Archive of SID

به‌زراعی کشاورزی
دوره ۲۰ ■ شماره ٤ ■ زمستان ۱۳۹۷
صفحه‌های ۷۹۹-۷۸۵

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 اگروتکنولوژی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۰۹/ ۰۴/ ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۲۴/ ۰۶/ ۱۳۹۷

چکیده

به‌منظور بررسی کارآیی 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 به‌صورتبه‌صورت کرت‌های دوبار خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی چهارتخته وابسته به مرکزتحقیقات 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، ٦۰ 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 فرعی مدنظر قرار گرفتند. نتایج نشان داد بیش‌ترین میزان نیتروژن جذب‌شده در دانه برای ذرت در تیمار بی‌خاک‌ورزی، ٦۰ درصد بقایا و کشت خالص ذرت (۸٦/٤۷ 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 ٦۰ 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 ٦۰ 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.

www.SID.ir

* نویسنده مسئول
Email: Dahmard@gmail.com

Archive of SID

مقدمه

نیتروژن به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین عناصر محدودکننده رشد گیاهان به‌شمار می‌آید. به‌همین منظور کمبود این عنصر در اکثر بوم‌نظام‌های زراعی از طریق کودهای شیمیایی جبران می‌شود. با وجود مزایای بی‌شمار کودهای نیتروژن‌دار در افزایش رشد، تولید و عملکرد گیاهان زراعی، مصرف بیش از حد آنها از طریق آبشویی و فرسایش، می‌تواند باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی و سطحی، افزایش هزینه‌ها و کاهش کارایی مصرف نیتروژن گردد (Wang *et al*., 2017; Ju *et al*., 2009; Cui *et al*., 2008). بنابراین، مدیریت صحیح حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه علاوه بر کاهش آلودگی‌های نیتراتی و حفظ تنوع زیستی با اجتناب از کاربرد غیرضروری و بی‌رویه عناصر غذایی، هزینه را به حداقل می‌رساند و کارایی مصرف نهاده‌ها را افزایش می‌دهد (Dobermann, 2005).

کارایی مصرف نیتروژن[1] (NUE) عبارت از عملکرد محصول زراعی یا سیستم تناوبی (میزان تولید دانه، غده، ریشه یا علوفه خشک) به‌ازای هر واحد نیتروژن قابل دسترس در خاک است که دو جز عمده کارایی جذب نیتروژن[2] و بهره‌وری نیتروژن[3] را شامل می‌شود. کارایی جذب نیتروژن، نسبت میان نیتروژن موجود در زیست‌توده به نیتروژن موجود در خاک است و توانایی گیاه را در جذب نیتروژن قابل دسترس خاک نشان می‌دهد و بهره‌وری، میزان عملکرد محصول زراعی به‌ازای هر واحد نیتروژن جذب‌شده می‌باشد (Moles *et al*., 1984). با در نظر گرفتن آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از ورود نیتروژن اضافی به آب‌های زیرزمینی و سایر منابع طبیعی و در نتیجه برهم خوردن تعادل آنها، بهبود کارایی مصرف نیتروژن در بوم‌نظام‌های زراعی یک امر بسیار ضروری است. از جمله عوامل مدیریتی مؤثر در افزایش کارایی مصرف این عنصر پر مصرف در نظام‌های زراعی به سیستم‌های کشت مخلوط (Kumar *et al*., 2009) و مدیریت بقایای گیاهی (Bakht *et al*., 2009) اشاره کرد.

افزودن بقایای گیاهی غنی از نیتروژن (مانند بقولات) باعث افزایش ذخیره نیتروژن آلی خاک و افزایش سرعت معدنی شدن نیتروژن شده و نیاز گیاه به افزودن کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار را تا حدی برطرف می‌سازد. همچنین، افزودن بقایای گیاهی فقیر از نیتروژن (مانند غلات) باعث انتقال نیتروژن از فاز معدنی به زیست‌توده میکروبی خاک شده و امکان آبشویی آن را کاهش می‌دهد (Puget *et al*., 2000) تثبیت نیتروژن به‌وسیله بقولات می‌تواند با حفظ کاه و کلش بهبود یابد به‌طوری‌که در خاک‌های غنی از کربن، جمعیت میکروبی خاک افزایش یافته و منجر به بهبود گروه‌بندی و افزایش تثبیت زیستی نیتروژن گردد (Khamadi *et al*., 2015). آزادشدن ترکیبات آروماتیک ساده مانند اسید فومیک، کوماریک از بقایای گیاهی منجر به افزایش گروه‌بندی و تثبیت نیتروژن از بقایای گیاهی می‌شود (Shen & Shen, 2001). در مطالعه Khamadi *et al*. (2015) بیش‌ترین کارایی جذب نیتروژن را در تیمار بقایای کلزا + ماش و کاربرد کاه و کلش جو+ ماشک گزارش کردند. آن‌ها افزایش جذب نیتروژن در تیمارهای افزودن بقایای گیاهی در مقایسه با تیمار بدون بقایا را ناشی از افزایش رشد ریشه‌ها، در نتیجه بهبود شرایط فیزیکی- شیمیایی و بیولوژیکی خاک و جذب بهتر نیتروژن توسط گیاه بیان کردند. در مطالعه Wang *et al*. (2007) اثر بقایای گیاهی بر کارایی مصرف نیتروژن را مثبت ارزیابی کردند و آزادسازی تدریجی نیتروژن از بقایای گیاهی و کود سبز را نسبت به آزادسازی سریع آن (نیتروژن آزادشده از کود شیمیایی) دلیل این امر عنوان کردند.

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

www.SID.ir

Archive of SID

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). میزان 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 (Graham & Vance, 2000). در مطالعات Yong *et al*. (2015)، Xiang *et al*. (2012) 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) 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 کیلوکرم 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.

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورتبه‌صورت کرت‌های دوبار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه ایستگاه چهارتخته مرکز تحقیقات شهرستان شهرکرد با موقعیت ٤٩ درجه و ٢٢ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ٣٢ درجه و ٢٠ دقیقه شمالی و در ارتفاع ٢٠٦٠ متر از سطح دریا در سال زراعی ٩٦-١٣٩٥ انجام شد. اقلیم منطقه شهرکرد به روش دومارتن- گوسن و کوپن به‌ترتیب نیمه‌خشک- استپی سرد و معتدل سرد با تابستان‌های گرم و خشک است، میزان بارش سالانه به‌طور متوسط در این منطقه حدود ٣٣٠ میلی‌متر و متوسط دما ١١/٨ درجه سانتی‌گراد است. سیستم‌های خاک‌ورزی در سه سطح شامل خاک‌ورزی رایج با گاو آهن برگردان‌دار و دیسک، کم‌خاک‌ورزی با دیسک و فاروئر و بی‌خاک‌ورزی به‌عنوان عامل اصلی و مدیریت بقایای گیاهی در چهار سطح (صفر، ٣٠، ٦٠ و ٩٠ درصد وزن بقایای گندم) به‌عنوان عامل فرعی و سیستم‌های کشت مخلوط ذرت (رقم K.S.C 704 از ارقام دیررس با طول دوره رشدی ١٣٠-١٢٥ روز با میانگین ارتفاع ٣٠٠ سانتی‌متر) و لوبیا چیتی (رقم صدری دارای تیپ رشدی رونده، میانگین ارتفاع بوته ١١٨ سانتی‌متر، میانگین دوره رشد ١١٥- ١٠٨ روز) در پنج سطح (کشت خالص ذرت، کشت خالص لوبیا، نسبت ٢:٢ ذرت و لوبیا، نسبت ٣:١ ذرت و لوبیا و نسبت ١:٣ ذرت و لوبیا) به‌عنوان عامل فرعی- فرعی در نظر گرفته شدند.

به‌منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کاشت، نمونه‌برداری از عمق ٣٠-٠ سانتی‌متری خاک مزرعه انجام شد. مطابق نتایج میزان پتاسیم قابل دسترس $mg.kg^{-1}$ ٢١٧، فسفر قابل دسترس $mg.kg^{-1}$ ٨/٦، نیتروژن کل ٠/٠٨٧ درصد، کربن آلی ٠/٦٢٤ درصد، هدایت الکتریکی $ds.m^{-1}$ ٠/٧٣٥، اسیدیته ٧/٨٦ و بافت خاک لوم- رسی گزارش شد.

اوایل بهار قطعه زمینی به مساحت ٢٤٠٠ مترمربع انتخاب و برای اعمال تیمار بقایای گیاهی، بقایای یک مزرعه گندم در پاییز سال قبل (٨٢٠٠ 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 ٦٠ 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 به‌ترتیب پنج و ٢٠ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. با توجه به این‌که تیمارهای خاک‌ورزی نیاز به کرت‌های بزرگ دارند به‌عنوان عامل اصلی در نظر گرفته شد. به این ترتیب، در هر پلات اصلی تعداد ٢٠ تیمار وجود داشت. بنابراین در طول هر پلات اصلی ٤٨ متر با عرض دو متر، خاک ورزی اعمال گردید. مبارزه با علف‌های هرز به‌صورتبه‌صورت دستی در طول فصل رشد و توسط کارگر انجام شد. آبیاری به‌صورتبه‌صورت 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 ١٠ 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 کجلدال 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 ٣٠ شهریورماه، عملکرد دانه و عملکرد زیستی با رعایت اثر حاشیه اندازه‌گیری شد. با محاسبه عملکرد دانه و زیستی، کارایی جذب نیتروژن، کارایی مصرف

www.SID.ir

Archive of SID

نیتروژن و شاخص برداشت نیتروژن بر اساس رابطه‌های ۱ تا ٤ محاسبه شد (Moll *et al.*, 1982).

کارایی زراعی استفاده از نیتروژن[1] (ANUE):

$$ANUE = Y/N_S \quad (۱)$$

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

کارایی جذب (بازیافت) نیتروژن[2] (NRE)

$$NRE = N_{Uptake}/N_S \quad (۲)$$

در این معادله، Nuptake: نیتروژن جذب‌شده توسط زیست‌توده گیاه (kg/ha) و Ns: کود نیتروژنه مصرفی به‌علاوه نیتروژن موجود در خاک (kg/ha)

کارایی مصرف نیتروژن[3] (کارایی فیزیولوژیک) NUE

$$ANUE = Y/N_{uptake} \quad (۳)$$

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

شاخص برداشت نیتروژن[4] (NHI)

$$NHI = Grain_N/Grain_N + Shoot_N \quad (٤)$$

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

تجزیه‌وتحلیل 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، بقایای گیاهی و الگوی کشت مخلوط تأثیر معنی‌داری سطح احتمال (P<۰/۰۵) 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، ٦۰ درصد بقایا و کشت خالص ذرت (۸٦/٤۷ کیلوگرم در هکتار) و کشت مخلوط با نسبت ۲:۲ (۸٦/۳۷ 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 مقدا 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 (۹۲/۹٤ 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، ۹/٤٦ و ۹/۱۲ درصد برای ذرت و ۱۱، ۱٤، ۳/۵۸ و ۵/۳۹ درصد برای لوبیا). نقش سیستم‌های شخم‌حفاظتی (بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی) در افزایش عملکرد گیاهان زراعی ناشی از بهبود ساختار

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

www.SID.ir

Archive of SID

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 ٦٠ درصد، میزان نیتروژن دانه و زیست‌توده ذرت و لوبیا افزایش یافت، به‌طوری‌که کمترین میزان این شاخص در شرایط عدم کاربرد بقایای گندم مشاهده شد (جدول‌های ٢ و ٣). 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 ١٢٣/٦ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت، که حدود ٨/٥ درصد بیش‌تر از زمانی بود که بقایای گیاهی حذف و ٤/٩ 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).

جدول ١. 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 (زراعی)	کارایی جذب نیتروژن	کارایی مصرف نیتروژن
تکرار	٢	٧/٧١^{ns}	١٥٥/٥^{ns}	٠/٦٥٥^{ns}	١١/٨١*	٠/٠٠٠٢٥*	١٠/٠٥٢*
سیستم‌های خاک‌ورزی	٢	١١٩/٧٦*	٥١/٣٧*	٧١/٣٨٦*	٥٣٢/٧٦*	٢/٠٥*	٢٤١/٣*
خطای اصلی	٤	١٠/٥٨	٥/٣٩	٠/٨٠٠٩	٩/٩٩	٠/٠٠١١	٣/٨٧
بقایای گیاهی	٣	٤٣٤/١٤*	٨٤/٠٤*	١٠/٧٨^{ns}	٣٦٧/٨٣*	٠/٧٨*	٣٧/٤٨*
سیستم‌های خاک‌ورزی× بقایای گیاهی	٦	٢٢٧/٨٢*	٢١٢٢/٦٤*	٤٢/٢٠٣*	١٢٠/٥٨*	١/٠٣٥*	٩٣/٠٣*
خطای فرعی	١٨	٣/٩٥	٣/٠٧	١/٧٨	٤/٦٤	٠/٠٠١٢٩	١/٩١
الگوهای کشت	٣	٧٧/٦٤*	٨٢٣/٥٧*	٢٩/٥٢*	١٨٣/٦٠٢*	٠/٦٩٩*	١٠٠/٦٩*
سیستم خاک‌ورزی ×الگوی کشت	٦	١٨١/٦٧*	٥٧٧/٩٩*	٤٧/٩٦*	٢٥/٥٢*	٠/٢٩٩*	٥٠/٦٣*
الگوهای کشت ×بقایای گیاهی	٩	٢٤٥/٦١*	١١٧٢/٢٢*	١٨/١٠٧*	١٧٧/٨٤*	٠/٤٤٦*	١٢٩/٧٥*
بقایای گیاهی× سیستم‌های خاک‌ورزی الگوهای کشت ×	١٨	٢٠٩/٨٧*	٧٤٣/٦٤*	٣٤/٧٢*	٢٧٧/٩٤*	٠/٤٢٢*	٩٦/٦٨*
خطای فرعی فرعی	٧٢	٤/٧١٦	٢/٣٣	١/٥٣	٤/٥٦٢	٠/٠٠١٤٥	٢/٢٣٤
ضریب تغییرات (٪)		٣/٠٩	١/٦٨	٢/٨٠	٤/٠٣	٣/٢٧	٣/٣٣

ns و *: به‌ترتیب غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ٥٪.

www.SID.ir

Archive of SID

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، ٦٠ 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، ٦٠ درصد بقایا و کش خالص لوبیا (۳٤/۸۹ درصد) که بازهم 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، ٦٠ و ۳۰ درصد بقایا در مقایسه با تیمار عدم حضور بقایا شاخص برداشت نیتروژن را به‌ترتیب ۱/٦۳، ۲/۸٤ و ۰/۵۲درصد برای ذرت و۵/۹۵، ٦/۵٤ و ۵/٦٦ درصد برای لوبیا بهبود بخشیدند. شاخص برداشت نیتروژن بیانگر این است که گیاهان 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 (جدول٤). بررسی کارایی مصرف نیتروژن در دو گونه علف هرز C_3 و C_4 (به‌ترتیب سلمه‌تره *Chenopodium album* و تاج خروس *Amaranthus*) نشان داد که شیب اولیه پاسخ CO_2 در فتوسنتز، به میزان نیتروژن موجود در برگ، در تاج خروس چهار برابر سلمه‌تره بود (Sage & Pearcy, 1987).

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر سیستم‌های خاک‌ورزی، الگوهای کشت مخلوط و بقایای گیاهی برمیزان 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 (٪)			
		۰	۳۰	٦۰	۹۰	۰	۳۰	٦۰	۹۰	۰	۳۰	٦۰	۹۰
خاک‌ورزی رایج	SM*	٦۲/۵۵opq	٦۹/۲۰i-m	٦۹/۸۰ijk	٦۸/۸۷i-m	٦۹/٤۰s	۹۰/۵۷m	۹۲/۲٤kl	۹۳/۹۳lm	٤۰/۷۳qrs	٤٤/۲۳mn	٤۳/۹۲mn	٤۳/۸۱mn
	۲:۲	٦۱/۰۸pq	٦۹/۰۹i-m	٦۹/٦۵i-l	٦۷/۷٤i-m	٦۹/۰٦s	۸۷/۹۷m	۹۱/٤۹klm	۸٦/٤۲n	٤۰/۳٦rs	٤۳/۰۸mn	٤۳/۸۹mn	٤۲/۳۰mn
	۳:۱	۵۱/۸٤r	٦۵/۲۳mn	٦۷/۵۱mn	٦۵/۵۰mn	٦۱/۵۱t	۸٤/۸۹on	۸٦/۲۲n	۸۵/۸۷n	۳۹/٤٦s	٤۲/۹٤mn	٤۳/۰۱mn	٤۲/۹۵mn
	۱:۳	۵۱/۲۳r	٦۳/۷۲n-q	٦٤/٤٤n-q	٦٤/۰۷n-q	٤٦/٦۷v	۸۱/٦٤qp	۸۳/۹۸onp	۸۲/۷۹opq	۳۳/۱۳t	٤۲/۷٦mn	٤۲/۹٤mn	٤۲/۸۷mn
کم‌خاک‌ورزی	SM	٦۲/۹۷opq	۷۷/۸۳cd	۸٦/٤٦a	۸٤/٦٦a	۷٦/۹۹r	۱۰۳/۲۹e	۱۱۷/۹۵a	۱۰۹/۵۹d	٤۲/۲۷n-q	٤٦/۱۸f-g	۵۲/۰۳a	٤۸/٤bc
	۲:۲	٦۲/۳٤opq	۷٦/۰٦d-f	۸٤/۱۰a	۷۷/۹۸cd	۷۵/۲۵r	۱۰۲/۸۱e	۱۱۲/۵٦bc	۱۰۸/۲٤d	٤۲/۰۳qr	٤۵/۹٦fg	٤۸/٤bc	٤۷/٤۵d-f
	۳:۱	٦۰/۸۸q	۷۲/۷۵f-i	۷٤/۱fg	۷۷/۹۸cd	٦۱/۷۱t	۹۷/۳۹hig	۱۰۹/٦۸d	۹۹/٤۲fg	٤۰/۸۵qr	٤۵/۱۵fg	٤٦/۳٦fg	٤۵/٤۸fg
	۱:۳	٦۰/۳۵q	٦۹/٦۱i-l	۷۱/٦۸hi	۷۰/٦۷ij	۵۳/۵۲u	۹۵/۱۸ij	۹٦/٤٦hij	۹٦/٦۲hi	٤۰/۲rs	٤٤/۰٦mn	٤٤/۸۳g-m	٤٤/۵۳mn
بی‌خاک‌ورزی	SM	٦۳/۰۷opq	۷٦/۹۵cd	۸٦/٤۷a	۸۰/۳۱b	۸۰/۲۳q	۱۰۵/٤۵e	۱۱٤/۹۵b	۱۱۰/٤۸cd	٤۲/۳۷mn	٤٦/۳٤fg	۵۲/۵۲a	٤۸/۲۹bcd
	۲:۲	٦۲/۸۳opq	۷٦/۵۲d-f	۸٦/۳۷a	۷۹/۳۹bc	۷۵/۷۱r	۱۰۳/۵۹e	۱۱٤/۸٤b	۱۰۸/٦٤d	٤۲/۲۹n-q	٤٦/۲۲fg	٤۸/۹۰b	٤۷/۵۸cd
	۳:۱	٦۱/۱۷pq	۷۲ghi	۷۸/۳٤cbd	۷۵/۱٤d-f	٦۳/۳۷t	۹۸/۸۸fgh	۱۱۰/۳۷cd	۱۰۰/۳f	٤۰/۷۵qrs	٤۵/۱۷fg	٤۷/۲۰fg	٤۵/۷۰fg
	۱:۳	٦۰/۷۰q	٦۹/۳۲i-m	۷۱/٦۸hi	۷۱/۲۲hi	٦۰/۵۸t	۹۳/۷۷jk	۹٦/۲۲hij	۹۷/۰٤ghi	٤۰/۲۳rs	٤٤/۵۳mn	٤۵/۰٦fg	٤٤/٦۸mn
LSD		۳/۵۳۵				۲/٤٦۸				۲/۰۱٦			

SM (Sole cropping maize) کشت خالص ذرت.

اعداد با حروف مشترک برای هر پارامتردارای اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) 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 وآخر گروه‌بندی ذکر گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

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											
		میزان نیتروژن جذب‌شده در دانه ($kg.ha^{-1}$)				میزان نیتروژن جذب شده در زیست‌توده ($kg.ha^{-1}$)				شاخص برداشت نیتروژن (٪)			
		۰	۳۰	۶۰	۹۰	۰	۳۰	۶۰	۹۰	۰	۳۰	۶۰	۹۰
خاک‌ورزی رایج	SB*	۷/۱۲wx	۸/۹۹no	۱۰/۰۷g-h	۸/۶۹op	۱۹/۴۰wx	۲۳/۲۹j-l	۲۳/۷۷ij	۲۳/۶۴ij	۲۵/۵۰r-u	۲۹/۳۶g-k	۲۹/۸۲fg	۲۸/۸۴l-o
	۲:۲	۷/۰۳xy	۸/۸۸no	۹/۹۶g-n	۷/۸۹v-x	۱۹/۵۳wx	۲۱/۶۸q-s	۲۳/۸۹ij	۲۱/۴۳st	۲۵/۳۳ r-u	۲۹/۲۵kl	۲۹/۵۹fg	۲۸/۸۰l-o
	۳:۱	۶/۷۸y	۷/۶۴v-x	۹/۱۸no	۸/۵۰s-v	۱۸/۶۰x	۱۸/۹۱x	۲۲/۵۴no	۲۰/۲۳uvw	۲۳/۹۷tu	۲۸/۶۸op	۲۹/۰۶l-o	۲۸/۵۴op
	۱:۳	۶/۶۸y	۷/۵۶v-x	۸/۸۹no	۷/۴v-x	۱۸/۶۱x	۲۲/۳۴no	۲۰/۶۹uv	۱۹/۵۴wx	۲۳/۸۹u	۲۶/۹۶op	۲۷/۸۳op	۲۶/۹۶op
کم‌خاک‌ورزی	SB	۹/۵۴no	۱۰/۸۶e-g	۱۲/۴۰a	۱۱/۴۱bc	۲۲/۳۰no	۲۴/۰۲ij	۲۶/۸۹a	۲۵/۹۳bc	۲۶/۷۹op	۳۱/۸۰fg	۳۳/۴۰ab	۳۲/۸۱bc
	۲:۲	۸/۶۱p-s	۱۰/۹۰e-g	۱۱/۴۹bc	۱۱/۰۳e-g	۲۱/۹۸o-q	۲۳/۰۳ij	۲۵/۹۲bc	۲۴/۶۷e-h	۲۶/۳۴op	۳۱/۲۶fg	۳۳/۱۴abc	۳۲/۳۳bc
	۳:۱	۸/۹۹no	۹/۲۲no	۹/۱۲no	۱۰/۵۹e-g	۲۰/۹۵stu	۲۰/۷۹st	۲۳/۱۴j-n	۲۴/۳۰ij	۲۵/۱۳r-u	۳۰/۷۴fg	۳۱/۹۶c-f	۳۱/۱۴fg
	۱:۳	۸/۴۸no	۱۰/۶۴e-g	۹/۳۱no	۱۰/۲۴e-g	۲۰/۰۵uvw	۲۰/۶۰st	۲۲/۹۱no	۲۴/۱۲ij	۲۴/۴۹st	۲۹/۹۴fg	۳۰/۵۶fg	۳۰/۲۵fg
بی‌خاک‌ورزی	SB	۹/۷۸no	۱۰/۸۶e-g	۱۲/۱۰ab	۱۱/۵۹abc	۲۳/۵۲ij	۲۶/۷۲ab	۲۷/۱۵a	۲۵/۷۱dc	۲۶/۸۸op	۳۱/۹۲c-f	۳۴/۸۹a	۳۲/۷۶bc
	۲:۲	۹/۱۰no	۱۰/۴۶e-g	۱۱/۳۶c-e	۱۱/۲۵c-e	۲۲/۷۷no	۲۴/۹۴de	۲۵/۴۴cde	۲۵/۱۱de	۲۶/۰۱r-u	۳۱/۴۱fg	۳۳/۱۶abc	۳۲/۳۲bc
	۳:۱	۹/۱۰no	۱۰/۱۹gh	۱۰/۸۹e-g	۱۰/۷۹e-g	۲۱/۶۰st	۲۴/۶۹e-h	۲۵/۱۷de	۲۴/۸۱de	۲۵/۲۹r-u	۳۰/۷۹fg	۳۲/۰۳c-f	۳۱/۱۰fg
	۱:۳	۸/۲۲s-v	۱۰/۴۲e-g	۹/۸۹k-n	۹/۷۴no	۱۹/۸۸vw	۲۴/۶۵e-h	۲۴/۴۷e-i	۲۴/۶۵e-h	۲۴/۴۹stu	۲۹/۹۲fg	۳۰/۶۴fg	۳۰/۰۴fg
LSD		۰/۹۳۹				۰/۸۳۹				۲/۰۷۱			

*SB (Sole cropping bean) کشت خالص لوبیا.

اعداد با حروف مشترک برای هر پارامترهای اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) 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 وآخر گروه‌بندی ذکر گردید.

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 رابیسکو گیاهان C_3 نسبت به آنزیم فسفوانول پیروات کربوکسیلاز گیاهان C_4 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 ٤). کارایی زراعی استفاده از نیتروژن در کشت مخلوط کمتر از کشت خالص هر دو گیاه بود (جدول ٤). 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.

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 ٦٠ درصد بقایای گیاهی (۲/٥٦ 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 (۰/٦۱ کیلوگرم نیتروژن جذب‌شده بر کیلوگرم نیتروژن خاک) مشاهده شد (جدول ٤).

بیش‌ترین کارایی جذب نیتروژن برای لوبیا در سیستم بی‌خاک‌ورزی، کشت مخلوط با نسبت ۲:۲، در شرایط استفاده از ٦٠ درصد بقایای گیاهی (۲/٤٥ کیلوگرم نیتروژن

www.SID.ir

Archive of SID

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 نیتروژن‌خاک) مشاهده شد (جدول٤).

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 ٤). ازآنجاکه 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) 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 ازآنجاکه 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 ٤).

جدول ٤. اثر متقابل سیستم‌های خاک‌ورزی و بقایای گیاهی برکارایی 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)			
		۰	۳۰	۶۰	۹۰	۰	۳۰	۶۰	۹۰	۰	۳۰	۶۰	۹۰
خاک‌ورزی رایج	SM*	٤٦/٦٦r-q	٥٠/٦٥l-m	٥١/٣١ l-m	٥١/١٤ l-m	٠/٦٦rq	١/٠٦n	١/١٣lm	١/١٦lk	٣٦/٠٦rs	٤١/٨٨o-q	٤٣k-n	٤٢/٠٨o-q
	٢:٢	٤٦/٤٣t-q	٥٠/٣٥l-m	٥١/٢٢ l-m	٥٠/٩٣ l-m	٠/٦٦rq	١/٠٥n	١/٠٦nm	١/٠٦n	٣٩/٦٩r	٤٢/٤٤k-o	٤٣/٤٨k-i	٤٣/٠٥k-n
	٣:١	٤٦/١٥t-q	٤٩/٨٢l-m	٥٠/٦٩ l-m	٤٩/٨٧ l-m	٠ /٦١t	١/٠٥o	٠/٩٩o	٠/٩٦o	٣٦/٤٢rs	٤٢/٤٣k-o	٤٣/٤٤k-i	٤٢/٧٦k-o
	١:٣	٤٢/٥٠tu	٤٨/٨٥ l-m	٤٨/٩٤ l-m	٤٨/٩٠ l-m	٠/٦١t	٠/٩٢o	٠/٩٤o	٠/٨٥p	٣٣/٧٣s	٤٠/٩٦o-q	٤١/٧١o-q	٤١/٤٨o-q
کم‌خاک‌ورزی	SM	٤٧/٧٨mn	٥٥/٨٤f-h	٧٣/٩١b	٦١/٠٩de	٠/٧٢qr	١/٤٥fg	١/٨٦c	١/٧٩d	٣٠/٢٢q	٤٦/١٠ghi	٤٩/٠٢def	٤٧/٤٨fgh
	٢:٢	٤٧/٥٣o-q	٥٥/٨٠f-h	٦٨/١٤c	٥٢/٢٠def	٠/٦٨qr	١/٤٤fg	٢/١٦a	١/٥٥e	٤٠o-q	٤٧/٩١efg	a٥٧	٥١/٤٨cd
	٣:١	٤٦/٣٠q-t	٥٣/٠٨j-l	٦٢/٩١d	٥٦/٦٢fgh	٠/٦٥r	١/٢٧ ih	١/٥٩e	١/٣٣h	٣٩/٧١qp	٤٦/٩٣fgh	٥٥/٦١ab	٥٠/٥٠de
	١:٣	٤٢/٧٨tsu	٥١/٩١l-m	٥٤/٦٢h-j	٥٢/٤٤l-m	٠/٥١s	١/٠٦nm	١/٢٤ji	١/١٩ljk	٣٦/٢١sr	٤٣/٤٨i-k	٤٥/٤٦gi	٤٥/٠٨ g-i
بی‌خاک‌ورزی	SM	٤٨/٨١l-m	٥٥/٩Vh-f	٨١/٨٦a	٥٩/١Vdef	٠/٧٣q	١/٤٢fg	٢/١٦b	١/٣٩g	٣٩/٦٩pq	٤٦/١٢g-i	٤٩/٥٦ef	٤٧/٨٨efg
	٢:٢	٤٨/٥٥n-q	٥٣h-f	٦٩/٩٢c	٥٧/٩٣efg	٠/٧١qr	١/٤١fg	٢/٥٦a	١/٨٢cd	٤٠/٨٣o-q	٤٩ef	٥٧/٣٥a	٥١/٢٢cd
	٣:١	٤٧/٥٣o-q	٥١/٦٠l-m	٦١/٢٢ed	٥٥/٨٠h-f	٠/٦٦qr	١/٣٢h	١/٦٠e	١/٤Vf	٤٠/١٥o-q	٤٦/٩Vfgh	٥٥/٤٦ab	٤٩/VVdef
	١:٣	٤٥/٧٠rst	٥١/٣١l-m	٥٣/٢٤h-j	٥٢/٥٨l-m	٠/٥Vs	١/٠Vmn	١/٢٦ih	١/٢٢ijk	٣٦/٣٢rs	٤٣/٤٤i-k	٤٥/٥٢g-i	٤٤/٦٩k-i
LSD		٣/٤VV				٠/٠٦١٩				٢/٤٣٣			

* Sole SM (cropping maize) کشت خالص ذرت.

اعداد با حروف مشترک برای هر پارامتردارای اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) 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 وآخر گروه‌بندی ذکر گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵. اثر متقابل سیستم‌های خاک‌ورزی و بقایای گیاهی برکارایی 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 بر کیلوگرم نیتروژن فراهم‌شده در خاک)				کارایی جذب نیتروژن (بازیافت) (کیلوگرم نیتروژن جذب‌شده بر کیلوگرم نیتروژن خاک)				کارایی مصرف نیتروژن (فیزیولوژیک) (کیلوگرم دانه بر کیلوگرم نیتروژن اندام هوایی)			
		۰	۳۰	۶۰	۹۰	۰	۳۰	۶۰	۹۰	۰	۳۰	۶۰	۹۰
خاک‌ورزی رایج	SB*	۲۴/۴۴st	۳۰/۲۲lm	۳۳/۹۶j-k	۲۹/۵۶mn	۰/۷۱uv	۱/۱۵on	۱/۲۴l-n	۱/۱۵on	۲۵/۶۴v	۲۸/۲۵uv	۳۹/۲۴o-q	۳۳/۴۳st
	۲:۲	۲۴/۱۷stu	۲۹/۵۶mn	۳۲/۸۱j-k	۲۶/۵۶q-s	۰/۸۰ut	۱/۲۰on	۱/۲۴l-n	۱/۴۱ijh	۲۷/۲۸vw	۳۳/۱۵st	۴۰/۰۶no	۳۶/۹۳qrs
	۳:۱	۲۲/۵۳t-v	۲۹/۱۹mno	۲۹/۴۱mn	۲۸/۱۶m-o	۰/۵۷w	۱qr	۱/۰۲q	۱/۰۳qp	۲۷/۲۶vw	۳۱/۲۵ut	۳۹/۵۳no	۳۶/۲۲rs
	۱:۳	۲۰/۷۱vw	۲۷/۰۹o-q	۲۷/۵۸o-q	۲۵/۹۹q-s	۰/۶۵vw	۰/۸۵st	۰/۹۲rs	۰/۸۱ut	۲۶/۳۲v	۲۸/۲۵uv	۳۸/۱۷qr	۳۳/۱۹st
	SB	۲۵/۵۰qrs	۴۸/۰۸d	۴۶/۱۳a	۴۱/۰۶c	۱/۵۶fg	۱/۱۲on	۱/۶۴f	۱/۸۹e	۴۲/۶۷no	۵۰/۴۱f-g	۵۰/۸۳f-g	۵۴/۷۸cde
	۲:۲	۲۵/۲۹qrs	۳۷/۲۴ed	۵۴/۸۹a	۳۶/۹۲ed	۱/۵۷fg	۱/۲۱on	۲/۳۱b	۲/۰۱d	۴۴/۷۴n-l	۵۴efd	۶۱/۳۶b	۶۰/۲۸b
کم‌خاک‌ورزی	۳:۱	۲۲/۹۴tuv	۳۵/۶۹efg	۳۴/۵۳i-f	۳۴/۹۷e-f	۱/۱۴no	۱/۱۳on	۱/۵۰gh	۱/۶۱f	۴۵/۲۶i-l	۵۱/۸۴efg	۴۷/۶۱b	۶۰/۲۵b
	۱:۳	۲۱/۴۷vw	۳۱/۸۵lk	۳۲/۴۹j-k	۳۱/۸۱k	۰/۸۸st	۱/۰۳pq	۱/۳۳kj	۱/۲۱omn	۴۲/۶۴no	۴۳/۲۲no	۵۰/۸۳f-g	۵۱/۷۶efg
	SB	۲۵/۷۴qrs	۴۰/۸۲c	۴۷/۵۰a	۴۱/۸۰cb	۱/۱۴on	۱/۳۲kj	۱/۹۴ed	۱/۵۷fg	۴۳/۴۰n-o	۴۷/۳۲i-l	۵۸/۴۰cbd	۵۰/۳۰f-g
بی‌خاک‌ورزی	۲:۲	۲۴/۸۵trs	۳۷/۰۳ed	۴۳/۵۹b	۳۶/۵۶efd	۱/۲۲o-n	۱/۴۶ih	۲/۴۵a	۲/۱۴c	۵۰/۱۴i-g	۵۹/۱۳cb	۵۸/۶۷a	۵۵/۱۵ced
	۳:۱	۲۲/۸۸tuv	۳۴/۳۳j-f	۳۵/۴۰efg	۳۴/۵۷i-f	۰/۸۵st	۱/۳۳kj	۱/۴۱ihj	۱/۵۶fg	۴۳/۹۶no	۵۳/۸۳def	۶۶/۵۲a	۵۱/۶۲efg
	۱:۳	۲۲vwu	۳۲/۱۲jlk	۳۲/۸۱j-k	۳۲/۲۱j-k	۰/۷۲uv	۱/۳۱l-j	۱/۳۲lkj	۱/۴۰ij	۴۳/۱۴no	۴۷/۹۷i-g	۵۰/۹۱f-g	۴۰/۰۶no
LSD		۲/۰۶۶				۰/۰۹۲۶				۴/۴۳۸			

*SB (Sole cropping bean) کشت خالص لوبیا.

اعداد با حروف مشترک برای هر پارامتر دارای اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) 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 وآخر 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 به‌دست آمد که بیانگر برتری آشکار سیستم کشت مخلوط بر کشت خالص است (جدول ٤). 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 رابیسکو می‌کند (Sage & Pearcy, 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

www.SID.ir

Archive of SID

دادند که مدیریت تلفیقی عناصر غذایی بر رشد، عملکرد و کارایی نیتروژن تأثیر دارد به‌نحوی‌که 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، ٦٠ درصد بقای و کشت خالص ذرت (٨٦/٤٧ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن در تیمار خاک‌ورزی رایج، صفر درصد بقایا و نسبت کشت ١:٣ (٥١/٢٢ 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 ٨/٥٧، ٥/٢٩، ٩/٤٦ و ٩/١٢ درصد برای ذرت و ١١، ١٤، ٣/٥٨ و ٥/٣٩ 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، ٦٠ درصد بقای و کشت خالص ذرت (٥٢/١٢ درصد) اگرچه اختلاف معنی‌داری با کشت مخلوط با نسبت ٢:٢ نداشت و برای لوبیا نیز به در تیمار بی‌خاک‌ورزی، ٦٠ درصد بقایا و کشت خالص لوبیا (٣٤/٨٩ درصد) که باز هم با نسبت کشت ٢:٢ اختلاف معنی‌داری نداشت، مشاهده شد. کارایی جذب نیتروژن تحت تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی، بقایای گیاهی و الگوهای مختلف کشت مخلوط قرار گرفت. بیش‌ترین کارایی جذب نیتروژن برای ذرت در کشت مخلوط با نسبت ٢:٢، در شرایط استفاده از ٦٠ درصد بقایای گیاهی (٢/٥٦ کیلوگرم نیتروژن جذب‌شده بر کیلوگرم نیتروژن خاک) و کمترین کارایی جذب نیتروژن در کشت مخلوط ١:٣ ذرت و لوبیا و عدم استفاده از بقایای گیاهی (٠/٦١ کیلوگرم نیتروژن جذب‌شده بر کیلوگرم نیتروژن خاک) مشاهده شد. بیش‌ترین کارایی مصرف نیتروژن در کشت مخلوط با نسبت‌های ٣:١ و ٢:٢ ذرت و لوبیا در تیمار بی‌خاک‌ورزی و ٦٠ 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.

www.SID.ir

Archive of SID

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

www.SID.ir

Archive of SID

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 intrecropping 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. & Tookalloo, 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. & Pearcy, 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 (Eragrostistef (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

www.SID.ir

Archive of SID

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, RJ. (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.

www.SID.ir

Archive of SID

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 Akbari[1], Mehdi Dahmardeh[2*], Ali Morshdi[3], Ahmad Ghanbari[4], Soror Khoramdel[5]

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.

www.SID.ir

Corresponding author: Dahmard@gmail.com