و تحلیل آماری و میانگین‌ها با آزمون دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

وضعیت بقایا

وضعیت بقایای گندم و پوشش سطح خاک با آنها در جدول ۱ و شکل ۱ آورده شده است. همان‌طور که از نتایج پیداست خردشدن بقایای ایستاده (کاهبن) با دستگاه ساقه خردکن (R.M3)، موجب کاهش طول کاهبن‌ها به میزان ۷۰/۱ و ۵۲/۵ درصد به ترتیب نسبت به R.M1 و R.M2 شده است. نتایج تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که استفاده از شانه در تیمار R.M2 علاوه بر کاهش مقدار کل بقایا در واحد سطح، موجب کاهش ۳۷/۱ درصد از طول بقایا نسبت به تیمار R.M1 شد (جدول ۱).

یافته‌ها همچنین آشکار ساخت که در هر سه روش مدیریت بقایای گندم، بیش از ۳۰ درصد از سطح خاک با آنها پوشش داده شده است (شکل ۱).

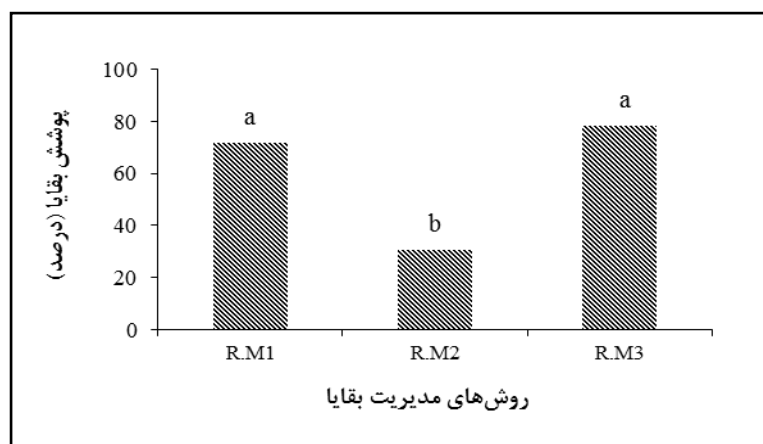
سطح تعیین شد (Morrison & Gerik, 1985). کاشت با یک دستگاه ردیف‌کار کاشت مستقیم (بذرکار-کودکار) با شیار بازکن دو بشقابی انجام گرفت. برای آبیاری کرت‌ها از روش نواری^۱ استفاده شد. مقدار رطوبت خاک با روش نمونه‌گیری از خاک (عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر) با استفاده از یک مته نمونه‌برداری و بر اساس وزن خشک تعیین شد. دمای خاک در تیمارهای مختلف نیز با استفاده از دماسنج دیجیتالی آلفرانس (مدل اف ۹۱۰۰۰) در عمق ۵-۰ سانتی‌متر خاک اندازه‌گیری شد.

به‌منظور بررسی تجمع نیتروژن نیتراتی در پروفیل خاک، از شاخص نیتروژن نیتراتی باقی‌مانده در خاک بعد از برداشت محصول، استفاده شد. برای تعیین نیتروژن نیتراتی خاک، نمونه‌هایی از اعماق ۰ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری خاک به‌صورت قطری از بین ردیف‌های کاشت در پنج نقطه از هر کرت، بعد از برداشت ذرت گرفته شد. نمونه‌ها در یک ظرف حاوی یخ نگهداری و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شده و پس از مخلوط کردن، در دمای ۳۵ درجه سلسیوس خشک شدند (Al-Kaisi & Licht, 2004). نیترات خاک با دستگاه اسپکتروفتومتر و با استفاده از روش کاهش کادمیم تعیین شد (Anon, 1974). نیتروژن جذب شده در دانه در انتهای مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی تعیین شد. نمونه‌های دانه از یک سطح ۰/۵ متر مربعی و در سه نقطه از هر کرت جمع‌آوری

جدول ۱- وضعیت بقایای گندم متأثر از روش‌های مختلف مدیریت بقایا

روش مدیریت بقایا	بقایای ایستاده (کیلوگرم بر هکتار)	بقایای خوابیده (کیلوگرم بر هکتار)	مقدار کل بقایا (کیلوگرم بر هکتار)	بقایای ایستاده (سانتی‌متر)	بقایای خوابیده (سانتی‌متر)	رطوبت خاک (درصد)	دمای خاک (درجه سلسیوس)
R.M1*	۲۷۴۳/۲	۲۴۳۱/۴	۵۱۷۴/۶	۳۴/۸	۲۹/۸	۱۸/۶	۲۷/۳
R.M2	۶۶۳/۸	۷۱۴/۶	۱۳۷۸/۴	۱۲/۹	۱۷/۲	۱۶/۹	۲۹/۸
R.M3	۸۰۷/۴	۴۶۷۹/۲	۵۴۸۶/۶	۱۰/۴	۱۳/۳	۲۰/۱	۲۳/۴

* R.M1: باقی گذاشتن بقایا، R.M2: بیرون بردن بقایا، R.M3: خرد کردن بقایا



شکل ۱- پوشش خاک متأثر از روش‌های مختلف مدیریت بقایا

باقیمانده در خاک بعد از برداشت محصول ذرت دارند (جدول ۲).

دیده می‌شود که تیمار جمع‌آوری و بیرون بردن بقایا (R.M2) باعث بیشترین مقدار نیتروژن نیتراتی بعد از برداشت محصول تا عمق ۶۰ سانتی‌متر خاک شده است. استفاده از دستگاه ساقه خردکن در سیستم مدیریت بقایا (R.M3) با ۱۲/۹ درصد کاهش نسبت به R.M2 موجب کمترین میزان نیتروژن نیتراتی باقیمانده تا عمق مذکور شده است (شکل ۲).

افزایش نیتروژن نیتراتی باقیمانده در خاک در تیمار R.M2 را می‌توان احتمالاً به تثبیت کمتر نیتروژن یا به معدنی شدن بیشتر نیتروژن ناشی از میزان کمتر بقایای سطحی در این تیمار نسبت داد. افزایش سطح پوشیده شده خاک با بقایا در تیمار R.M1، موجب کاهش تجمع نیتروژن نیتراتی، به مقدار ۹/۴ درصد در مقایسه با R.M2 در پروفیل خاک شده است (شکل‌های ۱ و ۲). تأثیر معنی‌داری مقادیر مختلف کود نیتروژن مصرفی بر نیتروژن نیتراتی باقیمانده در شکل ۳ و جدول ۲ نشان داده شده است. به‌طور کلی کرت‌هایی که مقدار کود نیتروژن بیشتری دریافت کرده بودند، دارای بیشترین مقدار نیتروژن نیتراتی باقیمانده بعد از برداشت محصول بودند.

به‌طور کلی، در روش‌های R.M1 و R.M3 به دلیل وجود بقایای بیشتر و در نتیجه پوشیدگی بیشتر سطح خاک با بقایا، تأثیر تابش نور کمتر و در نتیجه دمای خاک متعادل‌تر و مقدار رطوبت خاک بیشتر است (جدول ۱). از طرف دیگر روش مدیریتی R.M2 با حجم کمتری از بقایا موجب افزایش دمای سطحی خاک و کاهش محتوای رطوبت خاک نسبت به روش‌های R.M1 و R.M3 شده بود. بررسی‌های مالهی و همکاران (Malhi *et al.*, 1992) مشخص می‌کند که در سیستم بی‌خاک‌ورزی با تغییر طول کاهبن‌ها و مقدار آنها، دمای لایه سطحی خاک و در نتیجه میزان تبخیر نیز تغییر می‌یابد. این موضوع به همراه کاهش تبخیر و افزایش نفوذ آب متأثر از نگهداشت بقایا، احتمالاً می‌تواند بر چرخه عناصر غذایی، به‌ویژه نیتروژن، تأثیر گذارد (Nyborg & Malhi, 1989, Lafond *et al.*, 1992).

اثر روش‌های مدیریت بقایا و سطوح کودی بر چرخه نیتروژن

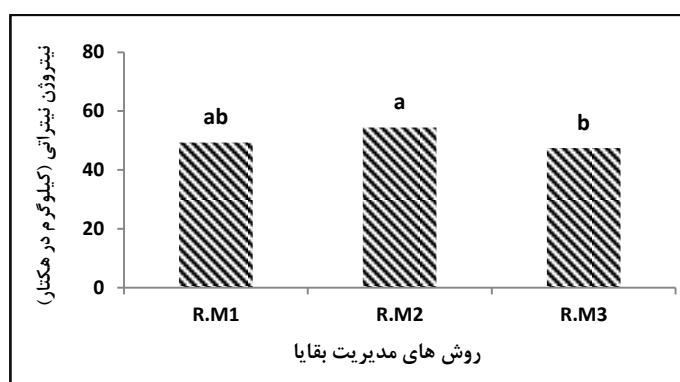
نیتروژن نیتراتی باقیمانده در خاک

تجزیه واریانس نشان می‌دهد که روش‌های مختلف مدیریت بقایا و سطوح کودی نیتروژن مصرفی تأثیر معنی‌داری بر میزان نیتروژن نیتراتی

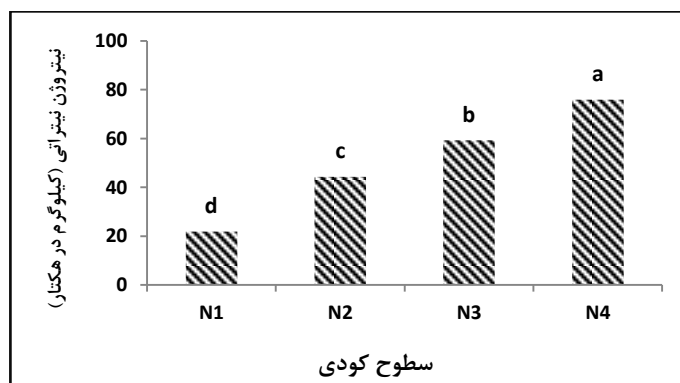
جدول ۲- تجزیه واریانس نیتروژن نیتراتی باقی مانده در خاک، نیتروژن جذب شده توسط دانه و عملکرد محصول متأثر از روش‌های مختلف مدیریت بقایا و سطوح کودی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		عملکرد
		نیتروژن جذب شده	نیترات باقی مانده	
تکرار	۲	۹۸/۸۹۱ ^{n.s}	۱۹/۰۱۶ ^{n.s}	۸۴۳۸۵/۰۶
مدیریت بقایا	۲	۴۸۷/۸۳۳*	۱۵۴/۱۸*	۳۷۶۹۴۲۷/۳۴**
خطا	۴	۶۹/۵۳۰	۳۴/۰۹۱	۵۲۳۷۳/۴۶
سطوح کوددهی	۳	۳۴۴۷۷/۹۶**	۴۷۴۳/۹۲۹**	۶۳۸۴۹۰۹/۸**
اثر متقابل	۶	۷۶/۳۹۶*	۴۶/۲۸۴*	۲۷۹۶۰۰/۳۷*
خطا	۱۸	۱۹۱/۳۰	۸۵/۰۴۷	۱۴۷۴۴۱/۷۵

** اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد، * اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و n.s: نبود اختلاف معنی دار



شکل ۲- نیتروژن نیتراتی باقیمانده متأثر از روش‌های مختلف مدیریت بقایا



شکل ۳- نیتروژن نیتراتی باقیمانده متأثر از سطوح کودی

کمترین مقدار نیتروژن نیتراتی باقی مانده زمانی مشاهده می‌شود که کود نیتروژن به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (N1) مصرف شده است. یافته‌ها همچنین نشان می‌دهد که با کاهش ۵۰ کیلوگرم از مقدار کود مصرفی در تیمار N3 نسبت به N4، علاوه بر اینکه میزان نیتروژن نیتراتی باقیمانده ۲۱/۸ درصد کاهش دارد، از نظر آماری تفاوتی نیز بین مقادیر نیتروژن جذب شده مشاهده نمی‌شود (شکل‌های ۳ و ۴).
برابر نتایج به دست آمده، تأثیر متقابل روش‌های مدیریت بقایا و مقادیر مختلف کود نیتروژن بر میزان نیتروژن نیتراتی باقیمانده در خاک معنی دار است (جدول ۲). ترکیب سیستم R.M2 با مقادیر مختلف کود مصرفی، باعث تجمع بیشترین مقدار نیتروژن نیتراتی در پروفیل خاک نسبت به سایر تیمارها شده است (جدول ۳).

جدول ۳- نیتروژن نیتراتی باقیمانده در خاک، نیتروژن جذب شده توسط دانه و عملکرد محصول متأثر از اثر متقابل مدیریت بقایا و میزان کود

مدیریت بقایا	سطوح کودی (کیلوگرم بر هکتار)	نیترات باقیمانده (کیلوگرم بر هکتار)	نیتروژن جذب شده (کیلوگرم بر هکتار)	عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)
R.M1	N1	۲۴/۳ e	۹۲/۱ d	۶۸۲۰/۴ de
	N2	۴۴/۴ d	۱۱۲/۸ bc	۷۷۸۲/۳ c
	N3	۵۹/۳ bcd	۱۲۴/۱ ab	۷۹۸۱/۵ bc
	N4	۶۹/۵ ab	۱۲۶/۳ ab	۷۸۵۲/۳ c
R.M2	N1	۲۲/۷ e	۹۹/۷ d	۷۳۴۵/۶ d
	N2	۴۶/۶ cd	۱۱۹/۵ b	۸۴۱۸/۴ b
	N3	۶۲/۵ bc	۱۳۲/۸ a	۹۳۵۲/۷ a
	N4	۸۵/۸ a	۱۳۰/۵ a	۹۱۹۲/۶ a
R.M3	N1	۱۸/۷ e	۷۳/۴ e	۷۰۲۴/۸ d
	N2	۴۲/۳ d	۱۲۱/۱ b	۸۵۳۱/۸ b
	N3	۵۶/۲ bcd	۱۳۲/۳ a	۹۳۸۶/۷ a
	N4	۷۲/۶ ab	۱۳۳/۳ a	۹۳۱۸/۲ a

در هرستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

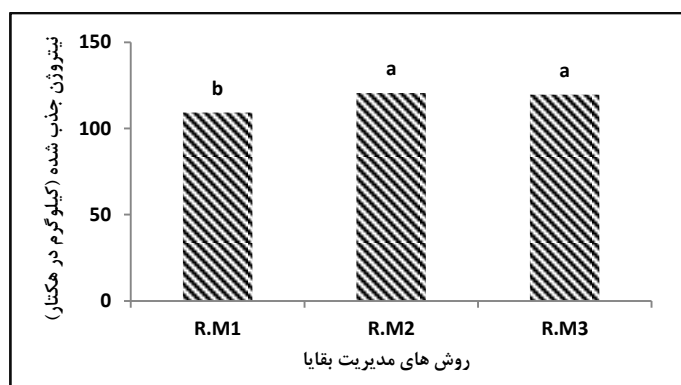
همچنین نشان می‌دهد در شرایطی که بقایا با دستگاه ساقه خردکن خرد و در سطح خاک توزیع شده‌اند (R.M3)، اثر متقابل آنها با سطوح مختلف کودی، موجب کاهش بیشتری در میزان نیتروژن نیتراتی باقیمانده، در مقایسه با اثر متقابل سیستم R.M1 × N شده است هرچند تفاوت معنی‌داری نیز بین اثر متقابل این دو سیستم (R.M1 × N و R.M3 × N) مشاهده نمی‌شود (جدول ۳). علاوه بر این تیمارهای R.M3 × N4 و R.M3 × N3 نسبت به تیمارهای R.M2 × N4 و R.M2 × N3 تأثیر بیشتری در کاهش نیتروژن باقیمانده دارند (به ترتیب ۱۵/۴ و ۱۰/۱ درصد)، هرچند اختلاف معنی‌داری نیز بین آنها وجود ندارد.

جذب نیتروژن توسط دانه

روش‌های مختلف مدیریت بقایا و میزان کود مصرفی تأثیر معنی‌داری بر نیتروژن جذب شده توسط دانه دارند (جدول ۲). نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که میزان جذب نیتروژن توسط دانه در تیمارهای R.M1 و R.M3 در

بیشترین مقدار نیتروژن باقیمانده در خاک بعد از برداشت محصول، از اثر متقابل R.M2 × N4 مشاهده می‌شود؛ به عبارت دیگر، در شرایطی که بقایای زراعی با ادوات شانه و بسته‌بند جمع‌آوری و بیرون برده شده‌اند (R.M2)، کاربرد کود نیتروژن دار به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار (N4) موجب افزایش نیتروژن نیتراتی باقی‌مانده در پایان فصل رشد شده است، با کاهش میزان کود مصرفی از N4 به N3، نیتروژن نیتراتی در اثر متقابل R.M2 × N3، در مقایسه با R.M2 × N4، به میزان ۲۷/۲ درصد کاهش نشان می‌دهد (جدول ۳). این روند در مقایسه اثر متقابل R.M2 × N2 و R.M2 × N1 با R.M2 × N4 نیز مشاهده می‌شود. افزایش نیتروژن نیتراتی در خاک بعد از برداشت محصول متأثر از افزایش سطوح کود مصرفی، به دلیل بقایای کمتر در سیستم مدیریت بقایای R.M2، احتمالاً می‌تواند به معدنی شدن بیشتر نیتروژن و کاهش تثبیت نیتروژن نسبت داده شود. در این خصوص نتایج مشابهی در تحقیقات مالهی و نیبورگ (Malhi & Nyborg, 1990) دیده می‌شود. نتایج بررسی‌ها

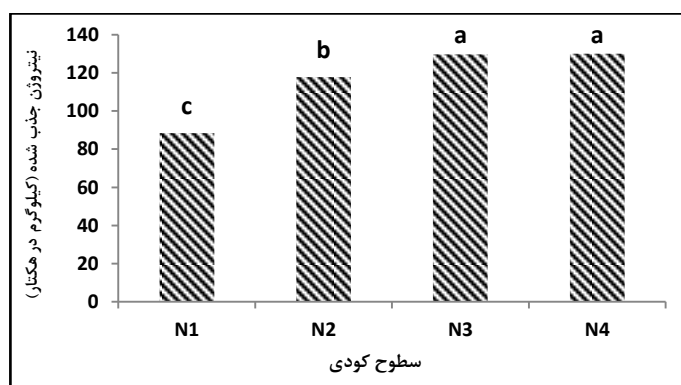
مقایسه با تیمار R.M2، به ترتیب ۴/۵ و ۹/۴ درصد کمتر است. به عبارت دیگر، در شرایطی که بقایا با دستگاه ساقه خردکن، به قطعات کوچک‌تر تبدیل و در سطح خاک به صورت تقریباً یکنواخت توزیع (R.M3) یا بعد از برداشت در سطح خاک رها شده‌اند (R.M1)، جذب نیتروژن کاهش یافته است (شکل ۴).



شکل ۴- جذب نیتروژن توسط دانه متأثر از روش‌های مختلف مدیریت بقایا

شکل ۵ نشان داده شده است. بیشترین جذب نیتروژن توسط دانه زمانی حاصل شد که کود نیتروژن به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار (N4) به کار رفت، هرچند که اختلاف بین میزان کود مصرفی در تیمار N4 نسبت به تیمار N3 (۵۰ کیلوگرم در هکتار)، موجب تفاوت معنی‌داری از نظر میزان جذب نیتروژن نشد (شکل ۵).

کاهش در میزان نیتروژن جذب شده، احتمالاً می‌تواند به تجمع بیشتر بقایا بر سطح خاک و متعاقباً تثبیت بیشتر نیتروژن در تیمار R.M1 و R.M3 در طول فصل رشد نسبت داده شود (Devienne-Barret *et al.*, 2000, Licht & Al-Kaisi, 2005). اثر کاربرد مقادیر مختلف کود نیتروژن در بر میزان نیتروژن جذب شده توسط دانه در



شکل ۵- جذب نیتروژن توسط دانه متأثر از مقادیر مختلف کود

کاهش معنی‌دار جذب نیتروژن به ترتیب به میزان ۹/۲ و ۳۱/۸ درصد شده است (شکل ۵). این نتایج با یافته‌های دیگر محققان مطابقت دارد که گزارش‌هایی مشابه از

نتایج آزمایش‌ها همچنین نشان می‌دهد که کاهش کود مصرفی از ۲۵۰ کیلوگرم در تیمار N3 به ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در تیمارهای N1 و N2، موجب

و ($R.M2 \times N3$)، بدون داشتن اختلاف معنی‌داری به دست می‌آید (جدول ۳). کاهش عملکرد در تیمار $R.M2 \times N3$ ، به‌رغم بقایای کمتر در سطح خاک نسبت به $R.M3 \times N3$ ، می‌تواند به درصد بالای نیتروژن باقیمانده (۱۴/۷ درصد) در پروفیل خاک (تلفات آبشویی) و یا احتمالاً افزایش تلفات تصعید ناشی از تراکم بیشتر لایه سطحی نسبت داده شود (شکل‌های ۱ و ۲).

نتایج حاصل از تأثیر متقابل مقادیر پایین نیتروژن مصرفی ($N1$) با سیستم‌های مختلف مدیریت بقایا نشان می‌دهد که ترکیب $R.M2 \times N1$ با بقایای گیاهی کمتر، موجب افزایش عملکرد به‌میزان ۷/۷ و ۴/۶ درصد به‌ترتیب نسبت به $R.M1 \times N1$ و $R.M3 \times N1$ (تیمارهایی با درصد بقایای گیاهی بیشتر) شده است (جدول ۳). از طرف دیگر با افزایش مقدار کود نیتروژن‌دار از $N1$ به $N4$ در تیمارهای مدیریتی با درصد بیشتری از بقایای گیاهی ($R.M1$ و $R.M3$)، میزان عملکرد محصول روندی افزایشی از خود نشان می‌دهد. در این راستا تأثیر متقابل $R.M3 \times N2$ و $R.M3 \times N3$ نسبت به $R.M3 \times N1$ ، به‌ترتیب به افزایش ۱۶/۱ و ۲۷/۸ درصد در عملکرد انجامیده است. این روند نیز در مورد اثر متقابل $R.M1 \times N2$ و $R.M1 \times N3$ نسبت به $R.M1 \times N1$ با اختلاف معنی‌داری مشاهده می‌شود (جدول ۳). همچنین با افزایش سطح نیتروژن مصرفی به بیشترین میزان ($N4$)، اگرچه عملکرد ناشی از اثر متقابل سیستم‌های $R.M \times N4$ بیشتر از عملکرد ناشی از اثر متقابل سیستم‌های $R.M \times N1-2$ است، اما مقدار نیتروژن نیتراتی باقی‌مانده بعد از برداشت محصول به‌طور معنی‌داری افزایش نشان می‌دهد (شکل ۳ و جدول ۳). در هر حال، یافته‌ها آشکار می‌سازند که استفاده از سیستم مدیریت بقایای گیاهی $R.M3$ توأم با ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ($R.M3 \times N3$)، بالاترین مقدار عملکرد را به‌همراه خواهد داشت.

واکنش جذب نیتروژن در گیاه و دانه به مقادیر مختلف کود نیتروژن ارائه کرده‌اند (Randall & Irigavarapu, 1995; Derby et al., 2005; Halverson et al., 2006). تأثیر متقابل روش‌های مختلف مدیریت بقایا در میزان کود نیتروژن‌دار نشان می‌دهد که ترکیب مقادیر پایین کود مصرفی ($N1$) با هر یک از روش‌های مدیریت بقایا ($N1 \times R.M3$ ، $N1 \times R.M2$ و $N1 \times R.M1$) موجب کاهش میزان جذب نیتروژن توسط دانه می‌شود (جدول ۳).

میزان جذب نیتروژن در شرایط حداقل کود مصرفی ($N1$) تحت سیستم‌های نگهداری بقایا ($R.M1 \times N1$) و خرد کردن آنها ($R.M3 \times N1$)، نسبت به ($R.M2 \times N1$)، به‌ترتیب ۷/۶ و ۲۶/۴ درصد پایین‌تر است. نتایج همچنین نشان می‌دهد که با اضافه کردن کود نیتروژن‌دار در تیمارهایی که بقایا نگه داشته شده‌اند ($R.M1 \times N2-4$) یا با ساقه خردکن به قطعات کوچکتر تبدیل و در سطح خاک توزیع شده‌اند ($R.M3 \times N2-4$)، مقدار نیتروژن جذب شده روند افزایشی دارد (جدول ۳). به‌کارگیری سیستم‌های ($R.M2 \times N3-4$) اگرچه جذب نیتروژن توسط دانه را در مقایسه با ($R.M1 \times N3-4$) افزایش می‌دهد، اما به‌رغم عملیات اضافی در مدیریت بقایا، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند. این موضوع احتمالاً می‌تواند به تراکم بیشتر خاک و در نتیجه افزایش تلفات تصعید نسبت داده شود (جدول ۳).

اثر مدیریت بقایا و مقادیر مختلف کود نیتروژن‌دار بر عملکرد محصول

آنالیز واریانس نشان می‌دهد که اثر متقابل روش‌های مختلف مدیریت بقایا و میزان کود نیتروژن‌دار تأثیر معنی‌داری بر عملکرد محصول ذرت دارد (جدول ۲). بیشترین میزان عملکرد از ترکیب سیستم‌های مدیریت بقایا یا $R.M3$ و $R.M2$ با تیمار کودی $N3$ ، ($R.M3 \times N3$)

نتیجه‌گیری

مقدار نیتروژن نیتراتی باقی‌مانده در خاک بعد از برداشت محصول و نیز نیتروژن جذب شده توسط دانه به مقدار زیادی تحت تأثیر روش‌های مختلف مدیریت بقایا و سطوح کودی نیتروژن مصرفی قرار دارد. یافته‌های این بررسی نشان می‌دهد که به‌کارگیری تیمار R.M2 (بیرون بردن بقایا) منجر به بیشترین تجمع نیتروژن نیتراتی در پروفیل خاک شده است. سطوح کودی نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر نیتروژن نیتراتی باقی‌مانده دارد. کمترین نیتروژن مورد نیاز جهت دستیابی به بیشترین میزان عملکرد، در تیمار N3 (۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) دیده می‌شود. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تأثیر R.M3×N3 بر عملکرد محصول و جذب نیتروژن توسط دانه، مؤثرتر از به‌کارگیری جداگانه آنها است. تیمار R.M3 و N3 است.

مراجع

- Al-Kaisi, M. and Licht, M. A. 2004. Effect of strip tillage on corn nitrogen uptake and residual soil nitrate accumulation compared with no tillage and chisel plow. *Agron. J.* 96, 1164-1171.
- Anon. 1974. Nitrogen, nitrate-nitrite (Spectrophotometer, Cadmium reduction). Rep. 600/4- 79-02. EPA. Washington, DC.
- Aparicio, V., Costa, J. L. and Zamora, M. 2008. Nitrate leaching assessment in a long term experiment under supplementary irrigation in humid Argentina. *Agr. Water Manage.* 95, 1361-1372.
- Ardell, D. H., Alfred, L. B., Joseph, M. K., Steven, D. M., Brian, J. W. and Donald, L. K. 2000. Spring wheat response to tillage and nitrogen fertilization in rotation with sunflower and winter wheat. *Agron. J.* 92, 136-152.
- Azooz, R. H., Arshad, M. A. and Franzluebbbers, A. J. 1996. Pore size distribution hydraulic conductivity affected by tillage in northwestern Canada. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60, 1197-1201.
- Chen, Y., Tessier, S. and Irvine, B. 2004. Drill and crop performances as affected by different drill configurations for no-till sowing. *Soil Till. Res.* 77, 147-155.
- Derby, N. E., Steele, D. D. and Casey, F. X. 2005. Interactions of nitrogen, weather, soil and irrigation on corn yield. *Agron. J.* 97, 1342-1351.
- Devienne-Barret, F., Justes, E., Machet, J. M. and Mary, B. 2000. Integrated control of nitrate uptake by crop growth rate and soil nitrate availability under field conditions. *Ann Bot-London.* 86, 995-1005.
- Fuentes, J. P., Flury, M., Huggins, D. R. and Bbezdicek, D. F. 2003. Soil water and nitrogen dynamics in dryland cropping systems of Washington State, USA. *Soil Till. Res.* 71, 33-47.
- Halvorson, A. D., Wienhold, B. J. and Black, A. L. 2001. Tillage and nitrogen fertilization influence on grain and soil nitrogen in an annual cropping system. *Agron. J.* 93, 836-841.
- Halvorson, A., Mosier, A. R. and Bausch, W. C. 2006. Nitrogen and tillage effects on irrigated continuous corn yields. *Agron. J.* 98, 63-71.
- Iqbal, M. M., Akhtar, J., Mohammad, W., Shah, S. M. and Mahmood, K. 2005. Effect of tillage and fertilizer levels on wheat yield, nitrogen uptake and their correlation with carbon isotope discrimination under rain fed conditions in north-west Pakistan. *Soil Till. Res.* 80, 47-57.
- Jalali, A. H. and Bahrani, M. J. 2012. Effect of crop residue and nitrogen fertilizer on nitrogen use efficiency in corn production. *Agron. J. (Pajouhesh and Sazandegi).* 102, 197-204. (in Persian)

- Lafond, G. P., Loepky, H. and Derkseen, D. A. 1992. The effect of tillage system and crop rotation on soil water conservation, seedling establishment and crop yield. *Can. J. Plant Sci.* 72, 103-105.
- Licht, M. A. and Al-Kaisi, M, 2005. Corn response, nitrogen uptake and water use in strip tillage compared with no tillage and chisel plow. *Agron. J.* 97, 705-710.
- Malhi, S. S. and Nyborg, M. 1990. Effect of tillage and straw on yield and N uptake of barley grown under different N fertility regimes. *Soil Till. Res.* 17, 115-124.
- Malhi, S. S., Nyborg, M. and Harker, K.N. 1992. Influence of various factors on the relative effectiveness of autumn versus spring applied N. *Proceedings of the International Symposium on Nutrient Management for Sustainable Productivity*. Vol. 1. Ludhiana. Punjab. India. pp. 355-365.
- Malhi, S. S., Grant, C. A. and Gill, K. S. 2001. Nitrogen fertilization management for no-till cereal production in the Canadian great plains: a review. *Soil Till. Res.* 60, 101-122.
- Malhi, S. S., Lemke, R. and Wang, Z. H. 2006. Tillage, nitrogen and crop residue effects on crop yield, nutrient uptake, soil quality, and greenhouse gas emissions. *Soil Till. Res.* 90, 171-183.
- Morrison, J. E. and Gerik, T. J. 1985. Planter depth control: predictions and projected effects on crop emergence. *T-ASAE.* 28, 1419-1424.
- Nelson, D. W. and Sommers, L. E. 1980. Total nitrogen analysis of soil and plant tissues. *J. AOAC Int.* 63, 770-779.
- Nyborg, M. and Malhi, S. S. 1989. Effect of zero and conventional tillage barely yield and NO₃-N content, moisture and temperature of soil in north central Alberta. *Soil Till. Res.* 15, 1-9.
- Randall, G. W. and Iragavarapu, T. K. 1995. Impact of long-term tillage systems for continuous corn on nitrate leaching to tile drainage. *J. Environ. Qual.* 24, 360-366.
- Sohrabi, S. S., Fateh, A., Aynehband, A. and Rahnema, A. 2014. Study the effect of residue management and different nitrogen sources on wheat yield. *J. Agroecology.* 6 (3): 645-655. (in Persian)

Impacts of Residue Management Methods and Fertilizer Levels of Nitrogen on Soil Residual Nitrate and Nitrogen Uptake under No-Tillage System of Corn

M. Roozbeh* and A. H. Ghanbary

* Corresponding Author: Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Educational and Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Fars, Iran. Email: roozbeh.majid@gmail.com

Received: 20 October 2016, Accepted: 10 April 2017

Residue management and optimizing nitrogen fertilization are important factors in sustainable no tillage systems. A field study was conducted to evaluate the consequence of different residue methods and fertilizer levels of nitrogen on grain nitrogen uptake, accumulation of soil nitrate residual and corn yield under no till system. The experimental design was a randomized complete block with spit-plot arranged in three replications. The residue management systems consisted of three levels of leaving the residues (R.M1), removing residues from field (R.M2) and chopping and leaving the residues on the field (R.M3) as the main plot and four rates of N fertilizer as the subplots which included of: 150, 200, 250 and 300 kg N ha⁻¹. The results showed that different residue managements and N fertilizer rates had a significant effect on soil nitrate accumulation and grain nitrogen uptake. The maximum accumulation of soil nitrate was observed for the R.M2 treatment and the minimum soil nitrate residual occurred for the R.M3. The R.M2 × N3 interaction reduced residual soil nitrate by 27.2% compared to R.M2 × N4 treatment. The findings revealed that R.M3 and R.M1 treatments reduced grain N uptake by 4.5% and 9.4% compared to R.M2, respectively. The results of this study revealed that R.M3× N3 interaction had a greater impact on crop yield and grain N uptake than when R.M3 or N3 treatment was used alone.

Keywords: Corn, Nitrate Accumulation, Nitrogen Levels, No-Tillage, Residue Management