نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد چهاردهم، شماره ۴(۵۶)، زمستان ۱۳۹۹، صفحه ۵۵۰-۵۳۵

**مقاله پژوهشی** DOI: 10.30495/jcep.2021.679979

# بررسی اکوفیزیولوژیک کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) تحت تأثیر کودهای زیستی

**ایوب امیری[1*]، محمود رمرودی[2]، محمد گلوی[3] و مسعود رفیعی[4]**

**تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۸ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۵/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۷/۷**

## چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر مدیریت سیستم‌های مختلف کشت مخلوط ذرت سینگل کراس ۶۴۰ و لوبیا چشم بلبلی رقم ۲۹۰۰۵ با استفاده از کودهای زیستی در کشت راهرویی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال ۱۳۹۵ در استان لرستان، شهرستان الشتر اجرا گردید. عامل اصلی شامل نسبت‌های کاشت گیاهان: تک کشتی ذرت (M1)، ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد لوبیا (M2)، ۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد لوبیا (M3)، ۲۵ درصد ذرت + ۷۵ درصد لوبیا (M4) و تک کشتی لوبیا (M5)، و عامل فرعی شامل مصرف کودهای زیستی: تلقیح بذر با باکتری ازتوباکتر و آزوسپریلیوم به‌میزان ۱۰۰ (B1) و ۲۰۰ (B2) گرم در هکتار و بدون تلقیح بذر با باکتری ازتوباکتر و آزوسپریلیوم (B3) بودند. نتایج نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد ذرت و لوبیا چشم بلبلی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نسبت‌های کاشت و مصرف کودهای زیستی قرار گرفتند. بیشترین عملکرد ذرت (۱۱/۳۵۰ کیلوگرم در هکتار) و لوبیا چشم بلبلی (۳/۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد لوبیا چشم بلبلی به‌دست آمد. در بین تیمارهای کودی بیشترین عملکرد ذرت (۱۱/۸۵۰ کیلوگرم در هکتار) و لوبیا چشم بلبلی (۳/۴۵۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار تلقیح بذر با ۲۰۰ گرم باکتری در هکتار حاصل شد. با محاسبه نسبت برابری زمین (LER) ملاحظه گردید که کشت مخلوط جهت حصول حداکثر عملکرد، این دو گیاه با نسبت کاشت (۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد لوبیا) با میانگین ۱/۵۵ بیشترین مقدار را داشت که نشان‌دهنده سودمندی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص این دو گیاه بود. با توجه به نتایج حاصل، امکان حصول عملکرد دانه و زیستی بالا در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی آنها فراهم بوده و بهترین تیمار ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد لوبیاچشم بلبلی و تلقیح بذر با ۲۰۰ گرم باکتری در هکتار می‌باشد.

**واژگان کلیدی**: ازتوباکتر، آزوسپریلیوم، سودمندی مخلوط، نسبت برابری زمین، نسبت کاشت.

۱- دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. (نگارنده‌ی مسئول) amiri.ayob@yahoo.com

۲- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۳- استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۴- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران.

## مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) که Maize هم گفته می‌شود، بعد از گندم و برنج، سومین غله مهم جهان می‌باشد (Zaied *et al.*, 2007). نقش بقولات نیز به‌عنوان منبع مهمی در جیره غذایی انسان، تغذیه دام و افزایش حاصل‌خیزی خاک شناخته شده است (Bhatti *et al.*, 2006). علاوه بر این، حبوبات گیاهانی کم توقع و مناسب کشت در نظام‌های زراعی کم نهاده به‌شمار می‌روند و در نتیجه از نظر اکولوژیکی و زیست محیطی ارزشمند هستند (Parsa and Bagheri, 2008). کاربرد منابع و نهاده‌های تجدیدپذیر، یکی از اصول کشاورزی پایدار است که موجب حداکثر بهره‌وری زراعی و کمترین خطرات زیست محیطی می‌شود (Kizilkaya, 2008). برای توسعه کشاورزی پایدار، اجرای سیستم‌های کشاورزی با نهاده کافی به‌صورت تلفیق با مصرف کودهای شیمیایی، زیستی و آلی به‌منظور تولید محصول و حفظ عملکرد در سطح قابل قبول، راهکاری مؤثر می‌باشد (Sharma, 2003). یکی از راهکارهای تولید بهینه محصول و حفظ سلامت محیط زیست، استفاده بیشتر از میکروارگانیسم‌های خاکزی و کودهای زیستی می‌باشد (van Loon, 2007). کودهای زیستی و ریزاندامگان‌ها به‌دلیل تثبیت زیستی نیتروژن به‌صورت همیاری با ریشه گیاهان زراعی مانند انواع غلات مورد توجه قرار گرفته‌اند (Atiyeh *et al.*, 2002). کود زیستی ازتوباکتر و آزوسپریلیوم با تثبیت زیستی نیتروژن و تولید هورمون‌های محرک رشد سبب توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه ذرت شده که این امر می‌تواند سبب افزایش عملکرد محصول گردد (Garg *et al.*, 2005). در سال‌های اخیر پایداری کم سیستم‌های کشت متداول، تخریب زمین و کاهش حاصل‌خیزی خاک تهدیدی بزرگ برای بهره‌برداری کشاورزی شده است. این امر منجر به توجه بیشتر به سامانه‌های مختلف اگروفارستری یا جنگل زراعی از جمله زراعت راهرویی در مناطق مختلف جهان شده است. از راهکارهای دست‌یابی به افزایش تنوع، روش‌های مدیریتی به‌کارگیری مخلوطی از گیاهان گونه‌های مختلف، در زراعت می‌باشد (Mazaheri and Oveysi, 2004). از جمله این روش‌های مدیریتی می‌توان به تناوب زراعی، کشت مخلوط و استفاده از سامانه‌های جنگل زراعی اشاره کرد (Javanshir *et al.*, 2004). سامانه‌های اگروفارستری به‌عنوان یک راهکار مدیریتی از نظر افزایش حاصل‌خیزی خاک، تولید محصولات متنوع، تولید مستمر، حفاظت از آب و خاک و محیط زیست از اهمیت زیادی برخوردار هستند (Gladun, 2004). کاهش مخاطرات تک‌کشتی‌ها و افزایش درآمد مزارع از طریق اصلاح و پایداری قدرت تولیدی نیز جزو فواید اقتصادی اجتماعی سامانه‌های اگروفارستری به‌شمار می‌روند (Shamekh, 2006). کشت مخلوط به‌عنوان یکی از شیوه‌های زراعی هم راستا با اهداف اکولوژیک، افزایش کارآیی مصرف منابع و پایداری عملکرد را به همراه دارد (Darbaghshahi *et al.*, 2012).

طی ارزیابی کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی بیان شده است که جداسازی آشیان‌های اکولوژیکی در جذب منابع را می‌توان به‌عنوان یک توجیه علمی برای سودمندی کشت مخلوط نسبت به تک کشتی مطرح نمود (Jamshidi *et al.*, 2008). افزایش تولید در کشت مخلوط را می‌توان به سرعت رشد بیشتر و استفاده بهتر از منابع در دسترس نسبت داد (Gustave *et al.*, 2008). در کشت مخلوط لوبیا چشم‌بلبلی و

ذرت، مخلوط ذرت و لوبیا در استفاده از عناصر غذایی مکمل هم بوده به‌طوری‌که ۳۵ درصد کارآیی بیشتری نسبت به کشت خالص داشتند (Eskandari and Ghanbari, 2011). در ارزیابی کشت مخلوط ذرت و لوبیا گزارش شده است که نسبت برابری زمین در تمام تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از یک بود که نشان‌دهنده سودمندی کشت مخلوط است (Koocheki *et al.*, 2009). انتخاب گیاهان مناسب همراه با افزایش تنوع موجب افزایش ثبات و پایداری سیستم‌های کشاورزی خواهد شد. از این رو، این تحقیق با هدف بررسی اکوفیزیولوژیک کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی تحت تاثیر کودهای زیستی در کشت راهرویی (Alizadeh Moradi *et al.*, 2018) جهت دست‌یابی به مناسب‌ترین نسبت کاشت این دو گونه و دست‌یابی به حداکثر عملکرد محصول اجرا گردید.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در شهرستان الشتر از استان لرستان، در سال ۱۳۹۵ انجام شد. این شهرستان در مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۵۳ دقیقه عرض شمالی واقع شده و دارای اقلیمی معتدل کوهستانی با میانگین دمای سالانه ۱۲/۷ درجه سلسیوس و میانگین بارش ۴۷۵ میلی‌متر در سال می‌باشد. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۵۵۰ متر است. خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱، آورده شده است.

عامل اصلی کشت مخلوط ذرت سینگل کراس ۶۴۰ و لوبیا چشم‌بلبلی رقم ۲۹۰۰۵ شامل: تک کشتی ذرت (M1)، ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد لوبیا (M2)، ۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد لوبیا (M3)، ۲۵ درصد ذرت + ۷۵ درصد لوبیا (M4) و تک کشتی لوبیا (M5) و عامل فرعی شامل مصرف کودهای زیستی: تلقیح بذر با باکتری ازتوباکتر و آزوسپریلیوم به میزان ۱۰۰ گرم در هکتار (B1)، تلقیح بذر با باکتری ازتوباکتر و آزوسپریلیوم به میزان ۲۰۰ گرم در هکتار (B2) و بدون تلقیح بذر با باکتری ازتوباکتر و آزوسپریلیوم (B3) بودند (Zaady *et al.*, 1993; Manske *et al.*, 2000). بر اساس نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی خاک، قبل از کشت مقادیر ۶۰ کیلوگرم در هکتار فسفر از منبع کود سوپر فسفات تریپل، ۴۷ کیلوگرم پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم و ۴۵ کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره به زمین اضافه شد (Shingo and Makoto, 2000). کاشت در تاریخ ۲۵ و ۲۶ خرداد ماه انجام و بذور با باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم تلقیح گردیدند (Mora *et al.*, 1995). تراکم بوته در متر مربع برای ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی در کشت خالص به‌ترتیب ۸ و ۲۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد و تراکم آنها در کشت‌های مخلوط با توجه به نسبت‌های آنها تغییر کرد. فاصله بین ردیف‌ها ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف در کشت خالص ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی به ترتیب ۱۶ و ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و در سری‌های مخلوط با توجه به نسبت‌های کاشت، متفاوت بود. رقم ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی مورد استفاده در آزمایش به ترتیب عبارت بودند از سینگل کراس ۶۴۰ و رقم ۲۹۰۰۵ که از واحد بذر و نهال جهاد کشاورزی استان لرستان تهیه گردید. در زمان رسیدگی (برداشت ذرت و لوبیا چشم بلبلی در تاریخ ۲۷ آبان ماه صورت گرفت)، صفات ارتفاع بوته، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در

ردیف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و زیستی برای ذرت و صفات ارتفاع بوته، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و زیستی برای لوبیا چشم‌بلبلی ارزیابی و نسبت برابری زمین (LER) برای اجزای مخلوط مطابق با روابط زیر محاسبه شد (Mazaheri, 1998).

$$LER (T) = LER (a) + LER (b)$$
$$LER (a) = Yab + Yaa$$
$$LER (b) = Yba + Ybb$$

که در این روابط LER (T): نسبت برابری کل زمین، LER (a): نسبت برابری زمین گونه A (ذرت)، LER (b): نسبت برابری زمین گونه B (لوبیا چشم بلبلی)، Yab: عملکرد گونه A در کشت مخلوط، Yaa: عملکرد گونه A در کشت خالص، Yba: عملکرد گونه B در کشت مخلوط و Ybb: عملکرد گونه B در کشت خالص بودند.

در نهایت داده‌های به‌دست آمده با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ تجزیه و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات بررسی شده در ذرت و لوبیا چشم بلبلی به ترتیب در جداول ۲ و ۳ ارایه شده است.

**اجزای عملکرد ذرت:** نتایج نشان داد که بالاترین ارتفاع بوته ذرت با میانگین ۲۳۲/۶ و ۲۳۴/۱ سانتی‌متر به‌ترتیب متعلق به کشت مخلوط ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد لوبیا چشم بلبلی و تیمار تلقیح بذر با باکتری به میزان ۲۰۰ گرم در هکتار بود (جدول ۴). در ارزیابی کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی ارتفاع بوته ذرت در مخلوط با لوبیا چشم‌بلبلی افزایش یافت و علت آن را تامین بهتر نیتروژن توسط لگوم دانسته‌اند (Hakan *et al.*, 2008).

در کشت خالص ذرت به‌نظر می‌رسد به دلیل تراکم بالاتر بوته‌ها، رقابت بین بوته‌ای برای کسب نور بیشتر از کشت‌های مخلوط بوده و همین امر ممکن است منجر به افزایش ارتفاع بیشتر بوته‌ها شده باشد. چنانچه بیان شده است، در تراکم‌های بالا با افزایش رقابت درون گونه‌ای طول میانگره‌ها زیاد می‌شود و به تبع آن ارتفاع بوته افزایش می‌یابد (Thobatsi, 2009). بیشترین تعداد ردیف در بلال در تیمار ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد لوبیاچشم‌بلبلی به‌دست آمد که البته با تیمار ۵۰ درصد ذرت + ۵۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴). در مورد تلقیح بذر با باکتری نیز بیشترین تعداد ردیف در بلال متعلق به تلقیح بذر با باکتری به میزان ۲۰۰ گرم در هکتار باکتری بود که البته از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با تلقیح بذر با باکتری به میزان ۱۰۰ گرم در هکتار نداشت (جدول ۴). علت افزایش تعداد ردیف در بلال در اثر کاربرد تیمارها، احتمالاً در اثر افزایش جذب نیتروژن مؤثر بوده و چون تعداد ردیف در بلال یک صفت ژنتیکی با ثبات بسیار بالا بوده و به میزان کمتری تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد در اثر کاربرد تیمارها در تلقیح بذر با باکتری که موجب افزایش فعالیت ریزاندامگان‌ها و در نتیجه موجب افزایش تعـداد ردیف در بلال می‌شود (Rezaei-Chianeh *et al.*, 2011).

بیشترین تعداد دانه در ردیف با میانگین ۳۴/۳۴ و ۳۳/۳۸ به‌ترتیب متعلق به نسبت کشت مخلوط ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد لوبیا چشم بلبلی و تیمار تلقیح بذر با باکتری به‌میزان ۲۰۰ گرم در هکتار بود (جدول ۴). با افزایش تراکم،

تعداد دانه در هر ردیف و طول بلال کاهش می‌یابد که این امر را می‌توان به تشـدید رقابت درون گونه‌ای نسبت داد (Rezaei-Chianeh *et al.*, 2011). علت افزایش تعداد دانه در ردیف افزایش جذب نیتروژن مؤثره و رشد مناسب در مراحل زایشی و رویشی و گلدهی و افزایش طول بلال و همچنین در اثر تلقیح باکتری افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها و تغییرات ژنتیکی بوده (Jurik and Van, 2004). بیشترین وزن هزار دانه ذرت با میانگین ۲۸۲/۳ و ۲۷۹/۴ گرم به‌ترتیب متعلق به نسبت کشت مخلوط ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و تیمار تلقیح بذر با باکتری به میزان ۲۰۰ گرم در هکتار بود (جدول ۴). کاهش وزن هزار دانه ذرت با افزایش تراکم آن اغلب ناشی از تشدید رقابت درون‌گونه‌ای بر سر استفاده از منابع موجود بوده است (Carruthers *et al.*, 2000). علت افزایش وزن هزار دانه در تیمارها به علت فراهم شدن تغذیه مناسب و عدم رقابت برای جذب مواد به علت فراوان بودن آن در تیمارهای مورد نظر باعث افزایش وزن هزاردانه که به‌عنـوان یکی از پارامترهای مهم عملکرد دانه می‌باشد، گردید (Kader *et al.*, 2002).

**عملکرد دانه و زیستی ذرت:** بیشترین مقدار عملکرد دانه و عملکرد زیستی ذرت در نسبت کشت ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و همچنین طی شرایط تلقیح بذر با باکتری به میزان ۲۰۰ گرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۴). در مجموع کشت مخلوط در نتیجه استفاده بهتر از منابع، عملکرد دانه و زیستی بیشتری نسبت به کشت خالص تولید نمود. افزایش عملکرد در مخلوط نسبت به کشت خالص توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Saban *et al.*, 2007; Sheri *et al.*, 2008).

زو (Xu, 2007) گزارش کرد که در کشت مخلوط ذرت و باقلا، عملکرد دانه ذرت ۲۶ تا ۴۳ درصد افزایش یافته است. ایشان افزایش عملکرد دانه ذرت را به خاطر آزادسازی اسیدهای ارگانیک و به تثبیت نیتروژن در ریشه‌های باقلا نسبت دادند. این اسیدها، فسفر غیرمحلول خاک را به حالت محلول درآورده و به همراه نیتروژن در اختیار ذرت قرار می‌دهند. علت افزایش عملکرد دانه به خاطر تلقیح بذر با باکتری‌ها بوده که موجب افزایش رشد و افزایش مواد فتوسنتزی و رقیق شدن غلظت نیتروژن و جذب بهتر نیتروژن و مواد دیگر بوده است (Ghosh *et al.*, 2004). افزایش عملکرد در زمان استفاده از کود زیستی می‌تواند ناشی از وجود جمعیت‌های میکروبی در خاک یا ریزوسفر بر اثر تلقیح با کود زیستی باشـد که به وسیله ایجاد چرخه مواد غذایی و قابل دسترس ساختن آنها، افزایش حفظ سلامتی ریشه در طول دوره رشد در رقابت با پاتوژن‌های گیاهی ریشه و افزایش جذب مواد غذایی باعث رشد گیاه می‌شوند. باکتری‌های محرک رشد عملکرد را به واسطه تولید فیتوهورمون‌ها، افزایش دسترسی به مواد غذایی خاک، تسهیل جذب مواد غذایی توسط گیاه با مقاومت در برابر بیماری‌ها افزایش می‌دهند (Shaukat *et al.*, 2006). استفاده از باکتری‌های محرک رشد سبب تامین مواد غذایی در گیاهان می‌شوند، بنابراین گیاه با افزایش رشد همراه شده که سبب افزایش عملکرد بیولوژیک می‌شود (Karami Chame *et al.*, 2016).

**اجزای عملکرد لوبیا چشم‌بلبلی:** بیشترین ارتفاع بوته لوبیا چشم‌بلبلی در نسبت کاشت مخلوط ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و تیمار تلقیح بذر با باکتری به میزان ۲۰۰ گرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۵). شاید

کاهش ارتفاع بوته‌های لوبیا چشم‌بلبلی در کشت خالص که از تراکم بالاتری برخوردار بود را بتوان به افزایش رقابت بوته‌ها برای جذب منابع و در نتیجه رشد کمتر بوته‌ها، نسبت داد. به نظر می‌رسد در مورد لوبیا چشم‌بلبلی که دارای تیپ رشدی نیمه خزنده بود، رقابت بیشتر بر سر عامل فضا بین بوته‌ها صورت گرفته است، در حالی که در ذرت که تیپ رشدی آن به صورت بوته‌های استوار می‌باشد، رقابت بیشتر برای دریافت نور بوده است. سلوسه و همکاران (Selosse *et al.*, 2004) در بررسی خود نشان داده‌اند که کودهای زیستی حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن، گیاه را در جذب عناصر بیشتر یاری می‌کنند که در نتیجه آن، رشد اندام هوایی و انشعابات جانبی گیاه افزایش پیدا می‌کند. بیشترین تعداد نیام در بوته در لوبیا چشم‌بلبلی متعلق به کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی بود (جدول ۵). به نظر می‌رسد در مورد تعداد نیام در بوته، تیمارهای مخلوط در مقایسه با کشت خالص نتوانسته‌اند شرایطی بهتری برای افزایش آنها به وجود آورند و در کشت خالص گیاهان توانسته‌اند به‌طور کارآمدتری عمل کنند (Togay *et al.*, 2008). افزایش تعداد نیام در بوته با کاهش تعداد بوته و افزایش فضای تغذیه‌ای گیاه و تولید شاخه‌های جانبی بیشتر مربوط می‌باشد. کاهش تعداد نیام در بوته در کشت مخلوط به رقابت دو گیاه برای دریافت نور (سایه‌اندازی) و جذب مواد غذایی نسبت داده شده است (Ghosh *et al.*, 2006). بیشترین تعداد نیام در بوته لوبیا چشم‌بلبلی در تیمار تلقیح بذر با باکتری به میزان ۲۰۰ گرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۵). وجود رطوبت و عناصر غذایی و عدم وجود پاتوژن‌ها مهم‌ترین عوامل باروری تعداد نیام و تولید دانه می‌باشد (Ghalavand *et al.*, 2009). سعیدی و همکاران (Saiadi *et al.*, 2012) بیان کردند که باکتری آزوسپیریلوم موجب افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته شد. با توجه به نتایج، احتمالاً میکروارگانسیم‌های موجود در کودهای زیستی با افزایش فراهمی عناصر غذایی، به افزایش تعداد نیام کمک کرده‌اند. توگای و همکاران (Togay *et al.*, 2008) گزارش کرده‌اند که تلقیح باکتریایی، تعداد نیام در بوته لوبیا را افزایش داد. علت افزایش تعداد نیام در هر بوته در اثر کاربرد تیمارها احتمالاً در اثر افزایش جذب نیتروژن مؤثر بوده و در اثر کاربرد تیمارها در تلقیح بذر با باکتری و با افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها، موجب افزایش تعداد نیام در هر بوته می‌شود. به نظر می‌رسد میکروارگانسیم‌های موجود در کودهای زیستی از طریق فراهمی بیشتر عناصر غذایی و بهبود رشد گیاه و تولید ماده خشک بیشتر، اجزای عملکرد را افزایش داده و در نهایت کمک به بهبود عملکرد می‌کنند (Valverde *et al.*, 2006). افزایش عملکرد حبوباتی مانند نخود و ماش نیز در شرایط کاربرد باکتری‌های محرک رشد گزارش شده است (Ahmad and Saliman, 2010). بیشترین تعداد دانه در نیام در لوبیا چشم‌بلبلی در نسبت‌های کاشت، متعلق به کشت مخلوط ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی بود (جدول ۵). به نظر می‌رسد با کاهش تراکم بوته‌های لوبیا چشم‌بلبلی در نسبت‌های کاشت، شرایط برای رشد بیشتر نیام‌ها بهبود یافته است. جمشیدی و همکاران (Jamshidi *et al.*, 2008) نیز طی ارزیابی کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی، اثر معنی‌دار الگوی کاشت بر تعداد دانه در نیام در لوبیا چشم بلبلی را گزارش کرده‌اند. بیشترین تعداد دانه در نیام در لوبیا چشم‌بلبلی در تیمار تلقیح بذر با

باکتری به میزان ۲۰۰ گرم در هکتار باکتری به دست آمد (جدول ۵). از آن‌جایی که بیشترین تعداد نیام در بوته نیز به این تیمار اختصاص داشت و از تعداد دانه در نیام بالایی نیز برخوردار بود، این نتایج قابل انتظار به نظر می‌رسد. این صفت یکی از معیارهای تعیین کننده عملکرد دانه محسوب می‌شود به‌طوری‌که هر چه تعداد دانه در نیام بیشتر باشد، مخزن بزرگ‌تری برای مواد متابولیکی به‌وجود آمده و هر عاملی که باعث افزایش این معیار شود، به نظر می‌رسد می‌تواند باعث افزایش عملکرد شود، البته به‌شرطی که محدودیت منبع وجود نداشته و شاخص برداشت گیاه هم بالا باشد. به نظر می‌رسد که استفاده از کودهای زیستی به‌دلیل فراهمی بیشتر عناصر غذایی، باعث افزایش تعداد دانه در نیام گردیده است. تأمین عناصر غذایی نقش مهمی در افزایش تعداد دانه در نیام دارد (Rudresh *et al*., 2005). به نظر می‌رسد که مصرف کود، باعث فراهم شدن محیط تغذیه‌ای مناسب برای نیام‌های در حال رشد و انتقال مواد فتوسنتزی به آنها شده است (Abdzad Gohari *et al*., 2010).

بیشترین وزن هزاردانه در نسبت‌های کاشت نیز متعلق به کشت مخلوط ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد لوبیاچشم‌بلبلی بود (جدول ۵). این نسبت کشت بیشترین تعداد دانه در نیام را نیز به خود اختصاص داده و در ضمن از تعداد نیام در بوته بالایی نیز برخوردار بود. به نظر می‌رسد با کاهش تراکم، رقابت درون‌گونه‌ای کاهش یافته و در نتیجه شرایط مطلوب‌تری برای افزایش صفت‌های مؤثر در عملکرد بوته‌های لوبیا چشم‌بلبلی فراهم شده است (Ahmad *et al*., 2012). بیشترین وزن هزار دانه در لوبیا چشم‌بلبلی در تیمار تلقیح بذر با باکتری به میزان ۲۰۰ گرم در هکتار باکتری به دست آمد (جدول ۵). این صفت یکی از معیارهای تعیین کننده عملکرد دانه محسوب می‌شود و هر عاملی که باعث افزایش این معیار شود، می‌تواند باعث افزایش عملکرد شود البته به شرطی که محدودیت منبع وجود نداشته باشد. علت افزایش وزن هزار دانه در تیمارها به‌علت فراهم شدن تغذیه مناسب و عدم رقابت برای جذب مواد به علت فراوان بودن آن در تیمارهای مورد نظر باعث افزایش وزن هزار دانه که به‌عنوان یکی از پارامترهای مهم عملکرد دانه می‌باشد گردید (Kader *et al*., 2002).

**عملکرد دانه و زیستی لوبیا چشم‌بلبلی:**

بیشترین مقدار عملکرد دانه و عملکرد زیستی لوبیا چشم‌بلبلی در نسبت کشت ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی به‌دست آمد که البته با تیمار تک کشتی لوبیا چشم‌بلبلی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشته و در یک گروه آماری قرار گرفتند و در مورد تلقیح بذر با باکتری نیز بیشترین مقدار عملکرد دانه و عملکرد زیستی لوبیا چشم‌بلبلی متعلق به تیمار تلقیح بذر با باکتری به‌میزان ۲۰۰ گرم در هکتار باکتری بود (جدول ۵). از نظر اثر اجزای عملکرد، علت بالاتر بودن عملکرد دانه را در این تیمارها می‌توان به بالاتر بودن تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام و وزن هزار دانه در این تیمارها نسبت داد. به نظر می‌رسد که تعداد نیام در بوته بیشترین سهم را در تشکیل عملکرد دانه لوبیا چشم‌بلبلی دارد چرا که در سیستم‌های کودی، بیشترین تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام و وزن هزار دانه نیز متعلق به تیمار تلقیح بذر با باکتری به میزان ۲۰۰ گرم در هکتار باکتری بود. همان‌گونه که قبلاً ذکر شد، ویژگی‌های مؤثر در تعداد دانه در بوته، تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام می‌باشند، به نظر

می‌رسد که برآیند این دو ویژگی در کل توانسته که تعداد دانه در بوته را افزایش داده و در نهایت منجر به افزایش عملکرد گردند. نتایج امینی‌فر و همکاران (Aminifar *et al*., 2013) در سویا نیز نشان داده است که مهم‌ترین ویژگی در تعیین عملکرد دانه، تعداد نیام در بوته بود. به نظر می‌رسد میکروارگانیسم‌های موجود در کودهای زیستی از طریق فراهمی بیشتر عناصر غذایی و بهبود رشد گیاه و تولید ماده خشک بیشتر، اجزای عملکرد را افزایش داده و در نهایت کمک به بهبود عملکرد می‌کنند. افزایش عملکرد حبوباتی مانند نخود (Valverde *et al*., 2006) و ماش (Ahmad *et al*., 2012) نیز در شرایط کاربرد باکتری‌های محرک رشد گزارش شده است. جمشیدی و همکاران (Jamshidi *et al*., 2008) طی ارزیابی کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی بیان داشته‌اند که با افزایش تراکم گیاهی، عملکرد دانه برای هر دو گیاه در تک کشتی و کشت مخلوط افزایش یافت، که این افزایش به‌دلیل افزایش پوشش گیاهی و نزدیک شدن آنها به تراکم مطلوب در شرایط مخلوط و استفاده بهتر از منابع محیطی می‌تواند باشد. آنها همچنین بیان کرده‌اند که عملکرد ذرت در الگوی کشت مخلوط بیشتر از عملکرد آن در تک کشتی بود و عملکرد لوبیا چشم‌بلبلی در سیستم تک کشتی اندکی بیشتر از الگوی کشت مخلوط شد که دلیل کلی، آن است که رقابت درون گونه‌ای بیشتر از رقابت بین گیاهان گونه‌های مختلف است.

**نسبت برابری زمین (LER)**: نتایج آزمایش نشان داد که در تیمارهای نسبت کاشت، بیشترین نسبت برابری زمین جزیی ذرت در تیمار کشت مخلوط ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و بالاترین نسبت برابری زمین جزیی لوبیا چشم‌بلبلی در تیمار کشت مخلوط ۲۵ درصد ذرت + ۷۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی به‌دست آمد که این نتایج با توجه به درصد بالاتر آنها در این دو تیمار قابل انتظار به‌نظر می‌رسد. همچنین، بیشترین نسبت برابری زمین کل نیز متعلق به تیمار کشت مخلوط ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی بود (جدول ۶). این امر شاید حاکی از این باشد که با متعادل‌تر شدن شرایط رشد، هر دو گیاه با ایجاد رقابت کمتر، از منابع موجود بهره بهتری برده و اثر مطلوب بیشتری نیز بتوانند بر رشد یکدیگر داشته باشند. اثر دو گیاه ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی بر عملکرد نسبی کل، با هم برابر نبود، به‌طوری‌که ذرت با نسبت برابری ۱/۲۳، نسبت به لوبیا چشم‌بلبلی با نسبت برابری ۰/۳۲، سهم بیشتری در آن داشت. شاید دلیل بالاتر بودن نسبت برابری ذرت، برتری این گیاه در رقابت با لوبیا چشم‌بلبلی و فشار رقابتی که بر آن وارد کرده، باشد. اما به‌طورکلی، به نظر می‌رسد که این نسبت کاشت ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی می‌تواند سودمندی کشت مخلوط این دو گیاه را به همراه داشته باشد. همچنین، بالاتر بودن مقدار نسبت برابری کل در کشت مخلوط ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد لوبیا چشم بلبلی می‌تواند ناشی از اثر مثبت گیاه لوبیا چشم بلبلی از طریق تثبیت نیتروژن (Bhatti *et al*., 2006) و فراهمی عناصر غذایی دیگری مثل فسفر (Tsubo *et al*., 2001) روی رشد ذرت و همچنین کاهش رقابت درون گونه‌ای برای کسب منابع رشدی باشد. در کشت مخلوط ذرت و لوبیا گزارش شده است که به‌طورکلی، سهم ذرت از نسبت برابری زمین کل بالاتر بود و تیمارهایی که لوبیا در آنها تراکم کمتری را داشتند از نسبت برابری زمین بالاتری برخوردار بودند (Koocheki

*et al.*, 2009). در آزمایشی که توسط کوچکی و همکاران (Koocheki *et al.*, 2014) روی کشت مخلوط کنجد و ذرت انجام شد، مقدار LER برای کنجد و ذرت بیشتر از یک شد، به عبارت دیگر LER به‌دست آمده در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود که با نتایج به‌دست آمده از این آزمایش مطابقت داشت. در تیمارهای کودی بالاترین نسبت برابری ذرت، لوبیا چشم‌بلبلی و کل به‌ترتیب با میانگین ۱/۲۷، ۰/۷۴ و ۲/۰۱ در تیمار تلقیح بذر با باکتری ازتوباکتر و آزوسپریلیوم به میزان ۲۰۰ گرم به دست آمد (جدول ۶). به طورکلی، سهم ذرت در نسبت برابری کل بالاتر بود. به نظر می‌رسد دلیل بالاتر بودن سهم ذرت در نسبت برابری کل در سیستم‌های کودی، استفاده کارآمدتر از منابع کودی بوده و ذرت نسبت به لوبیا چشم بلبلی از فضایی که در اختیار داشته بهره بیشتری برده و در نتیجه عملکرد نسبی بالاتری نیز تولید کرده و در نهایت در نسبت برابری زمین مؤثرتر واقع شده است (Jamshidi *et al.*, 2008).

## نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست آمده از این آزمایش مشخص می‌شود که مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی به علت نیازهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی متفاوت، از منابع محیطی به‌طور کامل استفاده نموده و این موضوع باعث بهبود رشد دو گیاه در مخلوط نسبت به کشت خالص آنها گردید. به طوری‌که بیشترین نسبت برابری زمین کل (LERt) متعلق به تیمار کشت مخلوط ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی بود که این امر حاکی از متعادل‌تر شدن شرایط رشد، هر دوگیاه با ایجاد رقابت کمتر، از منابع موجود بهره بهتری برده و اثر مطلوب بیشتری نیز بتوانند بر رشد یکدیگر داشته باشند. در مورد کودهای زیستی نیز باید بیان شود که با توجه به ارزیابی شاخص نسبت برابری زمین کل (LERt) به نظر می‌رسد که علاوه بر تأمین عناصر غذایی ضروری، موجب بهبود قابلیت تولید گیاهان می‌شود که این امر به واسطه افزایش عملکرد ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی بازتاب پیدا کرده است. بنابراین، به‌طورکلی با توجه به نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که نسبت کاشت کشت مخلوط ۷۵ درصد ذرت + ۲۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی و تلقیح بذر با باکتری ازتوباکتر و آزوسپریلیوم به میزان ۲۰۰ گرم در هکتار، می‌تواند از لحاظ عملکرد برتری داشته و سودمندی کشت مخلوط این دو گیاه را به همراه داشته باشد.

**جدول ۱**– خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک محل اجرای آزمایش

**Table 1-** Chemical and physical properties of the soil in experimental site

| شن Sand (%) | سیلت Silt (%) | رس Clay (%) | پتاسیم قابل دسترس K Available ($mg.kg^{-1}$) | فسفر قابل دسترس P Available ($mg.kg^{-1}$) | نیتروژن کل Total Nitrogen (%) | کربن آلی Organic carbon (%) | هدایت الکتریکی Ec ($dS.cm^{-1}$) | اسیدیته pH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 47 | 21 | 32 | 243 | 7.8 | 0.06 | 0.53 | 0.87 | 7.3 |

**جدول ۲**- نتایج تجزیه واریانس اثر نسبت‌های کاشت و سیستم‌های کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت

**Table 2-** Results of variance analysis effect of yield and yield components of corn as affected by fertilizer rates and cropping systems

| منابع تغییرات S.O.V. | درجه آزادی df | میانگین مربعات (MS) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ارتفاع بوته Plant height | تعداد ردیف در بلال Number of row | تعداد دانه در ردیف Number of grain in a row | وزن هزار دانه 1000 Kernel weight | عملکرد دانه Seed yield | عملکرد بیولوژیک Biological yield |
| تکرار Replication | 2 | 33.907 | 0.426 | 132.593 | 271.417 | 1.346 | 27.040 |
| نسبت‌کاشت Planting ratio | 4 | 2919.509$^{*}$ | 1.153$^{ns}$ | 96.040$^{*}$ | 3420.247$^{*}$ | 14.361$^{*}$ | 115.156$^{*}$ |
| خطای Error a | 8 | 26.286 | 0.015 | 1.830 | 2.001 | 0.045 | 1.138 |
| تلقیح بذر Seed inoculation | 2 | 3419.510$^{*}$ | 0.703$^{ns}$ | 38.457$^{*}$ | 3179.007$^{*}$ | 7.123$^{*}$ | 93.950$^{*}$ |
| نسبت کاشت × تلقیح بذر P×S | 8 | 122.750$^{*}$ | 0.408$^{ns}$ | 18.030$^{**}$ | 535.509$^{*}$ | 1.710$^{**}$ | 13.186$^{**}$ |
| خطای Error b | 20 | 10.96 | 0.161 | 1.084 | 3.960 | 0.011 | 0.563 |
| ضریب تغییرات C.V. (%) | | 9.54 | 2.70 | 13.24 | 7.74 | 11.00 | 12.46 |

* و ** به‌ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

* and ** are significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

**جدول ۳**- نتایج تجزیه واریانس اثر نسبت‌های کاشت و سیستم‌های کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم‌بلبلی

**Table 3-** Results of variance analysis effect of yield and yield components of cowpea as affected by fertilizer rates and cropping systems

| منابع تغییرات S.O.V. | درجه آزادی df | میانگین مربعات (MS) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ارتفاع بوته Plant height | تعداد نیام در بوته Number of pod per plant | تعداد دانه در نیام Number of seed per pod | وزن هزار دانه 1000 Kernel weight | عملکرد دانه Seed yield | عملکرد بیولوژیک Biological yield |
| تکرار Replication | 2 | 13.382 | 2.56 | 136.70 | 13.35 | 1.172 | 19.145 |
| نسبت‌کاشت Planting ratio | 4 | 2313.455$^{ns}$ | 0.24$^{ns}$ | 1.13$^{ns}$ | 19.28$^{*}$ | 10.161$^{*}$ | 97.750$^{*}$ |
| خطای Error a | 8 | 24.143 | 0.21 | 1.17 | 4.222 | 0.071 | 2.276 |
| تلقیح بذر Seed inoculation | 2 | 2279.769$^{*}$ | 5.15$^{*}$ | 9.6$^{*}$ | 21.98$^{*}$ | 5.234$^{*}$ | 72.550$^{*}$ |
| نسبت کاشت × تلقیح بذر P×S | 8 | 114.150$^{*}$ | 6.72$^{*}$ | 13.186$^{*}$ | 13.95$^{*}$ | 1.150$^{*}$ | 9.050$^{**}$ |
| خطای Error b | 20 | 8.773 | 0.27 | 1.08 | 5.11 | 0.041 | 1.024 |
| ضریب تغییرات C.V. (%) | | 7.32 | 9.22 | 6.08 | 9.32 | 13.11 | 14.92 |

* و ** به‌ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

* and ** are significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

**جدول ۴**– اثر نسبت‌های کاشت و سیستم‌های کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت

**Table 4-** Yield and yield components of corn as affected by fertilizer rates and cropping systems

| تیمار Treatment | ارتفاع بوته Plant height (cm) | تعداد ردیف در بلال Number of row | تعداد دانه در ردیف Number of grain in a row | وزن هزار دانه 1000 Kernel weight | عملکرد دانه Seed yield (kg ha$^{-1}$) | عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg ha$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **سیستم‌های کاشت** Cropping systems | | | | | | |
| $M_1$ | 198.6 c | 14.53 b | 28.21 c | 246.2 d | 9.250 c | 26.67 c |
| $M_2$ | 232.6 a | 15.19 a | 34.34 a | 282.3 a | 11.350 a | 31.25 a |
| $M_3$ | 205.8 c | 15.11 a | 34.03 a | 270.2 b | 10.550 b | 30.87 a |
| $M_4$ | 223.3 b | 14.72 b | 31.78 b | 261.9 c | 9.750 c | 28.37 b |
| **مقادیر باکتری** Bacteria rates | | | | | | |
| $B_1$ | 194.7 c | 14.74 b | 29/47 c | 244.8 c | 9.750 c | 28.37 c |
| $B_2$ | 224.8 b | 15.03 a | 32.46 b | 266.9 b | 10.850 b | 30.87 b |
| $B_3$ | 234.1 a | 15.14 a | 33.38 a | 279.4 a | 11.850 a | 32.85 a |

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون دانکن اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Different letters in each columns indicate a significant difference according to the Duncan test ($P < 0.05$).

**جدول ۵**– اثر نسبت‌های کاشت و سیستم‌های کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم بلبلی

**Table 5-** Yield and yield components of cowpea as affected by fertilizer rates and cropping systems

| تیمار Treatment | ارتفاع بوته Plant height (cm) | تعداد نیام در بوته Number of pods per plant | تعداد دانه در نیام Number of seed per pod | وزن هزار دانه 1000 Kernel weight | عملکرد دانه Seed yield (kg.ha$^{-1}$) | عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **سیستم‌های کاشت** Cropping systems | | | | | | |
| $M_2$ | 75.3 a | 9.29 a | 10.87 a | 288.8 a | 3.25 a | 7.868 a |
| $M_3$ | 68.5 b | 9.28 a | 10.32 ab | 264.6 c | 2.65 b | 5.788 b |
| $M_4$ | 62.7 c | 8.22 b | 10.18 ab | 246.2d | 1.85 c | 3.675 c |
| $M_5$ | 61.2 c | 9.62 a | 10.73 a | 278.4 b | 3.1 a | 6.945 a |
| **مقادیرباکتری** Bacteria rates | | | | | | |
| $B_1$ | 62.3 c | 8.18 b | 8.71 c | 234.8 c | 1.65 c | 3.397 c |
| $B_2$ | 71.4 b | 9.82 a | 10.32 b | 256.4 b | 2.75 b | 5.896 b |
| $B_3$ | 82.8 a | 10.28 a | 11.44 a | 289.4 a | 3.45 a | 8.865 a |

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون دانکن اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Different letters in each columns indicate a significant difference according to the Duncan test ($P < 0.05$).

**جدول ۶**– نسبت برابری زمین مخلوط ذرت-لوبیا چشم بلبلی در سیستم‌های کودی

**Table 6**- Land equivalent ratio (LER) of corn-cowpea intercrops in fertilizer rates

| کشت مخلوط Intercropping | نسبت برابری کل LERt | نسبت برابری لوبیا چشم‌بلبلی LERc | نسبت برابری ذرت LERc |
|---|---|---|---|
| **مخلوط ۲۵:۷۵ ذرت-لوبیا چشم‌بلبلی** 75:25 corn-cowpea intercropping | 1.55 | 0.32 | 1.23 |
| **مخلوط ۵۰:۵۰ ذرت-لوبیا چشم‌بلبلی** 50:50 corn-cowpea intercropping | 1.32 | 0.49 | 0.83 |
| **مخلوط ۷۵:۲۵ ذرت-لوبیا چشم‌بلبلی** 25:75 corn-cowpea intercropping | 1.3 | 0.73 | 0.57 |
| **مقادیر باکتری** Bacteria rates | | | |
| **بدون تلقیح بذر با باکتری** Seedless inoculation with bacteria | 1.23 | 0.42 | 0.81 |
| **تلقیح بذر با باکتری** (۱۰۰ گرم درهکتار) Seed inoculation with bacteria ($100g.ha^{-1}$) | 1.53 | 0.51 | 1.02 |
| **تلقیح بذر با باکتری** (۲۰۰ گرم در هکتار) Seed inoculation with bacteria ($200\ g.ha^{-1}$) | 2.01 | 0.74 | 1.27 |

## References منابع مورد استفاده


- Abdzad Gohari, A., A. Amiri, M. Porhelme Gohari, and Z. Babaei Bazkiaei. 2010. Effect of nitrogen and potassium on yield and traits of cowpea in rainfed conditions. *Journal of Research in Crop Science.* 3(10): 73-84. (In Persian).
- Ahmad, F.E., and A.S.H. Suliman. 2010. Effect of water stress applied at different stages of growth on seed yield and water-use efficiency of cowpea. *Agriculture and Biology Journal of North America.* 1(4): 534-540.
- Ahmad, M., Z.A. Zahir, H.N. Asghar, and M. Arshad. 2012. The combined application of rhizobial strains and plant growth promoting rhizobacteria improves growth and productivity of mung bean (*Vigna radiata* L.) under salt-stressed conditions. *Annals of Microbiology*. 62: 1321-1330.
- Alizadeh Moradi, M., M. Ramroudi, and M.R. Asgharipour. 2018. Response of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) as a medicinal plant to planting date and micronutrient spraying in alley cropping. *Applied Research in Field Crops.* 31(2):119-134. (In Persian).
- Aminifar, J., Gh. Mohsenabadi, M.H. Bigluei, and H. Samizadeh. 2013. Effect of deficit irrigation on yield, yield components and water productivity of soybean T.215 cultivar. *Journal of Water and Irrigation Engineering.* 3(11): 24-34. (In Persian).
- Atiyeh, R.M., S. lee, C.A. Edwards, N.Q. Arancon, and J.D. Metzger. 2002. The influences of humic acids derived from earthworm-processed oranic wastes on plant growth. *Bioresource Technology*. 84: 7-14.

- Bhatti, I.H., R. Ahmad, A. Jabbar, M.S. Nazir, and T. Mahmood. 2006. Competitive behavior of component crops in different sesame–legume intercropping systems. *International Journal of Agriculture and Biology*. 2: 165-167.
- Carruthers, K., B.F.Q. Prithiviraj, D. Cloutier, R.C. Martin, and D.L. Smith. 2000. Intercropping cron with soybean, lupin and forages: Yield component responses. *European Journal of Agronomy*. 12: 103 – 115**.**
- Darbaghshahi, M.N., A. Banitaba, and B. Bahari. 2012. Evaluating the possibility of saffron and chamomile mixed culture. *African Journal of Agricultural Research.* 7(20): 3060-3065.
- Eskandari, H., and A. Ghanbari. 2011. Assessment of competing and complementary components of intercropping maize (*Zea mays*) and cowpea (*Vigna sinensis*) in nutrient consumption. *Journal of Agricultural and sustainable production.* 21(2): 67-75. (In Persian).
- Garg P., A. Gupta, and S. Satya. 2005. Vermicomposting of different type of waste using *Eisenia fetida*: A compelementary study. *Bioresource Technology.* 97-391-395.
- Ghalavand, A., Kh. Mohammadi, M. Aghaalikhani, and Y. Sohrabi. 2009. Effect of organic, biological and chemical fertilizers on yield and quality of pea. *Journal of Soil and Water Science.* 19(2): 213-234. (In Persian).
- Ghosh, P.K., K.K. Ajay, M.C. Bandyopadhyay, K.G. Manna, A.K. Mandal, and K.M. Hati. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping system in vertisols of semi-arid tropics. II. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. *Bioresource Technology*. 95: 85–93.
- Ghosh, P.K., M.C. Manna, K.K. Bandyopadhyay, A.K. Ajay, R.H. Tripathi, K.M. Wanjari, A.K. Hati, C.L. Misra, and A. Acharya Subba Rao. 2006. Interspecific interaction and nutrient use in soybean/sorghum intercropping system. *Agronomy Journal*. 98: 1097–1108.
- Gladun, G.B. 2004. Classification principles and use of grazed forest stands in the Ukrine, Pp: 51-52. In: Mosquera-Losada, M.R., I. McAdam, and A. Rigueiro-Rodriguez. (eds). Proceedings of an International Congress on Silvopastoralism and Sustainable Management held in Lugo. CABI.UK.
- Gustave, N.M., F. Jean, L. Ois, and D. Xavier. 2008. Shoot and root competition in potato/maize intercropping: Effects on growth and yield. *Journal of Environmental and Experimental Botany.* 64(2): 180-188.
- Hakan, G., A. Riza., S. Hikmet, and K, Behcet. 2008. Intercropping of corn with cowpea and bean: Biomass yield and silage quality. *African Journal of Biotechnology*. 7(22): 4100-4104.
- Jamshidi, Kh., D. Mazaheri, N. Majnoun Hosseini, H. Rahimian, and A. Peyghambari. 2008. Evaluation of yield in intercropping of maize and cowpea. *Pajouhsh and Sazandegi.* 80: 110 – 118. (In Persian).
- Javanshir, A., F. Shekari, A. Dabbagh Mohammadi Nassab, and M. Raei. 2004. Basics of agroforesty. Zanjan University Press. (In Persian).
- Jurik, T.W., and K. Van. 2004. Microenvironment of a corn-soybean-oat strip intercrops system. *Field Crops Research*. 90: 335-349.

- Kader, M.A., M.H. Mian, and M.S. Hoque. 2002. Effects of azotobacter inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. *Online Journal of Biological Sciences.* 2(4) 250-261.
- Karami Chame, S., B. Khalil-Tahmasbi, P. ShahMahmoodi, A. Abdollahi, A. Fathi, S.J. Seyed Mousavi, and S. Bahamin. 2016. Effects of salinity stress, salicylic acid and pseudomonas on the physiological characteristics and yield of seed beans (*Phaseolus vulgaris*). *Scientia Agriculturae*. 14(2): 234-238.
- Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentration of spring wheat inoculated with Azotobacter chroococcum strains. *Ecological Engineering*. 33: 150-156.
- Koocheki, A., M. Nassiri Mahalati, Y. Alizadeh, and R. Moradi. 2014. Responsesurface analysis for evaluation of competition in different densities of sesame (*Sesamum indicum*) and bean (*Phaseolus vulgaris*) intercropping. *Iranian Journal of Field Crops Research.* 12(3): 335-342. (In Persian).
- Koocheki, A., M. Nassiri Mahallati, F. Mondani, H. Feizi, and S. Amirmoradi. 2009. Evaluation of radiation interception and use by maize and bean intercropping canopy. *Journal of Agroecology*. 1(1): 13-23. (In Persian).
- Manske, G.B., A. Luttger, R.K. Behi, P.G. Vlek, and M. Cimmit. 2000 Enhancement of mycorrhiza (VAW) infection, nutrient efficency and plant growth by *Azotobacter chroococcum* in wheat. *Plant Breeding.* 13: 78-83.
- Mazaheri, D. 1998. Intercropping. Publication of Tehran University, Iran. (In Persian).
- Mazaheri, D., and M. Oveysi. 2004. Effects of intercropping of two corn varieties at various nitrogen levels. *Iranian Journal of Agronomy*. 35(1): 71-76. (In Persian).
- Mora, O., L. Zerega, and A. Ortiz. 1995. Evaluation of a liquid fertilizer in maize cultivation. *Journal of Plant Nutrition.*8: 612-625.
- Parsa, M., and A. Bagheri. 2008. Pulses. Mashhad Jihad Publications, Iran. (In Persian).
- Rezaei-Chianeh, E., A. Dabbagh Mohammadi Nassab, M.R. Shakiba, K. Ghassemi-Golezani, and S. Aharizad. 2011. Intercropping of maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) at different plant population densities. *African Journal of Agricultural Research*. 7: 1786-1793.
- Rudresh, D.L., M.K. Shivaprakash, and R.D. Prasad. 2005. Effect of combined application of rhizobium, phosphate solubilizing bacterium and *Trichoderma* spp. on growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer aritenium* L.). *Applied Soil Ecology*. 28: 139-146.
- Saban, Y., A. Mehmt, and E. Mustafa. 2007. Identification of advantages of maize – legume intercropping over solitary cropping through competition indices in the East Mediterranean region. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry.* 32: 111-119.
- Saiadi, V., A. Poraboqhadareh, and M. Zare. 2012. Effect of seed pretreatment levels 2, 4-D and Azesperlium strain of bacteria on yield and yield components of mungbean. 12th Crop Science Congress. Islamic Azad University of Karaj. 14-16 September. (In Persian).

- Selosse, M.A., E. Baudoin, and P. Vandenkoornhyse. 2004. Symbiotic microorganisms, a key for ecological success and protection of plants. *Comptes Rendus Biologies*. 327: 639 -648.
- Shamekhe. T. 2006. Agriculturd forest. Tehran University Press. (In Persian).
- Sharma, A.K. 2003. Biofertilizer for sustainable agriculture. Agrobios Publication, India.
- Shaukat, K., S. Afrasayad, and S. Hasan. 2006. Growth responses of *Helianthus annus* to plant growth promoting rhizobacteria used as a biofertilizer. *Journal Agricalture Research.* 1: 573-581. (In Persian).
- Sheri, M., J. Strydhorst, R. King, K.J. Lopetinsky, and K. Neil Harker. 2008. Forage potential of intercropping barley with faba bean, lupine, or field pea. *Agronomy Journal.* 100: 182- 190.
- Shingo, M., and Y. Makoto. 2000. The status and origin of available nitrogen in soils. *Plant Nutrition.* 46: 139-149.
- Thobatsi, T. 2009. Growth and yield responses of maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in an intercropping system. M.Sc. Thesis, University of Pretoria 149 pp.
- Togay, N., Y. Tgay, K.M. Cimrin, and M. Turan. 2008. Effect of rhizobium inoculation, sulfur and phosphorus applications on yield, yield components and nutrient uptakes in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *African Journal Biotechnology*. 7: 776-782.
- Tsubo, M., S. Walker, and E. Mukhala. 2001. Comparison of radiation use efficiency of mono-inter –cropping systems with different row orientations. *Field Crops Research*. 71: 17-29.
- Valverde, A., A. Burgos, T. Fiscella, R. Rivas, E. Velázquez, C. Rodríguez-Barrueco, E. Cervantes, M. Chamber, and J.M. Igual. 2006. Differential effects of coinoculations with *Pseudomonas jessenii* PS06 (a phosphate-solubilizing bacterium) and *Mesorhizobium ciceri* C-2/2 strains on the growth and seed yield of chickpea under greenhouse and field conditions. *Plant and Soil*. 287: 43-50.
- van Loon, L.C. 2007. Plant responses to plant growth-promoting rhizobacteria. *European Journal of Plant Pathology.* 119: 243–254.
- Xu, J. 2007. Scientists fiend why intercropping of faba bean with maize increases yields. *Journal of American Society Horticulture Scisence*. 136: 12-19.
- Zaady, E., A. Perevolotsky, and Y. Okon. 1993. Promotion of plant growth by inoculum with aggregated and single cell suspensions of *Azospirillum brasilense. Soil Biology and Biochemietry*. 25: 819-823.
- Zaied, K.A., A.H. Abd El-Hady, A.E. Sharief, E.H. Ashour, and M.N. Nassef. 2007. Effect of horizontal DNA transfer in azospirillum and azotobacter strains on biological and biochemical traits of non-legume plants. *Journal of Applied Sciences Research*. 3(1): 73-86.

**Research Article** DOI: 10.30495/jcep.2021.679979

# Ecophysiological Investigation of Intercropping of Maize (*Zea mays* L.) and Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under the Influence of Biofertilizers

**Ayob Amiri [1*], Mahmood Ramrodi[2], Mohammad Galavi[3], and Masoud Rafiee[4]**

*Received: January 2020 , Revised: 9 August 2020, Accepted: 28 September 2020*

## Abstract

To study the management of different systems of maize (*Zea mays*) and cow pea (*Vigna unguiculata*) intercropping affected by biofertilizers in alley cropping, a split plot experiment based on a randomized complete blocks design was conducted in 2016 in Aleshtar city, Lorestan province. The main factor consisted of plant cropping ratios: single cropping of maize (M1), 75% maize + 25% vigna (M2), 50% maize + 50% vigna (M3), 25% maize + 75% vigna (M4), and single cropping of vigna (M5) and the second factor of different combination of biofertilizer consumptions: seed inoculation with 100 $g.ha^{-1}$ azetobacteria and azospirilum (B1), seed inoculation with 200 $g.ha^{-1}$ azetobacteria and azospirilum (B2) and without seed inoculation (B3). Results showed that the maize and cowpea yields and their components were influenced by crops and biofertilizer ratios significantly. Highest maize and vigna yields (11350 and 3250 $kg.ha^{-1}$ respectively) were obtained by 75% maize + 25% vigna treatment. The highest yields of maize and vigna (11850 kg and 3450 $kg.ha^{-1}$ respectively) were obtained by seed inoculation with 200 $g.ha^{-1}$ bacteria. The highest land equivalent ratio (LER) with an average of 1.55 was observed with cropping ratio of 75% maize + 25% vigna. This indicates the usefulness of intercropping compared with single croppings of these two plants. It can be concluded that the best treatment in this study was 75% maize+ 25% vigna intercropping and seed inoculation with 200 $g.ha^{-1}$ bacteria.

**Key words**: Azetobacteria, Azospirilum, Intercropping usefulness, Land equivalent ratio, Planting ratio.

1-Ph.D. Student in Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
2-Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
3-Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
4-Assistant Professor, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Khorram Abad, Iran.
**Corresponding Author: amiri.ayob@yahoo.com*