نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد پنجم، شماره اول، ۱۳۹٤
http://ejsms.gau.ac.ir

بهبود تغذیه ذرت علوفه‌ای با مصرف کود دامی و کشت مخلوط با گاودانه و لوبیا در یک خاک آهکی

*نصرت‌اله نجفی[۱] و مهدی مصطفایی[۲]

[۱]دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تبریز، [۲]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت: ۹۲/۷/۱٤ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۲/۱۱

چکیده

برای بررسی اثر کود دامی و کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) رقم سینگل‌کراس ۷۰٤ با گاودانه (*Vicia ervilia* L.) و لوبیا چیتی (*Vicia faba* L.) بر رشد و تغذیه ذرت آزمایشی در سال زراعی ۱۳۸۹ به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورها شامل نوع کشت در سطوح تک‌کشتی لوبیا چیتی، تک‌کشتی گاودانه، تک‌کشتی ذرت، کشت مخلوط ذرت با لوبیا چیتی و کشت مخلوط ذرت با گاودانه و کود دامی در سطوح ۰، ۳۰ و ٦۰ تن در هکتار بودند. در پایان دوره رشد، عملکرد علوفه خشک، غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم، آهن، روی، منگنز و مس شاخساره ذرت در تیمارهای مختلف تعیین گردید. نتایج نشان داد که غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس و منگنز شاخساره ذرت در کشت مخلوط ذرت با لوبیا به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از کشت خالص آن بود (به‌ترتیب ۱۱/۰، ۱۱/۰، ۹/٦، ٤/۳، ۱۷/۱، ٤۹/۸ و ۱/٦ درصد) در حالی‌که غلظت کلسیم، منیزیم و سدیم شاخساره ذرت در کشت مخلوط ذرت با لوبیا و گاودانه تفاوت معنی‌داری با کشت خالص آن نداشت. همچنین، غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس و منگنز شاخساره ذرت در کشت مخلوط ذرت با گاودانه به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از کشت خالص آن بود (به‌ترتیب ٦/۹، ۷/۸، ۱۱/۷، ٦/۲، ۱۳/٦، ۳۹/۵ و ٤/۸ درصد). اثر متقابل نوع کشت و کود دامی بر غلظت نیتروژن، کلسیم، منیزیم، سدیم، آهن، مس و روی شاخساره ذرت معنی‌دار نبود ولی اثر نوع کشت بر غلظت فسفر، پتاسیم و منگنز شاخساره ذرت بسته به سطح کود دامی مصرفی متفاوت بود. مصرف ٦۰ تن کود دامی در هکتار غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم، آهن، مس، روی و منگنز شاخساره ذرت را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد (به‌ترتیب ۱٦/۳، ۲۹/۱، ۳۷/۲، ۹۷/۷، ۱٦/۲، ۱۵/۵، ٤٦/۹، ۱۳٦/۹، ۲٦/۲ و ۲۸/٦ درصد). عملکرد علوفه خشک ذرت با مصرف کود دامی افزایش ولی با کشت مخلوط ذرت با لوبیا و گاودانه به‌طور معنی‌داری نسبت به کشت خالص آن کاهش یافت. به‌طورکلی، برای بهبود تغذیه گیاه ذرت و کیفیت علوفه آن، کشت مخلوط ذرت با لوبیا و کاربرد ٦۰ تن کود دامی در هکتار در منطقه مورد مطالعه و شرایط مشابه می‌تواند توصیه شود.

واژه‌های کلیدی: تغذیه گیاه، ذرت، کشت مخلوط، کود دامی، گاودانه، لوبیا

* مسئول مکاتبه: n-najafi@tabrizu.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

تغذیه گیاه نقش مهمی در بهبود عملکرد گیاهان زراعی دارد. از جمله عامل‌هایی که سبب توجه روزافزون به تغذیه گیاهان زراعی می‌شود می‌توان به محدودیت منابع خاک و آب، هزینه بیش‌تر کودهای غیرآلی، افزایش تقاضا برای غذا بر اثر افزایش جمعیت دنیا، نگرانی نسبت به آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف نامتعادل و زیاد کودهای شیمیایی و افزایش تقاضا برای غذای با کیفیت خوب بر اثر بهبود کیفیت زندگی مصرف‌کنندگان در سراسر دنیا اشاره کرد (فاجریا، ۲۰۰۹). در حال حاضر در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، حاصلخیزی ضعیف خاک، سطوح کم عناصر غذایی معدنی قابل‌استفاده گیاه در خاک، مدیریت نامناسب عناصر غذایی همراه با عدم وجود ژنوتیپ‌های گیاهی مقاوم به کمبود عناصر غذایی یا مسمومیت‌های آن‌ها مسایل عمده‌ای هستند که در عدم امنیت غذایی و سوء تغذیه انسان نقش دارند. حداقل ٦۰ درصد خاک‌های زراعی دارای مشکلات محدودکننده رشد به‌دلیل کمبودها و مسمومیت‌های عناصر غذایی معدنی هستند و در حدود ۵۰ درصد جمعیت جهان از کمبودهای عناصر غذایی کم‌مصرف رنج می‌برند (کاکماک، ۲۰۰۲). بنابراین، استفاده از راهبردهای مدیریتی برای حفظ حاصخیزی خاک در یک سطح مناسب و بدون زوال منابع خاک و آب مورد تأکید قرار گرفته است. در این راستا، یک راه، انتخاب روش کاشت مناسب برای گیاهان زراعی است که بر کمیت و کیفیت فرآورده‌های زراعی اثر قابل‌ملاحظه‌ای دارد (ماچادو، ۲۰۰۹؛ نجفی و همکاران، ۲۰۱۳). یکی از روش‌های کاشت گیاهان، کشت مخلوط است که در آن بیش از یک گیاه در یک قطعه زمین و در یک سال زراعی کشت می‌شود به‌طوری‌که یک گیاه در اکثر دوره رویش خود در مجاورت گیاه دیگر باشد. کشت مخلوط خطرپذیری تولید را کاهش می‌دهد زیرا در صورت از بین رفتن یک گیاه گیاه دیگر زنده می‌ماند (ماچادو، ۲۰۰۹؛ مظاهری، ۱۹۹۸). ترکیب غلات و لگوم یکی از معمول‌ترین انواع کشت مخلوط است و در مقایسه با تک‌کشتی آن‌ها موجب افزایش عملکرد دانه و ماده خشک می‌شود (فاجریا و همکاران، ۲۰۱۰). گونش و همکاران (۲۰۰۷) بیان داشتند که کشت مخلوط گندم با نخود و عدس سبب بهبود غلظت عناصر در دانه هر سه گیاه نام‌برده گردید. در تولید گیاهان علوفه‌ای، تلفیق گرامینه‌ها با لگوم‌ها سبب افزایش کیفیت علوفه می‌گردد (فاجریا و همکاران، ۲۰۱۰).

یکی از روش‌های بهبود حاصلخیزی خاک و حفظ محیط زیست مصرف کودهای آلی از جمله کود دامی است که با توجه به کمبود مواد آلی در خاک‌های ایران، علاوه‌بر افزایش ماده آلی خاک سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی، زیستی و شیمیایی خاک شده و در نتیجه فراهمی عناصر غذایی و رشد گیاه را بهبود می‌بخشد (سالاردینی، ۲۰۰۳؛ هاولین و همکاران، ۱۹۹۹). نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، مس و منگنز از عناصر ضروری برای تغذیه گیاه، انسان و دام می‌باشند. سدیم از عناصر مفید در تغذیه گیاهان و از عناصر ضروری برای تغذیه انسان و دام می‌باشد. بنابراین، وجود غلظتی مناسب از آن‌ها در گیاهان نه تنها برای رشد مطلوب گیاهان بلکه در زنجیره غذایی برای سلامتی انسان و دام اهمیت زیادی دارد (مارشنر، ۱۹۹۵؛ بردانیر و اتکینس، ۱۹۹۸). در این راستا، مصرف کود دامی به‌عنوان یک ماده آلی زاید صنعت دامپروری در خاک برای دست‌یابی به غلظت مناسب عناصر غذایی در گیاهان، افزایش تولید محصولات کشاورزی و بهداشت محیط زیست اهمیت دارد.

ذرت یکی از محصولات راهبردی کشور بوده و بعد از گندم و برنج سومین غله مهم جهان محسوب

Archive of SID

www.SID.ir

می‌شود. این گیاه یکی از مواد غذایی اصلی در مرغداری‌ها، دامداری‌ها و مزارع پرورش ماهی محسوب می‌شود. به‌علاوه، انسان نیز از دانه یا بلال آن تغذیه می‌کند. بنابراین، توسعه کشت ذرت و بهبود عملکرد و کیفیت آن از نظر تأمین غذای دام، طیور و انسان از اهمیت زیادی برخوردار است (فاجریا و همکاران، ۲۰۱۰). در ایران لوبیا در میان حبوبات از نظر سطح زیر کشت پس از نخود و عدس در جایگاه سوم و از نظر عملکرد پس از نخود در جایگاه دوم قرار دارد. این محصول با حدود ۲۲ درصد پروتئین، از نظر ارزش غذایی جایگزین خوبی برای پروتئین‌های حیوانی است (پارسا و باقری، ۲۰۰۸). گاودانه با نام علمی *Vicia ervilia* L. از گیاهان علوفه‌ای تیره بقولات و از نیامداران محسوب می‌شود. کشت این گیاه در شمال‌غرب و غرب ایران مرسوم است و از شاخساره و به‌ویژه دانه آن به‌عنوان مکمل پروتئینی در تغذیه حیوانات استفاده می‌شود (کریمی، ۱۹۹۶). با توجه به مطالب فوق و در راستای تولید محصولات ارگانیک و دست‌یابی به کشاورزی پایدار، این پژوهش برای بررسی اثر کشت مخلوط ذرت با لوبیا و گاودانه بر وضعیت تغذیه‌ای گیاه ذرت در سطوح مختلف کود دامی در شرایط مزرعه‌ای انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۸۹ و در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی خلعت‌پوشان دانشگاه تبریز انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار شامل نوع کشت در سطوح تک‌کشتی ذرت رقم سینگل‌کراس ۷۰٤ (*Zea mays* L.)، کشت مخلوط ذرت با لوبیا چیتی رقم تلاش (*Vicia faba* L.) و کشت مخلوط ذرت با گاودانه (*Vicia ervilia* L.) و کود دامی در سطوح ۰، ۳۰ و ٦۰ تن در هکتار بود. در انتخاب این سطوح از نتایج بررسی‌های نجفی و همکاران (۲۰۱۲ و ۲۰۱۳) استفاده شد. قبل از اجرای آزمایش، از خاک مزرعه نمونه مرکب خاک تهیه و بعد از هواخشک شدن، کوبیده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. سپس فسفر قابل‌جذب گیاه در خاک با عصاره‌گیر اولسن (اولسن و سامرز، ۱۹۸۲)، پتاسیم، سدیم، کلسیم و منیزیم قابل‌جذب با عصاره‌گیر استات آمونیم (نادسن و همکاران، ۱۹۸۲)، آهن، روی، مس و منگنز قابل‌جذب با عصاره‌گیر DTPA (لیندزی و نورول، ۱۹۷۸)، pH خاک در سوسپانسیون ۱:۱ آب به خاک (مکلین، ۱۹۸۲) و EC آن در عصاره اشباع (گوپتا، ۲۰۰۰)، بافت خاک به روش هیدرومتر با چهار قرائت (گی و اور، ۲۰۰۲)، کربن آلی خاک به‌روش اکسایش تر (نلسون و سامرز، ۱۹۸۲)، کربنات کلسیم معادل خاک به‌روش خنثی‌سازی با اسید و تیتر کردن با سود (ریچاردز، ۱۹٦۹) اندازه‌گیری شد. غلظت عناصر غذایی قابل‌جذب گیاه در کود دامی نیز به‌روش‌های در بالا ذکر شده تعیین شد. تعیین غلظت کل عناصر، pH و EC کود دامی براساس پیترز (۲۰۰۳) و تجزیه شیمیایی آب آبیاری براساس گوپتا (۲۰۰۰) انجام شد. تعداد کرت‌های آزمایشی ۲۷ عدد و مساحت هر کرت ۸ مترمربع بود. در هر کرت مخلوط و خالص، ٤ ردیف کاشت ذرت به طول ٤ متر و با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر وجود داشت. فاصله بین کرت‌های مجاور در یک بلوک یک متر و فاصله بین بلوک‌ها ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. نقشه طرح از طریق توزیع تصادفی تیمارها در هر بلوک و بین بلوک‌ها پیاده شد. تراکم مطلوب برای ذرت علوفه‌ای، لوبیا چیتی، گاودانه به‌ترتیب ۱۰، ٤۰ و ۱۰۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. فاصله بوته‌ها روی ردیف‌ها هم در تک‌کشتی و هم در کشت مخلوط برای ذرت، لوبیا و گاودانه به‌ترتیب ۲۰، ۱۰ و ۳ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. روش کشت مخلوط از

Archive of SID

www.SID.ir

نوع افزایشی کامل بود. در یک طرف هر پشته ذرت و در طرف دیگر آن لگوم کشت گردید. کاشت بذرها به‌صورت دستی انجام شد. قبل از کاشت و برای پیشگیری از بیماری‌های قارچی، بذرها با سم بنومیل، با غلظت سه در هزار ضدعفونی شدند. تاریخ کاشت اواخر اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۹ بود. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت انجام شد. آبیاری به‌صورت جوی و پشته هر هفته یک بار و به‌طور یکنواخت برای تمام کرت‌ها انجام شد. آب آبیاری مورد استفاده در آزمایشگاه تجزیه گردید (گوپتا، ۲۰۰۰) و نتایج در جدول ٤ ارایه شد. اولین وجین و تنک‌کاری در نیمه اول خرداد صورت گرفت. علف‌های هرز داخل کرت‌ها با دست حذف شدند. در راستای تولید محصولات سالم از سم‌پاشی تیمارها خودداری شد. برداشت ذرت در اواخر شهریورماه انجام شد. برای برداشت تیمارهای کشت مخلوط و خالص ذرت بعد از حذف ردیف‌های کناری و حاشیه‌ها دو ردیف وسطی (۳/٦ مترمربع) برداشت شدند و وزن تر علوفه ثبت شد. بعد از تعیین وزن تر علوفه، بوته‌ها در آون و در دمای ۷۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها تعیین شد. عملکرد زیستی از مجموع جرم دانه و سایر اندام‌های هوایی گیاه تعیین شد (یزدی-صمدی و همکاران، ۲۰۰۵). سپس نمونه‌ها خرد و آسیاب شدند و از الک ۰/۵ میلی‌متر عبور داده شدند و به روش اکسایش تر هضم شدند. در آب آبیاری و عصاره‌های خاک و گیاه، غلظت فسفر به روش وانادومولیبدوفسفریک اسید و با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل PD-303 ساخت شرکت Apel ژاپن، پتاسیم و سدیم با دستگاه فلیم‌فتومتر مدل ٤۱۰ ساخت شرکت Corning انگلستان و کلسیم، منیزیم، آهن، روی، مس و منگنز با دستگاه جذب اتمی مدل AA-6300 ساخت شرکت Shimadzu ژاپن تعیین شد. غلظت نیتروژن نمونه‌ها به روش کجلدال اندازه‌گیری شد (والینگ و همکاران، ۱۹۸۹). تحلیل آماری داده‌ها مانند آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها (با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد) با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در جدول ۱ و برخی ویژگی‌های شیمیایی کود دامی مورد استفاده در جدول‌های ۲ و ۳ ارایه شده است. خاک مزرعه قلیایی آهکی بود و بافت لوم رس شنی داشت. این خاک دارای کمبود نیتروژن و پتاسیم بود و وقتی خشک می‌شد در سطح آن سله تشکیل می‌شد و خیلی سفت می‌گردید. همچنین، خاک دارای ماده آلی بود (هزلتون و مورفی، ۲۰۰۷). بنابراین، افزایش مواد آلی چنین خاکی با توجه به کمبود مواد آلی آن و موارد ذکر شده اهمیت قابل‌ملاحظه‌ای داشت.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه.

بافت	شن	رس	CCE	OC	N کل	pH	EC_e	Na	K	P	Fe	Mn	Cu	Zn
	(درصد)					(۱:۱)	(دسی‌زیمنس بر متر)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)						
لوم رس شنی	٥٤	۲۲	۷/۵	۰/۹۸	۰/۰۸	۸/۱	۰/۵۱	۳٦/٦	۷٤/۳	۳٤	۳/۸	۵/۳	۰/۹	۲/۰

CCE: کربنات کلسیم (آهک) معادل، OC: کربن آلی، EC_e: قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- برخی ویژگی‌های شیمیایی کود دامی مورد استفاده.

$pH_{(1:2)}$ (v/v)	$EC_{(1:2)\ (v/v)}$ (دسی‌زیمنس بر متر)	ماده آلی	کربن آلی	نیتروژن	نسبت کربن به نیتروژن
		(درصد)			
۸/۵	۱۳/۵	۳۰/۷	۱۷/۸	۰/۹۵	۱۸/۷

جدول ۳- غلظت کل و قابل‌جذب برخی عناصر در کود دامی مورد استفاده.

	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
	(میلی‌گرم بر گرم)					(میلی‌گرم بر کیلوگرم)			
کل	۹/٦	۲۲/۵	۱۲/۸	۲۱/٤	٦/۹	۵۱٤۹	۳۸/۹	۱۰۱	۱۸۵
قابل‌جذب	۰/۸۷	۱۰/۸	۳/۵	۱/٤	۳/۲	۱۸۵۰	۳۳/۵	۲۷/۲	۱٤۸

جدول ٤- نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده.

عنصر	K	P	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	Na	pH	EC
	(میلی‌گرم بر لیتر)										(دسی‌زیمنس بر متر)
غلظت	٤/۳	۰/۰۵	٤۲/۰	۱۱/۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۳/۵	۷/٦	۰/٤

عملکرد زیستی ذرت: تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای اصلی کود دامی و نوع کشت بر عملکرد زیستی ذرت معنی‌دار ولی اثر متقابل کود دامی و نوع کشت بر آن غیرمعنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد زیستی ذرت با مصرف ۳۰ و ٦۰ تن کود دامی در هکتار نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ولی میان دو سطح ۳۰ و ٦۰ تن در هکتار تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ٦). به‌نظر می‌رسد افزایش عملکرد زیستی ذرت با مصرف کود دامی به افزایش ارتفاع بوته، افزایش فعالیت ریزجانداران و بهبود ساختمان خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک (سالاردینی، ۲۰۰۳)، افزایش عناصر غذایی قابل‌جذب گیاه در خاک (جدول‌های ۱، ۲ و ۳)، افزایش جذب عناصر غذایی به‌وسیله گیاهان (عزیز و همکاران، ۲۰۱۰؛ مگ‌بیز و آبو، ۲۰۱۰) و بهبود تغذیه گیاه (جدول‌های ٦ و ۸ و شکل‌های ۱ تا ۳) مربوط باشد؛ به‌طوری‌که ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته و عملکرد ذرت با جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف همبستگی‌های مثبت و معنی‌داری داشتند که نشان‌دهنده افزایش رشد و عملکرد ذرت بر اثر بهبود تغذیه آن بود.

جدول ۵- تجزیه واریانس تأثیر کود دامی و نوع کشت بر غلظت عناصر پرمصرف و سدیم شاخساره و عملکرد زیستی ذرت.

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		عملکرد زیستی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	سدیم	کلسیم	منیزیم
تکرار	۲	۳/۲*	٤/۳*	۰/۰۱**	٤/٤**	۰/۰۰۹ns	۰/۰۲ns	۵/۲ns
کود دامی	۲	۲/۷*	۱۳/۹**	۱/۰۵**	۱۲۸/۲**	۰/۰٦۷**	٤۳٦/۷**	۷۵۲/۳**
نوع کشت	۲	۱۰/٤**	٦/۸**	۱/۱۷**	۱٦/۸**	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰٦ns	۲٤/۷ns
کود دامی × نوع کشت	٤	۰/٤ns	۲/۸ns	۰/۰۲**	۳/۵*	۰/۰۰٤ns	۰/۰۰۳ns	۳/۵ns
خطای آزمایشی	۱٦	۰/۷	۱/۰۸۱	۰/۰۰۱	۰/۸۷۲	۰/۰۰۳	۰/۱٦۲	۱۱/۰
ضریب تغییرات (درصد)		۷/٤۵	٦/۳	۱/٤	٤/۰	٤/٦	۱/۹	۲/۷

* معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و ns غیرمعنی‌دار.

Archive of SID

www.SID.ir

رضایی‌نژاد و افیونی (۲۰۰۱) بیان نمودند که ماده آلی زیاد کود دامی می‌تواند باعث بهتر شدن ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و در نتیجه افزایش عملکرد گیاه ذرت گردد. شریها و هاتر (۱۹۹۳) گزارش کردند که بیش‌ترین عملکرد ذرت در کشت مخلوط با سویا با مصرف ٤۰ تن کود مرغی در هکتار حاصل شد. الورونیسمو و آیودیلت (۲۰۰۹) مشاهده کردند که در کشت مخلوط ذرت با تاج‌خروس، مصرف کود دامی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد خشک گیاه ذرت شد. یولچو و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی تأثیر کود گاوی بر کشت مخلوط جو و ماشک به این نتیجه رسیدند که کود گاوی باعث افزایش عملکرد علوفه گردید. پارسونز و همکاران (۲۰۰۹) و آچینگ و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که با مصرف کود دامی عملکرد ذرت علوفه‌ای افزایش یافت.

جدول ٦- مقایسه میانگین‌های غلظت عناصر پرمصرف و سدیم شاخساره و عملکرد زیستی ذرت در سطوح مختلف کود دامی و نوع کشت.

فاکتور	سطوح	عملکرد زیستی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	سدیم	کلسیم	منیزیم
		(تن در هکتار)	(میلی‌گرم در گرم)					
کود دامی (تن در هکتار)	۰	۱۰/٦^{b}	۱۵/۲۵^{c}	۲/۳۰^{c}	۱۹/۰۷^{c}	۱/۱۰^{c}	۱/۲۹^{c}	۱/۱۱^{c}
	۳۰	۱۱/۱^{ab}	۱٦/٦۵^{b}	۲/۵۳^{b}	۲٤/۸٤^{b}	۱/۱۹^{b}	۲/٤٤^{b}	۱/۲۳^{b}
	٦۰	۱۱/۷^{a}	۱۷/۷۳^{a}	۲/۹۷^{a}	۲٦/۱٦^{a}	۱/۲۷^{a}	۲/۵۵^{a}	۱/۲۹^{a}
نوع کشت	کشت خالص ذرت	۱۲/۳^{a}	۱۵/٦۱^{b}	۲/٤۵^{c}	۲۱/۸۰^{a}	۱/۱۹^{a}	۲/۰۹^{a}	۱/۲۰^{a}
	کشت مخلوط ذرت با گاودانه	۱۰/۳^{b}	۱٦/٦۹^{a}	۲/٦٤^{b}	۲٤/۳٦^{a}	۱/۲۰^{a}	۲/۱۰^{a}	۱/۱۹^{a}
	کشت مخلوط ذرت با لوبیا	۱۰/۸^{b}	۱۷/۳۲^{a}	۲/۷۲^{a}	۲۳/۹۰^{a}	۱/۱۸^{a}	۲/۱۱^{a}	۱/۲۳^{a}

در هر ستون و در هر فاکتور، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، با آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند (P≤۰/۰۵).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد زیستی ذرت در کشت مخلوط با گاودانه (۱٦ درصد) و لوبیا (۱۲ درصد) کاهش یافت (جدول ٦) که با نتایج جوانمرد (۲۰۰۹) مطابقت داشت. در کشت خالص ذرت، دو طرف هر پشته به عرض ۵۰ سانتی‌متر ذرت کشت گردید ولی در کشت مخلوط آن با لوبیا و گاودانه در یک طرف پشته ذرت و طرف دیگر آن لوبیا یا گاودانه کشت گردید. بنابراین، در کشت مخلوط هم‌زمان دو گیاه (ذرت و لوبیا یا ذرت و گاودانه) تولید می‌شود. در واقع، کاهش عملکرد زیستی ذرت به‌میزان ۲ تن در هکتار در کشت مخلوط با گاودانه با تولید ۲/۹ تن در هکتار (عملکرد زیستی) گاودانه همراه بود. به‌عبارت دیگر، مجموع عملکرد زیستی ذرت و گاودانه ۱۳/۷ تن در هکتار بود (جدول ۷). همچنین، کاهش عملکرد زیستی ذرت به‌میزان ۱/۵ تن در هکتار در کشت مخلوط با لوبیا با تولید ۷/۷ تن در هکتار (عملکرد زیستی) لوبیا همراه بود. به‌عبارت دیگر، مجموع عملکرد زیستی ذرت و لوبیا ۱۸/۵ تن در هکتار بود (جدول ۷). بنابراین، نباید کاهش عملکرد ذرت را یک ویژگی منفی برای کشت مخلوط در نظر گرفت چون مجموع عملکرد زیستی در کشت مخلوط از کشت خالص ذرت بیش‌تر بود. ناچیگرا و همکاران (۲۰۰۸) نتیجه گرفتند که در کشت مخلوط ذرت با سایر گیاهان، عملکرد ذرت به‌طور جزیی از تراکم گیاه همراه متأثر می‌شود. اوفوری و استرن (۱۹۸۷) با بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا به این نتیجه رسیدند که غلات در کشت‌های مخلوط در مقایسه با بقولات کاهش رشد و عملکرد کم‌تری از خود نشان می‌دهند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷- عملکرد زیستی کل (تن در هکتار) گیاهان در سه روش کشت مختلف (میانگین نسبت به سطوح کود دامی و تکرار).

ذرت	ذرت + لوبیا	ذرت + گاودانه
۱۲/۳	۱۸/۵	۱۳/۷

غلظت فسفر شاخساره ذرت: به‌طورکلی، از غلظت عنصر غذایی در شاخساره گیاه به‌عنوان یک شاخص برای شناسایی کمبود یا کفایت عنصر غذایی در طی دوره رشد گیاه زراعی استفاده می‌شود. همچنین، در مورد گیاهان علوفه‌ای مثل ذرت غلظت عنصر غذایی در آن برای ارزیابی کیفیت علوفه مصرفی در تغذیه دام و در نهایت در زنجیره غذایی در تغذیه انسان مورد استفاده قرار می‌گیرد. غلظت بالای عناصر غذایی مختلف در علوفه کیفیت آن را از نظر ارزش غذایی در تغذیه دام افزایش می‌دهد و به‌عنوان یک راه مناسب برای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز دام و انسان محسوب می‌شود (فاجریا، ۲۰۰۹).

تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای اصلی کود دامی و نوع کشت در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد بر غلظت فسفر شاخساره معنی‌دار بودند (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که غلظت فسفر شاخساره ذرت با مصرف ۳۰ و ٦۰ تن کود دامی در هکتار به‌ترتیب ۱۰/۰ و ۲۹/۱ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت و میان دو سطح کود دامی تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ٦) که با نتایج نجفی و همکاران (۲۰۱۳) در گیاه آفتابگردان مطابقت داشت. رضایی‌نژاد و افیونی (۲۰۰۱) گزارش دادند که مصرف کود دامی باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، افزایش فراهمی فسفر در خاک و در نتیجه افزایش عملکرد گیاه ذرت گردید. رسولی و مفتون (۲۰۱۰) مشاهده گردند که با مصرف کود دامی و کمپوست زباله شهری غلظت فسفر در شاخساره گندم نسبت به شاهد افزایش یافت.

افزایش جذب و غلظت فسفر در شاخساره ذرت با مصرف کود دامی را می‌توان به افزایش غلظت این عنصر در خاک و در نتیجه بهبود تغذیه گیاه نسبت داد چون طبق جدول‌های ۱ و ۳ غلظت فسفر در کود دامی بیش‌تر از خاک می‌باشد. افزودن مواد آلی به خاک باعث بهبود فراهمی فسفر و در نتیجه جذب آن به‌وسیله گیاه می‌شود (مارشنر، ۱۹۹۵؛ عزیز و همکاران، ۲۰۱۰). افزودن مواد آلی به خاک سبب افزایش پایداری خاکدانه‌ها، افزایش نفوذپذیری آب در خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، کاهش مقاومت خاک در مقابل نفوذ ریشه و بهبود تهویه خاک می‌شود که در نهایت رشد گیاه و جذب عناصر را افزایش می‌دهد (کارتر، ۲۰۰۲). همچنین، افزودن مواد آلی به خاک سبب افزایش ظرفیت بافری عناصر غذایی و کاهش pH خاک می‌گردد که در نهایت بر فراهمی عناصر برای ریشه گیاه اثر می‌گذارد (هاولین و همکاران، ۱۹۹۹). همچنین، پوسیدن کود دامی در خاک مقدار زیادی اسیدهای آلی مانند اسید کربنیک و اسید سیتریک آزاد می‌کند که قادرند فسفر موجود در ساختمان کانی‌های خاک را آزاد کرده و در اختیار گیاه قرار دهند (سالاردینی، ۲۰۰۳). مصرف مواد آلی در خاک سبب افزایش جمعیت ریزجانداران مفید شده و از این طریق نیز بر فراهمی و جذب فسفر به‌وسیله ریشه گیاه اثر می‌گذارد (مارشنر، ۱۹۹۵؛ فاجریا، ۲۰۰۹). همچنین، به‌نظر می‌رسد افزایش غلظت فسفر در شاخساره ذرت پس از مصرف کود دامی ناشی از آزادسازی فسفر بر اثر معدنی شدن فسفر آلی موجود در کود دامی و افزایش فسفر قابل‌جذب گیاه در خاک بر اثر کاهش تثبیت فسفر می‌باشد که دلایل آن عبارتند

Archive of SID

www.SID.ir

از (بردی و ویل، ۱۹۹۹؛ هاولین و همکاران، ۱۹۹۹): ۱) مولکول‌های بزرگ هومیک به سطح رس‌ها و ذرات اکسیدهای هیدراته فلزات چسبیده و روی مکان‌های تثبیت‌کننده فسفر را می‌پوشانند و مانع از واکنش این مکان‌ها با فسفات‌های موجود در محلول خاک می‌شوند؛ ۲) اسیدهای آلی تولید شده به‌وسیله ریشه گیاهان و تجزیه میکروبی مواد آلی برای جذب شدن روی سطوح رس‌ها و هیدروکسیدها با فسفات‌ها رقابت می‌کنند؛ ۳) اسیدهای آلی، با آهن و آلومینیوم کمپلکس‌های پایدار (کی‌لیت) تشکیل می‌دهند و مانع از واکنش این فلزات با یون‌های فسفر محلول خاک می‌شوند؛ ٤) با زیاد شدن ماده آلی خاک ممکن است میزان معدنی شدن فسفر آلی هم زیاد شود.

غلظت فسفر شاخساره ذرت در کشت مخلوط آن با گاودانه و لوبیا، به‌ترتیب ۷/۸ و ۱۱/۰ درصد نسبت به تک‌کشتی ذرت افزایش یافت. غلظت فسفر شاخساره ذرت در کشت مخلوط ذرت با لوبیا به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از کشت مخلوط ذرت با گاودانه بود (جدول ٦). عملکرد زیستی گاودانه و لوبیا در کشت مخلوط با ذرت به‌ترتیب ۲/۹ و ۷/۷ تن در هکتار بود. بنابراین، بیش‌تر بودن غلظت فسفر شاخساره ذرت در کشت مخلوط ذرت با لوبیا نسبت به گاودانه را می‌توان به رشد بیش‌تر لوبیا و بیش‌تر بودن حجم ریشه آن و در نتیجه بیش‌تر بودن میزان ترشحات آن نسبت داد که سبب افزایش فراهمی فسفر در خاک می‌شود (مارشنر، ۱۹۹۵). بیش‌ترین غلظت فسفر شاخساره (۳/۱ میلی‌گرم بر گرم) در کشت مخلوط ذرت با لوبیا و مصرف ٦۰ تن کود دامی در هکتار و کم‌ترین آن (۲/۱ میلی‌گرم بر گرم) در تک‌کشتی ذرت و بدون مصرف کود دامی بود (شکل ۱).

شکل ۱- اثر متقابل کود دامی و نوع کشت بر غلظت فسفر شاخساره ذرت.

غلظت فسفر شاخساره ذرت در تیمار شاهد (بدون مصرف کود دامی) در هر سه نوع کشت و در سطح ۳۰ تن کود دامی در هکتار فقط در تک‌کشتی ذرت از سطح بحرانی ۲/۵ میلی‌گرم بر گرم (ریوتر و رابینسون، ۲۰۰۸) کم‌تر بود و در سایر تیمارها بیش‌تر از سطح بحرانی بود. ژانگ و لی (۲۰۰۳) نتیجه گرفتند که اثر متقابل ریشه‌های دو گیاه ذرت و لوبیا در کشت مخلوط نقش مهمی در افزایش جذب فسفر دارد. آنان افزایش جذب فسفر به‌وسیله ذرت در کشت مخلوط آن با لوبیا را به افزایش فراهمی فسفر به‌وسیله ریشه

Archive of SID
www.SID.ir

لوبیا نسبت دادند که ممکن است به‌وسیله ریشه ذرت جذب شود. لی و همکاران (۲۰۰۵) مشاهده کردند که در کشت مخلوط باقلا و ذرت، باقلا از طریق تثبیت نیتروژن می‌تواند H^+ به محیط تراوش کند. اسیدی شدن ریزوسفر حل‌پذیری فسفر را در خاکی با pH بالا افزایش می‌دهد و در نتیجه جذب فسفر به‌وسیله ذرت افزایش می‌یابد. آینال و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که محیط ریزوسفر به‌وسیله ریشه‌های ذرت و بادام‌زمینی اصلاح می‌شود و سبب افزایش قابلیت جذب فسفر می‌شود. همچنین افزایش فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز در ریشه و خاک سبب افزایش جذب فسفر در کشت مخلوط می‌شود. ریشه گیاهان در شرایط کمبود فسفر آنزیم‌هایی مثل فسفاتاز و فیتاز (یون و کیپلر، ۲۰۰۱؛ لی و همکاران، ۱۹۹۷) و کربوکسیلات‌ها (نیومن و رومهلد، ۱۹۹۹؛ ونکلاس و همکاران، ۲۰۰۳) را ترشح می‌کنند که باعث افزایش حل‌پذیری و تحرک فسفر در خاک می‌شود (گوام و همکاران، ۲۰۰۱). افزایش ترشح آنزیم‌های فسفاتاز در شرایط کمبود فسفر در کشت مخلوط ذرت با لوپن (تادانو و همکاران، ۱۹۹۳؛ یون و کیپلر، ۲۰۰۱؛ واساکی و همکاران، ۲۰۰۳) و ذرت با نخود (لی و همکاران، ۲۰۰٤) گزارش شده است. هورست و واشچیس (۱۹۸۷) گزارش دادند که تغذیه فسفر گیاه گندم بر اثر کشت مخلوط آن با لوپین سفید در یک خاک مبتلا به کمبود فسفر بهبود یافت. آنان بیان داشتند که ریشه‌های خوشه‌ای لوپین سفید با ترشح اسید سیتریک و اسیدی کردن ریزوسفر فراهمی فسفر را بیش از مقدار مورد نیاز لوپین افزایش می‌دهند؛ در نتیجه، ریشه گندم نیز از فسفر متحرک شده استفاده می‌کند.

غلظت نیتروژن شاخساره ذرت: تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای اصلی کود دامی و نوع کشت در سطح احتمال ۱ درصد بر غلظت نیتروژن شاخساره معنی‌دار ولی اثر متقابل آن‌ها غیرمعنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که غلظت نیتروژن شاخساره با مصرف ۳۰ و ٦۰ تن کود دامی در هکتار به‌ترتیب ۹ و ۱٦/۳درصد نسبت به شاهد افزایش یافت و میان دو سطح کود دامی تفاوت معنی‌داری وجود داشت. افزایش فراهمی نیتروژن با مصرف کود دامی توسط رضایی‌نژاد و افیونی (۲۰۰۱) نیز گزارش شده است. افزایش جذب و غلظت نیتروژن در شاخساره ذرت با مصرف کود دامی را می‌توان به افزایش غلظت این عنصر در خاک نسبت داد چون طبق جدول‌های ۱ تا ۳ غلظت نیتروژن در کود دامی بیش‌تر از خاک می‌باشد. معدنی شدن مواد آلی و آزادسازی نیتروژن نیز در این افزایش نقش دارد (مارشنر، ۱۹۹۵؛ هاولین و همکاران، ۱۹۹۹؛ عزیز و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین غلظت نیتروژن شاخساره ذرت در همه تیمارهای مورد مطالعه از سطح بحرانی (۱۳/٤ میلی‌گرم بر گرم) (ریوتر و رابینسون، ۲۰۰۸) بیش‌تر بود.

غلظت نیتروژن شاخساره ذرت با تغییر نظام کشت از تک‌کشتی ذرت به کشت مخلوط آن با گاودانه و لوبیا، به‌ترتیب ٦/۹ و ۱۱/۰درصد افزایش یافت؛ این در حالی بود که از این نظر میان کشت مخلوط ذرت با لوبیا و کشت مخلوط ذرت با گاودانه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ٦). تثبیت نیتروژن جوّی به‌وسیله لگوم‌ها و انتقال آن به ذرت سبب افزایش نیتروژن قابل‌استفاده گیاه ذرت در خاک شده و در نتیجه غلظت نیتروژن در شاخساره ذرت در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی آن افزایش می‌یابد. سازوکارهای احتمالی انتقال نیتروژن از لگوم به غیرلگوم در کشت مخلوط عبارت از تراوش مستقیم، پوست‌اندازی گره‌ها و پوسیدگی ریشه‌ها، شستشوی

Archive of SID

www.SID.ir

برگی و تجزیه برگ‌های ریخته شده می‌باشد (آلن و ایبورا، ۱۹۸۳؛ اوفوری و استرن، ۱۹۸۷؛ مارشنر، ۱۹۹۵). بررسی‌ها نشان می‌دهند که نیتروژن تثبیت شده توسط لگوم‌ها در کشت مخلوط ممکن است در همان فصل زراعی در دسترس گیاه غیرلگوم همراه قرار گیرد و یا به‌عنوان نیتروژن باقی‌مانده برای محصول بعدی مفید باشد. هر دو نوع انتقال نیتروژن دارای اهمیت‌اند و می‌توانند هزینه تأمین نیتروژن نظام‌های مختلف کشت مخلوط با پایه لگوم را کاهش دهند (ویلی، ۱۹۷۹). حضور هیف‌های قارچ میکوریز در کشت مخلوط میزان انتقال نیتروژن تثبیت شده به‌وسیله گیاه لگوم به گیاه غیرلگوم را افزایش می‌دهد (مارشنر، ۱۹۹۵). با این حال، حامل و اسمیت (۱۹۹۲) مشاهده کردند که در شرایط مزرعه‌ای اثر قارچ میکوریز در انتقال مستقیم ^{15}N از سویا به ذرت در کشت مخلوط ناچیز است. موریس و همکاران (۱۹۹۰) گزارش دادند که در شرایط مزرعه‌ای ممکن است حدود ۱۰ درصد کل نیتروژن تثبیت شده به‌وسیله گیاه لگوم به گیاه غیرلگوم در کشت مخلوط منتقل شود. ژانگ و لی (۲۰۰۳) نتیجه گرفتند که اثر متقابل ریشه‌های دو گیاه ذرت و لوبیا در کشت مخلوط نقش مهمی در افزایش جذب نیتروژن دارد. آنان افزایش جذب نیتروژن به‌وسیله ذرت را به انتقال نیتروژن تثبیت شده به‌وسیله لوبیا به ذرت نسبت دادند. ررکاسم و ررکاسم (۱۹۸۸) گزارش دادند که کشت مخلوط ذرت با یک نوع لوبیا سبب افزایش جذب نیتروژن به‌وسیله ذرت و بهبود رشد آن گردید. به عقیده آنان اگر عامل دیگری مثل نور، دما، کمبود سایر عناصر غذایی و کم‌آبی محدودکننده رشد باشد، چنین اثر مثبتی با کشت مخلوط ممکن است مشاهده نشود. نتایج مشابهی به‌وسیله ایقلشام و همکاران (۱۹۸۱) و باندیوپادهایا و دی (۱۹۸٦) نیز گزارش شده است. لی و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که عملکرد و جذب نیتروژن در کشت‌های مخلوط گندم با سویا و ذرت به‌دلیل استفاده بهینه از منابع بیش‌تر از تک‌کشتی آن‌ها بود. مارشنر (۱۹۹۵) بیان داشت که کارایی تثبیت نیتروژن به‌وسیله لگوم‌ها در کشت مخلوط با گیاهان غیرلگوم نسبت به تک‌کشتی آن‌ها بیش‌تر است و یک دلیل برای آن سطوح کم‌تر نیتروژن معدنی خاک در کشت مخلوط می‌باشد. زومیگالسکی و وان- ایکر (۲۰۰٦) بیان داشتند که کشت مخلوط گندم- کلزا- نخود در مقایسه با کشت خالص کارایی مصرف عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن را به‌میزان زیادی افزایش داد. این افزایش نشان می‌دهد که گیاهان در کشت مخلوط برای جذب عناصر غذایی با یکدیگر رقابت نمی‌کنند. تسای و همکاران (۱۹۹۳) گزارش دادند که در تک‌کشتی ژنوتیپ‌های لوبیا، ۵/٦ تا ۲۱/۱ درصد نیتروژن از تثبیت همزیستی ممکن است تأمین شود در حالی‌که در کشت مخلوط آن‌ها با ذرت، ۱۸/۲ تا ٥٦/٦ درصد نیتروژن از تثبیت همزیستی ممکن است تأمین شود. به‌عبارت دیگر، کارایی تثبیت همزیستی نیتروژن به‌وسیله ژنوتیپ‌های لوبیا در کشت مخلوط آن‌ها با ذرت افزایش می‌یابد. کوچکی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش دادند که کشت مخلوط تأخیری گندم با ذرت سبب افزایش کارایی جذب و مصرف نیتروژن به‌وسیله دو گیاه نام‌برده گردید.

غلظت پتاسیم شاخساره ذرت: تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای اصلی کود دامی و نوع کشت در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد بر غلظت پتاسیم شاخساره ذرت معنی‌دار بودند (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که غلظت پتاسیم شاخساره ذرت با مصرف ۳۰ و ٦۰ تن کود دامی در هکتار به‌ترتیب ۳۰/۳ و ۳۷/۲ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت و بین دو سطح کود

Archive of SID

www.SID.ir

دامی نیز از نظر غلظت پتاسیم شاخساره ذرت تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ٦ و شکل ٢). این نتایج با گزارش‌های رضایی‌نژاد و افیونی (٢٠٠١) در ذرت، رسولی و مفتون (٢٠١٠) در گندم و نجفی و همکاران (٢٠١٣) در گیاه آفتابگردان مطابقت داشت. این افزایش را می‌توان به بیش‌تر بودن غلظت پتاسیم کود دامی نسبت به خاک (جدول‌های ١ و ٣) و افزایش فراهمی پتاسیم در خاک، کاهش pH خاک و انحلال کانی‌های پتاسیم‌دار، معدنی شدن مواد آلی و آزادسازی پتاسیم نسبت داد (هاولین و همکاران، ١٩٩٩). داس و همکاران (١٩٩١) بیان کردند که با مصرف کود دامی پتاسیم قابل‌جذب گیاه در خاک افزایش یافت.

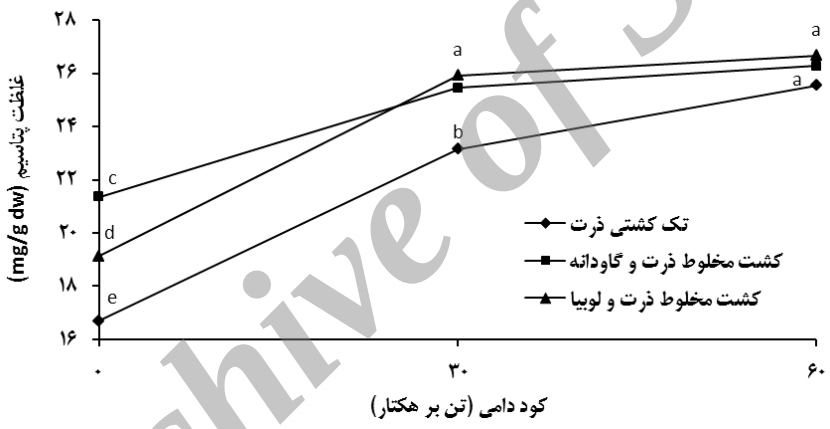
با تغییر نظام کشت از تک‌کشتی ذرت به کشت مخلوط آن با گاودانه و لوبیا، غلظت پتاسیم شاخساره ذرت به‌ترتیب ١١/٧ و ٩/٦ درصد افزایش یافت و از این نظر میان کشت مخلوط ذرت با لوبیا و کشت مخلوط ذرت با گاودانه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ٦). بیش‌ترین غلظت پتاسیم شاخساره (٢٦/٧ میلی‌گرم بر گرم) در کشت مخلوط ذرت با لوبیا و با مصرف ٦٠ تن کود دامی در هکتار به‌دست آمد هر چند که با برخی تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت. کم‌ترین غلظت پتاسیم شاخساره (١٦/٧ میلی‌گرم بر گرم) در تک‌کشتی ذرت و بدون مصرف کود دامی مشاهده گردید. اثر نوع کشت بر غلظت پتاسیم شاخساره ذرت بسته به سطح کود دامی مصرفی متفاوت بود (شکل ٢). در سطوح ٠ و ٣٠ تن کود دامی بر هکتار غلظت پتاسیم شاخساره ذرت در کشت مخلوط ذرت با لوبیا و گاودانه به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از کشت خالص آن بود که با نتایج آینال و همکاران (٢٠٠٧) مطابقت داشت ولی در سطح ٦٠ تن کود دامی بر هکتار غلظت پتاسیم شاخساره ذرت در کشت مخلوط ذرت با لوبیا و گاودانه تفاوت معنی‌داری با کشت خالص آن نداشت. عدم تأثیر نوع کشت بر غلظت پتاسیم شاخساره ذرت در سطح ٦٠ تن کود دامی بر هکتار ممکن است ناشی از زیادی غلظت این عنصر در خاک در این سطح کود دامی باشد (جدول‌های ١ و ٣). ترشحات ریشه گیاه شامل مخلوط پیچیده‌ای از اسیدهای آلی، دی‌اکسید کربن، پروتون، آنزیم‌های مختلف،کی‌لیت‌کننده‌ها، هیدروکسیل، بیکربنات، اسیدهای آمینه، فیتوسدروفورها، ویتامین‌ها، پورین‌ها، نوکلئوزیدها و سلول‌های ریزان ریشه می‌باشد. این ترشحات بر فراهمی و جذب عناصر به‌وسیله ریشه گیاه و در نتیجه بر تغذیه و رشد آن اثر مستقیم و غیرمستقیم دارند. ترکیب این ترشحات در گیاهان مختلف متفاوت بوده و یکی از دلایل متفاوت بودن کارایی جذب عناصر در گیاهان مختلف است (مارشنر، ١٩٩٥؛ کراولی و رنگل، ٢٠٠٢). در کشت مخلوط ترشحات ریشه دو گیاه باهم مخلوط شده و فراهمی عناصر در رایزوسفر افزایش می‌یابد. بنابراین، جذب عنصر به‌وسیله ریشه گیاه و انتقال آن به شاخساره افزایش یافته و غلظت پتاسیم در آن افزایش می‌یابد. به‌نظر می‌رسد یکی از دلایل افزایش غلظت پتاسیم شاخساره ذرت در کشت مخلوط ذرت با لوبیا و گاودانه نسبت به کشت خالص آن همین بهبود ویژگی‌های شیمیایی و زیستی رایزوسفر در کشت مخلوط است. با توجه به این‌که رشد و عملکرد لوبیا و گاودانه و در نتیجه میزان جذب پتاسیم به‌وسیله آن‌ها از ذرت کم‌تر است، در کشت مخلوط پتاسیم بیش‌تری برای ذرت فراهم می‌شود. در واقع، در شرایط نام‌برده سرعت رشد شاخساره ذرت از سرعت

Archive of SID

www.SID.ir

جذب و انتقال پتاسیم به شاخساره کم‌تر بوده است و بر اثر وقوع پدیده اثر تغلیظ غلظت پتاسیم افزایش یافته است (مارشنر، ۱۹۹۵). شکل ۲ نشان می‌دهد که اثر سطوح کود دامی بر غلظت پتاسیم شاخساره ذرت بسته به نوع کشت متفاوت بود. در کشت خالص ذرت میان دو سطح ۳۰ و ٦۰ تن بر هکتار کود دامی تفاوت معنی‌داری وجود داشت ولی این تفاوت در کشت مخلوط معنی‌دار نبود. به‌نظر می‌رسد یکی از دلایل این تفاوت بهبود فراهمی پتاسیم برای گیاه ذرت در کشت مخلوط است که شرح آن در بالا آمد.

سطح بحرانی غلظت پتاسیم شاخساره ذرت ۱۹ میلی‌گرم بر گرم گزارش شده است (ریوتر و رابینسون، ۲۰۰۸)؛ با توجه به این سطح، غلظت پتاسیم شاخساره ذرت فقط در تک‌کشتی ذرت و بدون مصرف کود دامی از سطح بحرانی کم‌تر بود و در سایر تیمارها کمبود پتاسیم وجود نداشت. این نتایج نشان می‌دهد که کشت مخلوط ذرت با لوبیا و گاودانه و مصرف کود دامی می‌تواند جایگزین مصرف کود شیمیایی پتاسیم گردد. همچنین، در صورت کشت خالص ذرت و عدم مصرف کود دامی لازم است مقداری کود شیمیایی پتاسیم مصرف گردد.



شکل ۲- اثر متقابل کود دامی و نوع کشت بر غلظت پتاسیم شاخساره ذرت.

غلظت کلسیم شاخساره ذرت: تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی کود دامی در سطح احتمال ۱ درصد بر غلظت کلسیم شاخساره معنی‌دار بود ولی اثر نوع کشت و اثر متقابل کود دامی و نوع کشت بر غلظت کلسیم شاخساره معنی‌دار نبودند (جدول ۵). به‌عبارت دیگر، غلظت کلسیم شاخساره ذرت در کشت مخلوط ذرت با لوبیا و گاودانه تفاوت معنی‌داری با کشت خالص آن نداشت. با توجه به آهکی و قلیایی بودن خاک (جدول ۱)، به‌نظر می‌رسد که این عدم تأثیر ناشی از زیادی غلظت کلسیم در خاک است به‌طوری‌که نوع کشت نتوانسته است اثر معنی‌داری بر غلظت آن داشته باشد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با مصرف ۳۰ و ٦۰ تن کود دامی در هکتار غلظت کلسیم شاخساره ذرت به‌ترتیب ۸۹/۱ و ۹۷/۷ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. غلظت کلسیم شاخساره ذرت با افزایش سطح کود دامی از ۳۰ به ٦۰ تن در هکتار به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیش‌ترین غلظت کلسیم شاخساره ذرت (۲/٦ میلی‌گرم بر گرم) در تیمارهای دارای ٦۰ تن کود دامی در هکتار بود (جدول ٦). داس و همکاران

Archive of SID
www.SID.ir

(۱۹۹۱) گزارش کردند که با مصرف کود دامی کلسیم قابل‌جذب گیاه در خاک افزایش یافت. سطح بحرانی غلظت کلسیم شاخساره ذرت ۲ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک گزارش شده است (ریوتر و رابینسون، ۲۰۰۸). با توجه به این سطح بحرانی، غلظت کلسیم شاخساره ذرت فقط در تیمارهای بدون کود دامی در سطح کمبود بود و در سایر تیمارها کمبود کلسیم وجود نداشت. با توجه به آهکی بودن خاک وجود کمبود کلسیم در شاخساره ذرت دور از انتظار بود. به‌نظر می‌رسد این کمبود یا ناشی از اثر آنتاگونیستی سایر یون‌ها با کلسیم مثل منیزیم می‌باشد یا این‌که نشان‌دهنده این است که سطح بحرانی تعیین شده برای غلظت کلسیم در شاخساره ذرت به‌وسیله ریوتر و رابینسون (۲۰۰۸) برای شرایط استرالیا بوده و لازم است تعیین این سطح بحرانی و واسنجی آن برای ایران هم انجام شود. همچنین، بخشی از این اختلاف می‌تواند ناشی از تغییر نوع رقم ذرت باشد.

غلظت منیزیم شاخساره ذرت: تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی کود دامی در سطح احتمال ۱ درصد بر غلظت منیزیم شاخساره معنی‌دار ولی تأثیر نوع کشت و اثر متقابل کود دامی و نوع کشت بر غلظت منیزیم شاخساره غیرمعنی‌دار بودند (جدول ۵). به‌عبارت دیگر، غلظت منیزیم شاخساره ذرت در کشت مخلوط ذرت با لوبیا و گاودانه تفاوت معنی‌داری با کشت خالص آن نداشت و دلیل آن در بخش کلسیم ذکر گردید.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با مصرف ۳۰ و ۶۰ تن کود دامی در هکتار غلظت منیزیم شاخساره ذرت به‌ترتیب ۱۰/۸ و ۱۶/۲ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت و میان دو سطح کود دامی تفاوت معنی‌داری وجود داشت. بیش‌ترین غلظت منیزیم شاخساره ذرت (۱/۳ میلی‌گرم بر گرم) در تیمارهای دارای ۶۰ تن کود دامی در هکتار بود (جدول ۶). غلظت منیزیم شاخساره ذرت در همه تیمارهای مورد مطالعه از سطح بحرانی ۱/۵ میلی‌گرم بر گرم (ریوتر و رابینسون، ۲۰۰۸) کم‌تر بود. بنابراین، در شرایط آزمایش لازم بود مقداری کود شیمیایی منیزیم مصرف می‌شد.

غلظت سدیم شاخساره ذرت: تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی کود دامی در سطح احتمال ۱ درصد بر غلظت سدیم شاخساره معنی‌دار بود ولی تأثیر نوع کشت و اثر متقابل کود دامی و نوع کشت بر غلظت سدیم شاخساره معنی‌دار نبودند (جدول ۵). به‌عبارت دیگر، غلظت سدیم شاخساره ذرت در کشت مخلوط ذرت با لوبیا و گاودانه تفاوت معنی‌داری با کشت خالص آن نداشت و دلیل آن در بخش کلسیم ذکر گردید.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با مصرف ۳۰ و ۶۰ تن کود دامی در هکتار غلظت سدیم شاخساره ذرت به‌ترتیب ۸/۱ و ۱۵/۵ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت و میان دو سطح کود دامی تفاوت معنی‌داری وجود داشت. بیش‌ترین غلظت سدیم شاخساره ذرت (۱/۳ میلی‌گرم بر گرم) در تیمارهای دارای ۶۰ تن کود دامی در هکتار بود (جدول ۶).

غلظت آهن شاخساره ذرت: تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای اصلی کود دامی و نوع کشت در سطح احتمال ۱ درصد بر غلظت آهن شاخساره معنی‌دار بودند ولی اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۸). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با مصرف ۳۰ و ۶۰ تن کود دامی در هکتار غلظت آهن شاخساره ذرت به‌ترتیب ۳۵/۸ و ۴۶/۹ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت و میان دو سطح کود دامی از این نظر تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۹). این نتایج با گزارش‌های رضایی‌نژاد و افیونی (۲۰۰۱) در ذرت، رسولی و مفتون (۲۰۱۰) در گندم و نجفی و همکاران (۲۰۱۲) در آفتابگردان مطابقت داشت.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۸- تجزیه واریانس تأثیر کود دامی و نوع کشت بر غلظت عناصر کم‌مصرف شاخساره ذرت.

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		آهن	مس	روی	منگنز
تکرار	۲	۳۰/۰*	۰/۰۶۹ns	۲/۵٤٦ns	۱۵/۸۲**
کود دامی	۲	۳۵٤۰**	۱٦/۳۰**	۸۵/۲٦**	٦٦۳/۸**
نوع کشت	۲	۸۹/۵**	٤/۲٦٤**	٤۱/۹۲**	۲٤/۵۱**
کود دامی × نوع کشت	٤	٤/۷۱٤ns	۰/۲۰۷ns	۲/۵۲۳ns	۵/۱۸۸**
خطای آزمایشی	۱٦	۵/٦۵۹	۰/۳۰۹	۱/۱۷۳	۰/۷۵٤
ضریب تغییرات (درصد)		۲/۳۰	۱٦/٤۱	٤/۱	۱/۲٦

* معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و ns غیرمعنی‌دار.

با توجه به جدول‌های ۱ تا ۳، افزایش غلظت آهن شاخساره ذرت با مصرف کود دامی را می‌توان به بیش‌تر بودن غلظت آهن کود دامی نسبت به خاک مربوط دانست. از طرف دیگر، به‌نظر می‌رسد با مصرف کود دامی غلظت ترکیبات کی‌لیت‌کننده، اسیدهای آلی و ترکیبات فنلی افزایش یافته و pH خاک کاهش می‌یابد که سبب افزایش فراهمی آهن در خاک می‌شود. همچنین، معدنی شدن مواد آلی و آزادسازی آهن موجود در آن‌ها سبب افزایش آهن قابل استفاده گیاه در خاک می‌شود (هاولین و همکاران، ۱۹۹۹). این عامل‌ها سبب می‌شوند که سرعت جذب و انتقال آهن به شاخساره از سرعت رشد شاخساره بیش‌تر باشد و در نتیجه غلظت آهن شاخساره افزایش یابد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با تغییر نظام کشت از تک‌کشتی ذرت به کشت مخلوط آن با گاودانه و لوبیا، غلظت آهن شاخساره ذرت به‌ترتیب ٦/۲ و ٤/۳ درصد افزایش یافت و از این نظر میان کشت مخلوط ذرت با لوبیا و کشت مخلوط ذرت با گاودانه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. به‌عبارت دیگر، غلظت آهن شاخساره ذرت در کشت مخلوط ذرت با لوبیا و گاودانه به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از کشت خالص آن بود (جدول ۹).

جدول ۹- مقایسه میانگین‌های غلظت عناصر کم‌مصرف شاخساره ذرت در سطوح مختلف کود دامی و نوع کشت.

فاکتور	سطوح	آهن	مس	روی	منگنز
		(میلی‌گرم در کیلوگرم)			
کود دامی (تن در هکتار)	۰	۸۰/۹۱c	۱/۹۵c	۲۳/٤۳c	۵۹/۵٦c
	۳۰	۱۰۹/۸۸b	۳/۵۸b	۲٦/۲٤b	۷۰/۰٦b
	٦۰	۱۱۸/۸٦a	٤/٦۲a	۲۹/۵۸a	۷٦/۵۸a
نوع کشت	کشت خالص ذرت	۹۹/۷۵b	۲/٦۱b	۲۳/۹۷b	٦۷/۲۸c
	کشت مخلوط ذرت با گاودانه	۱۰۵/۹۱a	۳/٦٤a	۲۷/۲۲a	۷۰/۵۳a
	کشت مخلوط ذرت با لوبیا	۱۰۳/۹۹a	۳/۹۱a	۲۸/۰٦a	٦۸/۳۹b

در هر ستون و هر فاکتور، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک، با آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند (P≤۰/۰۵).

Archive of SID

www.SID.ir

آینال و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که در کشت مخلوط، محیط ریزوسفر به‌وسیله ریشه‌های ذرت (از طریق آزادسازی فیتوسایدروفور از ریشه آن) و بادام‌زمینی (از طریق افزایش فعالیت آنزیم فریک ردوکتاز ریشه آن) اصلاح می‌شود و سبب افزایش فراهمی آهن در خاک می‌شود. بهبود تغذیه عناصر کم‌مصرف به‌ویژه آهن در کشت مخلوط بر اثر ترشح اسیدهای آلی، ترکیبات فنلی، فیتوسیدروفورها (مانند موجینئیک اسید)، ترکیبات احیاکننده آهن و ترکیبات کی‌لیت کننده به‌وسیله ریشه گیاهان موجود در کشت مخلوط به‌وسیله سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (رومهلد و مارشنر، ۱۹۸۳؛ براون و همکاران، ۱۹۹۱؛ رومهلد ۱۹۹۱؛ زو و همکاران، ۲۰۰٤؛ زو و ژانگ، ۲۰۱۱).

بیش‌ترین غلظت آهن شاخساره ذرت در تیمارهای دارای ٦۰ تن کود دامی در هکتار و کشت مخلوط ذرت با لوبیا و گاودانه بود (جدول ۹). یولچو و همکاران (۲۰۱۰) نتیجه گرفتند که مصرف کود گاوی در کشت مخلوط جو و ماشک سبب افزایش غلظت آهن در شاخساره آن‌ها شد. غلظت آهن شاخساره ذرت در همه تیمارهای مورد مطالعه از سطح بحرانی ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم (ریوتر و رابینسون، ۲۰۰۸) بیش‌تر بود. بنابراین، نیازی به مصرف کود شیمیایی آهن نبود.

غلظت مس شاخساره ذرت: تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای اصلی کود دامی و نوع کشت در سطح احتمال ۱ درصد بر غلظت مس شاخساره معنی‌دار بودند ولی اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۸). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با مصرف ۳۰ و ٦۰ تن کود دامی در هکتار غلظت مس شاخساره ذرت به‌ترتیب ۸۳/٦ و ۱۳٦/۹ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت و میان دو سطح کود دامی نیز تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۹). این نتایج با گزارش‌های رضایی‌نژاد و افیونی (۲۰۰۱) در ذرت، رسولی و مفتون (۲۰۱۰) در گندم و نجفی و همکاران (۲۰۱۲) در آفتابگردان مطابقت داشت.

غلظت مس شاخساره ذرت در کشت مخلوط آن با گاودانه ۳۹/۵ درصد و در کشت مخلوط با لوبیا ٤۹/۸ درصد بیش‌تر از غلظت آن در کشت خالص ذرت بود. این در حالی بود که غلظت مس شاخساره ذرت در کشت مخلوط آن با لوبیا تفاوت معنی‌داری با کشت مخلوط ذرت با گاودانه نداشت. غلظت مس شاخساره ذرت در تیمارهای دارای ٦۰ تن کود دامی در هکتار و کشت مخلوط ذرت با لوبیا و گاودانه بیش‌تر از سایر تیمارها بود (جدول ۹). یولچو و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که مصرف کود گاوی در کشت مخلوط جو و ماشک سبب افزایش غلظت مس در شاخساره آن‌ها شد. به‌طورکلی، غلظت مس شاخساره ذرت در کشت مخلوط ذرت با لوبیا و گاودانه به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از کشت خالص آن بود. به‌نظر می‌رسد دلایل این افزایش همان‌هایی است که قبلاً در مورد آهن ذکر گردید. غلظت مس شاخساره ذرت به‌جز در تیمارهای دارای ٦۰ تن کود دامی در هکتار و کشت مخلوط ذرت با لوبیا و گاودانه، در سایر تیمارها از سطح بحرانی ۲/۵ میلی‌گرم بر گرم (ریوتر و رابینسون، ۲۰۰۸) کم‌تر بود و کمبود این عنصر در شاخساره ذرت وجود داشت. این نتایج نشان می‌دهد که مصرف کود دامی و کشت مخلوط ذرت با لوبیا و گاودانه تغذیه مس گیاه ذرت را بهبود می‌بخشد. همچنین در صورت تک‌کشتی ذرت و عدم مصرف کود دامی لازم است مقداری کود شیمیایی مس نیز مصرف شود.

غلظت روی شاخساره ذرت: تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای اصلی کود دامی و نوع کشت در سطح

Archive of SID

www.SID.ir

احتمال ۵ درصد بر غلظت روی شاخساره ذرت معنی‌دار بودند ولی اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۸). مقایسه میانگین‌ها نشان داد با مصرف ۳۰ و ٦۰ تن کود دامی در هکتار غلظت روی شاخساره ذرت به‌ترتیب ۱۲/۰ و ۲٦/۲ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. غلظت روی شاخساره ذرت با افزایش سطح کود دامی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۹). این نتایج با گزارش‌های رسولی و مفتون (۲۰۱۰) در گندم و نجفی و همکاران (۲۰۱۲) در آفتابگردان مطابقت داشت.

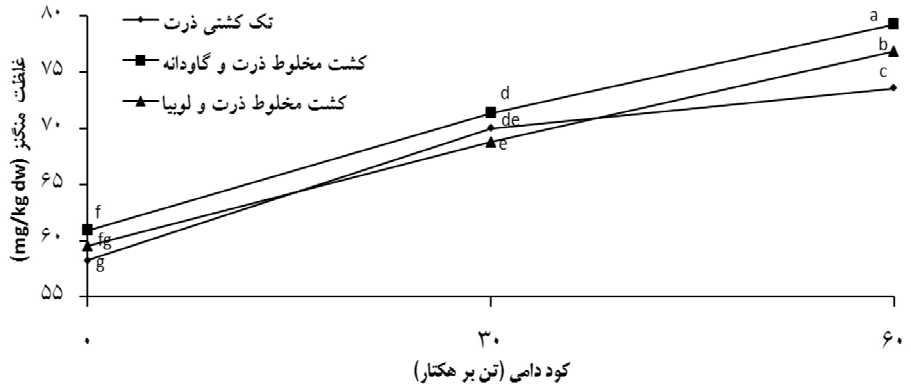
غلظت روی شاخساره ذرت در کشت مخلوط آن با گاودانه ۱۳/٦ درصد و در کشت مخلوط با لوبیا ۱۷/۱ درصد بیش‌تر از غلظت آن در کشت خالص ذرت بود. این در حالی بود که غلظت روی شاخساره ذرت در کشت مخلوط آن با لوبیا تفاوت معنی‌داری با کشت مخلوط ذرت با گاودانه نداشت. غلظت روی شاخساره ذرت در تیمارهای دارای ٦۰ تن کود دامی در هکتار و کشت مخلوط ذرت با لوبیا و گاودانه بیش‌تر از سایر تیمارها بود (جدول ۹). به‌طورکلی، غلظت روی شاخساره ذرت در کشت مخلوط ذرت با لوبیا و گاودانه به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از کشت خالص آن بود. به‌نظر می‌رسد دلایل این افزایش همان‌هایی است که قبلاً در مورد آهن ذکر گردید. آینال و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که محیط ریزوسفر به‌وسیله ریشه‌های ذرت و بادام‌زمینی اصلاح می‌شود و سبب افزایش روی قابل‌جذب گیاه در خاک می‌شود. غلظت روی شاخساره ذرت در همه تیمارهای مورد مطالعه از سطح بحرانی ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم (ریوتر و رابینسون، ۲۰۰۸) بیش‌تر بود و کمبودی از نظر این عنصر در شاخساره ذرت وجود نداشت.

غلظت منگنز شاخساره ذرت: تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای اصلی کود دامی و نوع کشت و اثر متقابل آن‌ها بر غلظت منگنز شاخساره ذرت معنی‌دار بودند (جدول ۸). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با مصرف ۳۰ و ٦۰ تن کود دامی در هکتار غلظت منگنز شاخساره ذرت به‌ترتیب ۱۷/٦ و ۲۸/٦ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. غلظت منگنز شاخساره ذرت با افزایش سطح کود دامی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۹). این نتایج با گزارش‌های رسولی و مفتون (۲۰۱۰) در گندم و نجفی و همکاران (۲۰۱۲) در آفتابگردان مطابقت داشت.

غلظت منگنز شاخساره ذرت در کشت مخلوط آن با گاودانه ٤/۸ درصد و در کشت مخلوط با لوبیا ۱/٦ درصد بیش‌تر از تک‌کشتی آن بود. غلظت منگنز شاخساره ذرت در کشت مخلوط آن با لوبیا تفاوت معنی‌داری با کشت مخلوط ذرت با گاودانه نداشت (جدول ۹). غلظت منگنز شاخساره ذرت در تیمارهای دارای ٦۰ تن کود دامی در هکتار و کشت مخلوط ذرت با لوبیا و گاودانه بیش‌تر از سایر تیمارها بود. بیش‌ترین غلظت منگنز شاخساره (۷۹/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در کشت مخلوط ذرت با گاودانه و با مصرف ٦۰ تن کود دامی در هکتار و کم‌ترین آن در تک‌کشتی ذرت و کشت مخلوط ذرت با لوبیا و بدون مصرف کود دامی (به‌ترتیب ۵۸/۲ و ۵۹/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (شکل ۳).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳- اثر متقابل کود دامی و نوع کشت بر غلظت منگنز شاخساره ذرت.

به‌طورکلی، غلظت منگنز شاخساره ذرت در کشت مخلوط ذرت با لوبیا و گاودانه به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از کشت خالص آن بود. به‌نظر می‌رسد دلایل این افزایش همان‌هایی است که قبلاً در مورد آهن ذکر گردید. آینال و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که محیط ریزوسفر با ترشحات ریشه‌های ذرت و بادام‌زمینی اصلاح می‌شود و سبب افزایش منگنز قابل‌جذب گیاه در خاک می‌شود. غلظت منگنز شاخساره ذرت در همه تیمارهای مورد مطالعه از سطح بحرانی ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم (ریوتر و رابینسون، ۲۰۰۸) بیش‌تر بود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که غلظت نیتروژن، فسفر، آهن، روی، مس و منگنز شاخساره ذرت در کشت مخلوط ذرت با لوبیا و گاودانه به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از کشت خالص آن بود در حالی‌که غلظت کلسیم، منیزیم و سدیم شاخساره ذرت در کشت مخلوط ذرت با لوبیا و گاودانه تفاوت معنی‌داری با کشت خالص آن نداشت. اثر متقابل نوع کشت و کود دامی بر غلظت نیتروژن، کلسیم، منیزیم، سدیم، آهن، مس و روی شاخساره ذرت معنی‌دار نبود ولی اثر نوع کشت بر غلظت فسفر، پتاسیم و منگنز شاخساره ذرت به سطح کود دامی مصرفی بستگی داشت. افزایش غلظت عناصر غذایی نام‌برده در شاخساره ذرت در کشت مخلوط آن با لوبیا و گاودانه نشان داد که احتمالاً گیاهان لوبیا و گاودانه بر سر جذب عناصر نام‌برده با ذرت در شرایط آزمایش رقابت نداشتند. اثر اصلی کود دامی بر غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم، آهن، مس، روی و منگنز شاخساره ذرت معنی‌دار بود و با مصرف ۳۰ و ۶۰ تن کود دامی در هکتار غلظت عناصر نام‌برده در شاخساره ذرت به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. نتایج این بررسی نشان داد که با مصرف کود دامی و کشت مخلوط ذرت با لوبیا و گاودانه نه تنها می‌توان کیفیت علوفه ذرت را از نظر غلظت‌های عناصر غذایی بهبود بخشید بلکه می‌توان مصرف کودهای شیمیایی مختلف را در تولید ذرت علوفه‌ای کاهش داد. در نتیجه، در راستای کشاورزی پایدار و تولید محصولات سالم حرکت کرد و از آلودگی محیط زیست جلوگیری نمود. به‌طورکلی، برای بهبود تغذیه گیاه ذرت و کیفیت علوفه آن، کشت مخلوط ذرت با لوبیا و کاربرد ۶۰ تن کود دامی در هکتار در منطقه مورد مطالعه و شرایط مشابه می‌تواند توصیه شود.

Archive of SID
www.SID.ir

منابع

1.Achieng, J.O., Ouma, G., Odhiambo, G., and Muyekho, F. 2010. Effect of farmyard manure and inorganic fertilizers on maize production on Alfisols and Ultisols in Kakamega, Western Kenya. Agric. Biol. J. North Amer. 1: 430-439.

2.Allen, J.R., and Ebura, P.K. 1983. Yield of corn, cowpea and soybean under different intercropping systems. Agron. J. 75: 1005-1009.

3.Aziz, T., Ullah, S., Sattar, A., Nasim, M., Farooq, M., and Mujtabakhan, M. 2010. Nutrient availability and maize *(Zea mays* L.) growth in soil amended with organic manure. Res. J. Agric. Biol. 12: 621-624.

4.Bandyopadhyay, S.K., and De, R. 1986. Nitrogen relationships and residual effects of intercropping sorghum with legumes. J. Agric. Sci. 107: 629-632.

5.Berdanier, C.D., and Atkins, T.K. 1998. Advanced Nutrition. CRC Press, Boca Raton, Fl. USA.

6.Brady, N.C., and Weil, R.R. 2002. The Nature and Properties of Soils. 13th Ed. Prentice-Hall, New Jersey, USA.

7.Brown, J.C., Jolley, V.D., and Lytle, C.M. 1991. Comparative evaluation of iron solubilizing substances (phytosiderophores) released by oats and corn: iron-efficient and iron-inefficient plants. Plant and Soil. 30: 157-163.

8.Cakmak, I. 2002. Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. Developments in Plant and Soil Sciences. 92: 4-7.

9.Carter, M.R. 2002. Soil quality for sustainable land management: Organic matter and aggregation interactions that maintain soil function. Agron. J. 94: 38-47.

10.Das, M., Singh, B.P., and Prasad, R.N. 1991. Response of maize (*Zea mays* L.) to phosphorus-enriched manures grown in P-deficient Alfisols on terraced land in Meghalaya. Ind. J. Agric. Sci. 61: 383-388.

11.Eaglesham, A.R.J., Ayanaba, A., Ranga Rao, V., and Eskew, D.L. 1981. Improving the nitrogen nutrition of maize by intercropping with cowpea. Soil Biology and Biochemistry. 13: 169-171.

12.Fageria, N.K. 2009. The Use of Nutrients in Crop Plants. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Fl. USA.

13.Fageria, N.K., Baligar, V.C., and Jones, C.A. 2010. Growth and Mineral Nutrition of Field Crops. Third Ed. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Fl. USA.

14.Gaume, A., Machler, F., Leon, C.D., Narro, E., and Frossard, E. 2001. Low P-tolerance by maize genotypes: Significance of root growth, and organic acids and acid phosphatase root exudation. Plant and Soil. 228: 253-264.

15.Gee, G.W., and Or, D. 2002. Particle-size analysis, P 255-295. In: Dane, J.H. and Topp, G.C. (Eds). Methods of Soil Analysis. Part 4. Physical Methods. Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI. USA.

16.Gunes, A., Inal, A., Adak, M.S., Alpaslan, M., Bagei, E.G., Erol, T., and Pilbeam, D.J. 2007. Mineral nutrition of wheat, chickpea and lentil as affected by mixed cropping and soil moisture. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 78: 83-96.

17.Gupta, P.K. 2000. Soil, Plant, Water and Fertilizer Analysis. Agrobios, New Delhi, India.

18.Hamel, C., and Smith, D.L. 1992. Mycorrhizae-mediated ^{15}N transfer from soybean to corn in field-grown intercrops: Effect of component crop spatial relationships. Soil Biology and Biochemistry. 24: 499-501.

19.Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L., and Nelson, W.L. 1999. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. Sixth Ed. Prentice Hall, New Jersey, USA.

20.Hazelton, P.A., and Murphy, B.W. 2007. Interpreting soil test results: what do all the numbers mean? CSIRO Publishing, Collingwood, Australia.

21.Horst, W.J., and Waschkies, Ch. 1987. Phosphorus nutrition of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) in mixed culture with white lupin (*Lupinus albus* L.). J. Plant Nutr. Soil Sci. 150: 1-8.

Archive of SID

www.SID.ir

22.Inal, A., Gunes, A., Zhang, F., and Cakmak, I. 2007. Peanut/maize intercropping induced changes in rhizosphere and nutrient concentrations in shoots. Plant Physiology and Biochemistry. 20: 1-7.
23.Javanmard, A. 2009. Quantitative and qualitative evaluation of forage maize in intercropping with some legumes. Ph.D. Dissertation, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. (In Persian)
24.Karimi, H. 1996. Forage Crops Breeding and Cultivation. Tehran University Publications, Tehran, Iran. (In Persian)
25.Knudsen, D., Peterson, G.A., and Pratt, P.F. 1982. Lithium, sodium, and potassium, P 225-246. In: Page, A.L., Miller, R.H. and Keeny, D.R. (Eds). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI. USA.
26.Koocheki, A., Borumand Rezazadeh, Z., Nassiri Mahallati, M., and Khorramdel, S. 2013. Evaluation of nitrogen absorption and use efficiency in relay intercropping of winter wheat and maize. J. Iran. Field Crop Res. 10: 327-334.
27.Li, L., Sun, J., Zhang, F., Li, S.Y., and Rengel, Z. 2001. Wheat-maize or wheat-soybean strip intercropping. I. yield advantage and interspecific interactions on nutrients. Field Crops Research. 71: 123-137.
28.Li, M., Osaki, M., Rao, I.M., and Tadano, T. 1997. Secretion of phytase from the roots of several plant species under phosphorus deficient conditions. Plant and Soil. 195: 161-169.
29.Li, S.M., Li, L., Zhang, F.S., and Tang, C. 2004. Acid phosphatase role in chickpea/maize intercropping, Annals of Botany. 94: 1-7.
30.Li, W., Li, L., Sun, J., Guo, T., Zhang, F., Bao, X., Peng, A., and Tang, C. 2005. Effects of intercropping and nitrogen application on nitrate present in the profile of an Orthic Anthrosol in Northwest China. Agriculture, Ecosystem and Environment. 105: 483-491.
31.Lindsay, W.L., and Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Sci. Soc. Amer. J. 42: 421-428.
32.Machado, S. 2009. Does intercropping have a role in modern agriculture? J. Soil Water Cons. 64: 55-57.
33.Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Second ed. Academic Press, USA.
34.Mazaheri, D. 1998. Intercropping. Second Ed. Tehran University Publications, Tehran, Iran. (In Persian)
35.McLean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement, P 199-224. In: Page, A.L., Miller, R.H. and Keeny, D.R. (Eds). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI. USA.
36.Mgbeze, G.C., and Abu, Y. 2010. The effects of NPK and farmyard manure on the growth and development of the African yam bean (*Sphenostylis stenocarpa* Hochst ex. a rich). Afric. J. Biotechnol. 9: 6085-6090.
37.Morris, D.R., Weaver, R.W., Smith, G.R., and Rouquette, F.M. 1990. Nitrogen transfer from arrowleaf clover to ryegrass in field plantings. Plant and Soil. 128: 293-297.
38.Nachigera, G.M., Ledent, J.F., and Draye, X. 2008. Shoot and root competition in potato/maize intercropping: Effects on growth and yield. Environmental and Experimental Botany. 64: 180-188.
39.Najafi, N., Mardomi, S., and Oustan, S. 2012. Influence of waterlogging, sewage sludge and manure on the heavy metals concentrations in roots and shoots of sunflower in a loamy sand soil. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources-Water and Soil, Isfahan University of Technology. 15: 139-157. (In Persian)
40.Najafi, N., Mardomi, S., and Oustan, S. 2013. The effect of waterlogging, sewage sludge and manure on selected macronutrients and sodium uptake by sunflower plant in a loamy sand soil. J. Water Soil-Ferdowsi University of Mashhad. 26: 619-636. (In Persian)
41.Najafi, N., Mostafaei, M., Dabbagh, A., and Oustan, S. 2013. Effect of intercropping and farmyard manure on the growth, yield and protein concentration of corn, bean and bitter vetch. J. Sust. Agric. Prod. Sci. 23: 99-115. (In Persian)

Archive of SID
www.SID.ir

42.Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter, P 539-579. In: Page, A.L., Miller, R.H. and Keeny, D.R. (Eds). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI. USA.
43.Neumann, G., and Romheld, V. 1999. Root excretion of carboxylic acids and protons in phosphorus-deficient plants. Plant and Soil. 211: 121-130.
44.Ofori, F., and Stern, W.R. 1987. Cereal-legume intercropping system. Advances in Agronomy. 41: 41-90.
45.Olorunnismo, O.A., and Ayodelet, O.J. 2009. Effects of intercropping and fertilizer application on the yield and nutritive value of maize and amaranth forages in Nigeria. Grass and Forage Science. 64: 413-420.
46.Olsen, S.R., and Sommers, L.E. 1982. Phosphorus, P 403-430. In: Page, A.L., Miller, R.H. and Keeny, D.R. (Eds). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI. USA.
47.Parsa, M., and Bagheri, A.A. 2008. Grain Legumes. Jehad Daneshgahi Press, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian)
48.Parsons, D., Ramirez-Aviles, L., Cherney, J.H., Ketterings, Q.M., Blake, R.W., and Nicholson, C.F. 2009. Managing maize production in shifting cultivation milpa systems in Yucatan, through weed control and manure application. Agriculture, Ecosystems and Environment. 133: 123-134.
49.Peters, J. 2003. Recommended Methods of Manure Analysis. Cooperative Extension Publishing, University of Wisconsin, USA.
50.Rasouli, F., and Maftoun, M. 2010. Residual effects of two organic matters with or without nitrogen on growth and chemical composition of wheat and some soil chemical properties. J. Water Soil-Ferdowsi University of Mashhad. 24: 262-273. (In Persian)
51.Rerkasem, K., and Rerkasem, B. 1988. Yields and nitrogen nutrition of intercropped maize and ricebean. Plant and Soil. 108: 151-162.
52.Reuter, D.J., and Robinson, J.B. 2008. Plant Analysis: An Interpretation Manual. Second ed. CSIRO Publishing, Australia.
53.Rezaenejad, Y., and Afyuni, M. 2001. Effect of organic matter on soil chemical properties and corn yield and elemental uptake. J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour. Water Soil. Isfahan University of Technology. 4: 19-29. (In Persian)
54.Richards, L.A. 1969. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. US Salinity Laboratory Staff, Agricultural Handbook No. 60, USDA.
55.Römheld, V. 1991. The role of phytosiderophores in acquisition of iron and other micronutrients in graminaceous species: An ecological approach. Plant and Soil. 130: 127-134.
56.Römheld, V., and Marschner, H. 1983. Mechanisms of iron uptake by peanut plants I. Fe^{3+} reduction, chelate splitting and release of phenolics. Plant Physiology. 71: 949-954.
57.Salardini, A.A. 2003. Soil Fertility. Tehran University Publications, Tehran, Iran. (In Persian)
58.Sharaiha, R.K., and Hattar, B. 1993. Intercropping and poultry manure effects on yields of corn, watermelon and soybean grown in a calcareous soil in the Jordan valley. J. Agron. Crop Sci. 171: 260-267.
59.Szumigalski, A.R., and Van Acker, R.C. 2006. Nitrogen yield and land use efficiency in annual sole crops and intercrops. Agron. J. 98: 1030-1040.
60.Tadano, T., Ozawa, K., Sakai, H., Osaki, M., and Matsui, H. 1993. Secretion of acid phosphatase by the roots of crop plants under phosphorus deficient conditions and some properties of the enzyme secreted by lupin roots. Plant and Soil. 155: 95-98.
61.Tsai, S.M., Da Silva, P.M., Cabezas, W.L., and Bonetti, R. 1993. Variability in nitrogen fixation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropped with maize. Plant and Soil. 152: 93-101.
62.Veneklaas, E.J., Stevens, J., Cawthray, G.R., Turner, S., Grigg, A.M., and Lambers, H. 2003. Chickpea and white lupin rhizosphere carboxylates vary with soil properties and enhance phosphorus uptake. Plant and Soil. 248: 187-197.

Archive of SID

www.SID.ir

63. Waling, I., Vark, W.V., Houba, V.J.G., and Van der lee, J.J. 1989. Soil and Plant Analysis, A Series of Syllabi. Part 7. Plant Analysis Procedures, Wageningen Agriculture University, the Netherland.
64. Wasaki, J., Yamamura, T., Shinano, T., and Osaki, M. 2003. Secreted acid phosphatase is expressed in cluster lupin in response to phosphorus deficiency. Plant and Soil. 248: 129-136.
65. Willey, R.W. 1979. Intercropping: Its importance and research needs. Part I. Competition and yield advantages. Field Crop Abstracts. 32: 1-10.
66. Yazdi-Samadi, B., Mazaheri, D., Valizadeh, M., Rezaei, A., Vojdani, P., Koocheki, A., and Abd-Mishani, C. 2005. A Dictionary of Agriculture and Natural Resources. Vol. 1: Crop Production and Breeding. Tehran University Press, Tehran.
67. Yolcu, H., Gunes, A., Dasci, M., Turan, M., and Serin, Y. 2010. The effects of solid, liquid and combined cattle manure applications on the yield, quality and mineral contents of common vetch and barley intercropping mixture. Ekoloji. 19: 71-81.
68. Yun, S.J., and Kaeppler, S.M. 2001. Induction of maize acid phosphatase activities under phosphorus starvation. Plant and Soil. 237: 109-115.
69. Zhang, F.S., and Li, L. 2003. Using competitive and facilitative interaction in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient- use efficiency. Plant and Soil. 248: 305-312.
70. Zuo, Y., and Zhang, F. 2011. Soil and crop management strategies to prevent iron deficiency in crops. Plant and Soil. 339: 83-95.
71. Zuo, Y., Liu, Y., Zhang, F., and Christie, P. 2004. A study on the improvement iron nutrition of peanut intercropping with maize on nitrogen fixation at early stages of growth of peanut on a calcareous soil. Soil Science and Plant Nutrition. 50: 1071-1078.

Archive of SID

www.SID.ir

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 5(1), 2015
http://ejsms.gau.ac.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Improvement of corn plant nutrition by farmyard manure application and intercropping with Bean and bitter vetch in a calcareous soil

***N. Najafi[1] and M. Mostafae[2]**
[1]Associate Prof., Dept. of Soil Science and Engineering, University of Tabriz,
[2]M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science and Engineering, University of Tabriz
Received: 10/06/2013; Accepted: 03/02/2014

Abstract

In order to study the effect of intercropping of corn (*Zea mays* L.) with bean (*Vicia faba* L.) and bitter vetch (*Vicia ervilia* L.) and farmyard manure (FYM) on corn nutrition, a factorial experiment was carried out on the basis of randomized complete blocks design with three replications during the 2010 growing season. The factors were types of intercropping systems at levels of sole corn, bean+corn and bitter vetch+corn and FYM at levels of 0, 30 and 60 tons per hectare. At the end of growth period, dry forage yield and concentrations of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), sodium (Na), iron (Fe), copper (Cu), manganese (Mn) and zinc (Zn) of corn shoot were determined in different treatments. The results showed that intercropping of corn with bean increased significantly concentrations of N, P, K, Fe, Zn, Cu and Mn of corn shoot compared to the sole corn (11.0, 11.0, 9.6, 4.3, 17.1, 49.8 and 1.6%, respectively), while it had no significant effect on concentrations of Ca, Mg and Na of corn shoot. Also, intercropping of corn with bitter vetch increased significantly concentrations of N, P, K, Fe, Zn, Cu and Mn of corn shoot compared to the sole corn (6.9, 7.8, 11.7, 6.2, 13.6, 39.5 and 4.8%, respectively). The interactive effects of cultivation type and FYM on concentrations of N, Ca, Mg, Na, Fe, Zn and Cu of corn shoot were not significant but the effects of cultivation type on concentrations of P, K and Mn of corn shoot were dependent on the level of FYM application. Application of 60 tons FYM per hectare increased significantly concentrations of N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Cu and Mn of corn shoot compared to the control (16.3, 29.1, 37.2, 97.7, 16.2, 15.5, 46.9, 136.9, 26.2 and 28.6%, respectively). Corn shoot dry yield increased by application of FYM, while decreased by corn intercropping with bean and bitter vetch. In general, the intercropping of corn with bean and application of FYM at the rate of 60 tons per hectare can be recommended for improving corn nutrition and its forage quality in the study area and similar conditions.

Keywords: Bean, Bitter vetch, Corn, Intercropping, Manure, Plant nutrition

* Corresponding Authors; Email: n-najafi@tabrizu.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir