نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۳، ص. ۳۷۲-۳۶۴

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 2, Summer 2014, p. 364-372

مطالعه اثر مدیریت تلفیقی کود فسفره بر خصوصیات رشدی و عملکرد علوفه دو رقم جو (*Hordeum vulgare* L.) (فصیح و بهمن)

لژیا زندیه[۱]، محمدرضا چائی‌چی[۲*] و سید محمدرضا احتشامی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۶/۱۰

چکیده

به منظور بررسی خصوصیات رشدی و عملکرد دو رقم جو (*Hordeum vulgare* L.) فصیح و بهمن تحت تأثیر مدیریت تلفیقی کود فسفره، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران واقع در کرج در سال زراعی ۹۰- ۱۳۸۹ به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۴ تیمار اجرا گردید. عوامل مورد بررسی در این تحقیق شامل نوع کود فسفر و رقم بودند که عامل رقم در دو سطح فصیح و بهمن و کودهای فسفره در هفت سطح شامل: ۱-کود شیمیائی سوپرفسفات تریپل (بر اساس آزمون خاک)، ۲- تلقیح بذر با باکتری *Pseudomonas fluorescence* (B)، ۳- تلقیح بذر با باکتری (B) + ۱۰۰٪ کود شیمیائی، ۴- (B) + ۷۵٪ کود شیمیائی، ۵- (B) + ۵۰٪ کود شیمیائی، ۶- (B) + ۲۵٪ کود شیمیائی (نسبت به تیمارکود شیمیایی فسفره کامل) و ۷- شاهد (بدون کود شیمیائی و بدون تلقیح بذر با باکتری)، اعمال شدند. نتایج نشان داد که در تمامی سطوح کودی ارتفاع رقم فصیح به‌طور معنی‌داری در سطح ۵٪ بیش از رقم بهمن بود و بالاترین ارتفاع بوته برای رقم فصیح در کاربرد کود تلفیقی BC_{50} و BC_{75} حاصل شد. اعمال کود شیمیایی کامل و تلفیقی نسبت به شاهد بدون کود بطور معنی‌داری تعداد پنجه در بوته را در مقایسه با شاهد افزایش داد. بیشترین عملکرد علوفه خشک برابر با ۸۰۰۰ کیلوگرم در هکتار برای ارقام فصیح و بهمن در تیمار کود بیولوژیکی خالص بدست آمد. بیشترین نسبت برگ به ساقه برای هر دو رقم به ترتیب برابر با ۱۴/۵ و ۱۴ در کود تلفیقی BC_{50} مشاهده شد. از نتایج این آزمایش چنین برمی‌آید که بطور کلی، تلقیح بذر جو با باکتری‌های حل‌کننده فسفات از طریق افزایش جذب مواد غذایی به ویژه فسفر و نیز از طریق کلونیزه کردن ریشه، بر عملکرد گیاه اثر مثبتی داشته است.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های حل‌کننده فسفات، *سودوموناس فلورسنس*، عملکرد علوفه خشک، نسبت برگ به ساقه

مقدمه

افزایش تقاضا برای مواد غذائی که در نتیجه رشد بی‌رویه جمعیت در دهه‌های اخیر به‌وجود آمده، محققان را با چالش بزرگی روبرو کرده است. محدودیت اراضی مستعد قابل کشت، سبب شده تا اکثر نگاه‌ها به افزایش عملکرد در واحد سطح معطوف گردد و در عمل، توسعه اراضی کشاورزی به عنوان یک راهکار پایدار مورد توجه نباشد. طی سال‌های اخیر استفاده از ارقام پرمحصول توانسته است تا حدود زیادی پاسخگوی نیاز بشر به محصولات کشاورزی و غذا باشد. کاربرد این ارقام ضمن افزایش تولید در واحد سطح، نیاز به نهاده‌های کشاورزی از جمله کودهای شیمیائی را افزایش داده است. تولید و کاربرد کودهای شیمیائی علاوه بر صرف انرژی زیاد، هزینه‌بر می‌باشد و مصرف بی‌رویه آنها علاوه بر مضرات اقتصادی، صدمات جبران-ناپذیری بر محیط زیست وارد خواهد ساخت (Ardakani, 1999).

با توجه به اثرات منفی زیست‌محیطی کاربرد گسترده کودهای شیمیایی، استفاده ازکودهای زیستی بعنوان جایگزین مناسب مورد توجه محققان و تولیدکنندگان بخش کشاورزی قرارگرفته است. کودهای زیستی حاوی باکتری‌ها و قارچ‌های مفید حل‌کنندهٔ عناصر غذائی هستند که معمولاً با اسیدی کردن خاک و یا ترشح آنزیم‌ها باعث رهاسازی یون فسفات از ترکیبات پیچیده معدنی و آلی می‌شوند که قابل جذب توسط گیاهان است. تعداد بسیار زیادی از باکتریها و قارچهای خاک این توانایی را دارند که فسفات معدنی خاک را حل

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی دانشگاه تهران
۳- استادیار دانشگاه گیلان
(*- نویسنده مسئول: (Email: rchaichi@ut.ac.ir

کرده و به فرم قابل جذب برای گیاه تبدیل نمایند که اصطلاحاً میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات (PSM)[1] نامیده می‌شوند. از جمله این میکروارگانیسم‌ها می‌توان به باکتری‌های جنس *سودوموناس* اشاره نمود. از مهمترین مکانیسم‌های عمل این باکتری‌های محرک رشد می‌توان به حل کردن فسفات معدنی خاک، سنتز و تولید سیدروفورهای کمپلکس‌کننده آهن (Meyer, 2000)، تغییر در الگوی تسهیم مواد فتوسنتزی (Rashid et al., 2004)، افزایش سطح ریشه (Lucy et al., 2004) و غیره اشاره کرد. روش متداول آنها برای تبدیل فرم‌های غیر قابل حل فسفر به فرم‌های قابل دسترس گیاه از طریق ترشح اسیدهای آلی و فسفاتازها می‌باشد. این باکتری‌ها از طریق مکانیزم‌های متعددی همچون افزایش جذب فسفر و سایر عناصر غذایی و تولید مواد تنظیم‌کننده رشد موجب افزایش رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شوند (Zahir et al., 2004). باکتری‌های جنس *سودوموناس* به دلیل توزیع گسترده در خاک، توانایی کلونیزه کردن ریزوسفر بسیاری از گیاهان و تولید طیف متنوعی از متابولیت‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (Ajit et al., 2006). امروزه تحقیقات گسترده‌ای در خصوص آثار مثبت ناشی از تلقیح باکتری‌های مختلف جنس سودوموناس بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی توسط محققین مختلف صورت گرفته است. بنابراین با تکیه بر تجارب و شواهد موجود، بکارگیری ریزسازواره‌های حل‌کننده فسفات مانند باکتری *سودوموناس فلورسنس* در بهبود جذب فسفر، به منظور کاهش مصرف کودهای فسفاته بسیار ضروری به نظر می‌رسد.

جو (*Hordeum vulgare* L.) گیاهی علوفه‌ای است که در پرورش حیوانات به ویژه در تغذیه گاوهای شیری و گوساله‌های پرواری و حتی پرندگان به مقدار زیاد بکار می‌رود (Khodabande, 1992). گیاه جو علاوه بر دارا بودن مقادیر زیادی ویتامین از نظر مواد معدنی هم غنی می‌باشد. کاه آن نیز در غذای حیوانات و تهیه بستر آنها به کار رفته و حتی علوفه سبز آن نیز غذای مناسبی برای دام‌ها می باشد. خوش‌خوراکی جو از گندم (*Triticum aestivum* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) برای دام‌ها بیشتر است. درصد پروتئین جو نسبتا بالاست بطوری‌که آن را با غذاهای پرحجم مثل یولاف یا سبوس مخلوط می‌کنند (Koochaki & Sarmadnia, 1992).

کود شیمیایی فسفر اصلی‌ترین منبع تأمین فسفر در کشاورزی است، ولی تقریباً ۷۵ تا ۹۰ درصد از کود فسفر اضافه شده به خاک توسط کمپلکس‌های آهن، آلومینیوم و کلسیم تثبیت می‌شود (Turan et al., 2006). مصرف بی‌رویه این نهاده‌های شیمیایی نه تنها سبب کاهش پایداری در کشت‌بوم‌های زراعی می‌گردد، بلکه نتایج برخی مطالعات بلندمدت نشان داده‌اند که استفاده فشرده از این کودها عملکرد گیاهان زراعی را نیز به مرور کاهش می‌دهد. نظام‌های کشاورزی پایدار اهمیت ویژه‌ای برای حفظ و همچنین افزایش حاصلخیزی خاک با استفاده از نهاده‌های طبیعی و ارگانیک قائل هستند.

غلات بیشترین نیاز را به کودهای شیمیائی فسفره دارند (Ehteshami & Chaici, 2009). تحرک این عناصر در خاک بسیار اندک است و نمی‌تواند پاسخگوی جذب سریع توسط گیاه باشد (Ehteshami & Chaici, 2009). استفاده از فرآورده‌های زیستی در جهت تغذیه غلات یکی از راه حل‌های اساسی و مفید جهت افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول، تأمین امنیت غذائی، پایداری در تولید و ارتقاء سطح سلامت جامعه در تولید محصولات کشاورزی عاری از هرگونه سم و آفت‌کش به نظر می‌رسد. انجام مطالعات وسیع در کشورهای پیشرفته در رابطه با استفاده از کودهای زیستی با هدف کاهش مصرف کودهای شیمیائی، لزوم انجام تحقیقات بیشتر را در داخل کشور خاطر نشان می‌سازد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران واقع در کرج (عرض جغرافیائی ۳۵ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ و ۵۸ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۳۱۶ متر از سطح دریا) در سال زراعی۹۰- ۱۳۸۹ اجرا گردید. بر اساس آمار آب و هوایی و بنا بر منحنی آمبروترمیک، این منطقه به دلیل دارا بودن ۱۵۰ تا ۱۸۰ و گاهی ۲۰۰ روز خشک، در زمره مناطق مدیترانه ای گرم و خشک و با داشتن زمستانهای سرد و مرطوب و تابستان گرم و خشک جزو مناطق نیمه‌خشک محسوب شد. با استناد به اطلاعات اداره هواشناسی کرج متوسط بارندگی سالیانه منطقه، ۲۴۵ میلی‌متر است که بارندگی عمدتا در اواخر پاییز تا اوایل بهار به وقوع می‌پیوندد. این منطقه از نظر طبقه‌بندی رژیم حرارتی خاک جزو مناطق ترمیک محسوب شد. نمونه‌برداری خاک از پنج نقطه به عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، انجام شد که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است.

1- Phosphate Solubilizing Microorganisms

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک در محل اجرای آزمایش

Table 1- Soil analysis in the experimental site

نیتروژن کل (٪) Total Nitrogen (%)	فسفر کل (میلی گرم بر کیلوگرم) Total Phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) Absorbable Potassium ($mg.kg^{-1}$)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	نسبت سدیم قابل تبادل SAR	ماده آلی (٪) Organic matter (%)	کلسیم (٪) Ca (%)	بافت خاک (لوم) Soil texture (Loam)		
								رس (٪) Clay (%)	سیلت (٪) Silt (%)	شن (٪) Sand (%)
0.09	14.1	151	8	1.74	1.48	0.84	7.7	24	38	38

آزمایش بصورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۴ تیمار اجرا گردید. عوامل مورد بررسی در این تحقیق شامل نوع کود فسفر و رقم بودند. نوع کود فسفر در هفت سطح اعمال شدند که عبارت بودند از:

الف) C_{100}: ۱۰۰٪ کود شیمیائی سوپرفسفات تریپل (بر اساس آزمون خاک)

ب) B: تلقیح بذر با باکتری *Pseudomonas fluorescense*

ج) BC_{100}: باکتری + ۱۰۰٪ کود شیمیائی

د) BC_{75} : باکتری + ۷۵٪ کود شیمیائی

ه) BC50: باکتری + ۵۰٪ کود شیمیائی

و) BC25: باکتری + ۲۵٪ کود شیمیائی

ز) C_0: تیمار شاهد (بدون کود شیمیائی و بدون تلقیح بذر با باکتری)

عامل رقم در دو سطح فصیح و بهمن در نظر گرفته شد. رقم فصیح، زمستانه و مقاوم به سرما می‌باشد که در مناطق مرتفع سردسیر کشت می‌شود. ارتفاع این رقم، متوسط (ارتفاع ساقه ۹۵ سانتی‌متر) و مقاوم به خوابیدگی است. این رقم، متوسطرس و نسبتاً متحمل به ریزش دانه بوده و متوسط وزن هزار دانه آن ۳۵-۴۲ گرم می‌باشد. رقم بهمن (CB 744)، بهاره – پاییزه (بینابین) و رقمی نسبتاً متحمل به خشکی و سرما و مقاوم به شوری و درجه حرارت محیط بوده و در دیمزارهای مناطق معتدل و سردسیر کشور کشت می‌گردد. این رقم متحمل به خشکی و گرمای آخر فصل می‌باشد (Behnia, 1993).

آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و ماله قبل از کاشت صورت گرفت. سپس از اعماق ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری خاک محل اجرای آزمایش، نمونه‌گیری به عمل آمد تا میزان عناصر غذائی پرمصرف و کم‌مصرف خاک اندازه‌گیری شوند. شایان ذکر است که در کاربرد کودهای بیولوژیک می‌بایست مقدار فسفر قابل استفاده خاک کمتر از ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک باشد، زیرا در سطوح بالای فسفر فعالیت باکتری‌های حل‌کننده فسفر کاهش می‌یابد (Ehteshami & Chaichi, 2009). پس از درآوردن شیارها، نقشهٔ آزمایش بر روی زمین پیاده گردید. هر کرت آزمایشی از چهار ردیف دو متری کاشت تشکیل گردید. به منظور جلوگیری از اختلاط اثر تیمارها، یک ردیف به صورت نکاشت بین تیمارها در نظر گرفته شد و فاصلهٔ بین دو تکرار نیز پنج متر تعیین شد. عملیات کاشت به علت مساعد بودن هوا در نیمهٔ دوم آبان‌ماه انجام شد. تلقیح بذر با میکروارگانیسم‌های خاکزی (۵۰ سی‌سی مایه تلقیح به ازای هر کیلوگرم بذر) در شرایط سایه و تاریکی انجام گردید (Somasegaran & Hoben, 1994). سپس کاشت بذور بر روی خطوط کاشت در عمق دو تا سه سانتی‌متر خاک انجام گرفت. همزمان با کاشت بذر، کودهای اوره، پتاسیم و فسفر (در خصوص کرت‌هائی که نیاز به کود شیمیائی فسفره دارند) به صورت نواری به خاک داده شد. علاوه بر این، نیتروژن در دو نوبت دیگر نیز به صورت سرک در اختیار گیاه قرار گرفت. کلیه عملیات زراعی از قبیل واکاری (در مرحله ۳-۲ برگی)، وجین (در مرحله ۴-۳ برگی)، تنک کردن (۶-۴ برگی) و مبارزه شیمیایی با آفات و بیماری‌ها (در صورت بروز آفت و یا بیماری) به طور همزمان و به نحو مطلوب در کلیه کرت‌های آزمایشی انجام شد. صفات مورد اندازه‌گیری در این آزمایش در مرحله رسیدگی کامل شامل: نسبت برگ به ساقه، عملکرد علوفه خشک، ارتفاع بوته و تعداد پنجه بارور در بوته بود.

به منظور تجزیه و تحلیل‌های آماری و رسم نمودارهای مربوطه به ترتیب از برنامه‌های MSTAT-C، SAS 9.1 و Excel استفاده گردید. سپس میانگین‌ها در صورت معنی‌دار بودن اثر عوامل آزمایشی با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: در تمامی سطوح مختلف کودی، ارتفاع رقم فصیح به طور معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بیش از رقم بهمن بود (شکل ۱). بالاترین ارتفاع بوته (۱۰۰ سانتی‌متر) برای رقم فصیح در کاربرد کود تلفیقی BC_{50} و BC_{75} حاصل شد. بر اساس نتایج به نظر می‌رسد با توجه به اینکه بین ارتفاع بوته و مقدار تولید زیست‌توده رابطه مثبت و معنی‌داری وجود دارد، می‌توان بیشترین عملکرد علوفه را به لحاظ اقتصادی و زیست‌محیطی از رقم فصیح با استفاده از کود BC_{50} بدست آورد (Chaichi, et al., 2007). نقش باکتری‌های محرک رشد تولیدکننده اکسین از جمله *سودوموناس* بر افزایش (Shaharoona et al., 2006; Zahir et al., 2000) و کاهش (Vosatka & Gryndler, 1999) ارتفاع بوته توسط برخی دیگر از محققان نیز گزارش شده است. استفاده حداکثر از منابع و شرایط رشدی مناسب به دلیل برخورداری از منابع می‌تواند عامل اصلی در افزایش ارتفاع گیاه محسوب شود (Goicoechea et al., 1997). این در حالی است که به دلیل عدم دسترسی به عناصر غذائی، گیاه نمی‌تواند از شرایط محیطی و منابع موجود، بهره‌برداری بهینه‌ای داشته باشد که اثر این محدودیت در کاهش ارتفاع گیاه کاملاً محسوس است. البته ژنوتیپ‌های مختلف نیز عموما در ارتفاع متوسط گیاه با یکدیگر تفاوت دارند. بنابراین داشتن ساقه طویل‌تر به معنی داشتن سطح فتوسنتزکننده بیشتر و تولید مواد متابولیکی بیشتر است که باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شود. نتایج این تحقیق نشان داد که همزیستی، غالباً تسهیم نسبی زیست‌توده را در درون گیاه تحت تأثیر قرار می‌دهد که مطابق با نتایج سایر محققان می‌باشد (Goicoechea et al., 1997). اثر باکتری بر افزایش رشد ساقه به تولید اکسین و جیبرلین تعمیم داده شده است (Gutierrez-Manero et al., 2001) که بر رشد ساقه و ریشه تأثیرگذار می‌باشد. برخی از محققان، افزایش ارتفاع گیاهان همزیست را به دلیل تأثیر این ریزجانداران بر روابط کربن و نیتروژن و احتمالاً جنبه‌های دیگر بیوشیمی گیاه نسبت داده‌اند. طبق نظر نیمیرا و همکاران (Niemira et al., 1995)، افزایش ارتفاع بوته‌های ذرت در تیمارهای تلقیح شده با قارچ میکوریزا و باکتری‌های حل‌کننده فسفات، به وجود یک رابطه بین هورمون‌های گیاهی و ویتامین‌ها در تأثیر این مواد تلقیحی بر ارتفاع گیاه نسبت داده شده است. البته نتایج متناقضی نیز در این رابطه وجود دارد، به طوری که در تیمار واجد باکتری به دلیل آن که ریزسازواره‌ها برای ایجاد همزیستی با گیاه به کربن نیاز دارند، گیاه قسمتی از مواد فتوسنتزی خود را به تقویت همزیستی با این ریزسازواره‌ها اختصاص می‌دهد که این امر باعث کاهش وزن خشک گیاه می‌گردد.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات رویشی و اجزای عملکرد علوفه ارقام مختلف جو در سطوح مختلف کود فسفری

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) of vegetative and forage yield components of different barley cultivars as affected by different phosphorous fertilizer treatments

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد پنجه در بوته Tillers/Plant	نسبت برگ به ساقه Leaf/Stem ratio	عملکرد علوفه خشک Forage dry matter
تکرار Replication	2	0.57	0.02	4.21	30346.45
ارقام Cultivars	1	5636.68**	0.50*	12.46**	9576262.5**
تیمارهای کودی Fertilizer treatments	6	53.15**	3.89**	5.95**	3635297.06**
رقم*کود Cultivar * Fertilizer	6	62.09**	0.29*	66.88**	885895.17**
خطا Error	26	3.91	0.09	1.13**	227138.50
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	12.08	16.81	17.78	17.39

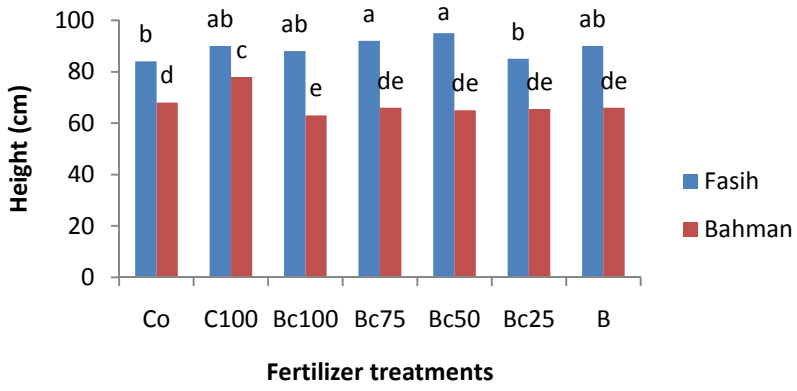
** و *: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

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

گزارش شده است که کاهش رشد ساقه گیاهان همزیست با این ریزجانداران ممکن است به دلیل نیاز این ریزجانداران به یک مخزن کربن قوی حتی در سطوح پائین کلونیزه شدن ریشه باشد. این تقاضا همچنین ممکن است کاهش ترشحات ریشه‌ای را به دنبال داشته باشد (Dixon et al., 1989). احتشامی و همکاران (Ehteshami et al., 2008) گزارش دادند که استفاده از مخلوطی از باکتری و قارچ در سال دوم آزمایش باعث افزایش طول ساقه ذرت شدند، هر چند که حسن‌زاده و همکاران (Hasanzadeh et al., 2006) متذکر شدند که برخی از سویه‌های *سودوموناس* بر ارتفاع ساقه جو تأثیری نداشت. یوسفی راد (Yousefi rad, 2006) گزارش کرد که تلقیح باکتریائی سبب افزایش ارتفاع جو تحت شرایط تنش شوری گردید.

تعداد پنجه در بوته: نتایج آزمایش نشان داد که اعمال کود شیمیایی کامل و تلفیقی نسبت به شاهد بدون کود بطور معنی‌داری تعداد پنجه در بوته را افزایش داد (جدول ۲). به استثنای تیمار کود تلفیقی BC_{100}، در سایر سطوح کودی تفاوت معنی‌داری به لحاظ تولید پنجه در بوته بین ارقام فصیح و بهمن مشاهده نگردید. شایان ذکر است که بیشترین تعداد پنجه در بوته (۶/۵) در تیمار کود تلفیقی BC_{100} برای رقم فصیح مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد همین رقم ۴۵٪ افزایش نشان داد (جدول ۲). در آزمایشات پاملا و استیون (Pamella & Steven, 1982) نشان داده شد که مصرف باکتری باعث افزایش تعداد پنجه در جو می‌شود. حسن زاده و همکاران (Hasanzadeh et al., 2006) نیز مشاهده کردند که تیمارهای واجد باکتری، تعداد پنجه در بوته بیشتری نسبت به شاهد داشتند. همچنین یافته‌ها نشان داده است که کاربرد کود فسفر به همراه باکتری باعث تسریع مراحل رشد در سویا شد (Shah et al., 2001).

نسبت برگ به ساقه: در نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیشترین نسبت برگ به ساقه هر دو رقم فصیح و بهمن به ترتیب برابر با ۱۴/۵ و ۱۴ در تیمار تلفیقی BC_{50} مشاهده شد که این مقدار با نسبت برگ به ساقه در تیمار C_{100} تفاوت معنی‌داری نشان داد (شکل ۳). با توجه به اینکه نسبت برگ به ساقه یکی از صفات مهم کیفی در گیاهان علوفه‌ای محسوب می‌شود به نظر می‌رسد که در تیمار کود تلفیقی BC_{50} بهترین کیفیت علوفه به این لحاظ حاصل شده است.



شکل ۱- اثر متقابل رقم و تیمارهای کودی بر ارتفاع بوته دو رقم جو

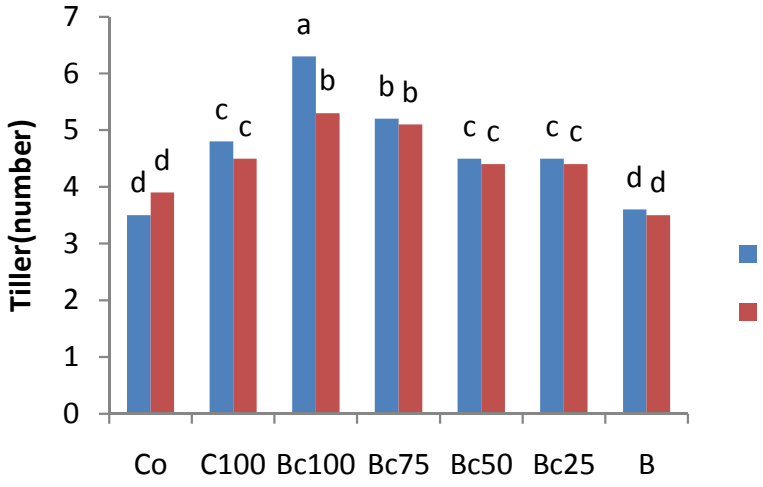
Fig. 1- The interaction effect between cultivar and fertilizer treatments on the height of two barley cultivars

Co: تیمار شاهد (بدون کود شیمیائی و بدون تلقیح بذر با باکتری)، C_{100}: ۱۰۰٪ کود شیمیائی سوپر فسفات تریپل، BC_{100}: باکتری + ۱۰۰٪ کود شیمیائی، BC_{75}: باکتری + ۷۵٪ کود شیمیائی، BC_{50}: باکتری + ۵۰٪ کود شیمیائی، BC_{25}: باکتری + ۲۵٪ کود شیمیائی، B: تلقیح با باکتری *Pseudomonas fluorescense*

Co: Control treatment (without chemical phosphorous and biological fertilizer), **C_{100}**: 100% Chemical phosphorous fertilizer (Triple superphosphate), **BC_{100}**: Bacteria (B) + 100% Chemical phosphorous fertilizer, **BC_{75}**: Bacteria (B) + 75% Chemical phosphorous fertilizer, **BC_{50}**: Bacteria (B) + 50% Chemical phosphorous fertilizer, **BC_{25}**: Bacteria (B) + 25% Chemical phosphorous fertilizer, **B**: Inoculation with *Pseudomonas fluorescence* bacteria

*میانگین‌های دارای حروف مشترک برای هر رقم تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD ندارند ($p\leq ۰/۰۵$).

* Means with the same letter(s) for each cultivar are not significantly different based on LSD test ($p\leq 0.05$).



شکل ۲- اثر برهم‌کنش رقم و تیمار کودی بر تعداد پنجه دو رقم جو

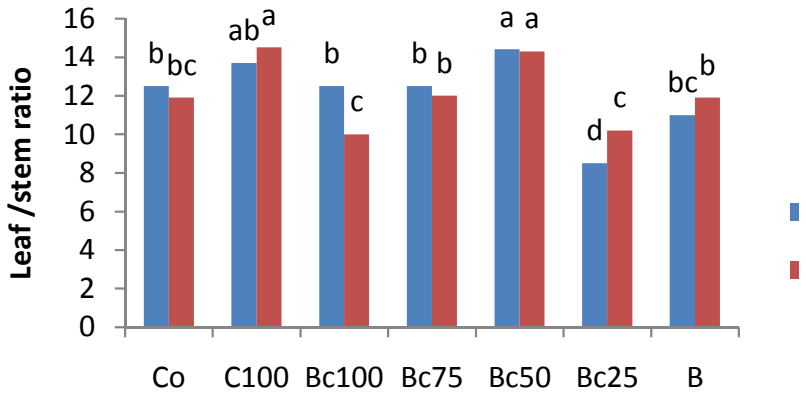
Fig. 2- The interaction effect between cultivar and fertilizer treatments on tiller number of two barley cultivars

Co: تیمار شاهد (بدون کود شیمیائی و بدون تلقیح بذر با باکتری)، C_{100}: ۱۰۰٪ کود شیمیائی سوپر فسفات تریپل، BC_{100}: باکتری + ۱۰۰٪ کود شیمیائی، BC_{75}: باکتری + ۷۵٪ کود شیمیائی، BC_{50}: باکتری + ۵۰٪ کود شیمیائی، BC_{25}: باکتری + ۲۵٪ کود شیمیائی، B: تلقیح با باکتری *Pseudomonas fluorescense*

Co: Control treatment (without chemical phosphorous and biological fertilizer), **C_{100}**: 100% Chemical phosphorous fertilizer (Triple superphosphate), **BC_{100}**: Bacteria (B) + 100% Chemical phosphorous fertilizer, **BC_{75}**: Bacteria (B) + 75% Chemical phosphorous fertilizer, **BC_{50}**: Bacteria (B) + 50% Chemical phosphorous fertilizer, **BC_{25}**: Bacteria (B) + 25% Chemical phosphorous fertilizer, **B**: Inoculation with *Pseudomonas fluorescence* bacteria

*میانگین‌های دارای حروف مشترک برای هر رقم تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD ندارند ($p\leq$۰/۰۵).

* Means with the same letter(s) for each cultivar are not significantly different based on LSD test ($p\leq0.05$).



شکل ۳- اثر برهم‌کنش رقم و تیمار کودی بر نسبت برگ به ساقه دو رقم جو

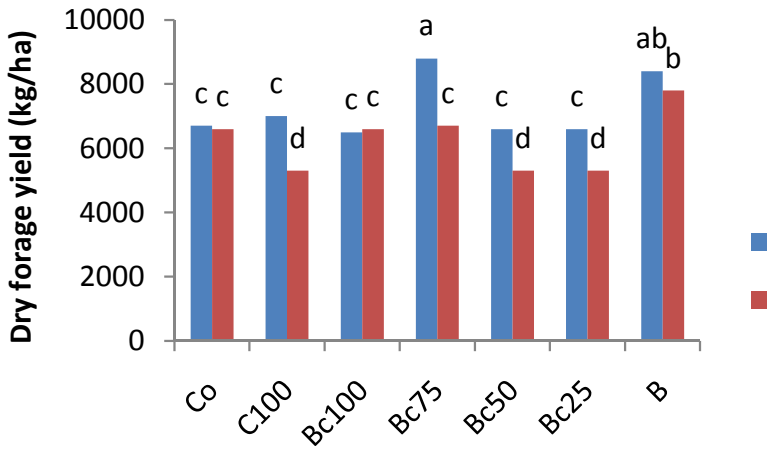
Fig. 3- The interaction effect between cultivar and fertilizer treatments on the leaf/stem ratio of two barley cultivars

Co: تیمار شاهد (بدون کود شیمیائی و بدون تلقیح بذر با باکتری)، C_{100}: ۱۰۰٪ کود شیمیائی سوپر فسفات تریپل، BC_{100}: باکتری + ۱۰۰٪ کود شیمیائی، BC_{75}: باکتری + ۷۵٪ کود شیمیائی، BC_{50}: باکتری + ۵۰٪ کود شیمیائی، BC_{25}: باکتری + ۲۵٪ کود شیمیائی، B: تلقیح با باکتری *Pseudomonas fluorescense*

Co: Control treatment (without chemical phosphorous and biological fertilizer), **C_{100}**: 100% Chemical phosphorous fertilizer (Triple superphosphate), **BC_{100}**: Bacteria (B) + 100% Chemical phosphorous fertilizer, **BC_{75}**: Bacteria (B) + 75% Chemical phosphorous fertilizer, **BC_{50}**: Bacteria (B) + 50% Chemical phosphorous fertilizer, **BC_{25}**: Bacteria (B) + 25% Chemical phosphorous fertilizer, **B**: Inoculation with *Pseudomonas fluorescence* bacteria

*میانگین‌های دارای حروف مشترک برای هر رقم تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD ندارند ($p\leq$۰/۰۵).

* Means with the same letter(s) for each cultivar are not significantly different based on LSD test ($p\leq0.05$).



شکل ٤- اثر برهم‌کنش رقم و تیمار کودی بر عملکرد علوفه خشک دو رقم جو (کیلوگرم در هکتار)

Fig. 4- The interaction effect between cultivar and fertilizer treatments on dry forage yield of two barley cultivars (kg.h^{-1})

Co: تیمار شاهد (بدون کود شیمیائی و بدون تلقیح بذر با باکتری)، C_{100}: ۱۰۰٪ کود شیمیائی سوپر فسفات تریپل، BC_{100}: باکتری + ۱۰۰٪ کود شیمیائی، BC_{75}: باکتری + ۷۵٪ کود شیمیائی، BC_{50}: باکتری + ۵۰٪ کود شیمیائی، BC_{25}: باکتری + ۲۵٪ کود شیمیائی، B: تلقیح با باکتری *Pseudomonas fluorescense*

Co: Control treatment (without chemical phosphorous and biological fertilizer), **C_{100}**: 100% Chemical phosphorous fertilizer (Triple superphosphate), **BC_{100}**: Bacteria (B) + 100% Chemical phosphorous fertilizer, **BC_{75}**: Bacteria (B) + 75% Chemical phosphorous fertilizer, **BC_{50}**: Bacteria (B) + 50% Chemical phosphorous fertilizer, **BC_{25}**: Bacteria (B) + 25% Chemical phosphorous fertilizer, **B**: Inoculation with *Pseudomonas fluorescence* bacteria

*میانگین‌های دارای حروف مشترک برای هر رقم تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD ندارند ($p\leq$۰/۰۵).

* Means with the same letter(s) for each cultivar are not significantly different based on LSD test ($p\leq0.05$).

عملکرد علوفه خشک: بیشترین عملکرد علوفه خشک برای ارقام فصیح و بهمن در تیمار کود بیولوژیکی خالص به ترتیب برابر با ۸۰۰۰ و ۷۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد که نسبت به تیمار شاهد افزایش عملکرد نشان داد (شکل ۴). بین اعمال کود تلفیقی BC_{75} و کود بیولوژیک خالص به لحاظ تولید علوفه خشک در رقم فصیح تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج این تحقیق نشان داد که با استفاده از کودهای بیولوژیک به تنهایی میتوان هم در مورد رقم بهمن و هم فصیح به حداکثر علوفه تولیدی دست یافت که این پدیده به لحاظ زیست‌محیطی و اقتصادی حائز اهمیت بسیاری می‌باشد. پاملا (Pamela, 1982) اثر باکتری در افزایش عملکرد ماده خشک در گندم و سورگوم را به‌دلیل مصرف بهتر فسفر گزارش داد. باکتری‌های *سودوموناس* قادر به تولید هورمون‌های اکسین و جیبرلین و همچنین ویتامین‌ها می‌باشند (Saleh Rastin, 2004). بنابراین، احتمالاً افزایش عملکرد ماده خشک علوفه را می‌توان به این توانایی این باکتری در تولید مواد تحریک‌کننده رشد نسبت داد که درنتیجه بهبود عملکرد را موجب شده است.

نتیجه‌گیری

یکی از ارکان کشاورزی پایدار حفظ حاصلخیزی خاک و تأمین زمینه‌های لازم برای تولید مداوم محصول می‌باشد. لذا استفاده از کودهای مناسب از جمله کودهای بیولوژیک و تلفیقی به عنوان یکی از راهبردهای حصول این منظور در حرکت به سوی کشاورزی پایدار، محسوب می‌شود. نتایج این آزمایش مبین آنست که استفاده از کودهای بیولوژیک خالص و تلفیقی (کود بیولوژیک + ۷۵٪ کود شیمیایی) می‌تواند در تولید علوفه جو رقم فصیح تاثیر به‌سزایی داشته باشد. کاربرد کودهای بیولوژیک و تلفیقی ضمن تولید بهینه علوفه در رقم فصیح، هم به لحاظ زیست‌محیطی و هم به لحاظ اقتصادی متضمن منافع زیادی برای کشاورز و جامعه روستایی است.

منابع

Ajit, N.S., Verma, R., and Shanmugan, V. 2006. Extracellular chitinase of *Pseudomonas fluorescent* antifungal to *Fusarium oxysporum* f. sp. *Dianti* causing carnation Wilt. Current Microbiology 52: 310-316.

Ardekani, M.R. 2000. The efficiency of biological fertilizers in sustainable wheat production. PhD Thesis. Islamic Azad University, Karaj, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Behnia, M. 1995. Cold Climate Cereals. Tehran University Press, Tehran, Iran. 275 pp. (In Persian)

Chaichi, M.R., Daryaei, F., and Aqaalikhani, M. 2007. Forage production of sorghum and alfalfa in sole and intercropping systems. Asian Journal of Plant Sciences 6(5): 833-838.

Dixon, R.K., Garrett, H.E., and Cox, G.S. 1989. Boron fixation, vesicular-arbuscular mycorrhizal colonization and growth of *Cirus jambhiri* Lush. Journal of Plant Nutrition 12: 687-700.

Ehteshami, S.M.R., Agha-Alikhani, M., Khavazi, K., and Chaichi, M.R. 2008. Effect of phosphate solubilizing microorganisms on quantitative and qualitative of corn under water deficit stress. Iranian Journal of Crop Science 40(1): 15-27.

Goicoechea, N., Antolin, M.C., and Sanchez-Dias, M. 1997. Gas exchange is related to the hormone balance in mycorrhizal or nitrogen fixing alfalfa subjected to drought. Plant Physiology 100: 989-997.

Gutierrez-Manero, F.J., Ramos-Solano, B., Probanza, A., Mehouachi, J., Tadeo, F.R., and Talon, M. 2001. The plant-growth-promoting Rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *Bacillus licheniformis* produce high amounts of physiologically active gibberellins. Plant Physiology 111: 206–211.

Hassanzadeh, E., Mazaheri, D., Chaichi, M.R., and Khavazi, K. 2007. The efficiency of phosphorous solubilizing bacteria and chemical phosphorous fertilizers on barely grain yield and yield components. Pazhouhesh and Sazandegi Journal 77: 111-118. (In Persian with English Summary)

Karimi, H. 1991. Forage Crops Production and Improvement. The University of Tehran Press, Tehran, Iran. 414 pp. (In Persian)

Khodabandeh, N. 1993. Cereals Production. University of Tehran Press, Tehran, Iran. 327 pp. (In Persian)

Kianirad, M. 1995. Evaluation of phosphorous solubilizing bacteria and their effect in chemical fertilizer consumption reduction in soybean production. MSc Thesis. College of Agriculture, University of Tehran. (In Persian with English Summary)

Kloepper, J.W., Lifshitz, R., and Zablotwicz, R.M. 1998. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. Trends Biotechnology 7:39-43.

Koochaki, A., and Sarmadnia, G.H. 1993. Crop Physiology. Jihad Daneshgahi of Mashhad University, Mashhad, Iran. 253 pp. (In Persian)

Lucy, M., Reed, E., and Glick, B.R. 2004. Applications of free living plant growth promoting rhizobacteria. Antonie van Leeuwenhoek 86: 1–25.

Malakooti, M.J., and Gheybi, M.N. 1997. Soil Chemical Analysis Methods. Technical publication 894. Institute of Soil and Water Research. Karaj, Iran. (In Persian)

Meyer, D.M. 2000. Pyoverdins: Pigments siderophores and potential taxanomic markers of *fluorescent pseudomonads* species. Archives of Microbiology 174: 135-142.

Niemira, B.A., Safir, G.R., Hammerschmidt, R., and Bird, G.W. 1995. Production of prenuclear minitubers of potato with peat-based arbuscular mycorrhizal fungal inoculum. Agronomy Journal 87: 942-946.

Pamella, A.C.S., and Steven, H. 1982. Inorganic phosphate solubilization by rhizosphere in a zosteramarin community. Canadian Journal of Microbiology 28: 605–610.

Rashid, M., Khalil, S., Ayub, N., Alam, S., and Latif, F. 2004. Organic acids productions solubilization by phosphate solubilizing microorganisms (PSM) under in vitro conditions. Pakistan Journal of Biological Sciences 7: 187-196.

Salehrastin, N. 1998. Biological Fertilizers. The Soil Scientific and Research Journal 12(12): 32-41.

Salehrastin, N. 1998. Biological fertilizers and their role in sustainable agriculture. The necessity of industrial production of biological fertilizers in the country. Extensional publication. Ministry of Jihad of Agriculture. Karaj, Iran. (In Persian)

Sattar, M.A., and Gaur, A.C. 1987. Production of auxins and gibberellins by phosphate dissolving microorganisms. Zentral Mikrobiologie 142: 393-395.

Shah, P., Kakar, M., and Zaha, K. 2001. Phosphorus use efficiency of soybean as effected by phosphorus application and inoculation. Plant Nutrition Food Security and Sustainability of Agro Ecosystem 670-671.

Shaharoona, B., Arshad, M., Zahir, Z.A., and Khalid, A. 2006. Performance of *Pseudomonas* spp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. Soil Biology and Biochemistry 38: 2971–2975.

Somasegaran, P., and Hoben, H.J. 1994. Hand book for rhizobia: Methods in legume- *Rhizobium* technology. New York: Springer- Verlag, USA.

Turan, M., Ataoglu, N., and Sahin, F. 2006. Evaluation of the capacity of phosphate solubilizing bacteria and fungi on different forms of phosphorus in liquid culture. Journal of Sustainable Agriculture 28:99-108.

Vosatka, M., and Gryndler, M. 1999.Treatment with culture fractions from *Pseudomonas putida* modifies the development of *Glomus fistolosum* mycorrhiza and the response of potato and maize plants to inoculation. Applied Soil Ecology 11: 245–251.

Yousefirad, M. 1997. Application of Mychorrihza and phosphorous solubilizing bacteria on barely salinity tolerance. PhD thesis. Islamic Azad University. Science and Research Branch. (In Persian with English Summary)

Zahir, Z. A., Abbas, S.A., Khalid, M., and Arshad, M. 2000. Substrate dependent microbially derived plant hormones for improving growth of maize seedlings. Pakistan Journal of Biological Sciences 3: 289–291.

Zahir, A.Z., Arshad, M., and Frankenberger, W.T. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. Advances in Agronomy 81: 97-168.