Archive of SID

به‌زراعی کشاورزی
دوره ۱۷ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۴
صفحه‌های ۹۷۸-۹۶۷

ارزیابی کارایی مصرف نیتروژن در کشت مخلوط ذرت و سویا

پرستو پهلوانلو [۱]، مجید رحیمی‌زاده [۲]* و محمدرضا توکلو [۲]

۱. کارشناس ارشد، گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار، ایران.
۲. استادیار، گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد، ایران.

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۰۹/۱۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۷/۲۰

چکیده

به‌منظور بررسی کارایی مصرف نیتروژن در کشت مخلوط ذرت و سویا، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در محدودهٔ شهر بجنورد (خراسان شمالی) در سال ۱۳۹۱ اجرا شد. سطوح مختلف نیتروژن مصرفی به‌عنوان عامل اصلی در سه سطح (صفر (شاهد)، ۵۰ درصد کمتر از توصیهٔ کودی و معادل توصیهٔ کودی) و نسبت اختلاط دو گیاه زراعی ذرت و سویا به‌عنوان عامل فرعی در پنج سطح (کشت خالص سویا، کشت خالص ذرت، ۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا، ۳۳ درصد سویا + ۶۶ درصد ذرت، ۱۰۰ درصد ذرت + ۲۵ درصد سویا) بودند. نتایج نشان داد که مقدار نیتروژن مصرفی و کشت مخلوط تأثیر معناداری بر عملکرد، کارایی مصرف نیتروژن و نسبت برابری زمین داشت و با افزایش مصرف نیتروژن این صفات ارتقا یافت. بیشترین عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن در تیمار ۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا در شرایط مصرف ۱۰۰ درصد توصیهٔ کودی نیتروژن و کمترین کارایی مصرف نیتروژن در تک‌کشتی سویا مشاهده شد. در شرایط مصرف ۱۰۰ درصد توصیهٔ کودی کارایی جذب نیتروژن در تک‌کشتی ذرت ۱۳۶ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود. همچنین کارایی مصرف نیتروژن در مخلوط ۵۰:۵۰ ذرت و سویا در شرایط ۱۰۰ درصد توصیهٔ کودی نیتروژن ۱۳۱، عملکرد اقتصادی ۱۶ و نسبت برابری زمین ۲۱ درصد بیشتر از تک‌کشتی (شاهد) بود. ازاین‌رو، کشت مخلوط ذرت و سویا می‌تواند به‌مقدار شایان توجهی کارایی مصرف نیتروژن را بهبود بخشد و از این طریق مصرف کودهای نیتروژنه را به حداقل رساند.

کلیدواژه‌ها: بهره‌وری منابع، جذب نیتروژن، کشاورزی پایدار، کود، نسبت برابری زمین.

* نویسنده مسئول Email: rahimi1347@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

افزایش جمعیت جهان و تخریب منابع طبیعی و به‌دنبال آن، نیاز مبرم به افزایش تولیدات غذایی از مشکلات اساسی دنیای امروز به‌شمار می‌روند. این امر سبب ایجاد فشار بر منابع طبیعی می‌شود و پایداری سیستم‌های کشاورزی را تهدید می‌کند. بنابراین نیاز به طراحی و اجرای سیستم‌های برخوردار از پایداری و عملکرد زیاد به‌تدریج افزایش می‌یابد [۳]. با توجه به مشکلات زیست‌محیطی ناشی از رهیافت‌های معمول افزایش تولید، امروزه گرایش به نظام‌های پایدار در کشاورزی اهمیت پیدا کرده است. در کشت مخلوط، به‌عنوان نمونه‌ای از نظام‌های پایدار در کشاورزی از زمان نیز در تولید محصولات زراعی استفاده می‌شود [۲]. کشت مخلوط با ایجاد تنوع در بوم‌نظام‌های زراعی، موجب وابستگی بیشتر این بوم‌نظام‌ها به منابع درونی و قابل تجدید می‌شود و پایداری آنها را افزایش می‌دهد. چنین نظامی شرایط بهینه‌ای را برای مدیریت آفات، چرخش عناصر غذایی، استفاده از منابع و افزایش عملکرد فراهم می‌آورد و در عین‌حال، مخاطره‌پذیری نظام و وقوع تلفات به حداقل می‌رسد. همچنین افزایش تنوع زیستی به افزایش کارایی انرژی مصرفی در بوم‌نظام‌های زراعی منجر می‌شود، اما مزیت اصلی کشت مخلوط بهره‌وری بیشتر منابع در دسترس (نور، آب و مواد غذایی موجود در خاک) و افزایش بازده در مقایسه با کشت خالص است؛ به‌خصوص زمانی که گیاهان زراعی غلات و بقولات در کنار یکدیگر رشد می‌کنند [۲۲ ، ۶]. همچنین کشت مخلوط امکان افزایش کارایی استفاده از منابع را در زمان و مکان فراهم می‌کند [۱]، اما برتری بیولوژیک کشت مخلوط نسبت به کشت خالص وقتی است که رقابت بین‌گونه‌ای از رقابت درون‌گونه‌ای برای منابع در دسترس، کمتر باشد [۲۹].

استفاده از نیتروژن تثبیت‌شدهٔ بقولات توسط غلات، اغلب مهم‌ترین مزیت کشت مخلوط غلات – بقولات ذکر شده است [۳]. ذرت سومین محصول غله‌ای جهان و سازگار به محدودهٔ وسیعی از شرایط محیطی است که با توجه به مسیر فتوسنتزی چهارکربنه عملکرد بیشتری را نسبت به سایر غلات در شرایط یکسان تولید می‌کند. ازاین‌رو، برای دستیابی به عملکردهای زیاد در زراعت ذرت، مصرف چشمگیر کودهای شیمیایی به‌خصوص کود نیتروژنه حتی در اراضی حاصلخیز ضروری است، به‌طوری که به‌ازای هر تن مادهٔ خشک تولیدی ۲۴/۳ کیلوگرم نیتروژن مورد نیاز است [۹] و لگوم‌هایی همچون سویا به‌دلیل برخورداری از سازوکار تثبیت نیتروژن اتمسفری به‌خوبی قادرند در کشت مخلوط با ذرت بخشی از نیتروژن مورد نیاز این گیاه پرتوقع را تأمین کنند. سویا در بین گیاهان روغنی رتبهٔ اول تولید را به خود اختصاص می‌دهد و به‌جهت محتوای زیاد پروتئین کنجاله، جایگاه ویژه‌ای در تولید فراورده‌های دامی دارد.

آبشویی نیتروژن از خاک عامل مهمی در آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی به نیترات است که به‌عنوان یک مشکل عمدهٔ زیست‌محیطی در عصر حاضر مطرح است [۱۴]. بنابراین امروزه مدیریت مناسب مصرف کود نیتروژنه در جهت کاهش تلفات کود و افزایش کارایی مصرف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کارایی مصرف نیتروژن[1] در زراعت غلات ۵۰–۳۳ درصد گزارش شده که این مقدار در کشورهای در حال توسعه به ۲۹ درصد کاهش می‌یابد [۲۵].

بنا به تعریف، کارایی مصرف نیتروژن عبارت است از عملکرد محصول زراعی به‌ازای هر واحد نیتروژن قابل دسترس در خاک و طبق این تعریف کارایی مصرف نیتروژن از حاصل‌ضرب دو مؤلفه، یکی کارایی جذب

1. Nitrogen use efficiency

www.SID.ir

Archive of SID

نیتروژن[1] و دیگری کارایی بهره‌وری نیتروژن[2] به‌دست می‌آید [۲۰]. استفاده از ارقام با کارایی مصرف بالا در استفاده از نیتروژن، توصیهٔ دقیق کودی با توجه به نیاز گیاه، و تهیهٔ بستر مناسب بذر از جمله راه‌های افزایش کارایی استفاده از نیتروژن است. استفاده از نیتروژن تثبیت‌شدهٔ بقولات توسط غلات، اغلب مهم‌ترین مزیت کشت مخلوط غلات – بقولات به‌شمار می‌رود. در بررسی‌های انجام‌گرفته در کشت مخلوط ذرت و لوبیا، اجزای کشت مخلوط در مصرف منابع محیطی مکمل هم بوده‌اند، به‌طوری که جذب عناصر غذایی، به‌عنوان یکی از منابع محیطی، در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود [۲۷]. همچنین باقلا و گندم در کشت مخلوط در استفاده از نیتروژن مکمل هم هستند، زیرا گندم نیتروژن را از خاک به‌دست می‌آورد، درحالی که باقلا بیشتر نیتروژن مصرفی خود را از راه تثبیت نیتروژن اتمسفری کسب می‌کند و در نتیجه، سبب کاهش رقابت برای نیتروژن غیرآلی می‌شود [۱۷].

در شرایط موجود و مواجهه با فشارهای رو به تزاید اقتصادی و زیست‌محیطی بوم‌نظام‌های زراعی رایج، به‌منظور توسعهٔ پایدار بوم‌نظام‌های زراعی باید تحقیقات گسترده‌ای در جهت افزایش کارایی مصرف نیتروژن به‌خصوص در مناطق نیمه‌خشک صورت پذیرد [۱۹]. همچنین افزایش تنوع زیستی زراعی یکی از مهم‌ترین روش‌های افزایش کارایی مصرف نهاده‌ها از جمله نیتروژن است [۲۱]. هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن مصرفی بر کارایی مصرف نیتروژن در کشت مخلوط سویا و ذرت و یافتن نظام کشت جایگزین برای تولید ذرت در استان با تأکید بر بهره‌وری زیاد منابع و پایداری نظام تولید است.

۲. مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر در طی بهار و تابستان سال زراعی ۱۳۹۱ در مزرعهٔ شخصی واقع در ۲۳ کیلومتری شهرستان بجنورد با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۸ دقیقهٔ شمالی و ۵۷ درجه و ۲۰ دقیقهٔ طول شرقی و با ارتفاع ۱۰۱۰ متر از سطح دریا انجام گرفت. مشخصات خاک زمین مورد کشت نیز براساس تجزیهٔ شیمیایی خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر عبارت بود از: بافت لومی، pH: ۸/۱، هدایت الکتریکی: ۱/۷ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر، کربن آلی خاک: ۰/۴ درصد، نیتروژن: ۰/۰۳ درصد، فسفر: ۵/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم و پتاسیم: ۲۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم.

براساس آمار درازمدت هواشناسی، منطقهٔ مورد مطالعه دارای میانگین بارندگی ۲۶۶ میلی‌متر در سال است. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل دوعاملی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای مورد بررسی شامل سطوح مختلف نیتروژن در سه سطح صفر (شاهد)، ۵۰ درصد کمتر از توصیهٔ کودی و معادل توصیهٔ کودی و نسبت اختلاط دو گیاه زراعی ذرت، و سویا در پنج سطح شامل دو سیستم کشت خالص (کشت خالص سویا و کشت خالص ذرت)، دو سیستم کشت مخلوط جایگزینی (۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا و ۳۳ درصد سویا + ۶۶ درصد ذرت) و یک سیستم کشت مخلوط افزایشی (۱۰۰ درصد ذرت + ۲۵ درصد سویا) بودند. عملیات خاک‌ورزی شامل شخم به‌عمق ۳۰ سانتی‌متر همراه با لولر انجام گرفت.

مقدار نیتروژن توصیه‌شده براساس نتیجهٔ تجزیهٔ شیمیایی خاک ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بود که کل کود فسفره و پتاسه و نیمی از کود نیتروژنهٔ توصیه‌شده طبق نقشهٔ طرح در عملیات تهیه بستر به مصرف رسید. نیمی دیگر از کود نیتروژنه، براساس

1. Nitrogen uptake efficiency
2. Nitrogen utilization efficiency

www.SID.ir

Archive of SID

تیمارهای کودی مورد نظر در مرحلهٔ هشت‌برگی ذرت به‌صورت سرک استفاده شد.

هر کرت دارای شش ردیف به‌طول ۵ متر با فاصلهٔ بین ردیف ۶۰ سانتی‌متر بود. تراکم مناسب کاشت ذرت برای تک‌کشتی هشت بوته در متر مربع با فاصلهٔ روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر و برای سویا ۱۶ بوته در مترمربع با فاصلهٔ روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر درنظر گرفته شد، به‌نحوی که هر بوتهٔ ذرت معادل دو بوتهٔ سویا لحاظ شد. تیمار ۶۶ درصد ذرت + ۳۳ درصد سویا با دو ردیف ذرت و یک ردیف سویا، تیمار ۵۰ درصد سویا + ۵۰ درصد ذرت به‌صورت یک‌خط در میان و تیمار ۱۰۰ ذرت + ۲۵ درصد سویا که به‌صورت کشت افزایشی بود، ذرت در یک سمت پشته با فاصلهٔ روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر و سویا در طرف دیگر پشته با فاصلهٔ روی ردیف ۴۰ سانتی‌متر کشت شد. کاشت و برداشت ذرت رقم 'سینگل کراس ۷۰۴' و سویا رقم 'کتول' (DPX.3589) همزمان صورت گرفت، به‌طوری که کاشت در ۱۸ اردیبهشت و برداشت پس از خشک شدن دانه‌های ذرت و غلاف‌های سویا در پنجم مهر انجام گرفت. کنترل علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام گرفت. عملکرد و اجزای عملکرد ذرت و سویا و همچنین صفات دیگری نظیر محتوای نیتروژن بافت‌های ذرت و سویا در این آزمایش اندازه‌گیری شد. برای ارزیابی کشت مخلوط از شاخص نسبت برابری زمین[1] استفاده شد.

$$LER = Y_{ij}/Y_{ii} + Y_{ji}/Y_{jj} \qquad (۱)$$

در این رابطه، Y_{jj} و Y_{ii} عملکرد گونه‌های j و i در کشت خالص و Y_{ji} و Y_{ij} عملکرد گونه‌های i , j در کشت مخلوط هستند.

بعد از جداسازی دانه‌های ذرت و سویا و جمع‌آوری بقایای این گیاهان و خشک شدن آنها در دمای ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد، نمونه‌ای به‌صورت خردشدهٔ مخلوط برگ و ساقه و همچنین دانه‌ها برای هر تیمار آماده شد و مقدار نیتروژن بافت‌های گیاهی با استفاده از دستگاه میکروکجلدال به‌روش هضمِ تر اندازه‌گیری شد. کارایی جذب، کارایی بهره‌وری و کارایی مصرف نیتروژن نیز براساس روابط زیر محاسبه شد [۲۰]:

(۲)

$$\text{کارآیی جذب نیتروژن (۱)} = \frac{\text{کل نیتروژن جذب شده}}{\text{کل نیتروژن فراهم شده در خاک}}$$

$$\text{کارآیی بهره وری نیتروژن (۲)} = \frac{\text{عملکرد اقتصادی}}{\text{کل نیتروژن جذب شده}}$$

$$\text{کارآیی مصرف نیتروژن (۳)} = \frac{\text{عملکرد اقتصادی}}{\text{کل نیتروژن فراهم شده در خاک}}$$

داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه‌وتحلیل شد و مقایسهٔ میانگین‌ها به‌روش LSD در سطح ۵ درصد انجام گرفت. برای رسم اشکال نیز از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

۱.۳. کارایی جذب نیتروژن

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که کارایی جذب نیتروژن تحت تأثیر نوع سیستم کاشت، مقدار نیتروژن مصرفی و اثر متقابل هر دو در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت، به‌نحوی که بیشترین کارایی جذب نیتروژن در کشت خالص ذرت در شرایط مصرف ۱۰۰ درصد نیتروژن مصرفی به‌مقدار ۱/۴۹ کیلوگرم بر کیلوگرم و کمترین کارایی جذب نیتروژن در تیمار ۱۰۰ درصد ذرت + ۲۵ درصد سویا بدون مصرف کود با مقدار۰/۴کیلوگرم بر کیلوگرم مشاهده شد (شکل ۱) (جدول ۱).

ازآنجا که کارایی جذب نیتروژن تحت تأثیر پتانسیل گیاه در جذب نیتروژن و مورفولوژی و توسعهٔ سیستم ریشه‌ای گیاه قرار می‌گیرد [۱۱] و از طرف دیگر، گونه‌ای که از پتانسیل زیاد عملکرد و سرعت رشد بیشتری برخوردار است و زودتر به رسیدگی فیزیولوژیکی می‌رسد،

1. Land equivalent ratio (LER)

www.SID.ir

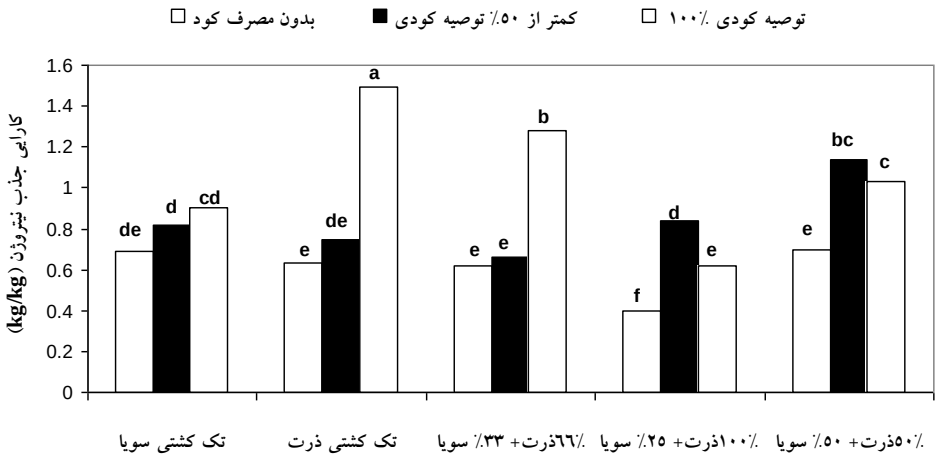
Archive of SID

کارایی جذب عناصر بیشتری دارد [۳۰]، طبیعی است که در این آزمایش، ذرت توانایی بیشتری در جذب نیتروژن از خاک نشان دهد و هرچه نسبت ذرت در مخلوط افزایش یابد، برداشت نیتروژن از خاک افزایش یافته است. به‌علاوه، لگوم‌هایی نظیر سویا به‌دلیل توانایی تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط باکتری‌های ریزوبیوم وابستگی کمی به نیتروژن معدنی خاک دارند و به‌جز در مراحل اولیهٔ رشد، به ذخیرهٔ نیتروژن خاک وابسته نیستند.

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس اثر سیستم کشت و نیتروژن بر صفات مورد ارزیابی

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات				
		کارایی جذب نیتروژن	کارایی بهره‌وری نیتروژن	کارایی مصرف نیتروژن	عملکرد دانه	نسبت برابری زمین
تکرار	۲	۰/۰۰۸^{ns}	۱۰۸/۰۷^{ns}	۸/۷۰^{ns}	۰/۳۶^{ns}	۰/۱۲^{ns}
سیستم کشت	۴	۰/۱۵۸**	۷۹۱/۱۵**	۲۲۶/۴۲**	۵۰/۸۸**	۰/۶۲*
نیتروژن	۲	۱/۱۸۰**	۱۵۷/۰۵^{ns}	۲۰۶۱/۵۵**	۰/۷۵*	۰/۰۷^{ns}
نیتروژن × سیستم کشت	۸	۰/۱۷۱**	۱۹۱/۹۶**	۶۴/۹۷**	۰/۵۷*	۰/۰۳^{ns}
خطای آزمایش	۲۸	۰/۰۲	۴۳/۸۱	۱۰/۸۱	۰/۲۲	۰/۰۴
ضریب تغییرات (٪)		۱۸/۲	۱۷/۸	۱۱/۵	۵/۹	۱۴/۸

**: سطح معناداری ۱ درصد *: سطح معناداری ۵ درصد ns: معنادار نیست.



شکل ۱. اثر متقابل نوع کشت و مقدار مصرف کود نیتروژن بر کارایی جذب نیتروژن

www.SID.ir

Archive of SID

ازآنجا که کارایی جذب نیتروژن تحت تأثیر پتانسیل گیاه در جذب نیتروژن و مورفولوژی و توسعهٔ سیستم ریشه‌ای گیاه قرار می‌گیرد [۱۱] 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 [۳۰]، طبیعی است که در این آزمایش، ذرت توانایی بیشتری در جذب نیتروژن از خاک نشان دهد و هرچه نسبت ذرت در مخلوط افزایش یابد، برداشت نیتروژن از خاک افزایش یافته است. به‌علاوه، لگوم‌هایی نظیر سویا به‌دلیل توانایی تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط باکتری‌های ریزوبیوم وابستگی کمی به نیتروژن معدنی خاک دارند و به‌جز در مراحل اولیهٔ رشد، به ذخیرهٔ نیتروژن خاک وابسته نیستند.

واکنش به مصرف نیتروژن در کشت خالص ذرت بیش از نظام‌های کشت مخلوط ذرت و سویاست، به‌طوری که مصرف ۱۰۰ درصد توصیهٔ کودی نیتروژن در ذرت خالص توانست کارایی جذب نیتروژن را نسبت به تیمار شاهد، ۱۳۶ درصد افزایش دهد (شکل ۱). با وجود این، در نظام‌های کشت مخلوط مورد آزمایش نیز با افزایش مصرف نیتروژن، کارایی جذب نیتروژن بهبود یافت.

افزایش مصرف نیتروژن در شرایط کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی، بیشتر می‌تواند بر کارایی جذب نیتروژن مؤثر باشد [۱۲]. نوع سیستم کشت بر مقدار جذب نیتروژن از خاک تأثیر داشت؛ اگرچه محتوای نیتروژن بافت‌های رویشی در نظام‌های کشت مخلوط و تک‌کشتی تفاوت معناداری نداشتند، محتوای نیتروژن دانهٔ آنها در بین نظام‌های مختلف کشت متفاوت بود [۲۶].

در تحقیق حاضر، کارایی جذب نیتروژن سویا در شرایط تک‌کشتی بیشتر از شرایط کشت مخلوط بود (شکل ۱). این نتیجه ناشی از آن است که در شرایط تک‌کشتی، سویا تنها مصرف‌کنندهٔ نیتروژن خاک است، درحالی که در شرایط کشت مخلوط، ذرت توانایی بالایی در جذب نیتروژن خاک از خود نشان می‌دهد.

در شرایط کشت مخلوط لگوم‌ها و غلات، گیاه لگوم وابستگی بیشتری به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن پیدا می‌کند تا به نیتروژن کودی و این پدیده به افزایش کارایی مصرف و بازیافت کود منجر می‌شود [۱۰]. در کشت مخلوط لگوم-غلات ازآنجا که قدرت رقابت غلات در جذب نیتروژن غیرآلی خاک بیشتر است، ناگزیر منبع اصلی نیتروژن برای بقولات تثبیت بیولوژیکی آن است [۱۳].

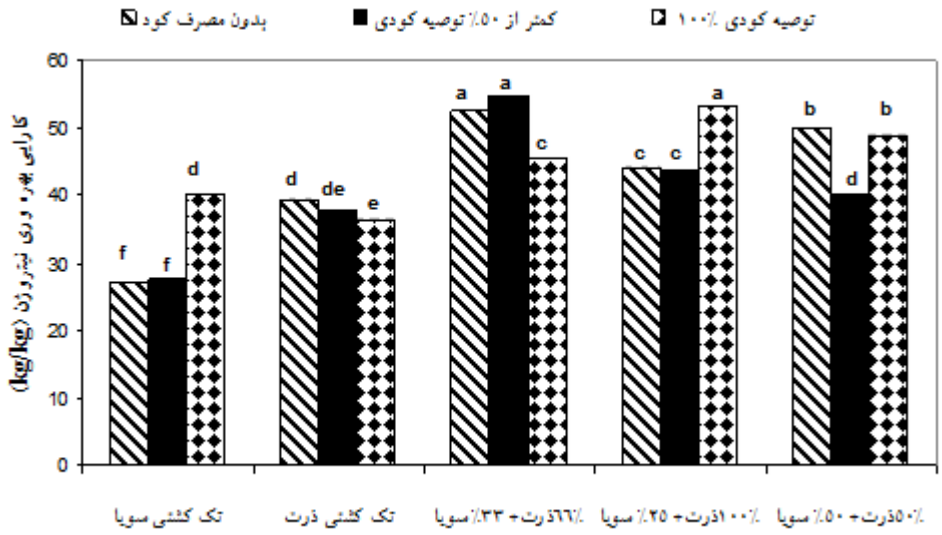
۲.۳. کارایی بهره‌وری نیتروژن

نوع سیستم کشت و اثر متقابل نیتروژن و سیستم کشت بر کارایی بهره‌وری نیتروژن معنادار بود و بیشترین کارایی بهره‌وری نیتروژن (۵۴/۸ کیلوگرم بر کیلوگرم) در کشت مخلوط ذرت و سویا به نسبت ۶۶ و ۳۳ درصد در شرایط مصرف نیتروژن ۵۰ درصد توصیهٔ کودی به‌دست آمد که بیانگر برتری آشکار سیستم‌های کشت مخلوط بر کشت خالص است (شکل ۲) (جدول ۱).

کارایی بهره‌وری نیتروژن توانایی گیاه (سیستم کشت) را در استفاده از نیتروژن جذب‌شده برای تولید محصول اقتصادی نشان می‌دهد [۱۵] و 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 [۲۱]. به‌نظر می‌رسد وجود ذرت در کشت مخلوط عامل مؤثر در افزایش کارایی بهره‌وری نیتروژن مخلوط باشد. به‌نظر می‌رسد یکی از دلایل بروز این نتیجه آن است که ذرت به‌عنوان یک گیاه چهارکربنه سهم کمتری از نیتروژن جذب‌شده را صرف بازسازی آنزیم رابیسکو می‌کند، بنابراین کارایی نیتروژن جذب‌شده در اسیمیلاسیون مواد فتوسنتزی در آن بیشتر است. از این‌رو، مخلوط ذرت و سویا با نسبت ۶۶ و ۳۳ درصد چنین امکانی را برای استفاده مؤثرتر از نیتروژن فراهم آورده است.

www.SID.ir

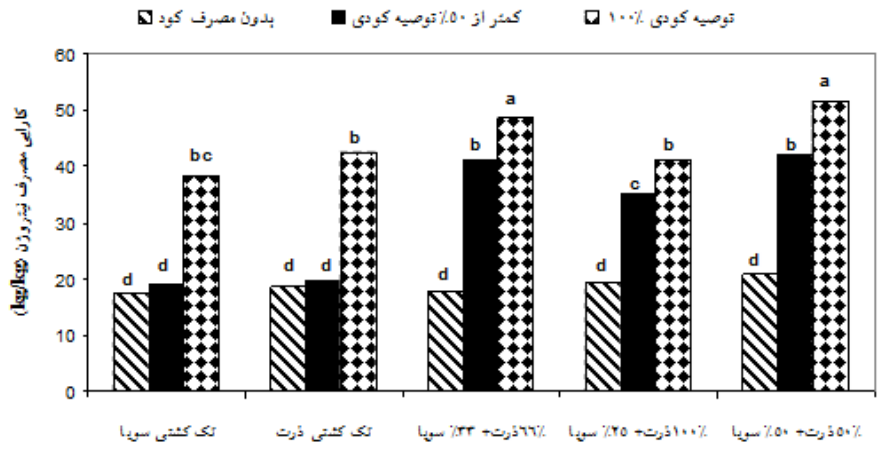
Archive of SID



شکل ۲. اثر متقابل نوع کشت و مقدار مصرف کود نیتروژن بر کارایی بهره‌وری نیتروژن

۳.۳. کارایی مصرف نیتروژن

نتایج آزمایش حاکی از آن است که نوع سیستم کشت و مقدار کود نیتروژن مصرفی و اثر متقابل آنها تأثیر معناداری بر کارایی مصرف نیتروژن داشت (جدول ۱). بیشترین کارایی مصرف نیتروژن در کشت مخلوط ۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا با مصرف ۱۰۰ درصد توصیهٔ کودی (۵۱/۶ کیلوگرم بر کیلوگرم) مشاهده شد، اگرچه اختلاف معناداری با مخلوط ذرت و سویا به‌نسبت ۶۶ و ۳۳ درصد در شرایط مصرف تمام نیتروژن توصیه‌شده نداشت (شکل ۳). کمترین مقدار کارایی مصرف نیتروژن نیز در کشت خالص سویا در شرایط عدم مصرف کود نیتروژنه (۱۷/۴ کیلوگرم بر کیلوگرم) به‌دست آمد (شکل ۳).



شکل ۳. اثر متقابل نوع کشت و مقدار مصرف کود نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن

www.SID.ir

Archive of SID

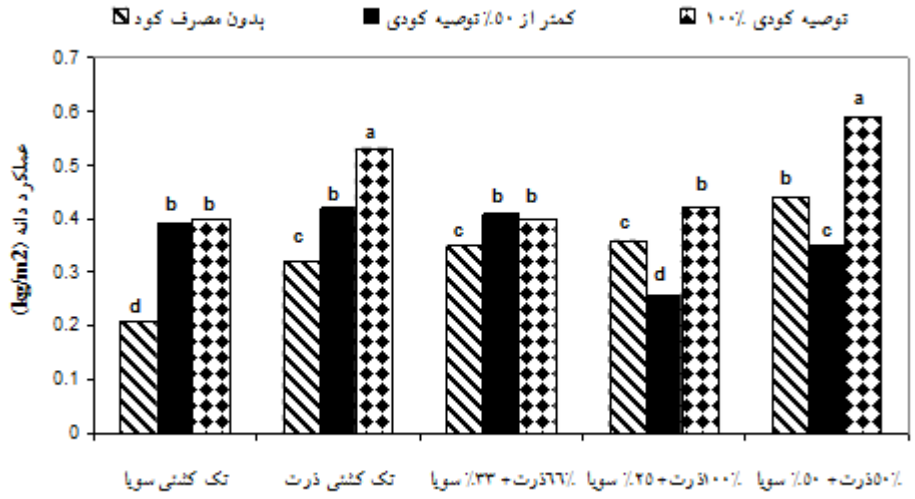
نتایج گویای آن است که در کشت خالص واکنش به مصرف نیتروژن کودی کمتر بود، درحالی‌که در کشت مخلوط ذرت و سویا به‌نسبت ۱:۱ و ۲:۱، کارایی مصرف نیتروژن بیش از دوبرابر (۱۳۱ درصد) افزایش یافت. از آنجاکه کارایی مصرف نیتروژن از حاصل ضرب دو مؤلفهٔ کارایی جذب نیتروژن و کارایی بهره‌وری نیتروژن تشکیل می‌شود، می‌توان با نگاهی به نتایج به‌دست‌آمده و ضریب همبستگی کارایی مصرف نیتروژن با کارایی بهره‌وری نیتروژن در سطح احتمال ۱ درصد (r = ۰/۷۹) به این نتیجه رسید که کارایی زیاد مصرف نیتروژن در تیمار مزبور ناشی از برتری کارایی بهره‌وری نیتروژن در این سیستم کشت است (شکل‌های ۱ و ۲).

بدون شک یکی از مهم‌ترین دلایل افزایش عملکرد مخلوط نسبت به تک‌کشتی، افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی در نظام‌های کشت مخلوط است [۲۶] و اغلب کشت لگوم‌ها همراه با غلات سبب تسهیل در جذب عناصر و افزایش کارایی آنها همچون نیتروژن و فسفر می‌شود [۳۰].

در ردیف‌های هم‌مرز ذرت و سویا در شرایط کشت مخلوط، افزایش ۲۶ درصدی عملکرد ذرت و کاهش ۲۷ درصدی عملکرد سویا مشاهده شد [۲۸]. این امر نشان می‌دهد که در کشت مخلوط ذرت و سویا، گیاه ذرت بهرهٔ بیشتری می‌برد. به‌طور مشابه با افزایش مصرف نیتروژن عملکرد دانهٔ ذرت در زراعت مخلوط ذرت و سویا افزایش یافت [۸].

۴.۳. عملکرد دانه

در آزمایش حاضر، عملکرد دانهٔ محصول، تحت تأثیر معنادار سیستم کشت در سطح احتمال ۱ درصد و مقدار نیتروژن مصرفی و اثر متقابل سیستم کشت و نیتروژن در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت. بیشترین و کمترین عملکرد اقتصادی به‌ترتیب در تیمار ۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا در شرایط مصرف ۱۰۰ درصد توصیهٔ کودی نیتروژن (۰/۵۹ کیلوگرم در مترمربع) و تیمار کشت خالص سویا در شرایط عدم مصرف نیتروژن (۰/۲۱ کیلوگرم در مترمربع) مشاهده شد (شکل ۴).



شکل ۴. اثر متقابل نوع کشت و مقدار مصرف کود نیتروژن بر عملکرد اقتصادی مخلوط ذرت و سویا

www.SID.ir

Archive of SID

در کشت مخلوط ذرت و سویا با نسبت ۵۰:۵۰، افزایش ۱۶ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار مصرف نیتروژن در حد توصیهٔ کودی مشاهده شد، ولی اختلاف دو تیمار معنادار نبود (شکل ۴). اگرچه عملکرد دانهٔ این دو تیمار اختلاف معناداری ندارد، بدون شک برتری کارایی مصرف نیتروژن در کشت مخلوط ذرت و سویا به‌نسبت ۵۰:۵۰ دلیل انتخاب این تیمار به‌عنوان تیمار برتر است.

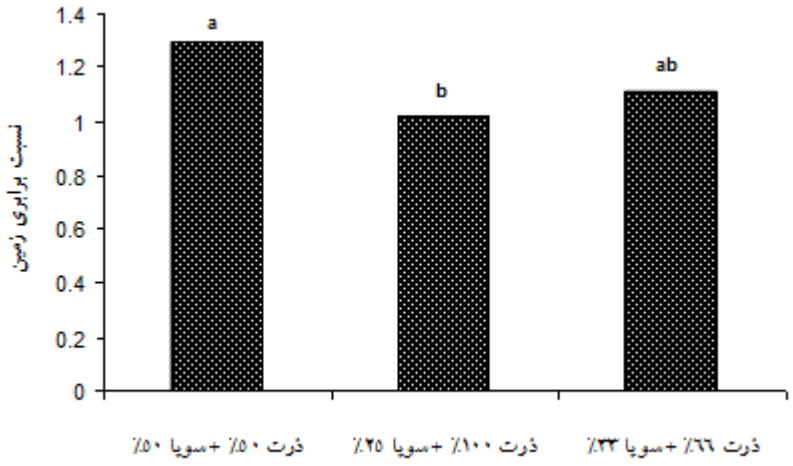
نتایج تحقیقات فراوانی به‌طور مشابه مؤید برتری عملکرد اقتصادی کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی است [۳۰] و بدون شک برتری عملکرد مخلوط نسبت به کشت خالص ناشی از افزایش کارایی مصرف نیتروژن، کارایی مصرف نور، کارایی مصرف آب و کاهش تلفات رطوبت است. نتایج به‌دست‌آمده از کارایی مصرف نیتروژن نیز گویای همین موضوع است (شکل ۳). موفق نبودن کشت مخلوط ۱۰۰ درصد ذرت + ۲۵ درصد سویا نیز ممکن است ناشی از افزایش تراکم بیش از ظرفیت محیطی و در نتیجه افزایش شدت رقابت بین‌گونه‌ای در این سیستم کشت مخلوط افزایشی باشد.

به‌طور مشابه، در آزمایش دیگری، عملکرد دانهٔ مجموع دو گیاه ذرت و لوبیا در مخلوط، با افزایش تراکم لوبیا در سیستم کشت نسبت به مقدار پیش‌بینی‌شده افزایش یافت و در نسبت ۵۰:۵۰ این دو گیاه به حداکثر رسید و پس از آن کاهش پیدا کرد [۵].

در تحقیق حاضر، با افزایش مصرف نیتروژن کارایی اقتصادی مخلوط افزایش یافت (شکل ۴). مانند نتایج این آزمایش، سایر محققان نیز مشاهده کردند که با افزایش مصرف نیتروژن، برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی هر یک افزایش یافت و در نتیجه نسبت برابری زمین (LER) بهبود یافت [۲۴ ، ۱۶]. همچنین مصرف نیتروژن در مخلوط لگوم – غلات بر دینامیک رقابت تأثیر می‌گذارد و اغلب توان رقابتی غلات به‌کاررفته در مخلوط افزایش می‌یابد [۱۸].

۵.۳. نسبت برابری زمین

با توجه به نتایج جدول تجزیهٔ واریانس، نوع کشت در سطح ۱ درصد تأثیر معناداری بر نسبت برابری زمین داشت، به‌طوری که بیشترین نسبت برابری زمین در تیمار ۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد سویا با مقدار ۱/۲۱ و کمترین آن مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد ذرت + ۲۵ درصد سویا با مقدار ۱/۰۲ بود (شکل ۵) (جدول ۱).



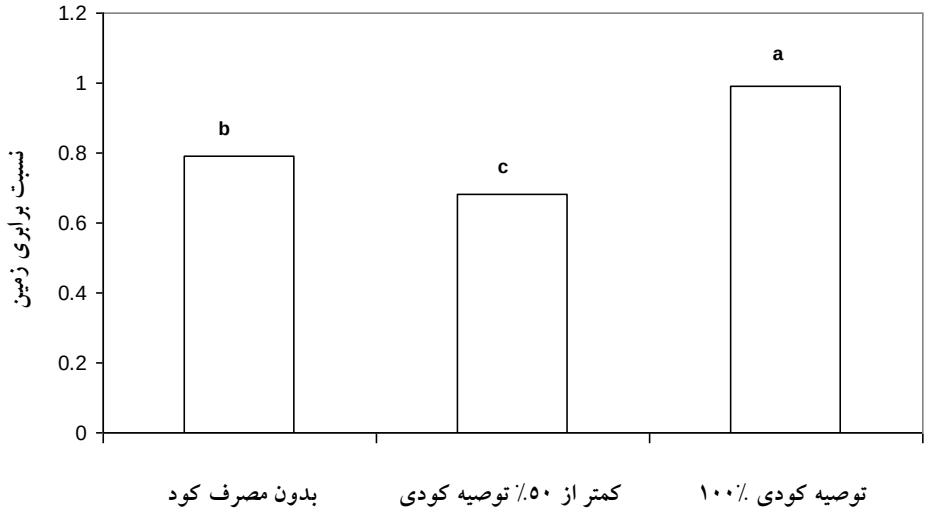
شکل ۵. اثر نوع سیستم کشت بر نسبت برابری زمین

www.SID.ir

Archive of SID

نسبت برابری زمین در کلیهٔ تیمارهای کشت مخلوط بزرگ‌تر از یک بود و این موضوع حاکی از مزیت کشت مخلوط به کشت خالص دو گونه است. وجود LER معادل ۱/۲۱ در مخلوط ۵۰:۵۰ ذرت و سویا گویای آن است که در سیستم تک‌کشتی، ۲۱ درصد زمین بیشتر برای رسیدن به عملکرد به‌دست‌آمده در مخلوط نیاز است. برتری این سیستم مخلوط نسبت به تک‌کشتی را می‌توان به کاهش رقابت درون‌گونه‌ای و تفاوت در شبکهٔ ریشه این گیاهان در استفادهٔ مطلوب از شرایط محیطی نسبت داد.

مقدار مصرف کود نیتروژن نیز بر این صفت اثر معناداری در سطح احتمال ۵ درصد داشت و بیشترین مقدار شاخص نسبت برابری زمین در شرایط حداکثر مصرف نیتروژن (مصرف ۱۰۰ درصد نیاز کودی) به‌دست آمد (شکل ۶). به‌نظر می‌رسد به‌موازات افزایش عملکرد مخلوط در سطوح بالای نیتروژن مصرفی مقدار LER نیز افزایش یافته است (شکل ۴). دیگر مطالعات نیز به‌طور مشابه به این نتیجه رسیدند که با زیاد شدن مقادیر نیتروژن مصرفی، مقدار LERافزایش می‌یابد [۲۴ ، ۷]. در تحقیقات درخصوص کشت مخلوط سورگوم و گونه‌ای از بقولات علوفه‌ای و کشت مخلوط ماشک و تریتیکاله نیز گزارش شد که ترکیب مساوی از هر دو گونه مخلوط، بیشترین نسبت برابری زمین را حاصل کرد [۲۳ ، ۴].



شکل ۶. اثر مقدار نیتروژن مصرفی بر نسبت برابری زمین

۴. نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج تحقیق حاضر نشان داد کارایی مصرف نیتروژن، عملکرد اقتصادی و نسبت برابری زمین در تیمارهای مختلف کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود. در آزمایش حاضر، عملکرد اقتصادی کشت مخلوط ذرت و سویا به‌نسبت ۵۰:۵۰ برابر کشت خالص ذرت در شرایط مصرف ۱۰۰ درصد توصیهٔ کودی بود، اما به‌دلیل اینکه در کشت مخلوط کارایی مصرف نیتروژن و نسبت برابری زمین بیشتر است، این سیستم کشت را می‌توان توصیه کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

۱. بهشتی ع، سلطانیان ب و صدرآبادی حقیقی ر (۱۳۸۹) بررسی اثر تراکم و نسبت‌های مختلف کشت بر عملکرد دانه و بیوماس در کشت مخلوط سورگوم دانه‌ای و لوبیا چیتی. پژوهش‌های زراعی ایران. ۸(۱): ۱۷۶-۱۶۷.

۲. پیرزاد ع، جوانشیر ع، آلیاری ه، مقدم م و شکیبا م (۱۳۸۱) رقابت در کشت‌های خالص و مخلوط ذرت و سویا به‌روش عکس عملکرد. علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۹(۳): ۱۰۰-۸۵.

۳. جوانشیر ع، دباغ محمدی نسب ع، حمیدی آ و قلی‌پور م (۱۳۷۹) اکولوژی کشت مخلوط (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۲۲ ص.

۴. شبیری س س، حبیبی د، کاشانی ع، پاک‌نژاد ف، جعفری ح و لامعی ج (۱۳۹۰) ارزیابی عملکرد و کیفیت علوفه در کشت خالص و مخلوط ماشک گل‌خوشه‌ای و تریتیکاله. علوم زراعی ایران. ۱۳(۲): ۲۸۱-۲۶۹.

۵. کوچکی ع، نجیب‌نیا س و للهگانی ب (۱۳۸۸) ارزیابی عملکرد زعفران (*Crocus sativus*) در کشت مخلوط با غلات، حبوبات و گیاهان دارویی. پژوهش‌های زراعی ایران. ۷(۱): ۱۸۴-۱۷۵.

۶. مظاهری د (۱۳۷۳) زراعت مخلوط. انتشارات دانشگاه تهران. ۲۶۲ ص.

۷. موسویان ن، لرزاده ش، ابراهیم‌پور ف و چعب ع (۱۳۸۹) تأثیر نیتروژن و نسبت اختلاط بر عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های مورفولوژیک ذرت و آفتابگردان در کشت مخلوط در شمال خوزستان. پژوهش‌های زراعی ایران. ۸(۴): ۷۱۶-۷۰۸.

۸. نبوی م و مظاهری د (۱۳۷۵) تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن در زراعت مخلوط ذرت و سویا. علوم کشاورزی ایران. ۹(۳): ۴۶۷-۴۵۵.

۹. نورمحمدی ق، سیادت ع و کاشانی ع (۱۳۷۷) زراعت جلد اول (غلات). انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز. ۴۴۶ ص.

10. Adu-Gyamfi JJ, Katayama K, Devi G, Rao TP and 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 no. 3: 453-468.

11. Barbieri PA, Echeverria HE and Sainz Rozas HR (2008) Nitrogen use efficiency in maize as affected by nitrogen available and row spacing. Agronomy Journal. 100: 1094-1100.

12. Bedoussac L and Justes E (2010) The efficiency of a durum wheat-winter pea intercrop to improve yield and wheat grain protein concentration depends on N availability during early growth. Plant Soil. 330: 19-35.

13. Carruthers K, Prithiviraj B, Fe Q, Cloutier D, Martin RC and Smith DL (2000) Intercropping corn with soybean, lupin and forages: yield component responses. European Journal of Agronomy. 12: 103-115.

14. Chen X, Zhou J, Wang X, Blackmer AM and Zhang F (2004) Optimal rates of nitrogen fertilization for a winter wheat-corn cropping system in Northern China. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 35: 583-597.

www.SID.ir

Archive of SID

15. Delogu G, Cattivelli L, Pecchioni N, Defalcis D, Maggiore T and Stanca AM (1998) Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. European Journal of Agronomy. 9: 11-20.

16. Ghosh PK, Mohanty M, Bandyopadhyay KK, Painuli DK and Misra AK (2006) Growth, competition, yields advantage and economics in soybean/pigeonpea intercropping system in semi-arid tropics of India II. Effect of nutrient management. Field Crops Research. 96: 90-97.

17. Ghanbari-Bonjar A (2000) Intercropped wheat and faba bean as a low-input forage. Ph.D. Thesis. Wye College, University of London.

18. Hauggaard-Nielsen H and Jensen ES (2001) Evaluating Pea and Barley cultivars for complementarity in intercropping at different levels of soil N availability. Field Crops Research. 72: 185-196.

19. Mahler RL, Koehler FE and Lutcher LK (1994) Nitrogen source, timing of application and placement: Effects on winter wheat production. Agronomy Journal. 86: 637-642.

20. Moll RH, Kamprath EJ and Jackson WA (1982) Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agronomy Journal. 74: 562-564.

21. Montemuro F, Maiorana M, Ferri D and 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.

22. Mucheru-Muna M, Pypers P, Mugendi D, Kung'u J, Mugwe J, Merckx R and Vanlauwe B (2010) A staggered maizelegume intercrop arrangement robustly increases crop yields and economic returns in the highlands of Central Kenya. Field Crops Research. 115: 132-139.

23. Osman AE and Osman AM (1982) Performance of mixtures of cereal and legume forage under Irrigation in the sudan.The Journal of Agricultural Science. 98: 17-22.

24. Palu R, Kalu BA, Norman JC and Adedzwa DK (1988) N and P fertilizer use in soybean and maize mixture. Agronomy and Crop Science. 160: 132-140.

25. Raun WR and Johnson GV (1991) Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agronomy Journal. 91: 357-363.

26. Szumigalski AR and Van Acker RC (2006) Nitrogen yield and land use efficiency in annual sole crops and intercrops. Agronomy Journal. 98: 1030-1040.

27. Wahua TA (1983) Nutrient uptake by intercropped maize and bean and concept of nutrient supplementation index (NSI). Experimental Agriculture. 19: 263-275.

28. West TD and Griffith DR (1992) Effect of strip-intercropping corn and soybean on yield and profit. Production Agriculture. 5: 107-110.

29. Weil Ray R and Macfaden ME (1991) Fertility and weed stress effects on performance of maize and soybean intercrop. Agronomy Journal. 63: 717-721.

30. Zhang F and 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