



به‌زرعی کشاورزی

دوره ۲۰ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۷

صفحه‌های ۷۸۵-۷۹۹

تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی و بقایای گیاهی بر کارایی جذب و مصرف نیتروژن در کشت مخلوط ذرت و لوبیا

فریده اکبری^۱، مهدی دهمرده^{۲*}، علی مرشدی^۳، احمد قنبری^۴، سرور خرم دل^۵

۱. دانشجوی دکتری آگرو اکولوژی، گروه زراعت، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۲. دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۳. استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران.
۴. استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۵. دانشیار، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۶/۲۴

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۴/۰۹

چکیده

به‌منظور بررسی کارایی جذب و مصرف و شاخص برداشت نیتروژن در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت تأثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی و سطوح بقایای کاه و کلش گندم (*Triticum aestivum* L.)، آزمایشی به‌صورت به‌صورت کرت‌های دوبار خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی چهارتخته وابسته به مرکز تحقیقات شهرستان شهرکرد در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. سیستم‌های خاک‌ورزی در سه سطح (رایج، کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی) به‌عنوان عامل اصلی، مدیریت بقایای گیاهی در چهار سطح شامل (صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد عملکرد کاه و کلش گندم) به‌عنوان عامل فرعی و الگوی کاشت در پنج سطح (کشت خالص ذرت، کشت خالص لوبیا، و کشت مخلوط ذرت و لوبیا با نسبت‌های ۲:۲، ۳:۱ و ۱:۳) به‌عنوان عامل فرعی مدنظر قرار گرفتند. نتایج نشان داد بیش‌ترین میزان نیتروژن جذب‌شده در دانه برای ذرت در تیمار بی‌خاک‌ورزی، ۶۰ درصد بقایا و کشت خالص ذرت (۸۶/۴۷ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن در تیمار خاک‌ورزی رایج، صفر درصد بقایا و نسبت کشت ۱:۳ (۵۱/۲۲ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. با افزایش سطوح بقایای گندم تا ۶۰ درصد، میزان نیتروژن دانه و زیست‌توده ذرت و لوبیا افزایش یافت، به‌طوری‌که کمترین میزان این شاخص در شرایط عدم کاربرد بقایای گندم مشاهده شد. بیش‌ترین کارایی مصرف نیتروژن در کشت مخلوط با نسبت‌های ۳:۱ و ۲:۲ ذرت و لوبیا در تیمار بی‌خاک‌ورزی و ۶۰ درصد بقایای گیاهی به‌دست آمد که بیانگر برتری آشکار سیستم کشت مخلوط بر کشت خالص است. از این‌رو کشت مخلوط ذرت و لوبیا می‌تواند به مقدار شایان‌توجهی کارایی مصرف نیتروژن را بهبود بخشد.

کلیدواژه‌ها: الگوی کاشت، تخریب خاک، خاک‌ورزی حفاظتی، شاخص برداشت نیتروژن، کاه و کلش گندم.

مقدمه

نیترژن به عنوان یکی از اصلی ترین عناصر محدودکننده رشد گیاهان به شمار می آید. به همین منظور کمبود این عنصر در اکثر بوم نظام های زراعی از طریق کودهای شیمیایی جبران می شود. با وجود مزایای بی شمار کودهای نیترژن دار در افزایش رشد، تولید و عملکرد گیاهان زراعی، مصرف بیش از حد آنها از طریق آبتوشی و فرسایش، می تواند باعث آلودگی آب های زیرزمینی و سطحی، افزایش هزینه ها و کاهش کارایی مصرف نیترژن گردد (Wang et al., 2017; Ju et al., 2009; Cui et al., 2008). بنابراین، مدیریت صحیح حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه علاوه بر کاهش آلودگی های نیترا تی و حفظ تنوع زیستی با اجتناب از کاربرد غیر ضروری و بی رویه عناصر غذایی، هزینه را به حداقل می رساند و کارایی مصرف نهاده ها را افزایش می دهد (Dobermann, 2005).

کارایی مصرف نیترژن^۱ (NUE) عبارت از عملکرد محصول زراعی یا سیستم تناوبی (میزان تولید دانه، غده، ریشه یا علوفه خشک) به ازای هر واحد نیترژن قابل دسترس در خاک است که دو جز عمده کارایی جذب نیترژن^۲ و بهره وری نیترژن^۳ را شامل می شود. کارایی جذب نیترژن، نسبت میان نیترژن موجود در زیست توده به نیترژن موجود در خاک است و توانایی گیاه را در جذب نیترژن قابل دسترس خاک نشان می دهد و بهره وری، میزان عملکرد محصول زراعی به ازای هر واحد نیترژن جذب شده می باشد (Moles et al., 1984). با در نظر گرفتن آلودگی های زیست محیطی ناشی از ورود نیترژن اضافی به آب های زیرزمینی و سایر منابع طبیعی و در نتیجه برهم خوردن تعادل آنها، بهبود کارایی مصرف نیترژن در بوم نظام های زراعی

یک امر بسیار ضروری است. از جمله عوامل مدیریتی مؤثر در افزایش کارایی مصرف این عنصر بر مصرف در نظام های زراعی به سیستم های کشت مخلوط (Kumar et al., 2009) و مدیریت بقایای گیاهی (Bakht et al., 2009) اشاره کرد. افزودن بقایای گیاهی غنی از نیترژن (مانند بقولات) باعث افزایش ذخیره نیترژن آلی خاک و افزایش سرعت معدنی شدن نیترژن شده و نیاز گیاه به افزودن کودهای شیمیایی نیترژن دار را تا حدی برطرف می سازد. همچنین، افزودن بقایای گیاهی فقیر از نیترژن (مانند غلات) باعث انتقال نیترژن از فاز معدنی به زیست توده میکروبی خاک شده و امکان آبتوشی آن را کاهش می دهد (Puget et al., 2000) تثبیت نیترژن به وسیله بقولات می تواند با حفظ کاه و کلش بهبود یابد به طوری که در خاک های غنی از کربن، جمعیت میکروبی خاک افزایش یافته و منجر به بهبود گروه بندی و افزایش تثبیت زیستی نیترژن گردد (Khamadi et al., 2015). آزاد شدن ترکیبات آروماتیک ساده مانند اسید فومیک، کوماریک از بقایای گیاهی منجر به افزایش گروه بندی و تثبیت نیترژن از بقایای گیاهی می شود (Shen & Shen, 2001). در مطالعه Khamadi et al. (2015) بیشترین کارایی جذب نیترژن را در تیمار بقایای کلزا + ماش و کاربرد کاه و کلش جو+ ماشک گزارش کردند. آنها افزایش جذب نیترژن در تیمارهای افزودن بقایای گیاهی در مقایسه با تیمار بدون بقایا را ناشی از افزایش رشد ریشه ها، در نتیجه بهبود شرایط فیزیکی- شیمیایی و بیولوژیکی خاک و جذب بهتر نیترژن توسط گیاه بیان کردند. در مطالعه Wang et al. (2007) اثر بقایای گیاهی بر کارایی مصرف نیترژن را مثبت ارزیابی کردند و آزادسازی تدریجی نیترژن از بقایای گیاهی و کود سبز را نسبت به آزادسازی سریع آن (نیترژن آزاد شده از کود شیمیایی) دلیل این امر عنوان کردند.

1. Nitrogen use efficiency
2. Nitrogen uptake efficiency
3. Nitrogen utilization efficiency

در کشت مخلوط (گندم+ ذرت، گندم + سویا، گندم+ نخود+ ذرت و باقلا+ ذرت) نشان داده است که نظام‌های کشت مخلوط در مقایسه با نظام‌های کشت خالص عناصر غذایی را با کارایی بیشتری مورد بهره‌برداری قرار می‌دهند و دلیل آن، بیش‌تر به افزایش بازیافت نیتروژن و تولید ماده خشک مربوط می‌شود. در مطالعه *Pahlevanloo et al.* (2015) بیش‌ترین کارایی مصرف نیتروژن را در کشت مخلوط ۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا با مصرف ۱۰۰ درصد توصیه کودی و کمترین مقدار کارایی مصرف نیتروژن را در کشت خالص سویا در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن گزارش کردند. نتایج پژوهش‌گران در ارزیابی کارایی جذب و مصرف نیتروژن در کشت مخلوط ذرت نشان داد که تیمار کشت خالص ذرت (۹۲/۹۴ کیلوگرم در هکتار) و تیمار کشت مخلوط دو ردیف ذرت + شش ردیف گندم (۳۸/۱۱ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب بیش‌ترین و کمترین مقدار نیتروژن جذب‌شده از خاک را به خود اختصاص دادند (*Koocheki et al.*, 2012).

مدیریت بقایای گیاهی یکی از ارکان اصلی تولید در کشاورزی است و در بلندمدت نقش به‌سزایی در افزایش یا کاهش محصولات زراعی دارد. همچنین افزایش تنوع زیستی زراعی یکی از مهم‌ترین راهکارهای پایدار افزایش کارایی مصرف نهاده‌ها از جمله نیتروژن در بوم نظام‌های زراعی محسوب می‌شود (*Montemuro et al.*, 2006). نظر به اهمیت حفظ منابع تولید به‌ویژه خاک در طول مراحل تولید پایدار محصول، مدیریت بقایای گیاهی، به‌کارگیری کشت مخلوط و کاهش شدت خاک‌ورزی به ضرورت احساس می‌شود. از این‌رو هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی و بقایای گیاهی بر کارایی جذب و مصرف نیتروژن در کشت مخلوط ذرت و لوبیا بود.

عملیات خاک‌ورزی حفاظتی که مبتنی بر اجرای شخم کاهش یافته یا حداقل همراه با حفظ و یا افزودن بقایای گیاهی می‌باشد، نقش مؤثری در افزایش حاصلخیزی خاک دارد (*Rezvani Moghaddam et al.*, 2013; Ghuman & Sur, 2001) استفاده از الگوی شخم کاهش‌یافته همراه با افزایش سطح بقایای گیاهی مانند کاه گندم می‌تواند سبب بهبود میزان ماده آلی خاک و همچنین افزایش فراهمی عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن در خاک شود (*Singh & Haile*, 2007; *Liu et al.*, 2006; *De Gryze et al.*, 2005). نیتروژن موجود در کاه گندم در سیستم خاک‌ورزی کاهشی در مقایسه با خاک‌ورزی رایج ۹ تا ۳۰ درصد بیش‌تر بود (*Pushpa et al.*, 2014). استفاده از سیستم‌های شخم نواری متوسط در مقایسه با شخم نواری فشرده منجر به بهبود جذب نیتروژن در کلم (*Brassica oleracea convar. capitata var. alba*) شد (*Übelhör et al.*, 2014). به‌علاوه با توجه به این‌که افزایش سطح بقایای گندم می‌تواند در تحریک فعالیت‌های میکروبی خاک، بهبود ساختمان خاک، افزایش نفوذپذیری و کاهش فرسایش آبی مفید باشد (*Bastian et al.*, 2009; *Monzon et al.*, 2006) از این‌رو کاربرد این بقایا از طریق حفظ و فراهمی بیش‌تر نیتروژن و نیز کاهش تلفات آن از طریق آبشویی، سبب بهبود کارایی جذب و مصرف نیتروژن شود.

بهره‌گیری از سیستم‌های کشت مخلوط به افزایش جذب و بهبود کارایی مصرف نیتروژن منجر می‌شود (*Yong et al.*, 2000). در مطالعات *Graham & Vance*, (2000) و *Guo et al.* (2010) به افزایش کارایی مصرف نیتروژن، کارایی مصرف نور و باروری زمین در سیستم‌های کشت مخلوط ذرت- سویا در جنوب‌شرق چین اشاره شده است. نتایج مطالعات *Singh et al.* (2010) در کشت مخلوط (کلزا+ گندم، کلزا + نخود و کلزا + عدس) و مطالعات *Zhang & Li* (2003)

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت به صورت کرت‌های دوبار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه ایستگاه چهارتخته مرکز تحقیقات شهرستان شهرکرد با موقعیت ۴۹ درجه و ۲۲ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۲۰۶۰ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. اقلیم منطقه شهرکرد به روش دومارتن- گوسن و کوپن به ترتیب نیمه‌خشک- استپی سرد و معتدل سرد با تابستان‌های گرم و خشک است، میزان بارش سالانه به طور متوسط در این منطقه حدود ۳۳۰ میلی‌متر و متوسط دما ۱۱/۸ درجه سانتی‌گراد است. سیستم‌های خاک‌ورزی در سه سطح شامل خاک‌ورزی رایج با گاو آهن برگردان‌دار و دیسک، کم‌خاک‌ورزی با دیسک و فاروئر و بی‌خاک‌ورزی به عنوان عامل اصلی و مدیریت بقایای گیاهی در چهار سطح (صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد وزن بقایای گندم) به عنوان عامل فرعی و سیستم‌های کشت مخلوط ذرت (رقم K.S.C 704 از ارقام دیررس با طول دوره رشدی ۱۳۰-۱۲۵ روز با میانگین ارتفاع ۳۰۰ سانتی‌متر) و لوبیا چیتی (رقم صدری دارای تیپ رشدی رونده، میانگین ارتفاع بوته ۱۱۸ سانتی‌متر، میانگین دوره رشد ۱۱۵-۱۰۸ روز) در پنج سطح (کشت خالص ذرت، کشت خالص لوبیا، نسبت ۲:۲ ذرت و لوبیا، نسبت ۳:۱ ذرت و لوبیا و نسبت ۱:۳ ذرت و لوبیا) به عنوان عامل فرعی- فرعی در نظر گرفته شدند.

به منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کاشت، نمونه‌برداری از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه انجام شد. مطابق نتایج میزان پتاسیم قابل دسترس 217 mg.kg^{-1} ، فسفر قابل دسترس $8/6 \text{ mg.kg}^{-1}$ ، نیتروژن کل $0/087$ درصد، کربن آلی $0/624$ درصد، هدایت الکتریکی $7/35 \text{ ds.m}^{-1}$ ، اسیدیته $7/86$ و بافت خاک لوم-رسی گزارش شد.

اوایل بهار قطعه زمینی به مساحت ۲۴۰۰ مترمربع انتخاب و برای اعمال تیمار بقایای گیاهی، بقایای یک مزرعه گندم در پاییز سال قبل (۸۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) توزین، به مقدار لازم بر حسب تیمارها به زمین اضافه و سپس عملیات خاک‌ورزی انجام شد. هر کرت شامل چهار ردیف کاشت به طول دو متر و فاصله ۶۰ سانتی‌متر بود. فاصله بین کرت‌های اصلی دو و نیم، کرت‌های فرعی دو و کرت‌های فرعی فرعی یک متر در نظر گرفته شد. فاصله دو بوته روی ردیف برای لوبیا و ذرت به ترتیب پنج و ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. با توجه به این‌که تیمارهای خاک‌ورزی نیاز به کرت‌های بزرگ دارند به عنوان عامل اصلی در نظر گرفته شد. به این ترتیب، در هر پلات اصلی تعداد ۲۰ تیمار وجود داشت. بنابراین در طول هر پلات اصلی ۴۸ متر با عرض دو متر، خاک‌ورزی اعمال گردید. مبارزه با علف‌های هرز به صورت به صورت دستی در طول فصل رشد و توسط کارگر انجام شد. آبیاری به صورت به صورت بارانی در ابتدای فصل رشد با فاصله زمانی چهار روز و بعد از آن با فاصله زمانی یک هفته صورت گرفت. طی مرحله گرده‌افشانی ذرت که حدوداً ۱۰ روز به طول انجامید، آبیاری در شب انجام شد تا بساک‌ها در اوایل صبح باز و هوای سرد و مرطوب باعث تأخیر و هوای گرم و خشک باعث تسریع در باز شدن بساک‌ها و گرده‌افشانی نگردد. جهت تعیین درصد نیتروژن اندام‌های مورد مطالعه ذرت و لوبیا از روش میکرو کج‌دال استفاده شد (Nelson & Somers, 1973). میزان نیتروژن خاک نیز براساس نیتروژن اولیه خاک و نیتروژن حاصل از اضافه شدن بقایای گندم محاسبه شد. همزمان با زرد شدن اندام‌های گیاه و عملیات برداشت در ۳۰ شهریورماه، عملکرد دانه و عملکرد زیستی با رعایت اثر حاشیه اندازه‌گیری شد. با محاسبه عملکرد دانه و زیستی، کارایی جذب نیتروژن، کارایی مصرف

بقایای گیاهی و الگوی کشت مخلوط تأثیر معنی‌داری سطح احتمال (P<0/05) بر میزان جذب نیتروژن در دانه و زیست‌توده ذرت و لوبیا داشتند (جدول ۱).

بیش‌ترین میزان نیتروژن جذب‌شده در دانه برای ذرت در تیمار بی‌خاک‌ورزی، ۶۰ درصد بقایا و کشت خالص ذرت (۸۶/۴۷ کیلوگرم در هکتار) و کشت مخلوط با نسبت ۲:۲ (۸۶/۳۷ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن در تیمار خاک‌ورزی رایج، صفر درصد بقایا و نسبت کشت ۱:۳ (۵۱/۲۲ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (جدول ۲). اگرچه بین سیستم‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی از نظر بیش‌ترین مقدار نیتروژن جذب‌شده در دانه ذرت اختلافی دیده نشد. افزایش معنی‌دار میزان نیتروژن جذب‌شده برای ذرت در کشت خالص در مقایسه با کشت مخلوط به‌دلیل بالا بودن رقابت در مراحل اولیه رشد ذرت بوده است (Nassiri Mahallati *et al.*, 2011). در مطالعه Koocheki *et al.* (2012) بالاترین میزان نیتروژن جذب‌شده برای ذرت را در کشت خالص (۹۲/۹۴ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن را در کشت مخلوط شش ردیف گندم + دو ردیف ذرت (۳۸/۱۱ کیلوگرم در هکتار) گزارش کردند.

میزان جذب نیتروژن برآیندی از درصد نیتروژن و عملکرد می‌باشد. برخی محققین همبستگی مثبتی را بین عملکرد و میزان جذب نیتروژن در ذرت گزارش کردند (Gallais *et al.*, 2006). هرچه عملکرد و زیست‌توده گیاه افزایش می‌یابد، گیاه باید نیتروژن بیش‌تری را جذب کند (Ying *et al.*, 1998). در شرایط استفاده از سیستم‌های بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی میزان نیتروژن در دانه و زیست‌توده هر دو گیاه بیش‌تر از سیستم‌های خاک‌ورزی رایج بود (به‌ترتیب ۸/۵۷، ۵/۲۹، ۹/۴۶ و ۹/۱۲ درصد برای ذرت و ۱۱، ۱۴، ۳/۵۸ و ۵/۳۹ درصد برای لوبیا). نقش سیستم‌های شخم‌حفاظتی (بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی) در افزایش عملکرد گیاهان زراعی ناشی از بهبود ساختار

نیتروژن و شاخص برداشت نیتروژن بر اساس رابطه‌های ۱ تا ۴ محاسبه شد (Moll *et al.*, 1982).

کارایی زراعی استفاده از نیتروژن^۱ (ANUE):

$$ANUE = Y/N_S \quad (1)$$

در این معادله، Y: عملکرد دانه ذرت یا لوبیا (kg/ha) و N_s: کود نیتروژنه مصرفی به‌علاوه نیتروژن موجود در خاک (kg/ha).

کارایی جذب (بازیافت) نیتروژن^۲ (NRE)

$$NRE = N_{Uptake}/N_S \quad (2)$$

در این معادله، N_{uptake}: نیتروژن جذب‌شده توسط زیست‌توده گیاه (kg/ha) و N_s: کود نیتروژنه مصرفی به‌علاوه نیتروژن موجود در خاک (kg/ha)

کارایی مصرف نیتروژن^۳ (کارایی فیزیولوژیک) (NUE)

$$ANUE = Y/N_{Uptake} \quad (3)$$

در این معادله، Y: عملکرد دانه ذرت یا لوبیا.

شاخص برداشت نیتروژن^۴ (NHI)

$$NHI = Grain_N/Grain_N + Shoot_N \quad (4)$$

در این معادله، Grain N و Shoot N به‌ترتیب نشان‌دهنده میزان نیتروژن دانه و زیست‌توده است.

تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه 9.2) استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

طبق نتایج آزمایش، اثرات متقابل سیستم‌های خاک‌ورزی،

1. Agronomic Nitrogen Use Efficiency
2. Nitrogen Uptake (Recovery) Efficiency
3. Nitrogen Utilization Efficiency
4. Nitrogen Harvest Index

عدم کاربرد بقایای گندم مشاهده شد (جدول‌های ۲ و ۳). به‌عبارت دیگر، حفظ و یا کاربرد بقایای گیاهی می‌تواند علاوه بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، با تحریک جامعه میکروارگانیسم‌ها عناصر غذایی بیش‌تری را طی فصل رشد در اختیار گیاه قرار دهد (Shamsabadi & Rafiee, 2007). در مطالعات Dotaniya (2013) در سیستم کشت برنج- گندم مشاهده کردند در اثر بازگرداندن بقایا به خاک میزان نیتروژن جذب‌شده در دانه برنج ۱۲۳/۶ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت، که حدود ۸/۵ درصد بیش‌تر از زمانی بود که بقایای گیاهی حذف و ۴/۹ درصد بیش‌تر از زمانی که بقایای گیاهی سوزانده شدند. در سیستم تناوبی سویا- گندم کاربرد بقایای گیاهی در سیستم‌های کشاورزی حفاظتی منجر به افزایش کارایی جذب نیتروژن شد (Aulakh et al., 2012).

خاک، کاهش تلفات عناصر غذایی در کنار افزایش نسبی سطح مواد آلی در خاک می‌باشد (Farooq et al., 2011; Mohammadi et al., 2009; Mahboubi et al., 1993). به‌نظر می‌رسد اجرای خاک‌ورزی حفاظتی می‌تواند از طریق بهبود شرایط فیزیکی و بیولوژیکی خاک، منجر به افزایش جذب نیتروژن و در نتیجه تحریک هرچه بیش‌تر رشد و عملکرد گردد. در مطالعه Kakabouki et al. (2018) میزان نیتروژن زیست‌توده کینوا (*Chenopodium quinoa willd*) در سیستم خاک‌ورزی رایج در مقایسه با خاک‌ورزی حداقل اندکی بیش‌تر بود اگرچه از نظر آماری این تفاوت معنی‌دار نبود. همچنین، با افزایش سطوح بقایای گندم تا ۶۰ درصد، میزان نیتروژن دانه و زیست‌توده ذرت و لوبیا افزایش یافت، به‌طوری‌که کمترین میزان این شاخص در شرایط

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) داده‌های صفات اندازه‌گیری‌شده سیستم‌های خاک‌ورزی، الگوهای کشت و بقایای

گیاهی در گیاه ذرت

منابع تغییر	درجه آزادی	میزان جذب نیتروژن دانه	میزان جذب نیتروژن زیست‌توده	شاخص برداشت	کارایی استفاده از نیتروژن (زرعی)	کارایی جذب نیتروژن	کارایی مصرف نیتروژن
تکرار	۲	۷۷۱ ^{ns}	۱۵۵/۵ ^{ns}	۰/۶۵۵ ^{ns}	۱۱/۸۱*	۰/۰۰۰۲۵*	۱۰/۰۵۲*
سیستم‌های خاک‌ورزی	۲	۱۱۹/۸۶*	۵۱/۳۷*	۷۱/۳۸۶*	۵۳۲/۷۶*	۲/۰۵*	۲۴۱/۳*
خطای اصلی	۴	۱۰/۵۸	۵/۳۹	۰/۸۰۰۹	۹/۹۹	۰/۰۰۱۱	۳/۸۷
بقایای گیاهی	۳	۴۳۴/۱۴*	۸۴/۰۴*	۱۰/۷۸ ^{ns}	۳۶۷/۸۳*	۰/۷۸*	۳۷/۴۸*
سیستم‌های خاک‌ورزی × بقایای گیاهی	۶	۲۲۷/۸۲*	۲۱۲۲/۶۴*	۴۲/۲۰۳*	۱۲۰/۵۸*	۱/۰۳۵*	۹۳/۰۳*
خطای فرعی	۱۸	۳/۹۵	۳/۰۷	۱/۷۸	۴/۶۴	۰/۰۰۱۲۹	۱/۹۱
الگوهای کشت	۳	۷۷/۶۴*	۸۲۳/۵۷*	۲۹/۵۲*	۱۸۳/۶۰۲*	۰/۶۹۹*	۱۰۰/۶۹*
سیستم خاک‌ورزی × الگوی کشت	۶	۱۸۱/۶۷*	۵۷۷/۹۹*	۴۷/۹۶*	۲۵/۵۲*	۰/۲۹۹*	۵۰/۶۳*
الگوهای کشت × بقایای گیاهی	۹	۲۴۵/۶۱*	۱۱۷۲/۲۲*	۱۸/۱۰۷*	۱۷۷/۸۴*	۰/۴۴۶*	۱۲۹/۷۵*
بقایای گیاهی × سیستم‌های خاک‌ورزی الگوهای کشت × خطای فرعی	۱۸	۲۰۹/۸۷*	۷۴۳/۶۴*	۳۴/۷۲*	۲۷۷/۹۴*	۰/۴۲۲*	۹۶/۶۸*
خطای فرعی	۷۲	۴/۷۱۶	۲/۳۳	۱/۵۳	۴/۵۶۲	۰/۰۰۱۴۵	۲/۲۳۴
ضریب تغییرات (%)		۳/۰۹	۱/۶۸	۲/۸۰	۴/۰۳	۳/۲۷	۳/۳۳

ns و *: به ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۵.

تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی و بقایای گیاهی بر کارایی جذب و مصرف نیتروژن در کشت مخلوط ذرت و لوبیا

زراعی با چه میزان کارایی نیتروژن جذب‌شده را برای تولید پروتئین در دانه مصرف می‌کنند.

شاخص‌های کارایی نیتروژن

کارایی زراعی استفاده از نیتروژن (ANUE)

نتایج آزمایش حاکی از آن است که اثر متقابل سیستم‌های خاک‌ورزی و بقایای گیاهی و نوع سیستم‌های کشت بر کارایی زراعی استفاده از نیتروژن اثر معنی‌داری داشت (جدول ۱). کارایی زراعی استفاده از نیتروژن در تمامی تیمارهای مورد آزمایش در ذرت بالاتر از لوبیا بود (جدول ۴). بررسی کارایی مصرف نیتروژن در دو گونه علف هرز C₃ و C₄ (به ترتیب سلمه‌تره *Chenopodium album* و تاج خروس *Amaranthus*) نشان داد که شیب اولیه پاسخ CO₂ در فتوسنتز، به میزان نیتروژن موجود در برگ، در تاج خروس چهار برابر سلمه‌تره بود (Sage & Percy, 1987).

شاخص برداشت نیتروژن بین سیستم‌های خاک‌ورزی، بقایای گندم و الگوهای کشت تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۱). بیش‌ترین مقدار شاخص برداشت برای ذرت در تیمار بی‌خاک‌ورزی، ۶۰ درصد بقای و کشت خالص ذرت (۵۲/۱۲ درصد) اگرچه اختلاف معنی‌داری با کشت مخلوط با نسبت ۲:۲ نداشت و برای لوبیا نیز در تیمار بی‌خاک‌ورزی، ۶۰ درصد بقایا و کشت خالص لوبیا (۳۴/۸۹ درصد) که بازم با نسبت کشت ۲:۲ اختلاف معنی‌داری نداشت، مشاهده شد (جدول‌های ۲ و ۳). با افزایش کاربرد بقایای گندم شاخص برداشت نیتروژن در هر دو گیاه افزایش یافت. تیمار ۹۰، ۶۰ و ۳۰ درصد بقایا در مقایسه با تیمار عدم حضور بقایا شاخص برداشت نیتروژن را به ترتیب ۱/۶۳، ۲/۸۴ و ۰/۵۲ درصد برای ذرت و ۵/۹۵، ۶/۵۴ و ۵/۶۶ درصد برای لوبیا بهبود بخشیدند. شاخص برداشت نیتروژن بیانگر این است که گیاهان

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر سیستم‌های خاک‌ورزی، الگوهای کشت مخلوط و بقایای گیاهی بر میزان نیتروژن جذب‌شده در دانه و زیست‌توده، شاخص برداشت نیتروژن در گیاه ذرت

سیستم خاک‌ورزی	الگوی کشت مخلوط	درصد بقایای گیاهی												
		میزان نیتروژن جذب‌شده در دانه (kg.ha ⁻¹)				میزان نیتروژن جذب‌شده در زیست‌توده (kg.ha ⁻¹)				شاخص برداشت نیتروژن (%)				
		۹۰	۶۰	۳۰	۰	۹۰	۶۰	۳۰	۰	۹۰	۶۰	۳۰	۰	
خاک‌ورزی رایج	SM ^۱	۶۷/۵۵opq	۶۹/۲۰i-m	۶۹/۸۰ijk	۶۷/۸۷i-m	۶۹/۴۰s	۹۰/۵۷m	۹۲/۲۴kl	۹۰/۹۳lm	۴۰/۷۳qrs	۴۴/۱۳mn	۴۳/۹۲mn	۴۳/۸۱mn	
	۲:۲	۶۱/۰۸pq	۶۹/۰۹i-m	۶۹/۶۵i-l	۶۷/۷۴i-m	۶۹/۰۶s	۸۸/۹۷m	۹۱/۴۹klm	۸۷/۴۲n	۴۰/۳۷rs	۴۳/۰۸mn	۴۳/۸۹mn	۴۲/۳۰mn	
	۳:۱	۵۱/۸۴r	۶۵/۲۳mn	۶۷/۵۱mn	۶۵/۵۰mn	۶۱/۵۱t	۸۴/۸۹on	۸۶/۲۲n	۸۵/۸۷n	۳۹/۴۶s	۴۲/۰۸mn	۴۲/۰۱mn	۴۲/۹۵mn	
	۱:۳	۵۱/۲۳r	۶۳/۷۲n-q	۶۴/۴۴n-q	۶۴/۰۷n-q	۴۶/۶۷v	۸۱/۶۴qp	۸۳/۹۸opq	۸۲/۷۹opq	۳۳/۱۳t	۴۲/۷۶mn	۴۲/۹۴mn	۴۲/۸۷mn	
کم‌خاک‌ورزی	SM	۶۲/۹۷opq	۷۷/۸۳cd	۸۴/۶۶a	۸۴/۶۶a	۷۶/۹۹r	۱۰۳/۲۹e	۱۱۷/۹۵a	۱۰۹/۵۹d	۴۲/۲۷n-q	۴۶/۱۸fg	۵۲/۰۳a	۴۸/۴bc	
	۲:۲	۶۲/۳۴opq	۷۶/۰۶d-f	۸۴/۱۰a	۷۷/۹۸cd	۷۵/۲۵r	۱۰۲/۸۱e	۱۱۲/۵۶bc	۱۰۸/۲۴d	۴۲/۰۳qr	۴۵/۹۶fg	۴۸/۴bc	۴۷/۴۵d-f	
	۳:۱	۶۰/۸۸q	۷۲/۷۵f-i	۷۷/۹۸cd	۷۴/۱۵fg	۶۱/۷۱t	۹۷/۳۹hig	۱۰۹/۶۸d	۹۹/۴۲fg	۴۰/۸۵qr	۴۵/۱۵fg	۴۶/۳۶fg	۴۵/۴۸fg	
	۱:۳	۶۰/۳۵q	۶۹/۶۱i-l	۷۱/۶۷hi	۷۰/۶۷ij	۵۳/۵۲u	۹۵/۱۸ij	۹۶/۴۶hij	۹۶/۶۲hi	۴۰/۲rs	۴۴/۰۶mn	۴۴/۸۳g-m	۴۴/۵۳mn	
بی‌خاک‌ورزی	SM	۶۳/۰۷opq	۷۶/۹۵cd	۸۶/۴۷a	۸۰/۳۱b	۸۰/۲۳q	۱۰۵/۴۵e	۱۱۴/۹۵b	۱۰۵/۴۵e	۴۲/۳۷mn	۴۶/۳۴fg	۵۲/۵۲a	۴۸/۲۹bcd	
	۲:۲	۶۲/۸۳opq	۷۶/۵۲d-f	۸۶/۳۷a	۷۹/۳۹bc	۷۵/۷۱r	۱۰۳/۵۹e	۱۱۴/۸۴b	۱۰۸/۶۴d	۴۲/۲۹n-q	۴۶/۲۲fg	۴۸/۹۰b	۴۷/۵۸cd	
	۳:۱	۶۱/۱۷pq	۷۲/gh	۷۸/۳۴bcd	۷۵/۱۴d-f	۶۳/۳۷t	۹۸/۸۸fgh	۱۱۰/۳۷cd	۱۰۰/۳f	۴۰/۷۵qrs	۴۵/۱۷fg	۴۷/۲۰fg	۴۵/۷۰fg	
	۱:۳	۶۰/۷۰q	۶۹/۳۲i-m	۷۱/۶۸ ^{hi}	۷۱/۲۲hi	۶۰/۵۸t	۹۳/۸۷jk	۹۶/۲۲hij	۹۷/۰۴ghi	۴۰/۲۳rs	۴۵/۵۳mn	۴۵/۰۶fg	۴۴/۶۸mn	
		۳/۵۳۵				۲/۴۶۸				۲/۰۱۶				LSD

SM (Sole cropping maize) کشت خالص ذرت.

اعداد با حروف مشترک برای هر پارامتر دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) با آزمون دانکن نمی‌باشند. با توجه به تعداد زیاد تیمار و گروه‌بندی متعدد تیماری به جای کلیه حروف گروه بر روی اعداد فقط حرف اول و آخر گروه‌بندی ذکر گردید.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر سیستم‌های خاک‌ورزی، الگوی کشت مخلوط و بقایای گیاهی بر میزان نیتروژن جذب‌شده در دانه و زیست‌توده، شاخص برداشت نیتروژن در گیاه لوبیا

سیستم خاک‌ورزی	الگوی کشت مخلوط	درصد بقایای گیاهی												
		شاخص برداشت نیتروژن (%)				میزان نیتروژن جذب‌شده در زیست‌توده (kg.ha ⁻¹)				میزان نیتروژن جذب‌شده در دانه (kg.ha ⁻¹)				
		۹۰	۶۰	۳۰	۰	۹۰	۶۰	۳۰	۰	۹۰	۶۰	۳۰	۰	
خاک‌ورزی رایج	SB*	۲۸/۸۴۱-o	۲۹/۸۲fg	۲۹/۳۶g-k	۲۵/۵۰f-u	۲۳/۶۴ij	۲۳/۷۷ij	۲۳/۲۹j-l	۱۹/۴۰wx	۸/۶۹op	۱۰/۰۷g-h	۸/۹۹no	۷/۱۲wx	
	۲:۲	۲۸/۸۰۱-o	۲۹/۵۹fg	۲۹/۲۵kl	۲۵/۳۳f-u	۲۱/۴۳st	۲۳/۸۹ij	۲۱/۶۸q-s	۱۹/۵۳wx	۷/۸۹v-x	۹/۹۶g-n	۸/۸۸no	۷/۰۳xy	
	۳:۱	۲۸/۵۴op	۲۹/۰۶۱-o	۲۸/۶۸op	۲۳/۹۷tu	۲۰/۲۳uvw	۲۲/۵۴no	۱۸/۹۱x	۱۸/۶۰x	۸/۵۰s-v	۹/۱۸no	۷/۶۴v-x	۶/۷۸y	
	۱:۳	۲۶/۹۶op	۲۷/۸۳op	۲۶/۹۶op	۲۳/۸۹u	۱۹/۵۴wx	۲۰/۶۹uv	۲۲/۳۴no	۱۸/۶۱x	۷/۴۷v-x	۸/۸۹no	۷/۵۶v-x	۶/۶۸y	
کم‌خاک‌ورزی	SB	۳۲/۸۱bc	۳۳/۴۰ab	۳۱/۸۰fg	۲۶/۷۹op	۲۵/۹۳bc	۲۶/۸۹a	۲۴/۰۲ij	۲۲/۳۰no	۱۱/۴۱bc	۱۲/۴۰a	۱۰/۸۶e-g	۹/۵۴no	
	۲:۲	۳۲/۳۳bc	۳۳/۱۴abc	۳۱/۲۶fg	۲۶/۳۴op	۲۴/۶۷e-h	۲۵/۹۲bc	۲۳/۰۳ij	۲۱/۹۸o-q	۱۱/۰۳e-g	۱۱/۴۹bc	۱۰/۹۰e-g	۸/۶۱p-s	
	۳:۱	۳۱/۱۴fg	۳۱/۹۶c-f	۳۰/۷۴fg	۲۵/۱۳r-u	۲۴/۳۰ij	۲۳/۱۴j-n	۲۰/۷۹st	۲۰/۹۵stu	۱۰/۵۹e-g	۹/۱۲no	۹/۲۲no	۸/۹۹no	
	۱:۳	۳۰/۲۵fg	۳۰/۵۶fg	۲۹/۹۴fg	۲۴/۴۹st	۲۴/۱۲ij	۲۲/۹۱no	۲۰/۶۰st	۲۰/۰۵uvw	۱۰/۲۴e-g	۹/۳۱no	۱۰/۶۴e-g	۸/۴۸no	
بی‌خاک‌ورزی	SB	۳۲/۷۶bc	۳۴/۸۹a	۳۱/۹۲c-f	۲۶/۸۸op	۲۵/۷۱dc	۲۷/۱۵a	۲۶/۷۲ab	۲۳/۵۲ij	۱۱/۵۹abc	۱۲/۱۰ab	۱۰/۸۶e-g	۹/۷۸no	
	۲:۲	۳۲/۳۳bc	۳۳/۱۶abc	۳۱/۴۱fg	۲۶/۰۱r-u	۲۵/۱۱de	۲۵/۴۴cde	۲۴/۹۴de	۲۲/۷۷no	۱۱/۲۵c-e	۱۱/۳۶c-e	۱۰/۴۶e-g	۹/۱۰no	
	۳:۱	۳۱/۱۰fg	۳۲/۰۳c-f	۳۰/۷۹fg	۲۵/۲۹r-u	۲۴/۸۱de	۲۵/۱۷de	۲۴/۶۹e-h	۲۱/۶۰st	۱۰/۷۹e-g	۱۰/۸۹e-g	۱۰/۱۹gh	۹/۱۰no	
	۱:۳	۳۰/۰۴fg	۳۰/۶۴fg	۲۹/۹۲fg	۲۴/۴۹stu	۲۴/۶۵e-h	۲۴/۴۷e-i	۲۴/۶۵e-h	۱۹/۸۸vw	۹/۷۴no	۹/۸۹k-n	۱۰/۴۲e-g	۸/۲۲s-v	
		۲/۰۷۱				۰/۸۳۹				۰/۹۳۹				LSD

SB* Sole cropping bean) کشت خالص لوبیا.

اعداد با حروف مشترک برای هر پارامتر دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) با آزمون دانکن نمی‌باشند. با توجه به تعداد زیاد تیمار و گروه‌بندی متعدد تیماری به جای کلیه حروف گروه بر روی اعداد فقط حرف اول و آخر گروه‌بندی ذکر گردید.

کارایی جذب (بازیافت) نیتروژن (NRE)

کارایی جذب نیتروژن تحت تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی، بقایای گیاهی و الگوهای مختلف کشت مخلوط قرار گرفت (جدول ۱). بیش‌ترین کارایی جذب نیتروژن برای ذرت در سیستم بی‌خاک‌ورزی، کشت مخلوط با نسبت ۲:۲، در شرایط استفاده از ۶۰ درصد بقایای گیاهی (۲/۵۶) کیلوگرم نیتروژن جذب‌شده بر کیلوگرم نیتروژن خاک) و کمترین کارایی جذب نیتروژن در سیستم خاک‌ورزی رایج، کشت مخلوط ۱:۳ ذرت و لوبیا (با نسبت کشت ۳:۱ اختلاف معنی‌داری نداشت) و عدم استفاده از بقایای گیاهی (۰/۶۱) کیلوگرم نیتروژن جذب‌شده بر کیلوگرم نیتروژن خاک) مشاهده شد (جدول ۴).

بیش‌ترین کارایی جذب نیتروژن برای لوبیا در سیستم بی‌خاک‌ورزی، کشت مخلوط با نسبت ۲:۲، در شرایط استفاده از ۶۰ درصد بقایای گیاهی (۲/۴۵) کیلوگرم نیتروژن

به‌عبارت دیگر، تاج خروس نسبت به میزان نیتروژن برگ، فعالیت فتوسنتزی بیش‌تری نسبت به سلمه‌تره دارا بود. علاوه بر آن، آنها گزارش کردند که آنزیم رایبوسکو گیاهان C₃ نسبت به آنزیم فسفوانول پیروات کربوکسیلاز گیاهان C₄ نیتروژن بیش‌تری را مصرف می‌کند، که این عوامل موجب بالاتر بودن کارایی مصرف نیتروژن در تاج خروس نسبت به سلمه‌تره شد.

به‌نظر می‌رسد که این عوامل در مورد ذرت و لوبیا نیز صادق است و در نتیجه موجب بالاتر رفتن کارایی استفاده از نیتروژن ذرت نسبت به لوبیا شده است (جدول ۴). کارایی زراعی استفاده از نیتروژن در کشت مخلوط کمتر از کشت خالص هر دو گیاه بود (جدول ۴). این موضوع از تراکم کمتر لوبیا و ذرت در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص هر دو گیاه ناشی می‌شود و موجب کاهش عملکرد و در نتیجه کاهش کارایی استفاده از نیتروژن می‌گردد.

تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی و بقایای گیاهی بر کارایی جذب و مصرف نیتروژن در کشت مخلوط ذرت و لوبیا

بالاتر بودن کارایی جذب گیاهان چهارکربنه را نسبت به گیاهان سه کربنه تأیید کرده است. به‌علاوه لگوم‌هایی نظیر لوبیا به‌دلیل توانایی تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط باکتری‌ها وابستگی کمی به نیتروژن معدنی خاک دارند و جز در مراحل اولیه رشد به نیتروژن معدنی خاک وابسته نیستند. در شرایط کشت مخلوط لگوم‌ها و غلات، گیاه لگوم وابستگی بیشتری به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن پیدا می‌کند که این پدیده به افزایش کارایی مصرف و بازیافت کود در گیاه همراه منجر می‌شود (Adu-Gyamfi et al., 1996). در کشت مخلوط لگوم- غلات از آنجاکه قدرت رقابت غلات در جذب نیتروژن غیرآلی خاک بیشتر است، ناگزیر منبع اصلی نیتروژن برای بقولات تثبیت بیولوژیکی آن است (Carruthers et al., 2000). در بین روش‌های خاک‌ورزی، بیش‌ترین کارایی جذب نیتروژن در سیستم‌های بی‌خاک‌ورزی مشاهده گردید (جدول ۴).

جذب‌شده بر کیلوگرم نیتروژن خاک) و کمترین کارایی جذب نیتروژن در سیستم خاک‌ورزی رایج، کشت مخلوط ۳:۱ و عدم کاربرد بقایای گیاهی (۰/۵۷ کیلوگرم نیتروژن جذب‌شده بر کیلوگرم نیتروژن خاک) مشاهده شد (جدول ۴). نتایج ارائه‌شده توسط بسیاری از پژوهش‌گران نیز حاکی از بهبود کارایی جذب نیتروژن در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است (Touzi et al., 2010; Hiremath & Ewel, 2001). همچنین نتایج نشان داد کارایی جذب نیتروژن برای ذرت بالاتر از لوبیا بود (جدول ۴). از آنجاکه کارایی جذب نیتروژن تحت تأثیر پتانسیل گیاه در جذب نیتروژن و مورفولوژی گیاه قرار می‌گیرد (Barbieri et al., 2008) و از طرف دیگر، گونه‌ای که از پتانسیل زیاد عملکرد و سرعت رشد بیشتری برخوردار است و زودتر به رسیدگی فیزیولوژیکی می‌رسد، کارایی جذب عناصر بیشتری دارد (Zhang & Li, 2003). مطالعات (Cassman et al., 2002)

جدول ۴. اثر متقابل سیستم‌های خاک‌ورزی و بقایای گیاهی بر کارایی زراعی، کارایی جذب و کارایی مصرف نیتروژن در کشت مخلوط ذرت و لوبیا

سیستم خاک‌ورزی	الگوی کشت مخلوط	درصد بقایای گیاهی											
		کارایی استفاده از نیتروژن (زراعی) (کیلوگرم دانه به کیلوگرم نیتروژن فراهم‌شده در خاک)				کارایی جذب نیتروژن (بازیافت) (کیلوگرم نیتروژن جذب‌شده بر کیلوگرم نیتروژن خاک)				کارایی مصرف نیتروژن (فیزیولوژیک) (کیلوگرم دانه به کیلوگرم نیتروژن اندام هوایی)			
		۹۰	۶۰	۳۰	۰	۹۰	۶۰	۳۰	۰	۹۰	۶۰	۳۰	۰
خاک‌ورزی رایج	SM*	۵۱/۱۴	۵۱/۳۱	۵۰/۶۵	۴۶/۶۶	۱/۱۶	۱/۱۳	۱/۰۶	۰/۶۳	۵۱/۱۴	۵۱/۳۱	۵۰/۶۵	۴۶/۶۶
	۲:۲	۵۰/۹۳	۵۱/۲۲	۵۰/۳۵	۴۶/۴۲	۱/۰۶	۱/۰۶	۱/۰۵	۰/۶۳	۵۰/۹۳	۵۱/۲۲	۵۰/۳۵	۴۶/۴۲
	۳:۱	۴۹/۸۷	۵۰/۶۹	۴۹/۸۲	۴۶/۱۵	۰/۹۶	۱/۰۵	۰/۹۹	۰/۶۱	۴۹/۸۷	۵۰/۶۹	۴۹/۸۲	۴۶/۱۵
کم‌خاک‌ورزی	SM	۴۸/۹۰	۴۸/۹۴	۴۸/۸۵	۴۶/۵۰	۰/۸۵	۰/۹۴	۰/۹۲	۰/۶۱	۴۸/۹۰	۴۸/۹۴	۴۸/۸۵	۴۶/۵۰
	۲:۲	۶۱/۰۹	۷۳/۹۱	۵۵/۸۴	۴۷/۸۸	۱/۵۵	۲/۱۶	۱/۴۴	۰/۶۸	۶۱/۰۹	۷۳/۹۱	۵۵/۸۴	۴۷/۸۸
	۳:۱	۵۲/۰۲	۶۸/۱۴	۵۵/۸۰	۴۷/۵۳	۱/۵۹	۱/۲۷	۱/۰۶	۰/۶۵	۵۲/۰۲	۶۸/۱۴	۵۵/۸۰	۴۷/۵۳
بی‌خاک‌ورزی	SM	۵۲/۴۴	۵۴/۶۲	۵۱/۹۱	۴۶/۸۷	۱/۱۹	۱/۲۴	۱/۰۶	۰/۵۱	۵۲/۴۴	۵۴/۶۲	۵۱/۹۱	۴۶/۸۷
	۲:۲	۵۹/۱۷	۸۱/۸۶	۵۵/۹۷	۴۸/۸۱	۱/۳۹	۲/۱۶	۱/۴۲	۰/۸۳	۵۹/۱۷	۸۱/۸۶	۵۵/۹۷	۴۸/۸۱
	۳:۱	۵۷/۹۳	۶۹/۹۲	۵۳/۵۳	۴۸/۵۵	۱/۸۲	۲/۵۶	۱/۴۱	۰/۷۱	۵۷/۹۳	۶۹/۹۲	۵۳/۵۳	۴۸/۵۵
		۵۵/۸۰	۶۱/۲۲	۵۱/۶۰	۴۷/۵۳	۱/۵۷	۱/۶۰	۱/۳۲	۰/۶۶	۵۵/۸۰	۶۱/۲۲	۵۱/۶۰	۴۷/۵۳
		۵۲/۵۸	۵۳/۲۴	۵۱/۳۱	۴۵/۷۰	۱/۲۲	۱/۲۶	۱/۰۷	۰/۵۷	۵۲/۵۸	۵۳/۲۴	۵۱/۳۱	۴۵/۷۰
	LSD	۰/۰۶۱۹						۳/۴۷۷					

Sole SM* (cropping maize) کشت خالص ذرت.

اعداد با حروف مشترک برای هر پارامتر دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) با آزمون دانکن نمی‌باشند. با توجه به تعداد زیاد تیمار و گروه‌بندی متعدد تیماری به جای کلیه حروف گروه بر روی اعداد فقط حرف اول و آخر گروه‌بندی ذکر گردید.

جدول ۵. اثر متقابل سیستم‌های خاک‌ورزی و بقایای گیاهی بر کارایی زراعی، کارایی جذب و کارایی مصرف نیتروژن در کشت مخلوط ذرت و لوبیا

درصد بقایای گیاهی												سیستم خاک‌ورزی	الگوی کشت مخلوط
کارایی مصرف نیتروژن (فیزیولوژیک)				کارایی جذب نیتروژن (بازیافت)				کارایی استفاده از نیتروژن (زراعی)					
(کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن اندام هوایی)				(کیلوگرم نیتروژن جذب‌شده بر کیلوگرم نیتروژن خاک)				(کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن فراهم‌شده در خاک)					
۹۰	۶۰	۳۰	۰	۹۰	۶۰	۳۰	۰	۹۰	۶۰	۳۰	۰		
۳۳/۴۳st	۳۹/۲۴o-q	۲۸/۲۵uv	۲۵/۶۴v	۱/۱۵on	۱/۲۴l-n	۱/۱۵on	۰/۷۱uv	۲۹/۵۶mn	۳۳/۹۶j-k	۳۰/۲۲lm	۲۴/۴۴st	SB ^۰	
۳۶/۹۳qrs	۴۰/۰۶no	۳۳/۱۵st	۲۷/۲۸vw	۱/۴۱ijh	۱/۲۴l-n	۱/۲۰on	۰/۸۰ut	۲۶/۵۶q-s	۳۲/۸۱j-k	۲۹/۵۶mn	۲۴/۱۷stu	۲:۲	
۳۶/۲۲rs	۳۹/۵۳no	۳۱/۲۵ut	۲۷/۲۶vw	۱/۰۳qp	۱/۰۲q	۱qr	۰/۵۷w	۲۸/۱۶m-o	۲۹/۴۱mn	۲۹/۱۹mno	۲۲/۵۳t-v	۳:۱	خاک‌ورزی رایج
۳۳/۱۹st	۳۸/۱۷qr	۲۸/۲۵uv	۲۶/۳۲v	۰/۸۱ut	۰/۹۲rs	۰/۸۵st	۰/۶۵vw	۲۵/۹۹q-s	۲۷/۵۸o-q	۲۷/۰۹o-q	۲۰/۱۷vw	۱:۳	
۵۴/۸۸cde	۵۰/۸۳f-g	۵۰/۴۱f-g	۴۲/۶۷no	۱/۸۹e	۱/۶۴f	۱/۱۲on	۱/۵۶fg	۴۱/۰۶c	۴۶/۱۳a	۴۸/۰۸d	۲۵/۵۰qrs	SB	
۶۰/۲۸b	۶۱/۳۶b	۵۴efcd	۴۴/۷۴n-l	۲/۰۱d	۲/۳۱b	۱/۲۱on	۱/۵۷fg	۳۶/۹۲ed	۵۴/۸۹a	۳۷/۲۴ed	۲۵/۲۹qrs	۲:۲	
۶۰/۲۵b	۴۷/۶۱b	۵۱/۸۴efg	۴۵/۲۶i-l	۱/۶۱f	۱/۵۰gh	۱/۱۳on	۱/۱۴no	۳۴/۹۷e-f	۳۴/۵۳i-f	۳۵/۶۹efg	۲۲/۹۴tuv	۳:۱	کم‌خاک‌ورزی
۵۱/۷۶efg	۵۰/۸۳f-g	۴۳/۲۲no	۴۲/۶۴no	۱/۲۱omn	۱/۳۳kj	۱/۰۳pq	۰/۸۸st	۳۱/۸۱k	۳۲/۴۹j-k	۳۱/۸۵lk	۲۱/۴۷vw	۱:۳	
۵۰/۳۰f-g	۵۸/۴۰cbd	۴۷/۳۲i-l	۴۳/۴۰n-o	۱/۵۷fg	۱/۹۴ed	۱/۳۲kj	۱/۱۴on	۴۱/۸۰cb	۴۷/۵۰a	۴۰/۸۲c	۲۵/۷۴qrs	SB	
۵۵/۱۵ced	۵۸/۶۷a	۵۹/۱۳cb	۵۰/۱۴i-g	۲/۱۴c	۲/۴۵a	۱/۴۶ih	۱/۲۲o-n	۳۶/۵۶fed	۴۳/۵۹b	۳۷/۰۳ed	۲۴/۸۵trs	۲:۲	بی‌خاک‌ورزی
۵۱/۶۲efg	۶۶/۵۲a	۵۳/۸۳def	۴۳/۹۶no	۱/۵۶fg	۱/۴۱ihj	۱/۳۳kj	۰/۸۵st	۳۴/۵۷i-f	۳۵/۴۰efg	۳۴/۳۳j-f	۲۲/۸۸tuv	۳:۱	
۴۰/۰۶no	۵۰/۹۱f-g	۴۷/۹۷i-g	۴۳/۱۴no	۱/۴۰ij	۱/۳۲lkj	۱/۳۱l-j	۰/۷۲uv	۳۲/۲۱j-k	۳۲/۸۱j-k	۳۲/۱۲jlk	۲۲vwu	۱:۳	
۴/۴۳۸			۰/۰۹۲۶			۲/۰۶۶			LSD				

SB^۰ (Sole cropping bean) کشت خالص لوبیا.

اعداد با حروف مشترک برای هر پارامتر دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) با آزمون دانکن نمی‌باشند. با توجه به تعداد زیاد تیمار و گروه‌بندی متعدد تیماری به جای کلیه حروف گروه بر روی اعداد فقط حرف اول و آخر گروه‌بندی ذکر گردید.

کارایی فیزیولوژیکی مصرف نیتروژن (NUE)

بیشترین کارایی مصرف نیتروژن در کشت مخلوط با نسبت‌های ۳:۱ و ۲:۲ ذرت و لوبیا در تیمار بی‌خاک‌ورزی و ۶۰ درصد بقایای گیاهی به دست آمد که بیانگر برتری آشکار سیستم کشت مخلوط بر کشت خالص است (جدول ۴). کارایی بهره‌وری نیتروژن توانایی گیاه را در استفاده از نیتروژن جذب‌شده برای تولید محصول اقتصادی نشان می‌دهد (Delogu et al., 1998).

وجود ذرت در کشت مخلوط عامل مؤثر در افزایش کارایی بهره‌وری نیتروژن می‌باشد. یکی از دلایل بروز این نتیجه آن است که ذرت به‌عنوان یک گیاه چهار کربنه سهم کمتری از نیتروژن جذب‌شده را صرف بازسازی آنزیم

رایبیسکو می‌کند (Sage & Percy, 1987). بنابراین کارایی نیتروژن جذب‌شده در اسیمیلاسیون مواد فتوسنتزی در آن بیش‌تر است (Pahlevanloo et al., 2015). از این‌رو، مخلوط ذرت و لوبیا با نسبت ۳:۱ و ۲:۲ چنین امکاناتی را برای استفاده مؤثرتر از نیتروژن فراهم آورده است. دو عامل اساسی در افزایش بهره‌وری نیتروژن عبارت است از جذب نیتروژن کافی از خاک تا قبل از گلدهی گیاه و همچنین جذب نیتروژن در طی مراحل انتهایی رشد (Montemuro et al., 2006). حضور بقایای گیاهی با آزادسازی آهسته عناصر غذایی طی مراحل رشد گیاه موجب افزایش حاصلخیزی و تأمین عناصر ضروری جهت رشد می‌شود. در بررسی Limon-Ortega et al. (2008) نشان

مخلوط قرار گرفت. بیش‌ترین کارایی جذب نیتروژن برای ذرت در کشت مخلوط با نسبت ۲:۲، در شرایط استفاده از ۶۰ درصد بقایای گیاهی (۲/۵۶ کیلوگرم نیتروژن جذب‌شده بر کیلوگرم نیتروژن خاک) و کمترین کارایی جذب نیتروژن در کشت مخلوط ۱:۳ ذرت و لوبیا و عدم استفاده از بقایای گیاهی (۰/۶۱ کیلوگرم نیتروژن جذب‌شده بر کیلوگرم نیتروژن خاک) مشاهده شد. بیش‌ترین کارایی مصرف نیتروژن در کشت مخلوط با نسبت‌های ۳:۱ و ۲:۲ ذرت و لوبیا در تیمار بی‌خاک‌ورزی و ۶۰ درصد بقایای گیاهی به‌دست آمد که بیانگر برتری آشکار سیستم کشت مخلوط بر کشت خالص است. مزیت کشت‌های مخلوط بالا بردن کارایی جذب و مصرف منابع محیطی است که در مورد عناصر غذایی به تأیید رسیده (Pandey et al., 2000; Benites et al., 1993). البته استفاده از این مزایا مستلزم طراحی صحیح مخلوط و انتخاب مناسب گونه‌های همراه است.

منابع

1. Adu-Gyamfi, J.J., Katayama, K., Devi, G., Rao, T.P. & Ito, O. (1996). Improvement of soil and fertilizer nitrogen use efficiency in sorghum/pigeon pea intercropping. In: Ito O., Katayama K., Johansen C., Kumar Rao J.V.D.K., Adu-Gyamfi J.J., Rego T.J. (Eds.) Dynamics of Roots and Nitrogen in Cropping Systems of the Semi-arid Tropics. JIRCAS International Agriculture Series, 3, 453-468.
2. Aulakh, M. S., Manchanda, J. S., Garg, A. K., Kumar, S., Dercon, G. & Nguyen, M. (2012). Crop production and nutrient use efficiency of conservation agriculture for soybean-wheat rotation in the Indo-Gangetic Plains of Northwestern India. *Soil and Tillage Research*, 120: 50-60.
3. Bakht, J., Shafi, M., Jan, M.T. & Shah, Z. (2009). Influence of crop residue management, cropping system and N fertilizer on soil N and C dynamics and sustainable wheat (*Triticum aestivum* L.) production. *Soil and Tillage Research*, 104: 233-240.

دادند که مدیریت تلفیقی عناصر غذایی بر رشد، عملکرد و کارایی نیتروژن تأثیر دارد به‌نحوی که کودهای معدنی در ابتدای رشد، نیاز گندم به عناصر غذایی را تأمین و آزادسازی آهسته عناصر غذایی از بقایای گیاهی و کودهای آلی در مراحل رشد گندم موجب افزایش حاصلخیزی و تأمین عناصر ضروری شد.

نتیجه‌گیری

طبق نتایج آزمایش، بیش‌ترین میزان نیتروژن جذب‌شده در دانه برای ذرت به در تیمار بی‌خاک‌ورزی، ۶۰ درصد بقای و کشت خالص ذرت (۸۶/۴۷ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن در تیمار خاک‌ورزی رایج، صفر درصد بقایا و نسبت کشت ۱:۳ (۵۱/۲۲ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. افزایش معنی‌دار میزان نیتروژن جذب‌شده برای ذرت در کشت خالص در مقایسه با کشت مخلوط به‌دلیل بالا بودن رقابت در مراحل اولیه رشد ذرت بوده است. در شرایط استفاده از سیستم‌های بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی میزان نیتروژن در دانه و زیست‌توده هر دو گیاه بیش‌تر از سیستم‌های خاک‌ورزی رایج بود (به‌ترتیب ۸/۵۷، ۵/۲۹، ۹/۴۶ و ۹/۱۲ درصد برای ذرت و ۱۱، ۱۴، ۳/۵۸ و ۵/۳۹ درصد برای لوبیا). شاخص برداشت نیتروژن بین سیستم‌های خاک‌ورزی، بقایای گندم و الگوهای کشت تفاوت معنی‌داری داشت. بیش‌ترین مقدار شاخص برداشت برای ذرت به در تیمار بی‌خاک‌ورزی، ۶۰ درصد بقای و کشت خالص ذرت (۵۲/۱۲ درصد) اگرچه اختلاف معنی‌داری با کشت مخلوط با نسبت ۲:۲ نداشت و برای لوبیا نیز به در تیمار بی‌خاک‌ورزی، ۶۰ درصد بقایا و کشت خالص لوبیا (۳۴/۸۹ درصد) که باز هم با نسبت کشت ۲:۲ اختلاف معنی‌داری نداشت، مشاهده شد. کارایی جذب نیتروژن تحت تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی، بقایای گیاهی و الگوهای مختلف کشت

4. Barbieri, P.A., Echeverria, H.E & Sainz, Rozas H.R. (2008). Nitrogen use efficiency in maize as affected by nitrogen available and row spacing. *Agronomy Journal*, 100: 1094-1100.
5. Bastian, F., Bouziri, L., Nicolardot, B & Ranjard, L. (2009). Impact of wheat straw decomposition on successional patterns of soil microbial community structure. *Soil Biology and Biochemistry*, 41: 262-275.
6. Benites, J. R., McCollum, R. E & Naderman, C.C. (1993). Production efficiency of intercrops relative to sequentially planted sole crops in a humid tropical environment. *Field Crops Research*, 31: 1-18.
7. Carruthers, K., Prithiviraj, B., Fe, Q., Cloutier, D., Martin, R.C. & Smith, D.L. (2000). Intercropping corn with soybean, lupin and forages: yield component responses. *European Journal of Agronomy*, 12: 103-115.
8. Cassman, K.G., Dobermann, A. & Walters, D.T. (2002). Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. *Ambio, A Journal of the Human Environment*, 31(2): 132-140.
9. Cui, Z.L., Chen, X.P., Miao, Y.X., Li F., Zhang, F.S., Li, J.L., Ye, Y.L., Yang, Z.P., Zhang, Q. & Liu, C.S. (2008). On-farm evaluation of winter wheat yield response to residual soil nitrate-N in North China Plain. *Agronomy Journal*, 100: 1527-1534.
10. De Gryze, S., Six, J., Brits, C. & Merckx, R. (2005). A quantification of short-term macro aggregate dynamics: Influences of wheat residue input and texture. *Soil Biology and Biochemistry*, 37: 55-66.
11. Delogu, G., Cattivelli, L., Pecchioni, N., Defalcis, D., Maggiore, T. & Stanca, A.M. (1998). Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. *European Journal of Agronomy*, 9: 11-20.
12. Dobermann, A. (2005). Nitrogen use efficiency-state of the art. IFA International workshop on enhanced-efficiency fertilizers Frankfurt, Germany.
13. Dotaniya, M.L. (2013). Impact of crop residue management practices on yield and nutrient uptake in rice-wheat system. *Current Advances in Agricultural Sciences*, 5: 269-271.
14. Farooq, M., Flower, K. C., Jabran, K., Wahid, A. & Siddique, K. H. M. (2011). Crop yield and weed management in rainfed conservation agriculture. *Soil and Tillage Research*, 117: 172-183.
15. Gallais, A., Coque, M., Quillere, I., Prioul, J. L. & Hirel, B. (2006). Modelling post-silking N-fluxes in maize using 15N-labeling-field experiments. *New Phytology*, 172: 696-607.
16. Ghuman, B. S. & Sur, H. S. (2001). Tillage and residue management effects on soil properties in a direct drill tillage system. *Soil and Tillage Research*, 42: 209-219.
17. Graham, P. H. & Vance, C.P. (2000). Nitrogen fixation in perspective: an overview of research and extension needs. *Field Crops Research*, 65: 93-106.
18. Guo, J.H, Liu, X.J, Zhang, Y, Shen, J. L, Han, W. X, Zhang, W .F, Christie, P, Goulding, K .W .T, Vitousek, P. M. & Zhang, F. S. (2010). Significant acidification in major Chinese croplands. *Science*, 327: 1008-1010.
19. Hiremath, A.J. & Ewel, J.J. (2001). Ecosystem nutrient use efficiency, productivity and nutrient accrual in model tropical communities. *Ecosystems*, 4: 669-682.
20. Ju, X.T., Xing, G.X., Chen, X.P., Zhang, S.L., Zhang, L.J., Liu, X.J., Cui, Z.L., Yin, B., Christie, P., Zhu, Z.L. & Zhang, F.S.(2009). Reducing environmental risk by improving N management in intensive Chinese agricultural systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106: 3041-3046.
21. Kakabouki, I., Hela, D., Roussis, J., Papastylianou, P., Sestras, A. & Bilalis, D. (2018). Influence of fertilization and soil tillage on nitrogen uptake and utilization efficiency of quinoa crop (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 1: 220-235.
22. Khamadi, F., Mesgarbashi, M., Hosaibi, P., Enaiat, N. & Farzaneh, M. (2015). The effect of crop residue and nitrogen fertilizer levels on soil biological properties and nitrogen indices and redistribution of dry matter in wheat (*Triticum aestivum*). *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 108: 149-157
23. Koocheki, A., boroumand rezazadeh, Z., Nassiri Mahallati, M. & Khorramdel, S. (2012). Evaluation of nitrogen uptake and use efficiency in raly intrecropping winter wheat and corn. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 2: 327-334. (In Persian)
24. Kumar, B.R.M., Mansur, C.P., Salimath, P.M., Alagundagi, S.C. & Sarawad, I.M. (2009). Influence of different row proportions on yield components and yield of rabi crops under different intercropping systems. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 22: 1087-1089.
25. Limon-Ortega, A., Govaerts, B. & Sayre, K. D. (2008). Straw management, crop rotation, and

- nitrogen source effect on wheat grain yield and nitrogen use efficiency. *European Journal of Agronomy*, 29: 21-28.
26. Liu, X., Herbert, S. J., Hashemi, A. M., Zhang, X. & Ding, G. (2006). Effects of agricultural management on soil organic matter and carbon transformation: A review. *Plant Soil Environment*, 52: 531-543.
27. Mahboubi, A. A., Lal, R. & Favsey, N. R. (1993). Twenty-eight years of tillage effect on two soils in Ohio. *Soil Science*, 57, 506-512.
28. Mohammadi, K., Nabi Allahi, K., Agha Alikhani, M. & Khormali, F. (2009). Study on the effect of different tillage methods on the soil physical properties, yield and yield components of rainfed wheat. *Journal of Plant Production*, 16: 77-91. (In Persian with English Abstract).
29. Moles, D.J., Rangai, S.S., Bourke, R.M. & Kasamani, C.T. (1984). Fertilizer Responses of Taro in Papua New Guinea. In: "Edible Aroids. Chandra, S. (Ed.)". Clarendon Press, Oxford, pp. 64-71.
30. Moll, R. H., Kamprath, E. J. & Jackson, W. A. (1982). Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agronomy Journal*, 74: 562-564.
31. Montemuro, F., Maiorana, M., Ferri, D. & Convertini, G. (2006). Nitrogen indicators, uptake and utilization efficiency in a maize and barley rotation cropped at different levels and source of N fertilization. *Field Crops Research*, 99: 114-124.
32. Monzon J. P., Sadras, V. O. & Andrade, F. H. (2006). Fallow soil evaporation and water storage as affected by stubble in sub-humid (Argentina) and semi-arid (Australia) environments. *Field Crops Research*, 98: 83-90.
33. Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A. & Jahan, M. (2011). Evaluation of light uptake and use efficiency in raly intercropping and consecutive winter wheat and corn. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8: 878-890. (In Partian)
34. Nelson, D. W. & Somers, L. E. (1973) Determination of total nitrogen in plant material. *Agronomy Journal*, 65: 109-112.
35. Pahlevanloo, P., Rahimizadeh, M. & Tookaloo, M.A. (2015). Evaluation of nitrogen use efficiency in intercropping of maize and soybean. *Crops Improvement (Journal of Agricultural Crops Production)*, 4: 967-978. (In Partian)
36. Pandey, R. K., Maranville, J. W. & Admou, A. (2000). Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. I. Grain yield and yield components. *Agricultural Water Management*, 46: 1-13.
37. Pushpa, D., Aggarwal, A. & Gupta, S.R. (2014). Carbon, Accumulation, Nitrogen Uptake and Mycorrhizal Root Colonization in a Tropical Rice-Wheat System in Northern India. *India Journal Science*, 11: 21-31.
38. Puget, P., Chenu, C. & Balaesdent, J. (2000). Dynamics, of soil organic matter associated with particle-size fractions of water-stable aggregates. *European Journal Soil Science*, 51: 595-605.
39. Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A., Molafilabi, A. & Seyyedi, S. M. (2013). The effects of different levels of applied wheat straw in different dates on saffron (*Crocus sativus* L.) daughter corms and flower initiation criteria in the second year. *Saffron Agronomy and Technology*, 1: 55-70. (In Persian with English Abstract).
40. Sage, R. F. & Percy, R. W. (1987). The Nitrogen Use Efficiency of C3 and C4 Plants II. Leaf Nitrogen Effects on the Gas Exchange Characteristics of *Chenopodium album* (L.) and *Amaranthus retroflexus* (L.). *Plant Physiology*, 85: 355-359.
41. Shamsabadi, H. A. & Rafiee, S. (2007). Study on the effect of tillage practices and different seed densities on yield of rainfed wheat. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*, 13: 95-102. (In Persian with English Abstract).
42. Shen, Q.R. & Shen, Z.G. (2001). Effects of pig manure and wheat straw on growth of mung bean seedlings grown in aluminium toxicity soil. *Bioresource Technology*, 76: 235-240.
43. Singh, B. R. & Haile, M. (2007). Impact of tillage and nitrogen fertilization on yield, nitrogen use efficiency of tef (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter) and soil properties. *Soil and Tillage Research*, 94: 55-63.
44. Singh, R.K., Kumar, H. & Singh, A.K. (2010). Brassica based intercropping systems-A Review. *Agricultural Reviews*, 31(4).
45. Touzi, I.S., De Tourdonnet, S., Launay, M. & Dore, T. (2010). Does intercropping winter wheat (*Triticum aestivum*) with red fescue (*Festuca rubra*) as a cover crop improve agronomic and environmental performance? A modeling approach. *Field Crops Research*, 116: 218-229.
46. Übelhör, A., Gruber, S. & Wilhelm Claupein, W. (2014). Influence of tillage intensity and nitrogen placement on nitrogen uptake and

- yield in strip-tilled white cabbage (*Brassica oleracea convar. capitata var. alba*). *Soil Tillage Research*, 144: 156-163.
47. Wang, K., Lv, H., Wang, K. R.J. & Buresh, R.J. (2007). Residue management for improving soil fertility and sustainable crop productivity in China. Proceeding International Rice Conference, New Delhi, India p: 689-697.
48. Wang, X. C., Deng, X. Y., Pu, T., Song, C., Yong, T. W., Yang, F., Sun, X., Liu, W. G., Yan, Y. H., Du, J., Liu, J., Su, K. & Yang, W. Y. (2017). Contribution of interspecific interactions and phosphorus application to increasing soil phosphorus availability in relay intercropping systems. *Field Crops Research*, 204: 12-22.
49. Xiang, D. B., Yong, T. W., Yang, W. Y., Wan, Y., Gong, W. Z., Cui, L. & Lei, T. (2012). Effect of phosphorus and potassium nutrition on growth and yield of soybean in relay strip intercropping system. *Scientific Research and Essays*, 7: 342-351.
50. Ying, J., Peng, S., Yang, G., Zhou, N., Visperas, R. M. & Cassman, K. G. (1998). Comparison of high-yield rice in tropical and subtropical environments: II. Nitrogen accumulation and utilization efficiency. *Field Crops Research*, 57: 85-93.
51. Yong, T. W., Liu, X. M., Feng, Y., Song, C., Wang, X. C., Liu, W. G., Su, B. Y., Li, Z. & Yang, W. Y. (2015). Characteristics of nitrogen uptake, use and transfer in a wheat-maize-soybean relay intercropping system. *Plant Production Science*, 18: 388-397.
52. Zhang, F. & Li, L. (2003). Using Competitive and Facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient-use efficiency. *Plant and Soil*, 248: 305-312.



Crops Improvement

(Journal of Agricultural Crops Production)

Vol. 20 ■ No. 4 ■ Winter 2019

The Influences of Tillage System and Plant Residue on Nitrogen Uptake and Use Efficiency in Corn and Bean Intercropping Systems

Farideh Akbari¹, Mehdi Dahmardeh^{2*}, Ali Morshdi³, Ahmad Ghanbari⁴, Soror Khoramdel⁵

1. Ph.D. Candidate of Agro Ecology, Department of Agro Ecology, University of Zabol, Zabol, Iran.
2. Associate Professor, Department of Agro ecology, University of Zabol, Zabol, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Soil and Water Research, Chaharmahal and Bakhtiari Agriculture and Natural Resources Research Center, AREEO, Shahrekord, Iran.
4. Professor, Department of Agro Ecology, University of Zabol, Zabol, Iran.
5. Associate Professor, Department of Agrotechnology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Received: June 30, 2018

Accepted: September 15, 2018

Abstract

The current paper conducts an experiment to investigate the efficiency of nitrogen uptake and utilization as well as nitrogen harvest index in corn (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping, under the influence of tillage systems and wheat residues (*Triticum aestivum*). For so doing, it uses split-split plots, based on a randomized complete block design with three replications in the agricultural research field of Shahrekord within the growing season of 2016–2017. In these tillage systems three levels (i.e., conventional, minimum, and no-tillage), four levels of crop residue (viz. 0, 30, 60, and 90% of straw yield of wheat), and five intercropping patterns (namely corn monoculture, bean monoculture, and corn/bean ratios of 2:2, 3:1, and 1:3) make the main, sub, and sub-subplots, respectively. Results show that the highest and lowest nitrogen content in grain corn belong to no-tillage systems with 60% of plant residues and sole cropping corn (86.47 kg.ha⁻¹), and conventional tillage with 0% of plant residues and 1:3 ratio (51.22 kg.ha⁻¹), respectively. By increasing the amount of wheat residue up to 60%, the nitrogen content in grain and biomass of corn and bean rises, resulting in the least amount of this index observed in the condition, wherein wheat residues are not used. The highest N utilization efficiency has been obtained in 3:1 and 2:2 for corn and bean in no-tillage systems with 60% of plant residues, indicating a clear superiority of intercropping than sole cropping. Therefore, intercropping corn and bean can improve nitrogen utilization efficiency.

Keywords: Conservation tillage, cropping system, nitrogen harvest index, residues of wheat, soil degradation.