Archive of SID

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 10، شماره 2، تابستان 1397، ص. 564-547

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.2, Summer 2018, p. 547-564

تأثیر الگوی کشت و ورمی‌کمپوست بر تغییرات عناصر غذایی خاک در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.)، بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) و گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.)

مهدیه رجایی[1]، مهدی دهمرده[2*]، عیسی خمری[3] و بهروز کشته‌گر[4]

تاریخ دریافت: 1395/11/20
تاریخ پذیرش: 1396/02/16

رجایی، م، دهمرده، م.، خمری، ع.، و کشته‌گر، ب. 1397. تأثیر الگوی کشت و ورمی‌کمپوست بر تغییرات عناصر غذایی خاک در کشت مخلوط ذرت(*Zea mays* L.) ، بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) و گاوزبان اروپایی(*Borago officinalis* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، 10(2): 564-547.

چکیده

به‌منظور بررسی و تعیین اثر الگوی کشت و ورمی‌کمپوست بر تغییرات عناصر غذایی در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.)، بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) و گاوزبان اروپایی(*Borago officinalis* L.)، آزمایشی در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل در سال زراعی 94-1393 به‌صورت کرت‌های شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل ورمی‌کمپوست به‌عنوان عامل اصلی در سه سطح؛ عدم کاربرد کود، 2/5 و 5 تن در هکتار و الگوهای کشت به‌عنوان عامل فرعی در نه سطح شامل؛ کشت خالص ذرت، بادام زمینی و گاوزبان اروپایی، 40 درصد ذرت + 30 درصد بادام زمینی + 30 درصد گاوزبان،50 درصد ذرت + 25 درصد بادام زمینی + 25 درصد گاوزبان،60 درصد ذرت + 20 درصد بادام زمینی + 20 درصد گاوزبان، 100 درصد ذرت + 50 درصد بادام زمینی + 50 درصد گاوزبان، 100 درصد ذرت + 75 درصد بادام زمینی + 25 درصد گاوزبان و 100 درصد ذرت + 25 درصد بادام زمینی + 75 درصد گاوزبان بود. نتایج نشان داد بیشترین مقدار کربن خاک در کشت مخلوط در الگوی کاشت 100 درصد ذرت + 50 درصد بادام زمینی + 50 درصد گاوزبان و کاربرد 5 تن ورمی کمپوست در هکتار به میزان (0/41 درصد) و کمترین مقدار کربن خاک در الگوی کشت 60 درصد ذرت + 20 درصد بادام زمینی + 20 درصد گاوزبان و عدم مصرف ورمی‌کمپوست به‌دست آمد. افزایش نسبت اختلاط گاوزبان در الگوی کشت موجب کاهش مقدار سدیم خاک و افزایش درصد بادام زمینی در کشت مخلوط منجر به افزایش مقدار فسفر خاک گردید. تأثیر الگوهای کشت مخلوط در افزایش میزان رطوبت حجمی خاک به میزان 20/78 درصد و تشعشع فعال فتوسنتزی 77/17 درصد قابل توجه بود. بیشترین مقدار عملکرد ذرت (17/3 تن در هکتار) در الگوی مخلوط 100 درصد ذرت + 25 درصد بادام زمینی + 75 درصد گاوزبان و بیشترین عملکرد بادام زمینی (15/5 تن در هکتار) در الگوی مخلوط 100 درصد ذرت + 75 درصد بادام زمینی + 25 درصد گاوزبان به‌دست آمد. نسبت برابری زمین در همه الگوهای مخلوط بیشتر از یک بود و بیشترین میزان نسبت برابری زمین در الگوی کشت مخلوط 100 درصد ذرت + 75 درصد بادام زمینی + 25 درصد گاوزبان و مصرف 5 تن استفاده ورمی‌کمپوست در هکتار به‌دست آمد که نشان‌دهنده سودمندی کشت مخلوط نسبت به تک-کشتی بود.

واژه‌های کلیدی: تشعشع فعال فتوسنتزی، عملکرد اقتصادی، کربن خاک، نسبت برابری زمین

مقدمه

طراحی الگوهای کاشت در پایدارسازی اکوسیستم‌های کشاورزی و بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها کاربرد دارد. در طراحی الگوهای کاشت باید سیستم مورد طراحی از جنبه‌های اکولوژیک، پتانسیل تولید، انطباق فرهنگی با دانش بومی و نیازمندی‌های منطقه‌ای و تضمین سود اقتصادی مورد تحلیل قرار گیرد تا اطلاعات اولیه برای طراحی و

1، 2، 3 و 4- به‌ترتیب دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، دانشیار، استادیار،گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و استادیار، گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: (Email: dahmard@gmail.com
DOI: 10.22067/jag.v10i2.62071

www.SID.ir

Archive of SID

آزمون الگوهای برتر فراهم شود (Kamkar et al., 2011). در مرحله بعد، مدیریت یک بوم‌نظام در کشاورزی پایدار مستلزم ایجاد تغییراتی در نظام‌های رایج کشاورزی شامل افزایش کارایی مصرف نهاده‌ها، جایگزینی نهاده‌های تجدیدناپذیر و زیان‌بار با نهاده‌ها و عملیات بوم-سازگار و در نهایت طراحی مجدد نظام‌های کشاورزی بر اساس اصول بوم‌شناختی می‌باشد. کشت مخلوط یکی از مؤلفه‌های کشاورزی پایدار محسوب می‌گردد که ضمن افزایش تنوع بوم‌شناختی و اقتصادی، باعث افزایش عملکرد در واحد سطح، افزایش ثبات نظام و تغذیه مطلوب‌تر انسان و دام می‌شود (Zhang & Li, 2003). در نظام‌های رایج کاشت مستمر گیاهان و استفاده از ذخایر غذایی خاک بدون جایگزین مناسب باعث کاهش توان تولیدی و عناصر غذایی خاک شده است (Malakouti, 1997) در نتیجه برای حل این مشکل استفاده از کودهای آلی در راستای کشاورزی پایدار توصیه می‌شود (Mirzaei et al., 2009; Jeybal & Kupposwany, 2001). با توجه به این‌که ثبات در آینده تولید محصول به‌شدت وابسته به بهبود شرایط حاصلخیزی خاک از طریق اعمال مدیریت‌های مبتنی بر روش-های بی‌خطر از نظر محیطی خواهد بود (Singh et al., 2004). استفاده از کودهای آلی مانند ورمی‌کمپوست، کود حیوانی، کودهای زیستی نیتروژن و فسفردار در نظام‌های کشاورزی پایدار مورد توجه هستند. این کودها باعث اصلاح خصوصیات شیمیایی خاک از جمله افزایش کربن آلی، پتاسیم، کلسیم، فسفر و منیزیم قابل دسترس گیاه، ظرفیت نگهداری آب و همچنین خصوصیات بیولوژیک خاک می‌شوند (Berecz et al., 2005; Courtney & Mullen, 2008; Manivannan et al., 2009; Melero et al., 2006; Odlare et al., 2008).

ورمی‌کمپوست به عنوان اصلاح‌کننده آلی خاک در بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان مؤثر است و دارای ویژگی‌های بسیاری مانند تخلخل زیاد، تهویه و زهکشی مناسب، قدرت جذب و نگهداری رطوبت، سطح جذب زیاد برای آب و مواد غذایی است (Claudio et al., 2009; Raja Sekar & Karmegam, 2010). همچنین وجود یک گراس همراه با یک لگوم در حفاظت خاک نقش مهمی را ایفا می‌کند (Gustave et al., 2008). از همین رو در سیستم مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) مقدار کربن آلی، نیتروژن، سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم خاک بعد از برداشت محصول تحت تأثیر سیستم کاشت قرار گرفت و افزایش و کاهش هر عنصر با توجه به درصد حضور گیاه در سیستم و تفاوت ساختار مورفولوژیکی دو گیاه متغیر بود (Rajaii & Dahmardeh., 2014)، همچنین نتایج مدل‌سازی کشت مخلوط چای‌ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) و ماش (*Vigna radiata* L.) بر اساس درصدهای مختلف گیاهان نشان داد که افزایش میزان سطح زیر کشت چای ترش، اثر منفی بر خواص خاک داشته و نیز افزایش سطح زیر کشت ماش نسبت به چای ترش اثر مثبت بر مقدار نیتروژن و کربن داشت (Dahmardeh & Hodiani, 2016). جذب بیشتر عناصر غذایی از جمله فسفر در کشت مخلوط ذرت و لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) (Chowdhury & Rosario, 1994) (*Cicer arietinum* L.)، پتاسیم در کشت مخلوط ذرت و نخود (Dalal, 1974)، پتاسیم و فسفر در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) (Dahmardeh et al., 2010) توسط محققین گزارش شده است. در مقایسه با تک‌کشتی کشت مخلوط با استفاده بهینه از آب، عناصر غذایی و انرژی خورشید، عملکرد محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Li et al., 2004; Zhang et al., 2003). برتری عملکرد در کشت مخلوط ممکن است در اثر تلفیقی از عوامل مختلف همچون استفاده بهتر از رطوبت خاک، نور و عناصر غذایی باشد و وجود اختلاف در ساختار ریشه، توزیع کانوپی و احتیاجات غذایی گیاهان در کشت مخلوط علت این کارآمدی است (Pandita et al., 2000). با توجه به اهمیت الگوی کشت مناسب و تعیین سیستم تغذیه بهینه در سیستم‌های کشاورزی، هدف از این تحقیق، ارزیابی تأثیر گیاهان مجاور هم (شامل گاوزبان، ....) و کوددهی بر تغییرات عناصر غذایی، افزایش کارایی استفاده از منابع محیطی و عملکرد گیاهان و در نهایت، معرفی بهترین الگوی کشت در صفات مورد بررسی بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور تعیین بهترین الگوی کشت و اثر ورمی‌کمپوست در کشت مخلوط ذرت، بادام زمینی و گاوزبان اروپایی آزمایشی در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل در سال زراعی 94-1393 (واقع در 35 کیلومتری جنوب شرق زابل با طول جغرافیایی 61 درجه و 41دقیقه شرقی و30 درجه و 54 دقیقه عرض شمالی و ارتفاع 481 متر از سطح دریا) انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای

www.SID.ir

Archive of SID

آزمایش شامل ورمی‌کمپوست به‌عنوان عامل اصلی در سه سطح؛ عدم کاربرد کود، 2/5 و 5 تن در هکتار و الگوی کشت بـه عنـوان عامـل فرعی در 9 سطح شامل؛ کشت خالص ذرت، بادام زمینی و گاوزبـان اروپـایی، 40 درصـد ذرت + 30 درصـد بـادام زمینـی + 30 درصـد گاوزبـان،50 درصـد ذرت + 25 درصـد بـادام زمینـی + 25 درصـد گاوزبان،60 درصد ذرت + 20 درصد بادام زمینی + 20 درصد گاوزبان، 100 درصد ذرت + 50 درصد بادام زمینی + 50 درصد گاوزبان، 100 درصد ذرت + 75 درصد بادام زمینـی + 25 درصـد گاوزبـان و 100 درصد ذرت + 25 درصد بادام زمینی + 75 درصد گاوزبان بود. عملیات کاشت سه گیاه به‌صورت همزمان در اواخر اسفند ماه بر روی 6 ردیف با طول 3 متر و فاصله 50 سانتی‌متر انجام شد. فاصله بوتـه‌هـا روی ردیف کاشت با توجه به درصد اختلاط گیاه و نوع سـری افزایشـی و جایگزینی در مخلوط تعیین شد. ورمی‌کمپوست همزمـان بـا کاشـت روی ردیف‌ها به‌صورت نواری با خاک مخلوط گردید. تمام تیمارها به‌صورت یک ردیف ذرت، یک ردیف بادام زمینی و یک ردیف گاوزبان کشت شدند. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی با توجه به نیاز گیاهان انجام شد. در طول دوره رشد از هیچ گونه ماده شیمیایی از جمله کودها و سموم استفاده نشد و جهت کنتـرل علـف‌های هرز وجین دستی در چند مرحله انجام شد. ارقام مورد استفاده در این آزمایش ذرت سینگل کراس 260 با دوره رشد 105 تـا 115 روز، بادام زمینی رقم گلی با دوره رشد 210-180 روز و گاوزبان اروپایی با دوره رشد 110- 100روز بود. جهت محاسبه عملکرد پس از حذف اثر حاشیه و نیم متر از ابتدا و انتهـای هـر کـرت برداشـت ذرت و بـادام زمینی در یک مرحله و گاوزبان در سه مرحله انجام شد. میزان تشعشع فعال فتوسنتزی، دما و رطوبت حجمـی خـاک در الگوهـای مختلـف کشت مخلوط در زمان بسته شدن کانوپی توسط سه گیاه با استفاده از دستگاه تشعشع‌سنج، دماسنج خاک و رینگ استوانه‌ای اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری تشعشع فعال فتوسنتزی در روز آفتابی در ظهر خورشیدی ساعت 12/30 ظهر تا 13/30 انجام گرفت. به این منظور میزان نور در بالای تاج پوشش و سطح خاک در چنـد نقطـه درون هـر کـرت بـا استفاده از تشعشع‌سنج مدل (Solar Power Meter TES-1333R) به‌طور تصادفی اندازه‌گیری و میانگین گرفته شد. مقدار نهـایی PAR جذب شده از نسبت تشعشع جذب شده بـه‌وسـیله گیاهـان در پـایین کانوپی به تشعشع رسیده به بالای کانوپی طبق معادله 1 محاسبه شد (Bantilan et al., 1976).

$$\%PAR = \left[1 - \left(\frac{PAR_b}{PAR_a}\right)\right] \times 100$$

معادله (1)

PAR_b: نور فعال فتوسنتزی در پایین تاج پوشـش، PAR_a: نـور فعال فتوسنتزی در بالای تاج پوشش

دمای خاک در عمق 15-0 سانتی‌متری در چند نقطه بین ردیف‌های گیاهان در ظهر خورشیدی توسط دماسنج خاک انـدازه‌گیـری و سپس میانگین گرفته شد. از آن‌جایی که انتظار مـی‌رفـت تعـادل آب خاک تحت تأثیر الگوهای مختلف کاشت قرار گیرد محتوای آب خاک در عمق 20-0 سانتی‌متر توسط رینگ استوانه‌ای اندازه‌گیری و طبـق معادله 2 محاسبه گردید.

$$Q_t = V_m / V_t$$

معادله (2)

Q_t: درصد رطوبت حجمـی، V_m: حجـم آب خـاک (تفـاوت وزن مرطوب و وزن خشک)، V_t: حجم کل نمونه خاک (100 سـانتی‌متـر مکعب). قبل از انجام آزمایشات مزرعه‌ای، به‌منظور تعیین خصوصیات شیمیایی خاک نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی از زمین محل اجـرای آزمایش در چند نقطه انجام شد. نتایج تجزیه شـیمیایی خصوصـیات خاک در جدول 1 نشان داده شده است.

جدول 1- خصوصیات شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Chemical properties of soil of experimental place

اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	نیتروژن (درصد)	کربن (درصد)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	سدیم (میلی‌اکی والان بر لیتر)
pH	EC ($dS.m^{-1}$)	P ($mg.kg^{-1}$)	N (%)	C (%)	K ($mg.kg^{-1}$)	Na ($m.eq.Lit^{-1}$)
8.12	1.8	8	0.029	0.31	110	12.5

جهت تعیین مقادیر عناصر غذایی خاک بعد از برداشت محصول از عمق 30-0 سانتی‌متری خاک در محل هر گیاه نمونه خاک تهیه و در هوای آزاد خشک گردید و سپس کوبیده و برای انجام آزمـایش‌هـای شیمیایی از الک دو میلی‌متری عبور داده شـد. کـربن آلـی بـه روش والکـی و بـلاک (Walkley & Black, 1934)، نیتـروژن از روش کجلدال (Kjeldahl, 1883)، فسفر در عصاره حاصل از روش اولسن و همکـاران (Olsen et al., 1954) بـا اسـتفاده از دسـتگاه اسپکتروفتومتر، سدیم محلول در عصاره اشـباع و پتاسـیم تبـادلی در

www.SID.ir

Archive of SID

استات آمونیوم یک نرمال به‌روش شعله سنجی با دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری و مقدار هر یک از عناصر محاسبه شد.

جهت ارزیابی کشت مخلوط شاخص نسبت برابری زمین[1] (LER) بر اساس عملکرد اقتصادی طبق معادله 3 محاسبه شد (Gliessman, 1997).

معادله (3) $$LER = Y_{pi}/Y_{mi}$$

که در این معادله؛ Y_{pi}: عملکرد هر گیاه در کشت مخلوط و Y_{mi}: عملکرد هر گیاه در کشت خالص بود. در نهایت داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS ver. 9.1 تجزیه شده و در صورت معنی‌دار شدن اثر عامل آزمایشی برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چندامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط ذرت، بادام زمینی و گاوزبان بر مقدار کربن خاک

مقدارکربن موجود در خاک پس از برداشت محصول به‌طور معنی داری تحت تأثیر الگوی کشت و مصرف ورمی‌کمپوست قرار گرفت (جدول 2). همان گونه که در جدول 3 مشاهده می‌شود برهمکنش الگوی کشت و ورمی‌کمپوست بر مقدار کربن خاک معنی‌دار بود. در بررسی الگوهای کشت مخلوط، الگوی کشت 100 درصد ذرت + 50 درصد بادام زمینی + 50 درصد گاوزبان و کاربرد 5 تن ورمی کمپوست در هکتار بیشترین مقدار کربن آلی (0/41 درصد) را نشان داد. کمترین مقدار کربن خاک در الگوی مخلوط60 درصد ذرت + 20 درصد بادام زمینی + 20 درصد گاوزبان و عدم کاربرد کود (0/30 درصد) مشاهده گردید (جدول 3).

با افزایش سهم بادام زمینی تا 50 درصد در الگوی کشت، مقدار کربن خاک نیز افزایش یافت و در الگویی که کمترین نسبت اختلاط بادام زمینی را داشت مقدار این عنصر کاهش یافت. ذرت یک گیاه 4 کربنه است که نیاز آن به مواد غذایی زیاد است و با این سیستم انتقال در کشت مخلوط رقابت بین گونه ای در جذب عناصر غذایی کاهش یافته است. در مجموع افزایش میزان کود تا 5 تن در هکتار منجر به افزایش مقدار کربن خاک شد.

نتایج این آزمایش نشان‌دهنده تأثیر الگوهای افزایشی کاشت مخلوط بر مقدار کربن خاک بود. در مناطق خشک کمبود مواد آلی متداول است، بنابراین حضور توأم گیاه تثبیت‌کننده و مصرف کود آلی موجب بهبود حاصلخیزی خاک می‌گردد. کربن آلی تقریبا 50 درصد از ماده آلی خاک را تشکیل می‌دهد که علاوه بر نقشی که در افزایش حاصلخیزی خاک دارد با جلوگیری از فرسایش خاک تأثیر به‌سزایی در حفاظت خاک به‌ویژه در مناطق خشک و بادخیز دارد. مقایسه تأثیر تک‌کشتی گیاهان بر مقدار کربن در آزمایشات نشان‌دهنده مقدار بیشتر کربن خاک در تک‌کشتی ذرت بود که می‌تواند به‌دلیل دوره رشد کمتر، ریشه‌های سطحی و قدرت رقابت بیشتر ذرت نسبت به بادام زمینی در ابتدای فصل رشد در استفاده مؤثر از منابع غذایی باشد. از این رو الگوی ریشه‌دهی متفاوت گیاهان در جذب عناصر غذایی از خاک با وجود توزیع متفاوت یون‌ها در پروفیل خاک تأثیر گذار است (Furbank & badger, 1983). میزان مواد معدنی در لگوم‌ها بیشتر از غلات است و طبق آزمایشات انجام شده جذب عناصر غذایی مانند نیتروژن، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در مخلوط نسبت به تک‌کشتی افزایش یافته است (Ofari & Stern, 1987).

تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط ذرت، بادام زمینی و گاوزبان بر مقدار فسفرخاک

همان گونه که در جدول 2 مشاهده می‌شود اثر الگوی کشت و مصرف ورمی‌کمپوست بر مقدار فسفر خاک معنی‌دار بود. برهمکنش این دو تیمار نیز تأثیر معنی‌داری از لحاظ آماری بر مقدار فسفر نشان داد. بیشترین مقدار فسفر خاک در کشت خالص بادام زمینی و کاربرد 5 تن ورمی‌کمپوست در هکتار (8/70 میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمترین مقدار آن در کشت خالص همین گیاه در شرایط عدم استفاده از کود (4/20 میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (جدول 3). این موضوع نشان‌دهنده تأثیر بادام زمینی بر میزان فسفر خاک در کشت مخلوط و در عین حال تأثیر بیشتر مصرف کود در مقایسه با الگوهای کشت بود. ورمی-کمپوست با تسهیل فعل و انفعالات ریشه در تغذیه خاک‌های فقیر و اگرواکوسیستم‌های کم نهاده نقش مهمی در رشد گیاه ایفا می‌کند (Nielsen & Jensen, 2005).

1- Land equivalent ratio

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 2- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مقدار عناصر خاک در الگوهای مختلف کشت مخلوط ذرت، گاوزبان، بادام زمینی و سطوح ورمی‌کمپوست

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) on soil nutrients in intercropping patterns of corn, borage, peanut and levels of vermicompost

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کربن C	فسفر P	نیتروژن N	پتاسیم K	سدیم Na
بلوک Block	2	0.0002	3.35	0.000002	3586.13	3.33
ورمی‌کمپوست Vermicompost	2	0.0215**	28.67*	0.0001**	782.92*	35.57**
خطای اصلی Error (a)	4	0.0008	2.19	0.000007	72.89	1.85
الگوی کاشت Intercropping pattern	8	0.0074**	1.25**	0.00005**	204.70**	99.86**
اثر متقابل ورمی‌کمپوست × الگوی کاشت Vermicompost × intercropping pattern	16	0.0026**	2.09**	0.00001**	331.73**	54.75**
خطای فرعی Error (b)	48	0.0007	0.45	0.000004	20.67	2.15
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	7.26	11.15	6.99	4.50	10.89

ns، ** و *: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ی و پنج درصد

ns, ** and *: non significant , significant at p≤0.01 and p≤ 0.05, respectively.

جدول 3- مقایسه میانگین عناصر خاک در الگوهای مختلف کشت مخلوط ذرت، بادام زمینی، گاوزبان، بادام زمینی و سطوح ورمی کمپوست

Table 3- Mean comparisons of soil nutrients in intercropping patterns of corn, peanut and borage and levels of vermicompost

ورمی‌کمپوست (تن بر هکتار) Vermicompost ($t.ha^{-1}$)	الگوی کشت مخلوط Planting pattern	کربن (درصد) C (%)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن (درصد) N (%)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K ($mg.kg^{-1}$)	سدیم (میلی‌اکی والان بر لیتر) Na ($meq.Lit^{-1}$)
0	M_1	0.313^{hi*}	5.30^{efgh}	0.027^{hi}	90.00^{cd}	8.250^{m}
	M_2	0.330^{ghi}	4.20^{h}	0.028^{ghi}	85.00^{d}	19.750^{bc}
	M_3	0.330^{ghi}	5.40^{efgh}	0.028^{ghi}	85.00^{d}	13.250^{fg}
	M_4	0.355^{efghi}	4.80^{fgh}	0.030^{efghi}	97.33^{cd}	11.867^{fghi}
	M_5	0.360^{cdefgh}	5.60^{defgh}	0.031^{efghi}	103.17^{abcd}	19.940^{bc}
	M_6	0.330^{ghi}	5.36^{efgh}	0.028^{ghi}	92.50^{cd}	20.640^{b}
	M_7	0.330^{ghi}	4.566^{gh}	0.029^{ghi}	107.00^{abcd}	16.360^{de}
	M_8	0.306^{i}	4.450^{gh}	0.027^{i}	96.83^{cd}	13.250^{fg}
	M_9	0.336^{fghi}	5.333^{efgh}	0.029^{ghi}	100.17^{cd}	8.200^{lm}
2.5	M_1	0.430^{b}	5.900^{cdefg}	0.037^{b}	126.50^{ab}	12.250^{fghi}
	M_2	0.350^{efghi}	4.800^{fgh}	0.030^{fghi}	97.50^{cd}	9.250^{klm}
	M_3	0.400^{bcde}	6.500^{bcde}	0.034^{bcdef}	85.00^{d}	8.500^{lm}
	M_4	0.357^{defghi}	5.167^{efgh}	0.031^{efghi}	95.00^{cd}	10.667^{ghijkl}
	M_5	0.380^{bcdefg}	6.400^{cdef}	0.033^{cdefg}	104.17^{abcd}	24.600^{a}
	M_6	0.353^{efghi}	7.433^{abc}	0.031^{efghi}	106.67^{abcd}	21.173^{b}
	M_7	0.410^{bc}	7.266^{abc}	0.035^{bcd}	102.50^{bcd}	16.033^{de}
	M_8	0.318^{hi}	5.533^{efgh}	0.027^{hi}	95.00^{cd}	9.950^{ijkhlm}
	M_9	0.406^{bcd}	6.233^{cdef}	0.035^{bcde}	99.17^{cd}	9.033^{klm}
5	M_1	0.493^{a}	6.300^{cdef}	0.043^{a}	112.50^{abc}	7.450^{m}
	M_2	0.340^{fghi}	8.700^{a}	0.029^{ghi}	97.50^{cd}	12.750^{fgh}
	M_3	0.383^{bcdef}	5.900^{cdefg}	0.033^{cdefg}	127.00^{a}	9.450^{jklm}
	M_4	0.393^{bcde}	6.600^{bcde}	0.034^{bcdef}	108.33^{abcd}	10.117^{hijklm}
	M_5	0.417^{b}	6.766^{bcde}	0.036^{b}	99.17^{cd}	10.450^{hijkl}
	M_6	0.358^{defghi}	7.200^{abcd}	0.031^{efghi}	109.00^{abcd}	14.083^{ef}
	M_7	0.363^{cdefgh}	6.666^{bcde}	0.031^{defgh}	105.67^{abcd}	11.570^{fghijk}
	M_8	0.312^{hi}	7.333^{abc}	0.027^{i}	101.17^{cd}	17.433^{cd}
	M_9	0.395^{bvde}	8.066^{ab}	0.034^{bcdef}	93.33^{cd}	17.543^{cd}

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

*In each column, means with same letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test (α=0.05).

M_1: کشت خالص ذرت ، M_2: کشت خالص بادام زمینی، M_3: کشت خالص گل گاوزبان اروپایی، M_4: 50 درصد ذرت + 25 درصد بادام زمینی + 25 درصد گل گاوزبان اروپایی، M_5: 100 درصد ذرت + 50 درصد بادام زمینی + 50 درصد گل گاوزبان اروپایی، M_6 : 40 درصد ذرت + 30 درصد بادام زمینی + 30 درصد گل گاوزبان اروپایی، M_7: 100 درصد ذرت + 75 درصد بادام زمینی + 25 درصد گل گاوزبان اروپایی، M_8: 60 درصد ذرت+ 20 درصد بادام زمینی+ 20 درصد گل گاوزبان اروپایی، M_9: 100 درصد ذرت+ 25 درصد بادام زمینی+ 75 درصد گل گاوزبان اروپایی.

M_1: Sole crop corn , M_2: Sole crop peanut, M_3: Sole crop borage, M_4: 50% corn + 25% peanut + 25% borage ,M_5: 100% corn + 50% peanut + 50% borage , M_6: 40% corn + 30% peanut + 30% borage , M_7: 100% corn, 75% peanut + 25% borage , M_8: 60% corn + 20%peanut + 20% borage , M_9: 100% corn + 25% peanut + 75% borage.

www.SID.ir

Archive of SID

در تأیید این نظریه در کشت مخلوط ذرت و بادام زمینی نتایج نشان داد که محیط ریزوسفر توسط ریشه گیاهان اصلاح شده که این تغییر میزان فسفر خاک را بهبود بخشیده و در دسترس بودن عناصر را نیز فراهم آورد که شاید یکی از دلایل آن فعالیت آنزیم فریک ردوکتاز از ریشه بادام زمینی و انتشار فیتوسیدروفرها از ریشه ذرت بوده علاوه بر این بهبود فعالیت اسید فسفاتاز خاک ممکن است مسئول افزایش تغذیه فسفر گیاهان در سیستم مخلوط باشد (Inal et al., 2007). در بررسی برهمکنش الگوی کشت و ورمی‌کمپوست در بین الگوهای کشت مخلوط بیشترین و کمترین مقدار فسفر به‌ترتیب در الگوی 100 درصد ذرت + 25 درصد بادام زمینی + 75 درصد گاوزبان و مصرف 5 تن کود در هکتار (8/06 $mg.kg^{-1}$) و 60 درصد ذرت + 20 درصد بادام زمینی + 20 درصد گاوزبان و عدم کاربرد کود (4/45 $mg.kg^{-1}$) مشاهده شد (جدول 3). تأثیر مثبت لگوم در کشت مخلوط موجب افزایش میزان فسفر خاک شده است که به‌دلیل سیستم ریشه‌ای متفاوت سه گیاه و میزان رقابت بر سر جذب منابع غذایی می‌باشد. در تأیید نتایج این تحقیق لوپین در جذب فسفر توسط سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) (Ae et al., 1990) و نخود (*Cicer arieticum* L.) در جذب فسفر توسط ذرت (*Zea mays* L.) و گندم (*Triticum aestivum* L.) مشارکت داشته‌اند (Li et al., 2003; Li et al., 2004) احتمالاً تأثیر آن‌ها در انتشار فسفر مربوط به فعال شدن آنزیم‌ها به عنوان مثال اسید فسفاتاز و ترشحات کربوکسیلاتی ریشه بوده که منجر به بهبود حلالیت و جذب فسفر ریزوسفر شده است. ریشه‌های گیاه آنزیم‌های فسفاتاز و فیتاز و کربوکسیلات در شرایط تنش فسفر ترشح می‌کنند. افزایش معنی‌دار ترشح اسید فسفاتاز از ریشه در شرایط کمبود در مخلوط گیاهان لوپین و ذرت و ذرت و نخود نشان داده شده است. (Neumann & Mheld, 1999; Rengel, 2002). گیاه باقلا (*Vicia faba* L.) تثبیت نیتروژن H^+ به محیط ریزوسفر ترشح می‌کند. اسیدی شدن محیط ریشه، حلالیت فسفر در خاک قلیایی را بالا می‌برد و متعاقباً جذب فسفر توسط ذرت افزایش می‌یابد (Li et al., 2005).

تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط ذرت، بادام زمینی و گاوزبان بر مقدار نیتروژن خاک

با اندازه‌گیری مقدار نیتروژن موجود در خاک و مقایسه میانگین ترکیب‌های تیماریِ مختلف مشخص شد که بین الگوی کشت و ورمی‌کمپوست و اثر متقابل این دو در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید (جدول 2). بیشترین مقدار نیتروژن خاک (0/04 درصد) در تک‌کشتی ذرت و کاربرد پنج تن ورمی‌کمپوست در هکتار به‌دست آمد که با توجه به این‌که نیاز ذرت به نیتروژن زیاد است کود آلی توانسته است با تأمین نیازهای گیاه موجب افزایش مقدار نیتروژن پس از برداشت ذرت شود (جدول 3). در مقایسه الگوهای مختلف کشت مخلوط، الگوی 100 درصد ذرت + 50 درصد بادام زمینی + 50 درصد گاوزبان با مصرف 5 تن ورمی‌کمپوست بیشترین (0/036 درصد) و الگوی مخلوط 60 درصد ذرت + 20 درصد بادام زمینی + 20 درصد گاوزبان و عدم مصرف ورمی‌کمپوست کمترین مقدار نیتروژن (0/027 درصد) خاک را دارا بود (جدول 3). در میان عناصر غذایی، نیتروژن نقش بسیار مهمی در قابلیت رقابت گیاهان دارد (Hashem et al., 2000) که با افزایش سهم بادام زمینی در الگو مقدار نیتروژن خاک افزایش یافت. طبق اصل مساعدت در کشت مخلوط گاوزبان و ذرت با دوره رشد کمتر به‌خوبی توانستند از کشت توأم با بادام زمینی در مخلوط بهره‌مند شوند و در همین راستا پژوهشگران گزارش کردند که یک سیستم انتقال نیتروژن از لگوم به غله در کشت مخلوط وجود دارد (Karpenstein-Machan & Stuelpnagel, 2000). بنابراین، بادام زمینی با تثبیت بیولوژیکی نیتروژن نیاز خود را تأمین کرده و در نتیجه نیتروژن بیشتری برای ذرت و گاوزبان در دسترس خواهد بود. در بررسی کشت مخلوط گراس با لگوم‌ها محققان گزارش کردند هنگامی‌که ذرت به‌صورت خالص کشت شد، میزان نیتروژن خاک پس از برداشت 0/19 درصد بود در حالی‌که در کشت مخلوط ذرت با سویا (*Glycine max* L.) و ذرت با لوبیا معمولی و بادام زمینی مقدار نیتروژن خاک به ترتیب 0/23 و 0/22 درصد بود (Nzabi et al., 1999). بقولات سبب افزایش نیتروژن خاک شده و با دارا بودن ریشه‌های عمیق‌تر همراه با گندمیان آب و عناصر غذایی را از لایه‌های مختلف خاک به‌صورت متعادل‌تری جذب می‌کنند (Berdhal et al., 2001). در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی گزارش شد که بیشترین میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم در سری‌های افزایش و جایگزینی مخلوط از تیمار 100 درصد ذرت + 100 درصد لوبیا چشم بلبلی بدست آمد که به دلیل افزایش نسبت لگوم در مخلوط و اثرات مثبت آن در خاک بود

www.SID.ir

Archive of SID

(Dahmardeh et al., 2010). همچنین در دو سال زراعی در بین الگوهای مختلف، کشت‌های مخلوط ارزن، سویا و کنجد و مخلوط ارزن، کنجد، شنبلیله و زنیان دارای کارآیی جذب نیتروژن و فسفر بالایی بودند (عزیزی و همکاران، 1394).

تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط ذرت، بادام زمینی و گاوزبان بر مقدار پتاسیم خاک

از نظر آماری تیمار ورمی‌کمپوست و الگوی کشت و بر همکنش آن‌ها بر مقدار پتاسیم خاک تأثیر معنی‌داری نشان داد (جدول 2). همان گونه که در جدول 3 قابل مشاهده است، بیشترین ($mg.kg^{-1}$ 127) و کمترین ($mg.kg^{-1}$ 85) مقدار پتاسیم خاک در تک‌کشتی گاوزبان و به‌ترتیب با مصرف 5 و 2/5 تن ورمی‌کمپوست در هکتار به‌دست آمد. با توجه به مقدار بالای سدیم موجود در بافت گیاهی گاوزبان و وجود اثر آنتاگونیستی بین سدیم و پتاسیم (He & Cramer, 1993; Chhipa & Lal, 1992) می‌توان گفت این گیاه پس از جذب سدیم خاک و ذخیره در اندام‌های خود قادر به جذب پتاسیم نمی‌باشد. همان‌گونه در تحقیقی بر روی گاوزبان نتایج نشان داد مقدار پتاسیم خاک از 4/76 میلی‌اکی الانت در لیتر قبل از کشت به 3/53 میلی‌اکی والانت در لیتر بعد از کشت کاهش یافت (Makkizadeh tafti et al., 2008). در این آزمایش ورمی‌کمپوست مقدار پتاسیم مورد نیاز گیاه و قابلیت جذب آن را افزایش داد به‌عبارت دیگر با اضافه کردن کود تا پنج تن در هکتار مقدار پتاسیم خاک در تک‌کشتی گاوزبان در مقایسه با عدم مصرف کود اختلاف معنی‌داری داشت. کشت مخلوط گیاهان به‌صورت جایگزینی و درصد اختلاط نزدیک به هم منجر به کاهش رقابت بر سر جذب پتاسیم گردید در حالی که افزایش رقابت درون گونه‌ای در تک‌کشتی بادام زمینی موجب کاهش مقدار پتاسیم شد. طبق یافته‌های محققان بین توانایی گونه‌های گیاهی در حفظ سطح پتاسیم و تحمل آن‌ها به غلظت‌های بالاتر شوری ارتباط مثبتی وجود دارد (Storey & Wyn Jones, 1978) از این رو، احتمالاً در الگوهای افزایشی میزان پتاسیم بیشتری توسط ذرت جذب شده است و به‌دلیل تبخیر بالا در منطقه میزان سدیم در الگوهای جایگزینی قابل توجه بود، چرا که در الگوهای جایگزینی میزان سطح پوشش خاک نسبت به الگوهای افزایش کمتر بود. در گونه‌های متحمل گیاهان، در شرایط افزایش شوری جذب انتخابی پتاسیم افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده سازوکار گیاهان در حفظ نسبت سطح پتاسیم به سدیم درون سلولی گیاه در مواجه با شوری است (Zhu, 2003). همچنین گونه گیاهان مختلف توانایی متفاوت در خارج نمودن پتاسیم از خاک دارند و این تفاوت بین گراس و لگوم قابل توجه است و در شرایط یکسان گراس‌ها توانایی بیشتری در خروج پتاسیم در مقایسه با لگوم‌ها دارند (Srinivasarao et al., 2000).

تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط ذرت، بادام زمینی و گاوزبان بر مقدار سدیم خاک

همان‌طور که در جدول 2 مشاهده می‌شود اثر ورمی‌کمپوست و الگوی کشت و بر همکنش آن‌ها بر مقدار سدیم خاک معنی‌داری بود. در بین الگوهای مختلف کشت مخلوط کمترین مقدار سدیم خاک ($meq.L^{-1}$ 8/2) در تیمار 100 درصد ذرت + 25 درصد بادام زمینی + 75 درصد گاوزبان و عدم استفاده از کود و بیشترین مقدار سدیم ($meq.L^{-1}$ 24/6) در الگوی کشت 100 درصد ذرت + 50 درصد بادام زمینی + 50 درصد گاوزبان و مصرف 2/5 تن کود در هکتار مشاهده شد (جدول 3). افزایش سهم گاوزبان موجب کاهش سدیم خاک شد. در تأیید این نتیجه محققان در بررسی میزان تحمل به شوری و جذب املاح در گاوزبان گزارش کردند که با توجه به عدم تأثیر شوری بر وزن خشک و سایر پارامترهای گیاه و با توجه به محتوای بالای سدیم، کلر و خاکستر کل در بافت گیاهی و همچنین کاهش محتوای یون‌های سدیم، کلر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در خاک، می‌توان گفت گاوزبان گیاهی مقاوم به شوری بوده که قادر به جذب این یون‌ها از خاک می‌باشد و می‌توان از این گیاه برای خارج ساختن این یون‌ها از خاک و اصلاح خاک‌های شور و قلیا استفاده کرد (Makkizadeh tafti et al., 2008). همچنین گزارش شده متوسط مقدار سدیم و کلر خارج شده از خاک به‌ترتیب 470 و 770 کیلوگرم در هکتار می‌باشد که با مقایسه غلظت سدیم محلول در خاک مزرعه به‌طور متوسط در عمق صفر تا 30 سانتی‌متر (200 میلی‌گرم بر کیلوگرم) با غلظت سدیم بافت های گیاه (40200 میلی‌گرم بر کیلوگرم) می‌توان گفت جذب سدیم توسط گیاه گاوزبان به صورت فعال صورت گرفته است و به‌نظر می‌رسد گاوزبان از طریق تجمع سدیم و کلر در بافت خود قادر است با شوری مقابله کند (Khodashenas, 1996). نتایج نشان دادکه با افزایش مقدار ورمی‌کمپوست تا پنج تن در هکتار مقدار سدیم خاک افزایش یافت که با توجه به نتایج اگر چه ورمی‌کمپوست حاصلخیزی

www.SID.ir

Archive of SID

خاک را از طریق بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک افزایش داده و موجب بهبود رشد گیاه می‌شود، اما استفاده از آن در غلظت‌های بالا با توجه به غلظت بالای نمک محلول موجود در آن می‌تواند رشد گیاه را مختل سازد (Lim et al., 2014). در بررسی اثر کود می‌توان گفت کاربرد 2/5 تن ورمی‌کمپوست در هکتار نتیجه بهتری بر میزان سدیم خاک داشته است.

تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط و ورمی‌کمپوست بر عملکرد اقتصادی ذرت، بادام زمینی و گاوزبان

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثر الگوی کاشت، ورمی‌کمپوست و برهمکنش این دو فاکتور بر عملکرد ذرت، بادام زمینی و گاوزبان در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول 4).

جدول 4- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد اقتصادی ذرت، بادام زمینی و گاوزبان در الگوهای مختلف کشت مخلوط و سطوح ورمی-کمپوست

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) of economic yield of corn, peanut and borage in intercropping patterns and levels of vermicompost

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد اقتصادی Economic yield		
S.O.V	df	ذرت Corn	بادام زمینی Peanut	گاوزبان Borage
بلوک Block	2	1.475	5.967	0.001
ورمی‌کمپوست Vermicompost	2	9.198*	18.929**	1.687**
خطای اصلی Error (a)	4	0.707	0.288	0.028
الگوی کشت intercropping pattern	6	211.366**	53.106**	3.697**
ورمی‌کمپوست × الگو کشت Vermicompost× intercropping pattern	12	13.221 **	25.491**	0.601**
خطا فرعی Error (b)	36	1.297	1.184	0.015
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	11.00	16.52	10.32

ns و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

ns and **: Non significant and significant at p≤0.01, respectively.

بیشترین مقدار عملکرد ذرت (17/3 تن در هکتار) در الگوی مخلوط 100 درصد ذرت + 25 درصد بادام زمینی + 75 درصد گاوزبان و مصرف 5 تن در هکتار کود، کمترین مقدار (3/5 تن در هکتار) در الگوی 40 درصد ذرت + 30 درصد بادام زمینی + 30 درصد گاوزبان و عدم مصرف کود مشاهده شد (جدول 5). نقش اختلافات مورفولوژیک سه گیاه در تعیین عملکرد حائز اهمیت بود، به‌طوری‌که ذرت با ارتفاع بیشتر به‌خوبی می‌تواند از میزان تشعشع خورشیدی بالای کانوپی استفاده کند. از همین رو در طراحی الگوهای افزایشی نسبت اختلاط آن 100 درصد در نظر گرفته شد که موجب افزایش رقابت بین گونه‌ای به نفع ذرت در بهره برداری از نور خورشید و حصول حداکثر عملکرد شد.

بادام زمینی رقیب قوی‌تری برای ذرت نسبت به گاوزبان بود و با توجه با افزایش رقابت بین گونه‌ای در الگوی افزایشی کاهش نسبت اختلاط بادام زمینی موجب حصول حداکثر عملکرد ذرت گردید. همچنین در تمام تیمارهای مورد بررسی عملکرد ذرت در الگوهای افزایشی بیشتر از الگوهای جایگزینی بود که به‌دلیل افزایش تراکم ذرت در واحد سطح و استفاده بهینه از نور و رطوبت بود. محققان گزارش کردند که الگوی کشت مخلوط ذرت و بادام زمینی از نظر مجموع عملکرد دو گونه گیاهی بر الگوهای تک‌کشتی این گیاهان برتری داشت (Ahmad et al., 2008) در بررسی نسبت‌های مختلف کشت مخلوط مرزنجوش (*Origanum vulgare* L.) و زعفران (*Crocus sativus* L.) نتایج نشان داد که مرزنجوش با سایه‌اندازی

www.SID.ir

Archive of SID

بر سطح خاک و مساعدتر نمودن شرایط محیطی برای رشد بنه باعث بهبود تولید گل و عملکرد اقتصادی زعفران شد (Koocheki et al., 2010). بیشترین مقدار عملکرد بادام زمینی (15/5 تن در هکتار) در الگوی مخلوط 100 درصد ذرت + 75 درصد بادام زمینی + 25 درصد گاوزبان و تیمار مصرف 2/5 تن ورمی کمپوست در هکتار و کمترین مقدار (2/1 تن در هکتار) در الگوی 60 درصد ذرت + 20 درصد بادام زمینی + 20 درصد گاوزبان و مصرف 5 تن کود در هکتار بدست آمد (جدول 5).

جدول5 - مقایسه میانگین اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط ذرت، بادام زمینی و گاوزبان و سطوح ورمی‌کمپوست بر عملکرد اقتصادی و نسبت برابری زمین

Table 5- Mean comparisons of intercropping patterns corn, peanut and borage and levels of vermicompost on economic yield and land equivalent ratio

ورمی‌کمپوست (تن بر هکتار) Vermicompost ($t.ha^{-1}$)	الگوی کشت مخلوط Planting pattern	عملکرد اقتصادی (تن بر هکتار) Economic yield ($t.ha^{-1}$)			نسبت برابری زمین land equivalent ratio
		ذرت Corn	بادام زمینی Peanut	گاوزبان Borage	
0	M_1	5.60^{fgh*}	6.66^{de}	1.61^{b}	-
	M_2	9.32^{e}	4.20^{fgh}	0.97^{c}	2.47^{ij}
	M_3	17.19^{a}	4.15^{fgh}	0.64^{de}	3.303^{fg}
	M_4	3.56^{h}	2.62^{hi}	1.06^{c}	1.52^{l}
	M_5	17.37^{a}	8.99^{bc}	0.47^{ef}	3.96^{de}
	M_6	5.86^{fg}	7.05^{de}	0.23^{g}	1.99^{k}
	M_7	17.37^{a}	9.44^{bc}	1.41^{b}	4.60^{bc}
2.5	M_1	6.97^{f}	8.32^{cd}	1.40^{b}	-
	M_2	9.50^{e}	4.17^{fgh}	0.75^{d}	3.07^{hi}
	M_3	13.57^{bc}	10.51^{b}	1.45^{b}	4.33^{e}
	M_4	5.26^{fgh}	5.57^{efg}	0.66^{de}	2.59^{j}
	M_5	14.39^{b}	15.51^{a}	0.68^{de}	5.14^{bc}
	M_6	5.85^{fg}	5.72^{efg}	0.66^{de}	2.81^{ij}
	M_7	11.72^{cd}	3.86^{ghi}	2.58^{a}	3.35^{gh}
5	M_1	4.97^{fgh}	3.92^{gh}	2.6827^{a}	-
	M_2	9.35^{e}	6.44^{de}	0.30^{fg}	3.09^{gh}
	M_3	10.97^{de}	10.80^{b}	1.17^{c}	4.77^{b}
	M_4	4.41^{gh}	6.11^{ef}	1.57^{b}	2.79^{hi}
	M_5	17.06^{a}	9.19^{bc}	1.43^{b}	5.33^{a}
	M_6	9.63^{e}	2.10^{i}	$0.54d^{e}$	2.11^{kj}
	M_7	17.32^{a}	2.82^{hi}	2.67^{a}	4.23^{cd}

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

*Means with same letters in each column are not significantly different based on Duncan's multiple range test (α =0.05).

M_1:کشت خالص ذرت ، M_2:کشت خالص بادام زمینی، M_3: کشت خالص گل گاوزبان اروپایی، M_4: 50 درصد ذرت + 25 درصد بادام زمینی + 25 درصد گل گاوزبان اروپایی، M_5: 100 درصد ذرت + 50 درصد بادام زمینی + 50 درصد گل گاوزبان اروپایی، M_6 : 40 درصد ذرت + 30 درصد بادام زمینی + 30 درصد گل گاوزبان اروپایی، M_7: 100 درصد ذرت + 75 درصد بادام زمینی + 25 درصد گل گاوزبان اروپایی، M_8: 60 درصد ذرت+ 20 درصد بادام زمینی+ 20 درصد گل گاوزبان اروپایی، M_9: 100 درصد ذرت+ 25 درصد بادام زمینی+ 75 درصد گل گاوزبان اروپایی

M_1: Sole crop , M_2: 50% corn + 25% peanut + 25% borage ,M_3: 100% corn + 50% peanut + 50% borage , M_4: 40% corn + 30% peanut + 30% borage , M_5: 100% corn, 75% peanut + 25% borage , M_6: 60% corn + 20%peanut + 20% borage , M_7: 100% corn + 25% peanut + 75% borage.

مقایسه میان الگوهای افزایشی و جایگزینی مخلوط نشان داد که افزایش عملکرد بادام زمینی رابطه مستقیم با افزایش نسبت اختلاط بادام زمینی در الگو داشت. با توجه به این‌که طول دوره رشد بادام زمینی 8-7 ماه بود، در ابتدای فصل رشد، کندی داشت و در شرایط گرم و خشک منطقه، افزایش تراکم ذرت در الگو با ایجاد سایه روی گیاه ایجاد آشیان مطلوب کرده و موجب بهبود توسعه و رشد آن شد. بادام زمینی تا زمان تشکیل گره‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از ذخایر غذایی خاک بهره برده، اما پس از تشکیل گره‌ها جذب کمتری از خاک خواهد داشت. بنابراین مصرف 2/5 تن ورمی‌کمپوست در هکتار بهترین نتیجه را در عملکرد این گیاه نشان داد. بیشترین عملکرد

www.SID.ir

Archive of SID

گاوزبان در تک‌کشتی و مصرف 5 تن ورمی‌کمپوست در هکتار به مقدار (2/6 تن در هکتار) حاصل شد، در حالی که کمترین مقدار عملکرد (0/23 تن در هکتار) در الگوی 60 درصد ذرت + 20 درصد بادام زمینی + 20 درصد گاوزبان در تیمار عدم مصرف ورمی‌کمپوست مشاهده شد (جدول 5). کاهش درصد حضور گاوزبان در الگوی جایگزینی مخلوط موجب کاهش عملکرد آن نسبت به تک‌کشتی گردید. گاوزبان در کشت خالص با تراکم بیشتر نسبت به الگوهای مخلوط به نحو مؤثرتری از ورمی کمپوست استفاده کرده که موجب فراهمی عناصر مورد نیاز و افزایش فتوسنتز و به تبع آن افزایش درصد گل شد. در تأیید نتایج این تحقیق در بررسی الگوهای مختلف کشت مخلوط سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) با لوبیا و ریحان (*Ocimum basilicum* L.) بیشترین میزان عملکرد دانه از کشت خالص و کمترین مقدار عملکرد دانه از الگوی کشت مخلوط نواری چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان به‌دست آمد. به‌تدریج با افزایش عرض نوارها و کاهش اثرات تسهیل‌کنندگی سه گونه در کنار یکدیگر در تیمارهای کشت مخلوط از عملکرد سیاهدانه به‌طور میانگین 29 درصد کاسته شد، اما با توجه به تراکم بالاتر سیاهدانه در کشت خالص، عملکرد بالاتر آن در مقایسه با الگوهای مخلوط، طبیعی بود (Rezaei-Chiyaneh, 2016). در پژوهش دیگری بیشترین و کمترین عملکرد گاوزبان درکشت مخلوط با لوبیا در تک‌کشتی و الگوی چهار ردیف لوبیا و چهار ردیف گاوزبان به‌دست آمد. کاهش عملکرد در الگوی چهار ردیفی احتمالا به‌دلیل بالا بودن رقابت بین گونه‌ای در مقایسه با رقابت درون گونه‌ای بین بوته‌های دو گونه مورد بررسی بود (Koocheki et al., 2012).

اثر کشت مخلوط ذرت، بادام زمینی و گاوزبان در استفاده از منابع محیطی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر الگوهای کشت مخلوط، ورمی‌کمپوست و برهمکنش آن‌ها بر تشعشع فعال فتوسنتزی، دما و رطوبت حجمی خاک از لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول 6).

جدول 6- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تشعشع فعال فتوسنتزی، دمای خاک و رطوبت خاک در الگوهای مختلف کشت مخلوط ذرت، بادام زمینی و گاوزبان در سطوح ورمی‌کمپوست

Table 6- Analysis of variance (mean of squares) of Photosynthetic active radiation, soil temperature and soil moisture in intercropping patterns of corn, borage and peanut in levels of vermicompost

منابع تغییرات	درجه آزادی	منابع محیطی Environmental resources		
S.O.V	df	دمای خاک Soil temperature	رطوبت خاک Soil moisture	تشعشع فعال فتوسنتزی Photosynthesis active radiation
بلوک Block	2	17.13	3.69	60.51
ورمی‌کمپوست Vermicompost	2	3.38**	27.80**	854.46**
خطای اصلی Error (a)	4	2.45	0.56	49.90
الگوی کشت Intercropping pattern	8	1.87**	281.93**	2402.89**
ورمی‌کمپوست ×الگوی کشت Vermicompost× intercropping pattern	16	0.61**	6.75**	421.80**
خطا فرعی Error (b)	48	0.18	1.80	19.69
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	1.47	9.04	7.074

ns و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

ns and **: Non significant and significant at p≤0.01, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

حداقل دمای خاک (28/16 درجه سانتی‌گراد) و حداکثر تشعشع فعال (79/04 درصد) در الگوی 50 درصد ذرت + 25 درصد بادام زمینی + 25 درصد گاوزبان و به‌ترتیب در تیمار عدم کاربرد کود و کاربرد 2/5 تن در هکتار و حداکثر رطوبت خاک (21/43 درصد) در الگوی مخلوط 100 درصد ذرت + 50 درصد بادام زمینی + 50 درصد گاوزبان و کاربرد پنج تن ورمی‌کمپوست در هکتار مشاهده شد (جدول 7).

جدول 7- مقایسه میانگین تشعشع فعال فتوسنتزی، دمای خاک و رطوبت خاک در الگوهای مختلف کشت مخلوط ذرت، بادام زمینی و گاوزبان و سطوح ورمی‌کمپوست

Table 7- Mean comparisons of photosynthetic active radiation (%), soil temperature (°C) and soil moisture (%) in intercropping patterns corn, peanut and borage and levels of vermicompost

ورمی کمپوست (تن بر هکتار) Vermicompost ($t.ha^{-1}$)	الگوی کشت Planting pattern	منابع محیطی Environmental resources: دمای خاک (درجه سانتی گراد) Soil temperature (°C)	تشعشع فعال فتوسنتزی (درصد) Photosynthetic active radiation (%)	رطوبت خاک (درصد) Soil moisture (%)
0	M_1	28.35^{hi*}	65.86^{d}	7.15^{f}
	M_2	28.76^{fghi}	50.16^{e}	6.98^{f}
	M_3	29.07^{efgh}	32.92^{gh}	7.76^{f}
	M_4	28.16^{i}	72.73^{abcd}	19.12^{abc}
	M_5	28.48^{ghi}	72.78^{abcd}	19.85^{ab}
	M_6	29.68^{abcde}	73.84^{abcd}	19.40^{ab}
	M_7	29.26^{defg}	74.28^{abcd}	18.24^{bc}
	M_8	30.50^{a}	72.05^{abcd}	19.02^{abc}
	M_9	29.13^{efgh}	75.31^{abc}	19.58^{ab}
2.5	M_1	29.27^{defg}	71.78^{abcd}	7.57^{fff}
	M_2	28.80^{fghi}	71.94^{abcd}	8.02^{f}
	M_3	29.12^{efgh}	7.42^{i}	7.82^{f}
	M_4	29.93^{abcde}	79.04^{a}	20.36^{ab}
	M_5	29.55^{bcdef}	77.17^{ab}	18.74^{bc}
	M_6	30.25^{abc}	74.63^{abcd}	16.80^{cd}
	M_7	30.16^{abc}	74.57^{abcd}	14.18^{e}
	M_8	30.18^{abc}	68.04^{dc}	14.62^{de}
	M_9	30.31^{ab}	72.74^{abcd}	15.13^{de}
5	M_1	29.50^{bcdef}	29.23^{h}	7.37^{f}
	M_2	29.90^{abcde}	35.82^{fgh}	7.08^{f}
	M_3	29.25^{defg}	37.33^{fg}	7.51^{f}
	M_4	29.41^{cdef}	70.54^{abcd}	18.73^{bc}
	M_5	28.81^{fghi}	74.31^{abcd}	21.43^{a}
	M_6	29.52^{bcdef}	68.63^{bcd}	20.78^{ab}
	M_7	29.21^{defg}	76.20^{abc}	19.07^{abc}
	M_8	30.20^{abc}	43.10^{ef}	19.85^{ab}
	M_9	30.01^{abcd}	71.00^{abcd}	18.63^{bc}

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

*In each coloumn, means with same letters are not significantly different based on Duncan's multiple range test (α=0.05).

M_1:کشت خالص ذرت ، M_2:کشت خالص بادام زمینی، M_3: کشت خالص گل گاوزبان اروپایی، M_4: 50 درصد ذرت + 25 درصد بادام زمینی + 25 درصد گل گاوزبان اروپایی، M_5: 100 درصد ذرت + 50 درصد بادام زمینی + 50 درصد گل گاوزبان اروپایی، M_6 : 40 درصد ذرت + 30 درصد بادام زمینی + 30 درصد گل گاوزبان اروپایی، M_7: 100 درصد ذرت + 75 درصد بادام زمینی + 25 درصد گل گاوزبان اروپایی، M_8: 60 درصد ذرت+ 20 درصد بادام زمینی+ 20 درصد گل گاوزبان اروپایی، M_9: 100 درصد ذرت+ 25 درصد بادام زمینی+ 75 درصد گل گاوزبان اروپایی

M_1: Sole crop corn , M_2: Sole crop peanut, M_3: Sole crop borage, M_4: 50% corn + 25% peanut + 25% borage ,M_5: 100% corn + 50% peanut + 50% borage , M_6: 40% corn + 30% peanut + 30% borage , M_7: 100% corn, 75% peanut + 25% borage , M_8: 60% corn + 20%peanut + 20% borage , M_9: 100% corn + 25% peanut + 75% borage.

www.SID.ir

Archive of SID

تراکم بوته، کیفیت نور رسیده، جهت کاشت و وزش باد روی دمای کانوپی می‌تواند مؤثر باشد (Jaya et al., 2008). در کشت مخلوط ذرت و کلم‌گل (*Brassica oleracea* L.) در تراکم‌های مطلوب به دلیل سایه‌اندازی ذرت دمای کانوپی مخلوط کمتر شده است. در مخلوط تأثیر مثبت بوته‌های دو گونه که افزایش پوشش زمین، حفظ بیشتر رطوبت خاک، کاهش تبخیر از سطح خاک باعث افزایش راندمان مصرف آب و افزایش رطوبت نسبی کانوپی شده و دمای کانوپی را نسبت به کشت خالص پایین می‌آورد (Anthony & Rene, 2008). به‌دلیل اختلافات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی بین سه گونه گیاهی در طراحی الگوها، کارایی مصرف نور افزایش پیدا می‌کند. هرچه میزان رقابت بین گونه‌ای کمتر باشد به‌دلیل تفاوت در ارتفاع و نحوه آرایش برگ‌ها میزان نور عبور کرده از لایه‌های کانوپی گیاهان بیشتر خواهد شد، به طوری‌که ذرت نور رسیده در بالای کانوپی را جذب کرده و احتمالاً با تراکم مطلوب در الگوی جایگزینی اجازه عبور نور به لایه‌های پایین را می‌دهد که در کف کانوپی توسط بادام زمینی و گاوزبان دریافت شده و در مجموع میزان تشعشع فعال بیشتری را جذب خواهند کرد. نتایج محققان بیانگر این مطلب است که اثر متقابل الگوی کشت و نوع منبع تغذیه‌ای بر کارایی مصرف نور بر اساس تشعشع فعال فتوسنتزی معنی دار بود. بیشترین میزان کارایی مصرف نور در کشت مخلوط چهار گونه ارزن (*Panicum miliaceum* L.)، کنجد (*Sesamum indicum* L.)، شنبلیله (*Trigonella foenum-greacum* L.) و زنیان (*Trachyspermum copticum* L.) با نهاده تغذیه آلی مشاهده شد (Azizi et al., 2015). بیشترین میزان رطوبت در الگوی افزایشی به‌دست آمد. احتمالا تفاوت در ساختار ریشه سه گیاه و برداشت آب از اعماق متفاوت خاک موجب افزایش کارایی مصرف آب می‌گردد. گاوزبان و بادام زمینی با ارتفاع کمتر و داشتن شاخ و برگ بیشتر قادر به پوشاندن سطح خاک بوده و نسبت به ذرت به نحو مؤثرتری قادر به حفظ رطوبت خاک بودند. می‌توان گفت، نسبت اختلاط بیشتر این دو گیاه در الگوی افزایشی در مقایسه با الگوهای جایگزینی با کاهش میزان تبخیر و سایه‌اندازی بیشتر موجب افزایش نگهداری آب در خاک گردید. علاوه بر این نقش مصرف پنج تن ورمی‌کمپوست در این تیمار نشان دهنده تأثیر مثبت آن بر حفظ و نگهداری رطوبت خاک و کاهش میزان آب مصرفی در شرایط خشک بود. در کشت مخلوط وجود سیستم‌های ریشه‌ای متفاوت در کاهش هدر روی آب از خاک و افزایش جذب آب و همچنین افزایش تعرق کمک می‌کند. افزایش تعرق باعث ایجاد میکروکلیمای سردتر در مخلوط شده و این باعث می‌شود که پوشش گیاهی بیشتر و دمای خاک سردتر شود و تبخیر از سطح خاک کمتر گردد (Andersen et al., 2005; Innis, 1997). بر اساس نتایج حداقل تشعشع فعال فتوسنتزی (29/23 درصد) در کشت خالص ذرت و کاربرد پنج تن ورمی‌کمپوست در هکتار مشاهده گردید. حداکثر دمای خاک (30/5 درجه سانتی‌گراد) در الگوی مخلوط 60 درصد ذرت + 20 درصد بادام زمینی + 20 درصد گاوزبان و عدم مصرف کود اندازه‌گیری شد، در حالی که کمترین میزان رطوبت خاک در کشت خالص بادام زمینی (6/987) و عدم مصرف کود به‌دست آمد (جدول 7). در همین رابطه در آزمایشی میزان جذب تشعشع فعال فتوسنتزی در چندکشتی تأخیری گندم و پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) با تغییر ردیف‌های مربوط به هر یک از اجزا در الگوهای مخلوط مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد میزان جذب توسط گندم در الگوهای مخلوط بیشتر از تک‌کشتی گندم بود (Zhang et al., 2008) که نشان‌دهنده میزان کمتر جذب تشعشع فعال فتوسنتزی در تک‌کشتی و تأییدکننده نتایج این آزمایش بود.

اثر کشت مخلوط ذرت، بادام زمینی و گاوزبان اروپایی بر نسبت برابری زمین

الگوهای مختلف کشت مخلوط و ورمی‌کمپوست از نظر نسبت برابری زمین اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول 8). تمام الگوهای کشت مخلوط نسبت برابری زمین بزرگ‌تر از یک داشتند که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی بود. بیشترین مقدار نسبت برابری زمین (LER= 5/33) در الگوی کشت مخلوط 100 درصد ذرت + 75 درصد بادام زمینی + 25 درصد گاوزبان و استفاده پنج تن ورمی‌کمپوست و کمترین مقدار (LER=1/52) در الگوی 40 درصد ذرت + 30 درصد بادام زمینی + 30 درصد گاوزبان و عدم مصرف ورمی‌کمپوست به‌دست آمد (جدول 5).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 8- نتایج تجزیه واریانس(میانگین مربعات) نسبت برابری زمین در الگوهای مختلف کشت مخلوط ذرت، بادام زمینی و گاوزبان در سطوح ورمی کمپوست

Table 8- Analysis of variance (mean of squares) of land equivalent ratio in intercropping patterns of corn, borage and peanut in levels of vermicompost

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	نسبت برابری زمین land equivalent ratio
بلوک Block	2	0.38
ورمی‌کمپوست Vermicompost	2	4.07*
خطای اصلی Error (a)	4	0.24
الگوی کشت Intercropping pattern	5	11.27**
ورمی‌کمپوست × الگوی کشت Vermicompost×intercropping pattern	10	0.48**
خطا فرعی Error (b)	30	0.05
ضریب تغییرات (درصد) C.V(%)	-	7.67

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

ns, * and **: Non significant and significant at p≤0.05 and p≤0.01, respectively.

حداکثر مقدار نسبت برابری زمین در الگو افزایشی به‌دست آمد که نشان‌دهنده تأثیر افزایش تراکم گیاهان در افزایش سودمندی کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی و الگوهای جایگزینی بود. این موضوع را می‌توان به میزان تشعشع خورشیدی بالا در منطقه و نحوه استفاده کارآمد در کشت مخلوط، استفاده از لگوم در مخلوط و استفاده بهینه از منابعی نظیر رطوبت و عناصر غذایی خاک نسبت داد. در تأیید نتایج پژوهش حاضر نسبت برابری زمین در کشت مخلوط نواری با نسبت دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان بیشترین (LER=1/93) نسبت را در بین الگوهای مختلف کشت مخلوط دارا بود که نشان‌دهنده عملکرد بیشتر در مخلوط نسبت به تک‌کشتی و معادل 93 درصد افزایش در بهره‌وری زمین نسبت به کشت خالص سه گونه بود (Rezaei-Chiyaneh, 2016). سودمندی کشت مخلوط در کشت ذرت و لوبیا چشم بلبلی (Dahmardeh et al., 2010)، ماش سبز و چای ترش (Hodyanimehr et al., 2016)، گاوزبان اروپایی و لوبیا (Koochaki et al., 2012)، ذرت و بادام زمینی (Rajaii & dahmardeh, 2014)، ذرت- بادام زمینی و سورگوم- بادام زمینی (Ghosh, 2004)، ذرت و لگوم (Yilmaz et al., 2011) نیز گزارش شده است.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر کشت مخلوط و استفاده توأم ورمی‌کمپوست موجب بهبود میزان عناصر غذایی خاک گردید. کشت همزمان سه گیاه در مخلوط با افزایش مقدار عناصر غذایی خاک و استفاده بهینه از منابع محیطی موجب افزایش کارایی مصرف کود آلی شد همچنین ورمی‌کمپوست با افزایش فراهمی رطوبت و عناصر غذایی قابل دسترس گیاهان، سبب بهبود عملکرد گیاهان و افزایش ماده آلی خاک گردید. انتخاب الگوی کاشت مناسب ضمن افزایش تنوع در بوم‌نظام-های زراعی در حفاظت و احیای خاک حائز اهمیت است. انتخاب گیاهان و درصد اختلاط مناسب در الگو با توجه به کاهش رقابت بین گونه‌ای و حصول اهداف چندگانه اکولوژیکی، اقتصادی و زراعی میسر است. با توجه به نتایج در مجموع الگوی مخلوط 100 درصد ذرت + 50 درصد بادام زمینی + 50 درصد گاوزبان و کاربرد پنج تن ورمی-کمپوست در هکتار با توجه به افزایش مقدار کربن آلی، نیتروژن و میزان رطوبت خاک در شرایط خاک‌های غیر حاصلخیز و مناطق خشک برترین الگوی پژوهش بود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

Ahmad, Z., Mezori, H.A.M., and Duhoky, M.M.S. 2008. Effect of intercropping systems and nitrogen fertilizer on yield, yield components of corn (*Zea mays* L.) and peanut (*Arachis hypogea* L.). Journal of Dohuk University 11(1): 206-214.

Andersen, M.K., Hauggard-Nielsen, H., Ambus, P., and Jensen, E.S. 2005. Biomass production, symbiotic nitrogen fixation and inorganic N use in dual and tri-component annual intercrops. Plant and Soil 266: 273-287.

Anthony, R.S., and Rene, C.V. 2008. Land equivalent ratios, Light interception, and water in annual intercrops in the presence or absence of in-crop herbicides. Agronomy Journal 100: 1145-1154.

Azizi, A., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Nassiri Mahallati, M. 2015. Evaluating the effects of the interaction of supply and plant diversity on light use efficiency in different patterns. Iranian Journal of Field Crops Research 12(4): 544-566. (In Persian with Engish Summary)

Azizi, A., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Nassiri Mahallati, M. 2015. Evaluating the effects of the interaction of nutrient resource and plant diversity on inputs use efficiency in different cropping systems. Iranian Journal of Aroecology 7(1): 1-19. (In Persian with Engish Summary)

Bantilan, R.T., Palada, M., and Harwood, R.R. 1976. Integrated weed management, I. Key factors offecting weed/crop balance. Philippine Weed Science, Bulletin 1: 1-14.

Berdhal, J.D., Karn, J.F., and Herdrickson, J.R. 2001. Dry matter yield of cool season grass Monocultures and grass-alfalfa binary mixtures. Agronomy Journal 93: 463-467.

Berecz, K., Kismanyoky, T., and Debreczeni, K. 2005. Effect of organic matter recycling in long-term fertilization trials and model pot experiments. Communications in Soil Science and Plant Analysis 36: 191-202.

Chhipa, B.R., and Lal, P. 1995. Na/K ratios as the basis of salt tolerance in wheat. Australian Journal of Agricultural Research 46: 533-539.

Chowdhury, M.K., and Rosario, E.L. 1994. Comparison of nitrogen, phosphorus and potassium utilization efficiency in maize-mungbean intercropping. Agricultural Science 122: 193-199.

Claudio, P.J., Raphael B., Alves, F., Kamiila, L.R., Brunade, S.N., and Priscila, M.B. 2009. Zn (ll) adsorption from syntheyic solution and kaolin wastewater on vermicompost. Science of the Total Environment 162: 804-811.

Courtney, R.G., and Mullen, G.J. 2008. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. Bioresource Technology 99: 2913-2918.

Dahmardeh, M., and Hodiani, A. 2016. Assessment of soil elements in intercropping based on mathematical modeling. Computers and Electronics in Agriculture 218-224.

Dahmardeh, M., Ghanbari, A., Syahsar, B.A., and Ramrodi, M. 2010. The role of intercropping maize (*Zea mays* L.) and Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) on yield and soil chemical properties. African Journal of Agricultural Research 5(8): 631-636.

Dalal, R.C. 1974. Effect of intercropping maize with pigeon peas on grain yield and nutrient uptake. Experimental Agriculture 10: 219-224

Furbank, R.T., and Badger, R. 1983. Photorespiratory characteristics of the inflorescence. Australian Journal of Agricultural Research 26: 25-30.

Ghosh, P.K. 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut /cereal fodder intercropping systems in the semi- arid tropics of India. Field Crops Research 88: 227-237.

Gliessman, S.R. 1997. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. Arbor Press 357 pp.

Gustave, N.M., Jean, F., Ois, L., and Xavier, D. 2008. Shoot and root competition in potato/maize intercropping, Effects on growth and yield. Environmental and Experimental Botany 64: 180-188.

Hashem, A., Radosovich, S.R., and Dick, R. 2000. Competition effects on yield, tissue nitrogen, and germination of winter wheat (*Triticum aestivum*) and Italian raygrass (*Lolium multiflorium*). Weed Technology 14: 718-725.

He, T., and Cramer, G.R. 1993. Salt tolerance of rapid-cycling *Brassica* species in relation Potassium/Sodium ratio and selectivity at the whole plant and callous levels. Journal of Plant Nutrition 16(7): 1263-1277.

Hodiani Mehr, A., Dahmardeh, M., Khammari, A., and Asghari Poor, M. 2016. Evaluation of tillage systems on agronomical aspects in roselle-green gram intercropping using replacement method. Iranian Journal of Filed Crop Science 47(2): 265-276. (In Persian with Engish Summary)

Inal, A., Gunes, A., Zhang, F., and Cakmak, I. 2007. Peanut/maize intercropping induced changes in rhizospher and

www.SID.ir

Archive of SID

nutrient concentrations in shoots. Plant Physiology and Biochemistry 45: 350-356.

Innis, W.H. 1997. Intercropping and the Scientific Basis of Traditional Agriculture (1st Ed.). London: Intermediate Technology Publications Ltd.

Jeybal, H., and Kupposwany, G. 2001. Recycling of organic wastes for the production of vermicompost and its vosponsec in rice-legume cropping system and soil fertility. European Journal of Agronomy 15: 153-170.

Karpenstein-Machan, M., and Stuelpnagel, R. 2000. Biomass yield and nitrogen fixation of legumes monocropped and intercropped with rye and rotation effects on a subsequent maize crop. Plant and Soil 218: 215-232.

Li, L., Tang, C., Rengel, Z., and Zhang, F.S. 2004. Calcium, magnesium and microelement Uptake as affected by phosphorus sources and interspecific root Interactions between wheat and chickpea. Plant and Soil 261: 29-37.

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 OrthicAnthrosol in Northwest China. Agriculture, Ecosystems and Environment 105: 483-491.

Lim, S.L., Wu, T.Y., Lim, P.N., and Shak, K.P.Y. 2014: The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. Science of Food and Agriculture 95(6): 1143-1156.

Kamkar, B., Zahed, M., Sadat Hoseeini, R., Golchin, A., and Ghadirian, R. The principles of planting patterns designing (overview and case studies). 11nd Iranian Crop Science Congress in date 2012-0.9-0.4 in Karaj pp. 1514-1518. (In Persian)

Khodashenas, A. 1996. The effects of planting date, row spacing, and bush density on yield and pharmaceutical active substances of borage (*Borago officinalis* L.) in Esfahan. MSc Dissertation of Agriculture. Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. (In Persian with Engish Summary)

Koochecki, A., Shabahang, J., Khorramdel, S., and Azimi, R. 2010. The effect of irrigation intervals and intecropped marjoram (*Origanum vulgare*) with saffron (*Crocus sativus*) on possible cooling effect of corms for climate change adaptation. Iranian Journal of Field Crops Research. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Shabahang, J., Khorramdel, S., and Amin-Ghafouri, A. 2012. Row intercropping of borage (*Borago officinalis* L.) with bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on possible evaluating of the best strip width and assessing of its ecological characteristics. Journal of Agroecology 4(1): 1-11. (In Persian with English Summary)

Makkizadeh Tafti, M., Tavakol Afshari, R., Majnoon Hosseini, N., and Naghdi Badi, H.A. 2008. Evaluation of salinity tolerance and absorption of salt by borage (*Borago officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24(3): 253- 262. (In Persian with English Summary)

Malakouti, M.J. 1997. The effects of using balabced fertilizers and the role of microelements in qualitative and quantitative improvement of agricultural products and the environment. Proceedings of the Second National Conference on the Effective Use of Fertilizers and Toxins p. 48-52.

Manivannan, S., Balamurugan, M., Parthasarathi, K., Gunasekaran, G., and Ranganathan, L.S. 2009. Effect of vermicompost on soil fertility and crop productivity-Beans (*Phaseolus vulgaris*). Journal of Environmental Biology 30: 275-281.

Melero, S., Porras, J.C.R., Herencia, J.F., and Madejon, E. 2006. Chemical and biochemical properties in a silty loam soil under conventional and organic management. Soil and Tillage Research 90: 162-170.

Mirzaei, R., Kambozia, J., Sabahi, H., and Mahdavi, A. 2009. Effect of different organic fertilizers on soil physicochemical properties, production and biomass yield of tomato (*Lycopersicon esculentum*). Iranian Journal of Crops Researches 7(1): 257-267. (In Persian with English Summary)

Neumann, G., and Romheld, V. 1999. Root excretion of carboxylic acids and protons in phosphorus-deficient plants, Plant and Soil 211: 121-130.

Nzabi, A.W., Makini, F., Onyango, M., Kidula, N., Muyonga, C.K., Miruka, M., Mutal, E., and Gesare, M. 1999. Effect of intercropping legume with maize on soil fertility and maize yield. Kenya Agricultural Research Institute, Kisii Regional Reacerch Center. P.O.Box 523, Kisii.

Nielsen, H.H., and Jensen, E.S. 2005. Facilitative root interactions in intercrops, Plant and Soil 274: 237-250.

Odlare, M., Pell, M, and Svensson, K. 2008. Changes in soil chemical and microbiological properties during 4 years of application of various organic residues. Waste Management 28: 1246–1253.

Ofari, F., and Stern, W.R. 1987. Cereal-legume intercropping system. Advance in Agronomy 41: 41-90.

Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., and Dean, L.A. 1954. Estimation of Available Phosphorous in Soils by

www.SID.ir

Archive of SID

Extraction with Sodium Bicarbonate; U.S. Department of Agriculture: Washington, D.C., USDA Circ. 939 p.

Pandita, A.K., Saha, M.H., and Bali, A.S. 2000. Effect of row ratio in cereal-legume intercropping systems on productivity and competition functions under Kashmir conditions. Indian Journal of Agronomy 45: 48-53.

Raja Sekar, K., and Karmegan, N. 2010. Earthworm casts as an alternate carrier material for biofertilizers: Assessment of endurance and viability of *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium* and *Rhizobium leguminosarum*. Scientia Horticulturae 124: 286-289.

Rajaii, M., and Dahmardeh, M. 2014. The evaluation of corn and peanut intercropping on efficiency of use the environmental resource and soil fertility. Journal of Agricultural Science 6(4): 99-108.

Rengel, Z. 2002. Genetic control of root exudation. Plant and Soil 245: 59-70.

Rezaei-Chiyaneh, E. 2016. Evaluation of quantitative and qualitative traits of black cumin (*Nigella sativa* L.) and basil (*Ocimum basilicum* L.) in different intercropping patterns with bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agroecology 8(2): 263-280. (In Persian with English Summary)

Singh, Y., Singh, B., Ladha, J.K., Khind, C.S., Gupta, R.K., Meelu, O.P., and Pasuquin, E. 2004. Long-term effects of organic inputs on yield and soil fertility in the rice-wheat. Soil Science Society of American Journal 68: 846-853.

Srinivasarao, C., Rupa, T.R., Subba Rao, A., Ramesh, G., and Bansal, S.K. 2000. Release kinetics of nonexchangeable potassium by different extractants from soils of varying mineralogy and depth. Communications in Soil Sciences and Plant Analysis 37: 473-491.

Storey, R., and Wyn Jones, R.G. 1978. Salt stress and comparative physiology in the Gramineae. 1. Ion relations of two salt- and water-stressed barley cultivars, California Mariout and Arimar. Australian Journal of Plant Physiology 5: 801-816.

Yilmaz, S., Atak, M., and Erayman, M. 2008. Identification of advantages of maize – legume intercropping over solitary cropping through competition indices in the east Mediterranean region. Turkish Journal of Agriculture of Forestry 32: 111-119.

Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29-38.

Zheng, Y., Zhang, F., and Li, L. 2003. Iron availability as affected by soil moisture in intercropped peanut and maize. Journal of Plant Nutrition 26: 2425-2437.

Zhang, F.S., and Li, L. 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping system enhance crop productivity and nutrient use efficiency. Plant and Soil 248: 305-312.

Zhang, L., Vander Werf, W., Bastiaans, L., Zhang, S., Li, B., and Spiertz, J.H.J. 2008. Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. Field Crops Research 107: 29-42.

Zhu, J.K. 2003. Regulation of ion homeostasis under salt stress. Current Opinion in Plant Biology 6: 441-445.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.2, Summer 2018, p. 547-564

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 10، شماره 2، تابستان 1397، ص. 564-547

The Effect of Planting Pattern and Vermicompost on the Changes in Soil Nutrients and Use of Environmental Resources in Intercropping of Corn (*Zea mays* L.), Peanut (*Arachis hypogaea* L.) and Borage (*Borago officinalis* L.)

M. Rejaei[1], M. Dahmardeh*[2], I. Khammari[3], B. Keshtegar[4]

Submitted: 08-02-2017
Accepted: 06-05-2017

Rejaei, M., Dahmardeh, M., Khammari, I., and Keshtegar, B. 2018. The effect of planting pattern and vermicompost on the Changes in soil nutrients and use of environmental resources in intercropping of corn (*Zea mays* L.), peanut (*Arachis hypogaea* L.) and borage (*Borago officinalis* L.). Journal of Agroecology. 10(2): 547-564.

Introduction

In the corn and peanut intercropping system, the organic amounts of carbon, nitrogen, sodium, potassium, calcium and magnesium in the soil were affected by sowing system after harvest and changes in each element varied according to the percentage of plant and different morphological structure between two plants. Intercropping of Roselle and mung bean was modeled based on different percentages of mix-culture and the results showed that, by increasing the cultivation area of Roselle would cause negative effects on soil properties and increasing in the mung bean cultivation area in comparison with the Roselle had a positive effect on the amount of nitrogen and carbon.

Materials and Methods

To determine the best intercropping patterns and effect of vermicompost in corn, peanut and borage intercropping, a split plot test based on randomized complete block design with three replications was conducted at the Institute of Zabol University in 2015. The study factors consisted of various proportion of vermicompost as a major factor in three levels, including: 0, 2.5 and 5 tons per hectare, different patterns of intercropping as a sub-factor in 9 levels including monoculture of corn, peanut, borage, and mix cultivation which are including: 50% corn plus 25% peanut plus 25% borage, 100% corn plus 50% peanut plus 50% borage, 40% corn plus 30% peanut plus 30% borage, 100% corn, 75% peanut plus 25% borage, 60% corn plus 20%peanut plus 20% borage plus and 100% corn plus 25% peanut plus 75% borage. Soil sampling was conducted after harvesting three plants. Soil elements including organic carbon, phosphorus, nitrogen, potassium and sodium were measured in soil sampling.

Results and Discussion

The effects of intercropping patterns and vermicompost on the amount of carbon, nitrogen, phosphorus, potassium, and sodium in the soil were significant at 1% probability level. Statistically, the mutual interaction between these two treatments also showed a significant effect on the amount of the elements. In the analysis of intercropping patterns, the cropping patterns of %100 corns plus %50 peanut plus %50 borage, and the use of 5 ton vermicompost per hectare resulted the maximum amount of organic carbon (%41). By increasing the amount of peanuts to %50 in the cropping pattern, the amount of carbon also increased and in the pattern with the least peanuts percentage, the amount of the element (carbon) decreased. The different root system among three plants, and their competition to absorb more of soil nutrients. The legumes in intercropping with positive effect increased the amount of phosphorus. Among different patterns of intercropping, the least amount of sodium in the soil (8.2m.e.l^{-1}) was observed in %100 corn plus %25 peanut plus %75 borage treatments, while fertilizers were not used. As a result, by increasing borage percentage, the amount of sodium in the soil decreased. The highest yield rate of corn (17.3 t.ha^{-1}) was observed in the intercropping pattern of % 100 corn plus %25 peanut

1, 2, 3 and 4- PhD Student of Agroecology, Associated Professor, Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Zabol, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: dahmard@gmail.com)
DOI: 10.22067/jag.v10i2.62071

www.SID.ir

Archive of SID

plus %75 borage, and the highest yield rate of peanut (15.5 $t.ha^{-1}$) was observed in the intercropping pattern of %100 corn plus %75 peanut plus %25 borage and usage of 2.5 ton vermicompost per hectare, and finally the highest performance rate of borage was observed in sole crop, and the use of 5 ton vermicompost per hectare. Furthermore, due to the physiological and morphological differences among the three plant species, the use of environmental resources efficiency in pattern designing increased in intercropping. The Land Equivalent Ratio (LER) of all the intercropping patterns was more than 1, which showed the advantage of intercropping over sole crop.

Conclusion

Not only does choosing a suitable planting pattern increase the diversity in agricultural ecosystems, but also it plays an important role in both soil reclamation and protection. Both selection of plants and determination of appropriate intercropping percentages in a pattern are possible with respect to the reduction of competition between species and achievement of multiple ecological, economical, and agricultural goals. According to the results, intercropping pattern including %100 corn plus %50 peanut plus %50 borage, increased amount of organic carbon, nitrogen, and moisture in non-fertile soils and dry lands, hence it was the best model.

Keywords: Economic yield, Land equivalent ratio, Organic carbon, Photosynthesis active radiation

www.SID.ir