فصلنامه علوم محیطی ،دوره هجدهم،شماره ۳ ،پاییز ۱۳۹۹

۱-۱۵

بررسی اثر باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن، آزاد کننده فسفات و پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد دو توده ماش (*Vigna radiata. L.*)

افسانه یوسفی[۱]، رضا میرزایی تالارپشتی[۲]*، فاطمه آقامیر[۲]و جعفر نباتی[۳]

[۱]گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

[۲]گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

[۳]گروه پژوهشی بقولات، پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۰۶

یوسفی، ا.، ر. میرزایی تالارپشتی، ف. آقامیر و ج. نباتی . ۱۳۹۹. بررسی اثر باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن، آزاد کننده فسفات و پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد دو توده ماش (*Vigna radiata.* L.). فصلنامه علوم محیطی. ۱۸(۳):۱۵-۱.

سابقه و هدف: مشکل‌های اقتصادی ناشی از افزایش رو به رشد مصرف کودهای شیمیایی از یک‌سو و مسئله‌های محیط زیستی مرتبط با مصرف غیر علمی این کودها از قبیل ایجاد آلودگی‌های آب و خاک، افت سطح حاصلخیزی خاک و کاهش کیفیت فرآورده‌های گیاهی از سوی دیگر، زمینه‌های توجه بیشتر به کودهای زیستی را فراهم کرده است. برای کاهش آلودگی‌های محیط زیستی و آسیب‌های بوم-شناختی ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی باید از منبع‌ها و نهاده‌هایی استفاده کرد که افزون بر تـأمین نیازهای فعلی گیاه به پایداری سامانه‌های کشاورزی در بلند مدت نیز منجر شود. هدف این پژوهش، کاهش پیامدهای مخرب مواد شیمیایی در محصول‌های کشاورزی و کاهش هزینه با استفاده از تولید با تیمارهای کودهای زیستی (شامل باکتری‌های آزادزی نیتروژن و باکتری‌های حل‌کننده فسفات و پتاسیم) و اثر آن‌ها بر عملکرد ماش بود.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی اثر باکتری‌های آزاد کننده فسفات، پتاسیم و آزادزی تثبیت کننده نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۶ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت فاکتوریل (۲*۶) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با دو توده ماش (دزفولی و هندی)، شش تیمار و سه تکرار اجرا شد. قبل از کاشت از عمق ۳۰ - ۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش، نمونه خاک مرکب تهیه شد و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شد. در پایان فصل رشد، پس از رسیدگی فیزیولوژیک، برداشت از چهار ردیف میانی با حذف اثر حاشیه‌ای از سطح یک متر مربع انجام شد و صفاتی از قبیل ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، عملکرد دانه، عملکرد زیستی، سنجه برداشت و اجزای عملکرد شامل: تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته و وزن صد دانه اندازه‌گیری شد.

* Corresponding Author: *Email Address*. r_mirzaei@sbu.ac.ir

نتایج و بحث: نتایج نشان داد بین عملکرد و اجزای عملکرد ماش و در تیمارهای مختلف کودهای زیستی اختلاف معنی‌دار وجود داشت. بیشترین عملکرد زیستی (۶۵۵۵ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد دانه (۱۵۵۸ کیلوگرم در هکتار) از توده ماش دزفولی به‌دست آمد و کمترین عملکرد زیستی و عملکرد دانه به‌ترتیب (۳۵۱۸ کیلوگرم در هکتار)، (۱۳۹۳ کیلوگرم در هکتار) در توده ماش هندی در تیمار شاهد مشاهده شد. نتایج نشان داد، کاربرد هم‌زمان باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن و باکتری‌های آزادکننده پتاسیم و فسفات، به‌دلیل افزایش دسترسی به عنصرهای غذایی که عاملی مؤثر در تحریک رشد و فتوسنتز گیاهان است، سبب بهبود شرایط برای رشد، تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه افزایش عملکرد در بوته ماش شد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد، کاربرد هم‌زمان باکتری‌های زیستی نه تنها عملکرد ماش را افزایش داد؛ بلکه سبب کاهش اثرهای منفی استفاده از کودهای شیمیایی در سیستم تولید محصول‌های کشاورزی نیز شد. ضرورت توجه به کودهای زیستی به‌عنوان رهیافت‌های کشاورزی بوم‌شناختی برای جلوگیری از آلودگی منبع‌های آب و خاک می‌باشند .در این راستا کاربرد کودهای زیستی از جمله راهبردهای دستیابی به هدف‌های کشاورزی بوم شناختی است.

واژه‌های کلیدی:کشاورزی بوم شناختی، کودهای زیستی، کودهای شیمیایی.

مقدمه

ماش سبز با نام علمی (*Vigna radaite* L.)، یکی از حبوبات با ارزش و سرشار از فسفر است. دانه ماش حاوی ۲۵ درصد پروتئین، ۰/۶ درصد چربی، ۰/۹ درصد فیبر و ۳/۷ درصد خاکستر است (Abbas *et al.*, 2011). این گیاه بومی منطقه‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری بوده و به دلیل هم‌زیستی با باکتری ریزوبیوم قابلیت تثبیت زیستی نیتروژن به‌میزان ۱۰۰ - ۵۰ کیلوگرم در هکتار دارد (Majnoonhosseini, 2009). بهبود کیفیت خاک می‌تواند بر اساس بهبود سنجه‌های کمی و کیفی جامعه زیستی آن ارزیابی شود، به‌همین دلیل استفاده از کودهای زیستی از مؤثرترین شیوه‌های مدیریتی برای حفظ کیفیت خاک در سطح مطلوب محسوب می‌گردد (Boril, 2006). کودهای زیستی به‌عنوان جایگزین و در بیشتر موارد به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند سبب بهبود رشد و فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان گردند (Siahmargue *et al.*, 2014). استفاده از فسفر نقش بسیارمهمی در رشد و عملکرد محصول دارد. فسفر کمک شایانی به افزایش تولید و محصول‌دهی حبوبات، کیفیت دانه، تنظیم فسفوسنتز، هدایت فرآیند شیمیایی، فیزیکی، زیستی و همچنین در رشد ریشه‌ها و گره‌زایی نقش بسیار اساسی را ایفا می‌کند. بنابراین استفاده از فسفر موجب شده است که بهره‌گیری از آن به‌عنوان کود زیستی با استقبال فراوانی توسط کشاورزان و محققان روبرو شود (Iqbal *et al.*, 2016). کاربرد باکتری‌های آزاد کننده فسفات منجر به افزایش جوانه‌زنی بذر، افزایش طول ریشه، ساقه و تعداد برگ ماش شد که نشان می‌دهد استفاده از باکتری‌های آزاد کننده فسفات دارای ویژگی‌های سودمند چند منظوره برای بهبود شرایط رشد گیاه زراعی است (Prajapati, 2016). نتایج نشان داده که بذرمال کردن بذرها با باکتری‌های آزادکننده فسفات همراه با گوگرد سبب افزایش ارتفاع، تعداد دانه و عملکرد گیاه ماش شده است (Runy and Prakash, 2017) گیاه ماش با وجود توانایی تثبیت زیستی نیتروژن به‌دلیل داشتن ریشه‌های ضعیف عملکرد پایینی دارد، تلقیح ماش با ریزوبیوم، عملکرد ماش را از ۷۶۰ کیلوگرم در هکتار در تیمار بدون تلقیح به ۸۱۰ کیلوگرم در هکتار در تیمار تلقیح شده افزایش داده است؛ همچنین تلقیح سبب افزایش ارتفاع گیاه ماش، سطح برگ، سرعت فتوسنتز، ماده خشک و افزایش تعداد گره شد (Igbal *et al.*, 2016). نتایج مطالعات نشان داده که بذر مال کردن بذرهای ماش

با باکتری‌های آزاد کننده پتاسیم سبب افزایش سه برابری تعداد گره نسبت به توده شاهد شد، همچنین وزن تر و خشک گیاه نیز به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت (Bashir *et al.*, 2016). افزایش زیست توده و عملکرد دانه سورگوم (*Surghum Bicoior* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) زمانی مشاهده شد که ۵۰ درصد کودهای شیمیایی و دامی در تلفیق با میکروارگانیسم‌های مختلف آزاد کننده فسفات مورد استفاده قرار گرفتند (Saini *et al*., 2004). در تحقیقی دیگر De souza *et al*. (2016) گزارش کردند که استفاده از کودهای زیستی سبب بهبود جذب نیتروژن و فسفر و افزایش درصد جوانه زنی، ارتفاع، تعداد گره و ماده خشک در لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) شد. باکتری‌های محرک رشد سبب آزاد سازی عنصرهای ضروری در خاک، ایجاد مقاومت گیاه میزبان به عامل‌های بیماری‌زا، جذب مواد غذایی بهتر و در نتیجه افزایش رشد و عملکرد گیاه ذرت می‌شوند (Shen *et al*., 2016). به‌طور کلی کاربرد باکتری‌های آزاد کننده پتاسیم و فسفات نقش مهمی در مقابله با کاهش مواد مغذی خاک دارند (Abou *et al*., 2012).

افزایش قیمت کودهای شیمیایی از یک سو و مسئله های محیط زیستی مرتبط با مصرف غیرعلمی این کودها از قبیل ایجاد آلودگی منبع‌های آب و خاک، افت حاصلخیزی خاک و کاهش ارزش فرآورده‌های گیاهی از سوی دیگر و مسئله تأمین غذای با کیفیت برای جمعیت روز افزون جهان نیاز به تجدید نظر در روش‌های افزایش تولید محصول‌های زراعی را ضروری ساخته است. تولید کود زیستی در آینده به‌دلیل داشتن پتانسیل‌های زیاد در کاهش تنش‌های شوری، خشکی، عدم تعادل مواد مغذی و سمیت فلزهای سنگین در گیاهان یک گزینه مناسب برای تولید محصول مطلوب است (Etesami and Maheshwari, 2018). هدف از این مطالعه، دستیابی به بیشترین عملکرد محصول ماش و بررسی امکان سازگار کردن این گیاه زراعی با سامانه‌های پایدار براساس جایگزینی نهاده‌های زیستی با دیگر نهاده‌های شیمیایی و همچنین حفظ حاصلخیزی خاک برای ماش، با تأکید بر نهاده‌های بوم سازگار و نیل به کشاورزی پایدار بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۶ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد، با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۹۹ متر از سطح دریا اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با دو توده ماش و سه تکرار به اجرا درآمد، توده-های ماش شامل: دزفولی و هندی و کاربرد کودهای زیستی شامل:۱- باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن،۲- باکتری‌های حل‌کننده فسفات ۳- باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم، ۴- باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن+ باکتری‌های حل‌کننده فسفات+ باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم، ۵- کود شیمیایی نیتروژن (با منشاء اوره ۴۶ درصد) و ۶- شاهد (بدون باکتری و کود شیمیایی) باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن مجموعه‌ای از سویه‌های *Azotobacter* sp.، *Azospirillum* sp. و *Bacillus* sp.، باکتری‌های حل‌کننده فسفات مجموعه‌ای از سویه‌های *Bacillus* sp. و *Pseudomonas* sp. و باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم مجموعه‌ای از سویه‌های *Thiobacillus* sp. بودند که بومی ایران بوده و متعلق به شرکت خوشه‌پروران زیست فناور هستند. ارقام ماش دزفولی از شرکت پاکان بذر اصفهان و توده هندی از موسسه تحقیقات بذر اهواز تهیه شد. هر دو توده متناسب با شرایط گرم و خشک بودند و نیاز آبی پایینی داشتند که این ویژگی‌های سازگار با شرایط آب و هوایی منطقه مورد کشت بود. قبل از کاشت، عملیات آماده‌سازی زمین و

خاکورزی انجام شد. همچنین قبل از کاشت از عمق ۳۰ـ۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش نمونه خاک تهیه شد و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی (۳۰cm-۰)

Table 1. Physical and chemical properties of the soil (0-30 cm)

بافت **Texture**	نیتروژن کل **Total Nitrogen (%)**	فسفر قابل دسترس **Phosphorus available (ppm)**	پتاسیم قابل دسترس **potassium available (ppm)**	اسیدیته خاک (**pH**) **Soil acidity**	هدایت الکتریکی **Electrical conductivity ($dS.m^{-1}$)**	کربن آلی **Organic carbon (%)**
لوم Lom	0.063	20	119	7.41	2.88	0.61

تاریخ کاشت اردیبهشت ۱۳۹۶ بود، هر کرت شامل شش ردیف با فاصله ۵۰ سانتی‌متر بود و فاصله کرت‌ها و بلوک از یکدیگر یک متر در نظر گرفته شد. فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر با تراکم ۲۰ بوته در متر مربع کشت شد. بنابر استانداردهای موجود مقدار واحد کلونی ریز موجود در هر گرم کود زیستی $۱۰^{۷}$ واحد بود. تلقیح بذرها در روز کاشت در زیر سایه و مکانی خشک و خنک انجام شد. ابتدا بذرها در ظرفی خشک قرار داده شدند و سپس مایع کود زیستی سطح بذرها را پوشاند. بذرهای موجود در هر ظرف تا رسیدن رطوبت موجود در ظرف‌ها به مدت ۱۵ الی ۲۰ دقیقه باقی ماندند و سپس به کرت-های اختصاصی انتقال یافتند تا بلافاصله کاشته شوند طی سه مرحله از تیمارهای باکتریایی استفاده شد (در زمان کاشت به‌صورت بذر مال کردن بذرها، همراه با دومین آبیاری و قبل از مرحله گلدهی). قبل از کاشت کود شیمیایی نیتروژن در کرت‌های دارای آن تیمارها به‌صورت نواری قرار داده شدند. مقدار مصرف کود نیتروژن ۴۰ کیلوگرم در هکتار بود. مقدار دقیق مصرف کود نیتروژن در کرت‌های مربوطه محاسبه و طی دو مرحله به‌صورت نواری (هنگام کاشت) و به‌صورت سرک (قبل از مرحله گلدهی) اعمال شدند در این آزمایش آبیاری به روش جوی و پشته‌ای انجام شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت، آبیاری دوم پنج روز پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به‌صورت هفتگی (بر مبنای نیاز گیاهی محصول و تخلیه مزرعه‌ای خاک) تا پایان فصل رشد انجام شد. عملیات تنک در مرحله دو تا چهار برگی انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز در طی فصل رشد سه بار به‌شکل دستی صورت گرفت. در پایان فصل رشد، پس از رسیدگی فیزیولوژیک (سفت شدن دانه‌های ماش و تغییر رنگ یافتن غلاف‌های سبز به غلاف‌های زرد یا سیاه) برداشت از چهار ردیف میانی با حذف اثر حاشیه‌ای، از سطح یک متر مربع انجام شد و صفات و ویژگی‌هایی از قبیل ارتفاع، عملکرد دانه، عملکرد زیستی، سنجه برداشت و اجزای عملکرد شامل: تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه محاسبه شد. نتایج به‌وسیله نرم افزارSAS 9.2 ، آنالیز و مقایسه میانگین در سطح احتمال پنج درصد بـا آزمون چند دامنه‌ای دانکن بررسی شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس بر همکنش تیمارهای آزمایشی بر ارتفاع گیاه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار کابرد همزمان باکتری‌های آزادزی تثبت کننده نیتروژن باکتری‌های آزاد کننده فسفات و پتاسیم

بامیانگین (۸۷/۷) در ماش هندی بود. کمترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار شاهد در توده ماش دزفولی با میانگین (۶۴/۳) بود که نسبت به کاربرد همزمان تمامی کودهای زیستی در توده ماش دزفولی ۲۱ درصد ارتفاع کمتری داشت(جدول۳).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات مورد مطالعه ماش تحت تأثیر کودهای زیستی وتوده

Table 2. Results of the analysis of variance of mean squares of studied traits of mungbean under the influence of biological fertilizers and genotypes

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	عملکرد زیستی	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته	وزن صد دانه	عملکرد دانه	سنجه برداشت
S.O.V	df	Plant height	Number of sub branch	Biological yield	Number of seeds per pod	Number of pods	Weight of 100 seeds	Grain yield	Harvest index
بلوک Block	2	82.18^{ns}	0.16^{ns}	28000^{ns}	10.00^{ns}	41.26^{ns}	28.61^{ns}	1427^{ns}	20.15^{ns}
توده Genotype	1	4.13*	0.87*	31284^{ns}	1.10*	4.20^{ns}	93.39*	11426^{ns}	80.23*
کود دهی Fertilization	5	273*	4.04*	334357*	81.2*	239*	96.42*	3400*	73.40*
توده×کود دهی Fertilization× Genotype	5	22.34*	0.74*	34861*	0.28*	18.11*	6.53*	2931*	4.41*
خطا Error	22	15.30	1.93	84089	0.16	23.00	9.46	5559	5.52
ضریب تغییرات(٪) CV (%)	--	17.5	20.97	6.04	5.16	15.15	9.18	4.84	10.23

ns و * به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج درصد می‌باشد

^{ns} and * demonstrate no significant difference and a significant difference in probability level of 5%, respectively

از دلیل‌های مهمی که می‌توان برای تأثیر کود زیستی در افزایش ارتفاع بوته برشمرد این است که باکتری‌های موجود در این کودها افزون بر تثبیت نیتروژن اتمسفری، با آزاد کردن مواد معدنی مانند فسفات و تولید سیدروفورها[1]، تولید هورمون‌های گیاهی از قبیل اکسین و جیبرلین را افزایش داده و از این طریق ساخت آنزیم‌های دخیل در رشد گیاه را افزایش می‌دهند که در نهایت منجر به افزایش طول میان گره‌ها می‌شود. نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج دیگر محققان در ارتباط با بررسی اثرهای متقابل کودهای زیستی نیتروژنه و فسفاته بر صفات مورفولوژیکی ماش مانند ارتفاع بوته مشابه بود(Chatthaet al.,2017).

جدول ۳-نتایج مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه ماش تحت تأثیر کودهای زیستی وتوده

Table 3. Results of the mean comparison of studied traits of mungbean under the influence of biological fertilizers and genotypes

وزن صد دانه	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	تعداد شاخه فرعی	ارتفاع بوته (سانتی متر)	سطوح کودی	تیمار
Weight of 100 grain	Number of pods	Number of seeds per pod	Number of branches	Plant height (cm)	Fertilizer levels	Treatment
						دزفولی Dezfouli
36.27a	89.28bc	8.01a	4.77b	81.00a	NFB باکتری آزادزی نیتروژن	
37.79a	26.44c	7.16a	4.11b	70.78a	PSB باکتری حل‌کننده فسفر	
34.07a	27.44c	7.46a	5.11b	73.15b	KSB باکتری حل‌کننده پتاسیم	
38.49a	42.73a	8.36 a	6.69ab	81.33b	NFB + PSB +KSB باکتری آزادزی نیتروژن+ باکتری حل‌کننده فسفر+ باکتری حل‌کننده پتاسیم	
38.20a	37.00ab	8.43 a	5.11b	69.55b	NF کود شیمیایی نیتروژن	
25.80b	25.44d	6.10b	4.64b	64.33c	Control شاهد	
						Indian هندی
33.01a	31.33abc	8.06[b]	5.16ab	73.70bc	NFB باکتری آزادزی نیتروژن	
31.70ab	33.16abc	8.36[ab]	5.60ab	78.55b	PSB باکتری حل‌کننده فسفر	
32.26a	26.78dc	7.93[b]	4.72ab	73.44bc	KSB باکتری حل‌کننده پتاسیم	
33.66a	39.77a	8.64[ab]	6.94ab	87.77a	NFB + PSB +KSB باکتری آزادزی نیتروژن+ باکتری حل‌کننده فسفر+ باکتری حل‌کننده پتاسیم	
35.03a	37.22ab	5.63[a]	566a	71.66 bc	NF کود شیمیایی نیتروژن	
25.57b	23.66d	7.26[b]	4/33ab	66.44c	Control شاهد	

مقادیر دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵درصد بر اساس آزمون آماری دانکن می‌باشند.

Values in each column followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

تعداد شاخه فرعی

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، برهمکنش تیمارهای آزمایشی بر تعداد شاخه فرعی گیاه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین تعداد شاخه فرعی مربوط به باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن، باکتری‌های آزاد کننده فسفات و پتاسیم درتوده ماش دزفولی با میانگین (۶/۶۹) بود. کمترین تعداد شاخه فرعی مربوط به تیمار شاهد در توده ماش هندی با میانگین (۴/۳۳) بود که نسبت به کاربرد همزمان همه کودهای زیستی ۲۷ درصد کاهش داشت (جدول ۳). این امر را می‌توان به توانایی تثبیت نیتروژن توسط باکتری‌های بیان شده و نقش نیتروژن در افزایش رشد رویشی و سطح برگ نسبت داد. البته محققان بیان کردند که افزایش رشد گیاه در اثر تلقیح با ازتوباکتر[۲] بیشتر به هورمون‌های تولید شده توسط این باکتری و افزایش رشد ریشه مربوط است. همچنین نشان دادند افزایش عملکرد در اثر تلقیح بذرها با کودهای زیستی همبستگی مثبتی با تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف و وزن هزار دانه ماش داشت (Chattha *et al.*, 2017).

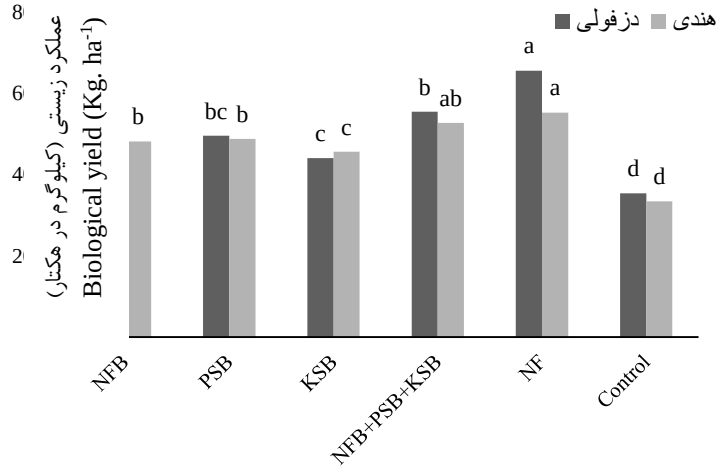
عملکرد زیستی

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، بر همکنش تیمارهای آزمایشی بر عملکرد زیستی در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد زیستی مربوط به باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن، باکتری‌های آزاد کننده فسفات و پتاسیم در توده دزفولی با میانگین (۵۵۵۵ کیلوگرم در هکتار) بود. کمترین عملکرد زیستی مربوط به تیمار شاهد در توده ماش هندی با میانگین (۳۳۵۱ کیلوگرم در هکتار) بود که نسبت به کاربرد همزمان همه کوهای زیستی۳۰ درصد عملکرد زیستی کمتری داشت (شکل۱). نتایج حاصل از تلقیح خاک یا دانه با میکروارگانیسم‌های آزادکننده فسفات، سبب افزایش انحلال فسفر و در نتیجه افزایش عملکرد محصول ذرت (*Zea mays* L.) شد (Hussein *et al.*, 2013). نتایج بررسی سویا (*Glycine max* L.) نشان داد که استفاده از کود زیستی نیتروژن منجر به افزایش تعداد گره در ساقه اصلی، تعداد غلاف درگره، تعداد دانه در غلاف و تعداد شاخه‌های فرعی می‌شود. همچنین در مرحله انتهایی گلدهی که ذخیره‌های نیتروژن خاک رو به کاهش است، تأمین مجدد نیتروژن می‌تواند توان بالقوه برای تشکیل عملکرد بالاتر را بهبود بخشد (Hatami *et al.*, 2016). بدین ترتیب مشخص می‌شود که با تلقیح توأم بذر سویا با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و آزاد کننده فسفات با مصرف کمتر کودهای شیمیایی نیتروژنی و فسفره عملکرد بیشتری حاصل می‌شود. یافته‌های بسیاری از پژوهشگران مؤید این حقیقت است که حضور کودهای زیستی در نظام‌های مختلف کشاورزی پایدار از طریق اثر هم‌افزایی با ایجاد بستر مناسب و دسترسی مطلوب گیاه به عنصرهای غذایی سبب بهبود رشد و افزایش عملکرد دانه می‌شود (Sharma *et al.*, 2002).

تعداد غلاف در بوته

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، برهمکنش تیمارهای آزمایشی بر تعداد غلاف در بوته در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین تعداد غلاف در بوته مربوط به تیمار کاربرد همزمان باکتری‌های آزادزی تثبت کننده نیتروژن، باکتری‌های آزاد کننده فسفات و پتاسیم با میانگین (۴۲/۷) در توده ماش دزفولی بود. کمترین مقدار این ویژگی مربوط به تیمار شاهد در توده ماش هندی با میانگین (۲۵/۴) بود که نسبت به کاربرد همزمان همه کوهای زیستی در توده ماش دزفولی ۴۰ درصد ارتفاع کمتری داشت. افزایش تعداد غلاف در بوته با کاربرد کودهای زیستی درتوده ماش دزفولی بیشتر از توده ماش هندی بود (جدول ۳). نتایج حاصل از آزمایش تلقیح کودهای زیستی روی ماش موجب افزایش تعداد

غلاف در بوته شد، به‌نظر می‌رسد رشد رویشی ضعیفتر یکی از عامل‌های کاهش در تولید اجزای رشد زایشی است؛ بنابراین تلقیح با این کودها به‌دلیل افزایش دسترسی به عنصرهای غذایی که عاملی مؤثر در تحریک رشد و فتوسنتز گیاهان است، سبب بهبود شرایط برایرشد، تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه افزایش تعداد غلاف در بوته ماش شده است. در تحقیقی دیگر Alami *et al.* (2014) اعلام کردند، بیشترین تعداد غلاف در بوته لوبیا از تیمار کود زیستی نیتروکسین (حاوی ازتوباکتر و بیوسوپر فسفات[3]) حاصل شد. تعداد غلاف در بوته یکی از اجزای مهم عملکرد است؛ زیرا غلاف از یک طرف در برگیرنده تعداد دانه بوده و از طرف دیگر تأمین کننده مواد فتوسنتزی مورد نیاز برای دانه‌ها است، به‌طوری که تعداد غلاف بیشتر، اغلب منجر به افزایش عملکرد نهایی گیاهان می‌شود. در آزمایش‌های دیگر نیز (Fikrettin *et al.*, 2004) این امر تأیید شد.



Control: شاهد، NF: کود نیتروژنه با منشأ اوره ۴۶، KSB: باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم، NFB: باکتری‌های آزاد زی تثبیت‌کننده نیتروژن، PSB: باکتری‌های حل‌کننده فسفر.

شکل۱- مقایسه میانگین عملکرد زیستی ماش تحت تأثیر تیمارهای کودی و توده

Fig. 1- Mean comparison of biological yield of mungbean under the influence of fertilizer treatments and genotypes

تعداد دانه در غلاف

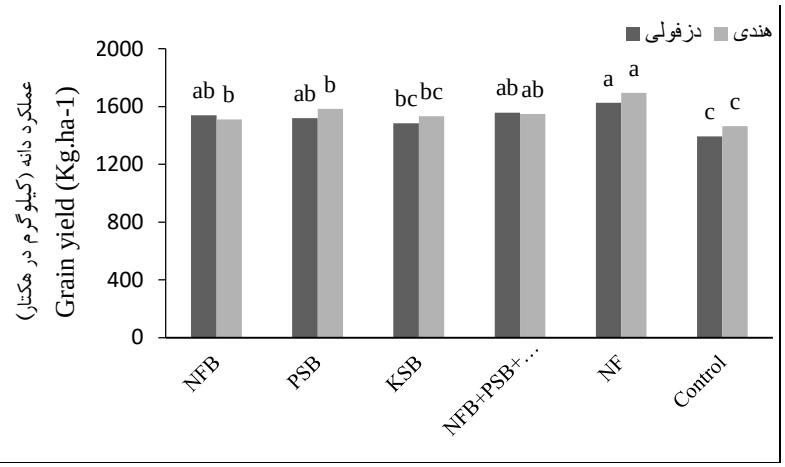
براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، برهمکنش تیمارهای آزمایشی برتعداد دانه در غلاف در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در غلاف مربوط به تیمار کاربرد هم‌زمان کودهای زیستی با میانگین (۸/۴۶) در ماش هندی بود. کمترین مقدار این ویژگی مربوط به تیمار شاهد در ماش هندی با میانگین (۲۵/۴) بود. افزایش تعداد دانه در غلاف با کاربرد کودهای زیستی در توده ماش هندی بیشتر از ماش دزفولی بود به نحوی که تفاوت بین بیشترین و کمترین تعداد دانه در غلاف در توده هندی ۴۳ درصد و در توده دزفولی ۳۹ درصد بود. تلقیح کودهای زیستی سبب افزایش تعداد دانه در غلاف شدند، تعداد دانه در غلاف، ظرفیت مخزن گیاه را تعیین می‌کند و هر چه تعداد دانه بیشتر باشد، گیاه دارای مخزن بزرگتری برای دریافت مواد فتوسنتزی بوده و در نهایت افزایش این صفت منجر به افزایش عملکرد دانه خواهد شد (Mehraban and Ghasemi, 2015)

وزن صد دانه

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، برهمکنش تیمارهای آزمایشی بر وزن صد دانه گیاه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین وزن صد دانه مربوط به باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن، باکتری‌های آزاد کننده فسفات و پتاسیم با میانگین (۴۳/۸) در توده ماش دزفولی بود. کمترین وزن صد دانه مربوط به تیمار شاهد در ماش هندی با میانگین (۲۵/۵) بود که نسبت به کاربرد همزمان همه کوهای زیستی ۴۸ درصد وزن صد دانه کمتری داشت (جدول ۳). کاربرد باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و آزاد کننده فسفات سبب افزایش قابل توجه وزن هزار دانه نسبت به شاهد شد (Chattha *et al*., 2017). در تحقیقی دیگر Adholeya and Prakash (2004) اثر کود زیستی را روی لوبیا مورد بررسی قرار دادند و اعلام کردند که باکتری‌های موجود در کودهای زیستی با قابل دسترس ساختن و افزایش جذب عنصرهای غذایی، موجب توسعه رشد رویشی، گسترش و دوام بیشتر سطح برگ شده و در نتیجه در اثر بالا رفتن میزان فتوسنتز و اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه یا افزایش طول پرشدن دانه، وزن دانه تحت تأثیر کودهای زیستی افزایش می‌یابد.

عملکرد دانه

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، برهمکنش تیمارهای آزمایشی بر عملکرد دانه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین مقدار این ویژگی به‌ترتیب در تیمار کاربرد همزمان باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن و باکتری‌های آزاد کننده پتاسیم و فسفات و تیمار شاهد در هر دو توده مشاهده شد (جدول ۱). بیشترین عملکرد دانه مربوط به کاربرد هم‌زمان باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن، باکتری‌های آزاد کننده فسفات و پتاسیم در توده ماش دزفولی با میانگین (۱۵۵۸) بود. کمترین عملکرد دانه مربوط به تیمار شاهد با میانگین (۱۳۹۳) در توده ماش دزفولی بود که نسبت به کاربرد همزمان همه کودهای زیستی ۲۰ درصد عملکرد کمتری داشت (شکل ۲). افزایش عملکرد زمان استفاده از کود زیستی می‌تواند ناشی از وجود جمعیت‌های میکروبی در خاک یا ریزوسفر بر اثر تلقیح با کود زیستی باشد که به‌وسیله 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 سبب رشد گیاه شود (Navid *et al*., 2015). ازتوباکتر از طریق مکانیسم‌های بیان شده موجب افزایش برخی از عنصرها و توسعه سطوح فتوسنتز کننده، شده و گیاه مواد پرورده تولید شده را به اندام‌های زایشی اختصاص داده و در نهایت موجب افزایش عملکرد می‌شود (Vany *et al.* 2004). استفاده از کودهای زیستی منجر به افزایش سطح برگ گیاه و در نتیجه سبب افزایش تولید ماده خشک ماش می‌شود که در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌شود. تلقیح بذرها با باکتری‌های آزاد کننده پتاسیم سبب افزایش گره‌زایی ریشه‌ها در مرحله گلدهی، سنجه سطح برگ، مقدار کلروفیل و عملکرد دانه می‌شود. نتیجه مطالعات نشان داده که کاربرد باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن اثرهای سودمندی بر توسعه و رشد ریشه داشته و همچنین سبب بهبود کیفیت و افزایش محصول شد (Choudhary *et al*., 2017). همچنین مقایسه این نتایج با یافته‌های Prasad *et al*. (2017) روی ماش نشان داد این افزایش محصول می‌تواند به‌دلیل افزایش تعداد گره‌ها در ریشه باشد که موجب تهیه نیتروژن کافی و در نهایت سبب افزایش عملکرد شود.



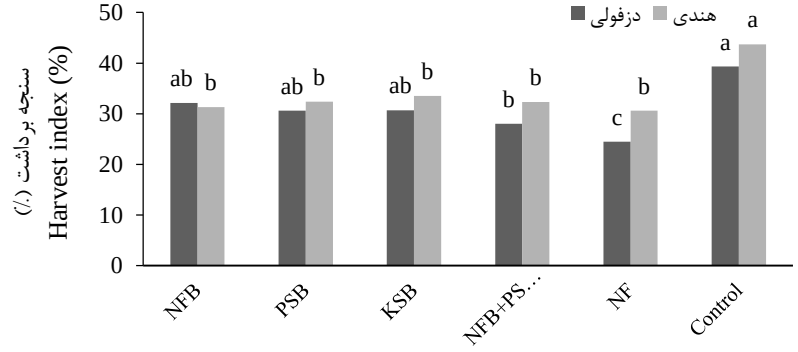
Control: شاهد، NF: کود نیتروژنه با منشأ اوره ۴۶، KSB: باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم، NFB: باکتری‌های آزاد زی تثبیت‌کننده نیتروژن، PSB: باکتری‌های حل‌کننده فسفر.

شکل۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه ماش تحت تأثیر تیمارهای کودی و توده

Fig. 2- Mean comparison of grain yield of mung bean under the influence of fertilizer treatments and genotypes

سنجه برداشت

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، برهمکنش تیمارهای آزمایشی بر سنجه برداشت در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین سنجه برداشت مربوط به تیمار شاهد با میانگین (۴۳/۷۱) و کمترین سنجه برداشت مربوط به تیمار کاربرد هم‌زمان کودهای زیستی در توده ماش دزفولی با میانگین (۲۸/۰۴) بود (شکل۳). بنابراین سنجه برداشت که نسبتی از عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی است در زمان کاربرد هم‌زمان کودهای زیستی مقدار کمتری را به خود اختصاص داده است.



PSB: باکتری‌های آزاد زی تثبیت‌کننده نیتروژن، NFB: باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم، KSB: کود نیتروژنه با منشأ اوره ۴۶، NF: شاهد، Control باکتری‌های حل‌کننده فسفر

شکل ۳- مقایسه میانگین سنجه برداشت ماش تحت تأثیر تیماره های کودی و توده

Fig. 3- Mean comparison of harvest index of mungbean under the influence of fertilizer tretments and genotypes

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل‌های آماری نشان داد که به‌طور کلی کاربرد کودهای زیستی، با تأثیر بر جنبه‌های رشد و نمو می‌تواند از طریق اثر هم‌افزایی برای عامل‌های تقویت کننده رشد همانند کودهای شیمیایی سبب افزایش عملکرد محصول ماش شوند. در این پژوهش بالاترین عملکرد دانه با کاربرد همزمان کودهای زیستی در ماش دزفولی به‌دست آمد. در صفات مورد بررسی، ماش هندی نسبت به ماش دزفولی اجزای عملکردی بهتری نشان داد. کاربرد این کودها با بهبود توانمندی گیاه برای رشد بهتر و تولید بیشتر ماده خشک سبب دستیابی به عملکر بالاتر محصول شد. به‌طور کلی یافته‌های این پژوهش نشان داد برای تولید موفق و اقتصادی ماش افزون بر کودهای شیمیایی می‌توان از کودهای بوم‌سازگار زیستی نیز استفاده کرد. در مورد تأثیر کودهای زیستی بر عملکرد ماش، می‌توان اظهار کرد که بهبود فتوسنتز و رشد، موجب افزایش زیست‌توده بوته و در نهایت عملکرد زیستی می‌شود.

پی‌نوشت‌ها

[1] Sidrophore
[2] Azetobacter
[3] Biosuper phosphate

منابع

Abbas, G., Abbas, Z., Aslam, M., Ullah Malik, T., Ishaque, M. and Hussain, F., 2011. Effects of organic and inorganic fertilizers on mungbean (*Vigna radiata* L.). International Journal of Plant Science. 2(4), 94-98.

Abou, S. and Abdel, A., 2012. Impact of rock materials and biofertilizations on P and K availability for maize (*Zea mays*) under calcareous soil conditions. Saudi Journal of Biological Science. 19, 55-63.

Adholeya, A. and Prakash A., 2004. Effect of different organic compost manures on yield and yield component of bean (*Phaseolus vulgaris L*). Journal of Bioresource Technology. 9(2), 311–319.

Alaami Milani, M., Amini, R. and Sadegh, H., 2014. Effects of application of biofertilizers in combination with chemical fertilizers on yield and yield Grain Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 24(41), 15-29.

Bashir, K., Kausar, K., Shahzad, S.M., Ashraf, M., Siddiqui, A.R., Muhammad, A. and Piracha, A., 2016. Bio-associative effect of rhizobacteria on nodulation and yield of mungbean (*Vigna radiata* L.) under saline conditions. Journal of Applied Agriculture and Biotechnology. 1(2), 23−37.

Chattha, M.U., Hassan, U.H., Khan, E., Chattha, M.B., Ashraf, I., Ishque. W., Farooq, M.,

Usman, M. and Kharal, M., 2017. Effect of different nitrogen and phosphorus fertilizer levels in combination with nitrogen and phosphorus solubilizing inoculants on the growth and yield of mung bean. Journal of life Science. 15(1), 31-36.

Choudhary, P., Singh, G., G Reddy, G.L. and Lal Jat. B., 2017. Effect of bio-fertilizer on different varieties of black gram (*Vigna mungo* L.). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 6(2), 302-316.

De sousza, E.M., Bassani, V.L., Sperotto, R.A. and Granada, G.E., 2016. Inoculation of new rhizobial isilates improve nutrient uptake and growth of bean (Phaseolus vulgarid and arugula (*Eruca sativa*). Journal of life Science Food. 10, 258-273.

Etesami, H. and Maheshwari, D., 2018. Use of plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) with multiple plant growth promoting traits in stress agriculture: Action mechanisms and

future prospects. Journal of Ecotoxicology and Environmental Safety. 156, 225-246.

Fikrettin, S., Chakmakji, R. and Kantar, F., 2004. Sugar beet and barley yield in relation to inoculation with N2-fixing and phosphate solubilizing bacteria. Journal of Plant and Soil. 256, 123-129.

Hatami, H., Javidi, S. and Azizi, M., 2016. Effect of chemical, organic and biodegradable nitrogen fertilizers on yield and yield components of soybean cultivars. In Proceedings 2th International Development of Agricultural Science and Natural Resources Congress, 7th-9th December, Gorgan, Iran. (In Persian with English abstract).

Hussein, A., Ali, A., Khaliq, T., Aslam, Z. and Asif, M., 2013. Growth, nodulation and yield components of mung bean of mung bean (*Vigna radiata*) as affected by phosphours in combination whit rhizobium inoculation. Journal of Agriculture Research. 9(30), 2319-2323.

Iqbal, S., Khan, M.Y., Asghar, H.N. and Akhtar, M.J., 2016. Combined use of phosphate solubilizing bacteria and poultry manure to enhance the growth and yield of mung bean in calcareous soil. Journal of Soil Environment. 35(2), 146-15.

Majnoun Hosseini, N. and Mazaheri, M., 2007. Effect of covering effects, soil mechanization systems and nitrogen fertilizer on soil properties and forage sorghum performance, 10th Iranian Soil Science Congress, 26th-28th August, Karaj, Iran. (In Persian with English abstract).

Mehraban, A. and Ghasemi, A., 2014. Study of the effect of biomass and plant density on organic crop production of mushroom plant in sistan region. In Proceedings 4th International Agricultural and Sustainable Natural Resources, Congress, 13th-15th October, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).

Navid, A., Yavarifar, A., Godini, A. and Farniya, A., 2014. Effect of nitrogenous and phosphorous biological fertilizers on morphological traits of mungbean plant. In Proceedings 4th International Agricultural and Sustainable Natural Resources, Congress, 13th-15th October, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).

Prajapati, K., 2016. Impact of potassium solubilizing bacteria on growthand yield of mungebean vigna radiata. Journal of Applied Reseach. 6(2), 2949-555.

Prasad, S.K., Singh, M.K. and Singh, J., 2014. Response of rhizobium inoculation and phosphorus levels on mungbean (*Vigna radiata* L.) under guava-based agri-horti system. The Bioscan. 9, 557-560.

Rany, M. and Praksh, V., 2017. Effect of phosphorus, sulphur and PSB on growth attributes and yield of mungbean (*Vigna radiata* L.). Journal of Agriculture Search. 4(3), 198-201.

Sharma, A.K., 2002. Bio-fertilizers for sustainable agriculture. Agrobios press, India.

Shen, H., Xinhua He, X., Liu, Y., Chen, Y., Tang, J. and Guo, T., 2016. Complex inoculant of N2-fixing, P and K solubilizing bacteria from a purple soil improves the growth of kiwifruit (*Actinidia chinensis*) plantlets. Journal of Frontiers in Microbiology. 7, 1-12.

Siahmargue, A., Rasisarai, M.R. and Naseri, M.Y., 2014. The effects of biological fertilizers on qualitative traits of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.) forage. Journal of Plant Environmental Physiology. 9(2), 72-81.

Saini, V.K., Bhandari, S.C. and Tarafder, J.C., 2004. Comparison of crop yield, soil microbial

C. N. And

P, N-fixation, nodulation and mycorrhizal infection in inculated and non-inoculated sorghum and chickpea crops. Field Crops Research. 89, 39-47.

Venkatarao, C., Naga, S.R. and Yadav, B.L., 2017. Effect of phosphorus and biofertilizers on growth and yield of mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]. International Journal of Current Microbiology. 6(7), 3992-3997.

Environmental Sciences Vol.18/No.3/Autumn2020

1-15

Effect of free-living nitrogen fixating, and phosphate and potassium solubilizing bacteria on yield and yield components of two mungbean (*Vigna radiata* L.) genotypes

Afsaneh Yousefi, [1] Reza Mirzaeitalarposhti,[2†] Fatemeh-Sadat Aghamir and [2] Jafar Nabati[3]

[1]Deapartment of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Behehsti University, Tehran, Iran

[2] Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

[3]Legume Department, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Received: 2018. 05.13 Accepted: 2018.08.28

Yousefi, A., Mirzaeitalarposhti, R., Aghamir, F., Nabati, J. and Soufizadeh, S., 2020. Effect of free-living nitrogen fixating, and phosphate and potassium solubilizing bacteria on yield and yield components of two mungbean (*Vigna radiata* L.) genotypes.Environmental Sciences. 18(3): 1-15

Introduction: Economic problems caused by increased consumption of fertilizers from one hand and environmental issues related to non-scientific consumption of such fertilizers (e.g., pollution of water and soil, loss of soil fertility, and crop quality) on the other hand, have shifted attentions towards application of biological fertilizers. In order to reduce environmental pollution and ecological damage caused by the use of chemical fertilizers, there is a need to use resources and inputs, which not only meet crop nutrient requirements, but also guarantee the long-term sustainability of agricultural systems. The purpose of this study was to reduce the harmful effects of chemical fertilizers on the agroecosystem and to reduce the cost associated with crop production through application of biofertilizers (free-living nitrogen-fixating bacteria, and potassium and phosphate solubilizing bacteria) on mungbean.

Material and methods: A field experiment was carried out as a randomized complete block design with factorial arrangement of treatments. Two mungbean genotypes (Dezfouli and Indian) were planted under six fertilization systems at the Agricultural Research Station of Ferdowsi University of Mashhad, Iran in 2017. Fertilization treatments were Nitro Bacteria (NB), Phosphate Power Bacteria (PhPB), Potassium Power Bacteria (PPB), NB+PhPB+PPB, chemical nitrogen fertilizer (N), and no fertilizer as control (C). Prior to planting, the soil was sampled at a depth of 0-30 cm for measurement of common physico-chemical characteristics. At the end of the growing season, an area of 1 m^2 from the middle of each plot was harvested for crop traits. Plant height, the number of branches per plant, grain yield, biological yield, and yield components including the number of pods per plant, the number of seeds per pod, and 100-seed weight were measured accordingly.

Results and discussion: The results showed a significant difference between mungbean genotypes and also fertilization treatments regarding yield and yield components ($p<0.05$). The highest biological yield (6555 kg ha^{-}

†Corresponding Author: *Email Address*. r_mirzaei@sbu.ac.ir

[1]) and grain yield (1558 kg ha^{-1}) were obtained from Dezfouli genotype under NPB+PhPB+PPB treatment. The lowest biomass and grain yield were observed for Indian genotype under control treatment with 3518 and 1393 kg ha^{-1}, respectively. The results showed that the combined application of nitrogen stabilizing bacteria and potassium and phosphate release bacteria, due to increased access to nutrients that is an effective factor in stimulating the growth and photosynthesis of plants, improved conditions for growth and production of photosynthetic materials, and also increased the yield of mungbean plants.

Conclusion: It was revealed that the combined application of various biofertilizers not only improves the mungbean yield, but also can reduce negative aspects of chemical fertilizer application in crop production systems. Paying attention to more frequent use of biological fertilizers could be considered as an important agroecological approach, which results in healthier soil and water resources.

Keywords: Biofertilizers, Ecological agriculture, Phosphate and potassium solubilizing bacteria.