

بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد کمی و کیفی ذرت سیلویی

رقیه عباسی^{۱*}، سید عطااله سیادت^۲، عبدالمهدی بخشنده^۲ و سید یعقوب موسوی^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۲/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۴/۳)

چکیده

به منظور بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایذه اجرا گردید. فاکتورهای آزمایشی شامل چهار سویه از باکتری‌های محرک رشد گیاه شامل سودوموناس فلورسنت (B1) ۱۶۹، سودوموناس فلورسنت (B2) ۷۹، سودوموناس پوتیدا (B3) ۱۰۸، سودوموناس پوتیدا (B4) ۱۵۹ و بدون باکتری (شاهد، B5) با دو هیبرید ذرت سینگل گراس (A1) ۷۰۴ و بولسون (A2) بودند. باکتری‌ها از مؤسسه آب و خاک کرج تهیه گردید. قبل از کاشت بذور ذرت به مایع تلقیح آغشته شدند. صفات مورد بررسی شامل ارتفاع گیاه، تعداد برگ در بوته و تعداد برگ بالای بلال، عملکرد علوفه، درصد کل ماده خشک و درصد ماده خشک قابل هضم (DMD) برگ، ساقه و بلال پروتئین خام (CP) برگ، ساقه، بلال و درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز (ADF) برگ، ساقه و بلال بودند. نتایج نشان داد که هیبرید، باکتری و اثرات متقابل این دو تأثیر معنی‌داری بر تمامی صفات داشتند. به نحوی که هیبرید بولسون ارتفاع بوته، تعداد برگ بوته، تعداد برگ بالای بلال، عملکرد علوفه، ماده خشک کل، درصد ماده خشک قابل هضم ساقه بالاتری به خود اختصاص داده و درصد ماده خشک قابل هضم برگ و بلال، پروتئین خام برگ، ساقه و درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز برگ، ساقه و بلال در رقم سینگل کراس ۷۰۴ بیشتر بود. ارتفاع ساقه، تعداد برگ بوته، تعداد برگ بالای بلال، عملکرد علوفه، ماده خشک کل و درصد ماده خشک قابل هضم ساقه و بلال در سویه‌های باکتری سودوموناس نسبت به سویه‌های باکتری‌های محرک رشد در تمامی صفات دارای مقدار بیشتری نسبت به شاهد بودند. نتایج این پژوهش نشان داد، باکتری‌های محرک رشد گیاه باعث افزایش عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت علوفه گردیده است و هیبرید بولسون نیز ظاهراً در مقایسه با هیبرید ۷۰۴ تطابق بیشتری با شرایط منطقه دارد، که نیاز به مطالعات مزرعه‌ای بیشتر دارد.

واژه‌های کلیدی: ذرت، باکتری محرک رشد، ماده خشک قابل هضم، عملکرد

۱ و ۲. به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادان گروه زراعت، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، اهواز

۳. دکتری زراعت، سازمان جهاد کشاورزی خوزستان، اهواز

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Abasiroghayeh@yahoo.com

مقدمه

با توجه به افزایش جمعیت و تقاضای روز افزون برای مواد غذایی، استفاده از ارقام پرمحصول توانسته است تا حدود زیادی پاسخگوی نیاز بشر به محصولات کشاورزی و غذا باشد. ذرت به دلیل پرمحصولی و قابل کشت بودن در محدوده وسیعی از شرایط محیطی، تنوع فوق العاده از نظر فرم، عادت رشد و کیفیت محصول دارای اهمیت زیادی می باشد (۷). با توجه به روند رو به رشد مصرف کودهای شیمیایی در بخش کشاورزی و اثرات سوء زیست محیطی مرتبط با به کارگیری آن خصوصاً در کشورهای در حال توسعه، راه کارهای مدیریتی جهت کاهش مصرف آنها، لازم و ضروری است. استفاده از کودهای بیولوژیک از مؤثرترین شیوه های مدیریتی برای حفظ کیفیت خاک در سطح مطلوب محسوب می گردند. کاربرد مایع تلقیح تهیه شده با این موجودات، ضمن وارد کردن جمعیت انبوهی از میکروارگانیسم های فعال مؤثر در حوزه فعالیت سیستم ریشه ای، توان گیاه را برای جذب بیشتر عناصر غذایی، افزایش می دهد (۱۰). یکی از راه کارهای بهبود رشد گیاهان استفاده از باکتری های افزایش دهنده رشد گیاهان (plant growth promoting rhizobacteria) یا PGPR است، که موجب افزایش رشد و عملکرد گیاهان مهم زراعی می شوند (۱). باکتری های ریزوسفری محرک رشد گیاه از باکتری های آزادی خاک هستند و از طریق تثبیت نیتروژن مولکولی هوا، سنتز و تولید سیدروفورهای کمپلکس کننده آهن، تولید هورمون های محرک رشد گیاه نظیر اکسین ها و سیتوکنین ها، تولید انواع ویتامین ها، انحلال ترکیبات معدنی فسفات ها، پتاسیم و عناصر کم مصرف، ایجاد رقابت با عوامل بیماریزای گیاهی به واسطه تولید آنتی بیوتیک ها و ترکیبات قارچ کش، رشد گیاهان را بهبود می بخشد (۲). تأثیر مثبت تلقیح بذر گیاهان مختلف با باکتری های محرک رشد گیاه بر جنبه های مختلف رشد و نمو آنها، از جمله قابلیت جوانه زنی بذر و بنیه گیاهچه بررسی و مورد تأیید قرار گرفته است (۸). زهیر و همکاران (۲۶) افزایش ۱۸ درصد وزن خشک بوته ذرت که بذرها

آن با باکتری های ازتوباکتر و سودوموناس فلورسنت (*P. fluorescens*) تلقیح شده بودند را گزارش نمودند. در برخی آزمایشات تعداد برگ های بوته ذرت تلقیح شده با باکتری سودوموناس فلورسنت (*P. fluorescens*) افزایش یافت (۱۱ و ۲۳). تولید غلظت های بالای اکسین توسط سودوموناس فلورسنت یک خصوصیت کلی برای این باکتری ها است. اصغر و همکاران (۴) با مطالعه تولید اکسین توسط سویه هایی که مربوط به جنس های مختلف بودند دریافتند که کارآمدترین آنها سویه های سودوموناس پوتیدا بود. علاوه بر پارامتر عملکرد، تلقیح باکتری های محرک رشد گیاه سرعت جوانه زنی گیاهچه، پنجه زنی و وزن خشک گیاه را افزایش داد (۲۵). گلیک و همکاران (۹) اعلام نموده اند که شواهدی بر افزایش فراهمی عناصر غذایی گیاه در ریزوسفر، در اثر فعالیت باکتری های ریزوسفری محرک رشد گیاه وجود دارد. استان خوزستان یکی از مناطق مستعد کشت و تولید ذرت می باشد. نظر به اهمیت توسعه دامداری های صنعتی استان و ضرورت تأمین علوفه مورد نیاز آنها علاوه بر افزایش سطح زیر کشت، افزایش عملکرد در واحد سطح ذرت با استفاده از ارقام مناسب و جدید ضروری می باشد. هدف از انجام پژوهش حاضر مطالعه اثرات باکتری های محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت سینگل گراس ۷۰۴ و بولسون می باشد.

مواد و روش ها

این پژوهش در تابستان ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایذه در ۵۲ درجه و ۲۴ دقیقه طول شرقی و ۳۹ درجه ۳۹ دقیقه عرضی شمالی با ۸۵۰ متر ارتفاع از سطح دریا به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. برای مشخص شدن خواص فیزیکی و شیمیایی خاک پیش از عملیات اجرایی نمونه برداری و تجربه و تحلیل خاک صورت گرفت که نتایج حاصله در جدول (۱) آورده شده است. براساس نتایج آزمایش خاک، کودهای

خشک قابل هضم. خشک کردن نمونه‌ها در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت انجام شد و وزن خشک هر یک از اجزاء و در نهایت وزن خشک علوفه در هکتار تعیین گردید. درصد ماده خشک قابل هضم (DMD)، پروتئین خام (CP) و درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز (ADF) در آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع براساس روش ارائه شده توسط جعفری و همکاران (۱۲) و با دستگاه Perten مدل Inframatic 8620 انجام شد.

تجزیه واریانس کلیه صفات مورد بررسی با استفاده از نرم‌افزارهای Excel و MSTATC انجام گرفت. مقایسه میانگین صفات مورد بررسی توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطا ۱ درصد محاسبه گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثرات متقابل هیبرید و باکتری بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد که ارتفاع بیشتر مربوط به هیبرید جدید بولسون بود. باکتری فلورسنت ۱۶۹ با دارا بودن ارتفاع ۱۹۸/۳۵ سانتی‌متر و تیمار شاهد با داشتن ارتفاع ۱۹۰/۷۳ سانتی‌متر به ترتیب بیشترین و کمترین ارتفاع را داشته‌اند (جدول ۳). مقایسه اثرات متقابل نشان داد که هیبرید بولسون تلقیح شده با باکتری پوتیدا ۱۵۹ دارای بیشترین ارتفاع (۱۹۹/۷۷) و هیبرید بولسون بدون تلقیح با باکتری دارای کمترین ارتفاع (۱۹۲/۴۴) بود (جدول ۴). لیونی و همکاران (۱۵) بیان نمودند که سویه‌های باکتری سودوموناس پوتیدا به دلایلی هم‌چون تولید هورمون‌های رشد مانند اکسین و نیز تولید سیدروفورها و افزایش جذب آهن و تشکیل کمپلکس سیدروفور- آهن و توانایی جذب آن توسط ریشه که باعث کنترل عوامل بیماری‌زا می‌گردد، باعث افزایش ارتفاع ذرت می‌شوند. میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات نیز از طریق تولید مواد تحریک‌کننده رشد سبب افزایش ارتفاع گیاه

شیمیایی به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاس در نظر گرفته شد. فاکتورهای آزمایشی شامل چهار سویه از باکتری‌های محرک رشد گیاه شامل سودوموناس فلورسنت ۱۶۹ (B1)، سودوموناس فلورسنت ۷۹ (B2)، سودوموناس پوتیدا ۱۰۸ (B3)، سودوموناس پوتیدا ۱۵۹ (B4) و بدون باکتری (شاهد B4) با دو رقم ذرت شامل سینگل گراس ۷۰۴ (A1) و بولسون (A2) بودند. هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ دو منظوره از گروه دیررس است و در سطح وسیعی از شرایط آب‌وهوایی کشور کشت می‌گردد. هیبرید بولسون دیررس می‌باشد و برای اولین بار تحت عنوان بولسون در سال ۱۳۸۶ توسط بخش کشاورزی بنیان مستضعفان از ترکیه خریداری و وارد ایران گردید. ابعاد هر کرت ۴/۵ در ۶ متر و در هر کرت ۶ خط کاشت به طول ۶ متر و فاصله بین خطوط ۷۵ سانتی‌متر بود. قبل از کاشت بذور ذرت در کیسه‌های پلی‌اتیلنی حاوی بذر و چسب تلقیح (۶ گرم کربوکسی متیل سلولز در ۵۰۰ میلی‌لیتر آب) به مدت ۳۰ ثانیه تکان داده شده و سپس مقدار کافی از مایع تلقیح که توسط بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد، به آن افزوده شد و به مدت ۴۵ ثانیه دیگر تکان داده شدند تا بذرها به‌طور یکنواخت به مایع تلقیح آغشته شوند. کشت در ۵ تیر ماه صورت گرفت. یک سوم کود نیتروژن همراه تمامی کود فسفر و پتاسیم هم‌زمان با کشت و دو سوم کود نیتروژن به‌صورت سرک (در مرحله ۷ - ۵ برگی و دو هفته قبل از گل‌دهی) مورد استفاده قرار گرفت. برداشت علوفه در زمان مناسب یعنی در تاریخ ۱۳۸۹/۸/۱۵ (یک سوم تا دو سوم خط شیری) صورت گرفت (۱۵). بوته‌ها از دو خط میانی هر کرت فرعی (خطوط عملکرد) با در نظر گرفتن نیم متر حاشیه از هر طرف و در مجموع از مساحتی بالغ بر دو مترمربع به‌صورت دستی و با داس از فاصله دو سانتی‌متری از سطح زمین، کف‌بر شدند. صفاتی که در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفت عبارت بودند از ارتفاع گیاه، تعداد برگ در بوته، تعداد برگ بالای بلال، عملکرد علوفه، درصد کل ماده خشک و درصد ماده

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

| عمق خاک (سانتی‌متر) | بافت خاک | پ‌هاش | مواد خنثی شونده | مواد آلی | نیترژن کل | فسفر | پتاسیم | شوری |
|------------------------|----------|-------|-----------------|----------|-----------|-----------------------|--------------------|------|
| (دسی‌زیمنس بر متر) | | | (درصد) | | | (میلی‌گرم بر کیلوگرم) | (دسی‌زیمنس بر متر) | |
| ۰-۳۰ | سیلنتی | ۷/۶ | ۳۶ | ۱/۰۷ | ۰/۱۱ | ۲۷/۵ | ۱۸۲ | ۰/۸ |

هم چنین نقش نیترژن در افزایش رشد رویشی، می‌تواند از دلایل افزایش تعداد برگ‌های بوته ذرت تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد سودوموناس باشد (۲۲). حمیدی و همکاران (۱۰) افزایش تعداد کل برگ‌های بوته به وسیله هر چهار باکتری را سطح یک درصد معنی‌دار دانستند.

عملکرد علوفه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، نشان داد که اثرات متقابل هیبرید و باکتری بر عملکرد علوفه معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد که عملکرد بیشتر علوفه مربوط به رقم جدید بولسون با میانگین ۵۵۲۰۹۰۰ کیلوگرم در هکتار و عملکرد کمتر مربوط به هیبرید ۷۰۴ با میانگین ۵۳۴۶۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. باکتری فلورسنت ۱۶۹ با دارا بودن عملکرد علوفه ۵۴۷۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و تیمار شاهد با داشتن عملکرد علوفه ۵۲۸۰۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد علوفه را داشتند (جدول ۳). مقایسه اثرات متقابل نشان داد که هیبرید بولسون تلقیح شده با باکتری پوتیدا ۱۵۹ دارای بیشترین عملکرد علوفه (۵۶۰۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و هیبرید ۷۰۴ بدون تلقیح با باکتری دارای کمترین عملکرد علوفه (۵۲۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۴). تلقیح بذره‌های ذرت با باکتری سودوموناس فلورسنت باعث افزایش عملکرد علوفه می‌گردد (۵ و ۱۱). افزایش عملکرد علوفه می‌تواند به دلایلی هم چون مکانیزم تولید هورمون‌های تحریک کننده رشد گیاه به ویژه انواع اکسین، سیتوکینین و جیبرلین (۱۰) و افزایش توانایی تثبیت نیترژن و انحلال فسفات و هم چنین تولید فیتوهورمون‌ها باشد (۸).

می‌شوند. محققان افزایش ارتفاع بوته توسط باکتری‌های محرک رشد را ناشی از جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها می‌دانند (۱۷ و ۱۸). احتمالاً مکانیسم‌های دیگری به غیر از تثبیت نیترژن از جمله تولید مواد تنظیم کننده رشد، مانند ایندول استیک اسید (IAA) از علل افزایش رشد گیاه می‌باشند. هیبرید بولسون به دلیل سازگاری بیشتر به شرایط محیطی منطقه و هم چنین خصوصیات ژنتیکی، ارتفاع بیشتری نسبت به هیبرید ۷۰۴ داشت که این موضوع در نهایت منجر به افزایش نهایی عملکرد علوفه گردید. باکتری‌ها نیز باعث افزایش رشد شده است که در بین آنها باکتری پوتیدا ۱۵۹ به همراه هیبرید بولسون بیشترین تأثیر را روی ارتفاع گیاه داشت.

تعداد برگ در بوته

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثرات متقابل هیبرید و باکتری بر تعداد برگ در بوته معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد که هیبرید بولسون از نظر تعداد برگ با میانگین ۱۴/۲ بر رقم ۷۰۴ با میانگین (۱۳/۳) برتری داشت. باکتری فلورسنت ۱۶۹ با داشتن ۱۴/۰۰۷ برگ و باکتری پوتیدا ۱۵۹ با داشتن ۱۳/۷ به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد برگ در گیاه را دارا بودند (جدول ۳). مقایسه اثرات متقابل نشان داد که بیشترین تعداد برگ در هیبرید بولسون تلقیح شده با باکتری فلورسنت ۷۹ با میانگین ۱۴/۶۵ برگ و کمترین تعداد برگ مربوط به هیبرید ۷۰۴ بدون عمل تلقیح با میانگین ۱۳/۱۶ برگ می‌باشد (جدول ۴). هیبرید بولسون با تعداد برگ بیشتر به دلیل تطبیق پذیری بیشتر با محیط در نهایت عملکرد و ماده خشک بیشتری تولید می‌کند. نقش اکسین‌ها در افزایش تقسیمات سلولی و

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مربوط به صفات مورد بررسی گیاه ذرت

| منابع تغییرات | درجه آزادی | ارتباط بونه | تعداد برگ‌های بونه | عملکرد علوفه | وزن خشک کل | درصد ماده خشک قابل هضم برگ | درصد ماده خشک قابل هضم ساقه | ماده خشک قابل هضم ساقه (درصد) | ماده خشک قابل هضم برگ (درصد) | ماده خشک کل | ماده خشک قابل هضم (درصد) | عملکرد علوفه (کیلوگرم در هکتار) | تعداد برگ‌های بونه | ارتباط بونه (سانتی متر) | درجه آزادی | منابع تغییرات |
|-----------------|------------|-------------|--------------------|--------------|------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------------|-----------------|---------------|
| تکرار | ۲ | ۷/۰۰ | ۱/۰۰ | ۰/۰۰ | ۱۵۶/۱۰ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۴ | ۴۴/۹ب | ۳۷/۰ا | ۱۳۱۱/۰ب | ۵۳۴/۰ب | ۱۳/۳ب | ۱۹۵ب | ۲ | تکرار | |
| هیبرید | ۱ | ۴۵۷۸** | ۵/۴۵** | ۲۲/۸۵** | ۷۶۳۵۶/۰۳* | ۱۸۶/۶** | ۲۳۱** | ۵۰/۲۴ا | ۳۰/۵ب | ۱۴۱۱۹ا | ۵۵۲/۰۰ا | ۱۴/۱ا | ۱۹۷ا | ۱ | هیبرید | |
| باکتری | ۴ | ۵۸۱۴** | ۰/۵۴** | ۱۷/۸۷** | ۷۰۲۰۲۷۶** | ۱۷/۵۱۹** | ۳۲۵** | ۵۳/۱ا | ۳۰/۸د | ۱۴۰۵۹ا | ۵۴۸/۰۰ا | ۱۴/۰ا | ۱۹۸ا | ۴ | باکتری | |
| باکتری × هیبرید | ۴ | ۸۲۴** | ۰/۳۸** | ۲/۴۸** | ۱۱۲۹۸۸۰** | ۹/۰** | ۶۰/۹** | ۴۹/۱د | ۳۳/۴ب | ۱۳۹۲۲ب | ۵۴۶/۰۰ | ۱۳/۹ب | ۱۹۷ب | ۴ | باکتری × هیبرید | |
| خطا | ۱۸ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۶۷/۲ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰ | ۵۰/۴ | ۳۲/۸ | ۱۲۶۶۹د | ۵۴۶/۰د | ۱۳/۶د | ۱۹۷د | ۱۸ | خطا | |
| (%) CV | - | ۰/۰۲ | ۰/۱۰ | ۰/۱۶ | ۰/۱۶ | ۰/۰۳ | ۰/۰۲ | ۳۴/۸ا | ۳۹/۰ا | ۱۲۶۸۷ا | ۵۲۸/۰۰ا | ۱۳/۸ | ۱۹۰ا | - | (%) CV | |

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

جدول ۳. اثر هیبرید و باکتری‌های محرک رشد بر صفات مورد بررسی ذرت

| تیمار | ارتفاع بونه (سانتی متر) | تعداد برگ‌های بونه | عملکرد علوفه (کیلوگرم در هکتار) | ماده خشک کل (کیلوگرم در هکتار) | ماده خشک قابل هضم برگ (درصد) | ماده خشک قابل هضم ساقه (درصد) | ماده خشک کل قابل هضم (درصد) | عملکرد علوفه (کیلوگرم در هکتار) | ارتفاع بونه (سانتی متر) | تیمار |
|-------|-------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------|-------|
| A1 | ۱۹۵ب | ۱۳/۳ب | ۵۳۴/۰ب | ۱۳۱۱/۰ب | ۳۷/۰ا | ۴۴/۹ب | ۳۷/۰ا | ۱۳/۳ب | ۱۹۵ب | A1 |
| A2 | ۱۹۷ا | ۱۴/۱ا | ۵۵۲/۰۰ا | ۱۴۱۱۹ا | ۳۰/۵ب | ۵۰/۲۴ا | ۳۰/۵ب | ۱۴/۱ا | ۱۹۷ا | A2 |
| B1 | ۱۹۸ا | ۱۴/۰ا | ۵۴۸/۰۰ا | ۱۴۰۵۹ا | ۳۰/۸د | ۵۳/۱ا | ۳۰/۸د | ۱۴/۰ا | ۱۹۸ا | B1 |
| B2 | ۱۹۷ب | ۱۳/۹ب | ۵۴۶/۰۰ | ۱۳۹۲۲ب | ۳۳/۴ب | ۴۹/۱د | ۳۳/۴ب | ۱۳/۹ب | ۱۹۷ب | B2 |
| B3 | ۱۹۷د | ۱۳/۶د | ۵۴۶/۰د | ۱۲۶۶۹د | ۳۲/۸ | ۵۰/۴ | ۳۲/۸ | ۱۳/۶د | ۱۹۷د | B3 |
| B4 | ۱۹۷ | ۱۳/۲ا | ۵۴۷/۰ب | ۱۳۳۳۴ | ۳۲/۸ | ۵۱/۱ب | ۳۲/۸ | ۱۳/۲ا | ۱۹۷ | B4 |
| B5 | ۱۹۰ا | ۱۳/۸ | ۵۲۸/۰۰ا | ۱۲۶۸۷ا | ۳۹/۰ا | ۳۴/۸ا | ۳۹/۰ا | ۱۳/۸ | ۱۹۰ا | B5 |

(B1): سوریه سودوموناس فلورسنت ۱۶۹، (B2): سوریه سودوموناس فلورسنت ۱۶۹، (B3): سوریه سودوموناس پوتیدا ۱۰۸، (B4): سوریه سودوموناس پوتیدا ۱۵۹، (B5): سوریه بدون باکتری (شاهد). (A1): رقم سینگل گراس ۷۰۴، (A2): رقم بولسون، در هر ردیف اعداد دارای حروف غیر مشابه از نظر آماری اختلاف معنی داری دارند (P < ۰/۰۱).

جدول ۴. مقایسه میانگین مربوط به صفات مورد بررسی ذرت تحت تأثیر تیمارهای به کار برده شده

| ماده خشک قابل هضم بالاب (درصد) | ماده خشک قابل هضم ساقه (درصد) | ماده خشک قابل هضم برگ (درصد) | ماده خشک کل (کیلوگرم در هکتار) | عملکرد علوفه (کیلوگرم در هکتار) | تعداد برگ‌های بوته | ارتفاع بوته (سانتی‌متر) | اثر متقابل |
|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|----------------------------|------------|
| ۸۳/۶a | ۵۳/۸c | ۵۰/۴e | ۱۳۷۹۵e | ۵۴۲۰۰e | ۱۳/۶d | ۱۹۸c | A1B1 |
| ۷۶/۳e | ۴۹/۴e | ۴۹/۹f | ۱۳۶۵۵f | ۵۴۰۰۰f | ۱۳/۳e | ۱۹۷f | A1B2 |
| ۸۲/۷b | ۴۵/۵g | ۴۸/۴b | ۱۲۸۱۹i | ۵۳۴۰۰b | ۱۳/۳f | ۱۹۵g | A1B3 |
| ۷۵/۷g | ۴۴/۵b | ۴۸/۴b | ۱۲۹۱۸b | ۵۳۴۰۰g | ۱۳/۳f | ۱۹۴b | A1B4 |
| ۶۴/۰f | ۳۱/۴j | ۴۸/۰i | ۱۲۳۶۱j | ۵۲۱۰۰i | ۱۳/۱g | ۱۸۹j | A1B5 |
| ۷۸/۰d | ۵۲/۳d | ۵۵/۱b | ۱۴۳۳۳c | ۵۵۴۰۰c | ۱۴/۱c | ۱۹۸d | A2B1 |
| ۸۲/۳c | ۴۸/۲f | ۵۵/۰d | ۱۴۱۸۸d | ۵۵۳۰۰d | ۱۴/۶a | ۱۹۷e | A2B2 |
| ۷۰/۹h | ۵۵/۲b | ۵۵/۱c | ۱۴۵۱۹b | ۵۵۷۰۰b | ۱۴/۶b | ۱۹۹b | A2B3 |
| ۸۳/۵a | ۵۷/۷a | ۵۵/۸a | ۱۴۵۵۱a | ۵۶۰۰۰a | ۱۴/۱c | ۱۹۹a | A2B4 |
| ۶۳/۹i | ۳۸/۲i | ۴۹/۱g | ۱۳۰۱۳g | ۵۳۴۰۰g | ۱۳/۳e | ۱۹۲i | A2B5 |

(B1): سویه سودوموناس فلورسنت ۱۶۹، (B2): سویه سودوموناس فلورسنت ۱۶۹، (B3): سویه سودوموناس پرتیدا ۱۰۸، (B4): سویه سودوموناس پرتیدا ۱۵۹، (B5): سویه بدون باکتری (شاهد)،
(A1) رقم سینگل گراس ۷۰۴، (A2): رقم بولسون، در هر ردیف اعداد دارای حروف مشابه از نظر آماری اختلاف معنی داری دارند ($P < 0/01$).

ماده خشک کل

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثرات متقابل هیبرید و باکتری بر ماده خشک کل در بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد که هیبرید بولسون از نظر ماده خشک کل با میانگین ۱۴۱۱۹/۰۰ کیلوگرم در هکتار بر هیبرید ۷۰۴ با میانگین ۱۳۱۱۰/۰۰ کیلوگرم در هکتار برتری داشت و باکتری فلورسنت ۱۶۹ با داشتن ۱۴۰۵۹/۱۷ کیلوگرم در هکتار و شاهد با داشتن ۱۲۶۸۷/۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین میزان ماده خشک را دارا بودند (جدول ۳). مقایسه اثرات متقابل نشان داد که بیشترین ماده خشک کل در هیبرید بولسون تلقیح شده با باکتری پوتیدا ۱۵۹ با میانگین ۱۴۵۵۱/۰۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین ماده خشک کل مربوط به هیبرید ۷۰۴ بدون عمل تلقیح با میانگین ۱۲۳۶۱/۰۰ کیلوگرم بود (جدول ۴). می‌توان اظهار داشت که باکتری‌های به‌کار برده شده در این پژوهش از طریق سازوکارهای تولید مواد تنظیم‌کننده رشد، مهار عوامل بیماری‌زا و بهبود تغذیه گیاه در افزایش وزن خشک بوته مؤثر بوده‌اند (۱۰، ۲۶ و ۲۷).

درصد ماده خشک قابل هضم برگ

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثرات متقابل هیبرید و باکتری تأثیر معنی‌داری بر درصد ماده خشک قابل هضم برگ داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد که درصد ماده خشک قابل هضم برگ بیشتر مربوط به هیبرید ۷۰۴ با میانگین ۳۷/۰۷۳ درصد و درصد ماده خشک قابل هضم برگ کمتر مربوط به بولسون با میانگین ۳۰/۵۲۰ درصد بود. تیمار شاهد با دارا بودن ۳۹/۰۱۵ درصد ماده خشک قابل هضم و باکتری فلورسنت ۱۶۹ با داشتن ۳۰/۸۱ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را داشتند (جدول ۳). مقایسه اثرات متقابل نشان داد که هیبرید بولسون تلقیح شده با باکتری پوتیدا ۱۵۹ دارای بیشترین مقدار (۵۵/۸۵ درصد) و هیبرید ۷۰۴ بدون تلقیح دارای کمترین مقدار (۴۸/۰۹ درصد) بودند (جدول ۴).

افزایش سن گیاه (به دلیل افزایش لیگنینی شدن)، تعداد برگ کمتر، کاهش پروتئین خام و افزایش دیواره سلولی منهای همی سلولز باعث کاهش درصد ماده خشک قابل هضم و در پی آن کاهش کیفیت علوفه می‌شود (۱۹). برگ‌های گیاه در مقایسه با ساقه‌ها از درصد پروتئین بیشتر و درصد الیاف کمتر و قابلیت هضم بیشتری برخوردارند که این موضوع از نظر کیفیت محصول مهم می‌باشد (۱۵ و ۲۲ درصد). هیبرید بولسون به دلیل داشتن تعداد برگ بوته بیشتر، درصد ماده خشک قابل هضم بیشتری نیز دارد. باکتری‌ها نیز به دلیل داشتن تأثیر مثبت در افزایش رشد و در پی آن افزایش تعداد برگ در بوته و هم‌چنین بالا بردن درصد پروتئین، درصد ماده خشک قابل هضم را افزایش می‌دهند زیرا تعداد برگ و درصد پروتئین با قابلیت هضم همبستگی مثبت دارد (۳).

درصد ماده خشک قابل هضم ساقه

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثرات متقابل هیبرید و باکتری بر درصد ماده خشک قابل هضم ساقه معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد که هیبرید بولسون از نظر درصد ماده خشک قابل هضم با میانگین ۵۰/۵۲۴ بر هیبرید ۷۰۴ با میانگین ۴۴/۹۷ برتری داشت و باکتری فلورسنت ۱۶۹ با داشتن ۵۳/۱۲ درصد ماده خشک قابل هضم ساقه در گیاه و تیمار شاهد با داشتن ۳۴/۸۳ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را داشتند (جدول ۳). مقایسه اثرات متقابل نشان داد که هیبرید بولسون تلقیح شده با باکتری پوتیدا ۱۵۹ با میانگین ۵۷/۷۵ درصد بیشترین مقدار و هیبرید ۷۰۴ بدون عمل تلقیح با میانگین ۳۱/۴۰۳ مقدار را دارا بودند (جدول ۴). درصد ساقه و برگ، تعداد پنجه و درصد دیواره سلولی بر میزان قابلیت هضم ماده خشک مؤثرند (۲۱). تفاوت زیادی بین محتوای ماده خشک قابل هضم ساقه و برگ وجود دارد، لذا نسبت برگ به ساقه به طور مستقیم در کیفیت علوفه مؤثر است. افزایش نسبت برگ به ساقه موجب افزایش درصد قابلیت هضم علوفه می‌شود (۳). هیبرید بولسون با وجود داشتن

رشد و ارتفاع بیشتر، درصد ماده خشک قابل هضم بالاتری نیز دارد که این امر می‌تواند به دلیل خصوصیات ژنتیکی هیبرید بولسون باشد. باکتری‌ها به دلیل بالا بردن میزان پروتئین گیاه باعث افزایش قابلیت هضم ماده خشک می‌شوند (۸). بدین ترتیب هیبرید بولسون به همراه باکتری به‌ویژه باکتری پوتیدا ۱۵۹ بیشترین درصد ماده خشک قابل هضم را دارد.

درصد ماده خشک قابل هضم بلال

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل هیبرید و باکتری اثر معنی‌داری بر درصد ماده خشک قابل هضم بلال داشتند (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد که درصد ماده خشک قابل هضم بلال بیشتر مربوط به هیبرید ۷۰۴ (۷۶/۴۷ درصد) بود. باکتری فلورسنت ۱۶۹ با دارا بودن ۸۰/۸۱ درصد و تیمار شاهد با داشتن ۶۳/۹۹ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین درصد ماده خشک قابل هضم بلال را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). مقایسه اثرات متقابل نشان داد که هم‌چنین رقم ۷۰۴ تلقیح شده با باکتری فلورسنت ۱۶۹ با ۸۳/۶۰ درصد بیشترین مقدار و رقم بولسون بدون باکتری با ۶۳/۹۷ درصد کمترین مقدار را نشان دادند (جدول ۴).

درصد پروتئین خام برگ

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثرات متقابل هیبرید و باکتری بر درصد پروتئین خام برگ معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد که درصد پروتئین بیشتر مربوط به هیبرید ۷۰۴ با میانگین ۱۳/۸۲ درصد و پروتئین کمتر مربوط به هیبرید بولسون با میانگین ۱۲/۹۶ درصد بود. هم‌چنین باکتری فلورسنت ۷۹ با دارا بودن درصد پروتئین ۱۴/۴۲ و تیمار شاهد با داشتن درصد پروتئین ۱۲/۶۳ به ترتیب بیشترین و کمترین درصد پروتئین را به خود اختصاص دادند (جدول ۶). مقایسه اثرات متقابل نشان داد که هیبرید بولسون تلقیح شده با باکتری پوتیدا ۱۰۸ دارای بیشترین درصد پروتئین (۱۸/۵ درصد) و هیبرید ۷۰۴ تلقیح شده با باکتری فلورسنت ۷۹ دارای

کمترین درصد پروتئین (۱۰/۴۵ درصد) بودند (جدول ۷). هیبرید بولسون با داشتن تعداد برگ بیشتر، درصد پروتئین بیشتری نیز داشته است. باکتری‌ها لیل تثبیت زیستی نیتروژن باعث افزایش پروتئین گیاه می‌شوند (۱۴). افزایش میزان محصول از طریق کاهش نسبت برگ به ساقه و افزایش هیدرات‌های کربن دانه می‌تواند علت کاهش درصد پروتئین خام در علوفه تازه باشد. هرچقدر نسبت برگ به ساقه گیاه بیشتر باشد میزان پروتئین خام نیز بالاتر خواهد بود (۲۴). حضور باکتری‌ها در کنار هیبرید بولسون باعث افزایش بیشتر درصد پروتئین گیاه نسبت به عدم تلقیح باکتری می‌شود. در میان باکتری‌ها، باکتری‌های پوتیدا به‌ویژه پوتیدا ۱۰۸ توانسته خود را بیشتر با هیبرید بولسون و شرایط محیطی در ارتباط با افزایش درصد پروتئین گیاه تطبیق دهد.

درصد پروتئین خام ساقه

نتایج تجزیه واریانس به‌دست آمده نشان داد، اثرات متقابل هیبرید و باکتری اثر معنی‌داری بر درصد پروتئین خام ساقه داشتند (جدول ۵). مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد که هیبرید ۷۰۴ از نظر درصد پروتئین با میانگین ۶/۰۴ بر هیبرید بولسون با میانگین ۵/۷۴ برتری داشت و باکتری فلورسنت ۱۶۹ با داشتن ۷/۶۸ درصد پروتئین در ساقه و تیمار شاهد با داشتن ۵/۲۳ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را داشتند (جدول ۶). مقایسه اثرات متقابل نشان داد که بیشترین درصد پروتئین در هیبرید ۷۰۴ تلقیح شده با باکتری فلورسنت ۱۶۹ با میانگین ۸/۱۶ درصد و کمترین درصد پروتئین مربوط به هیبرید بولسون بدون عمل تلقیح با میانگین ۵/۲ درصد بود (جدول ۷). هرچه نسبت برگ به ساقه کمتر باشد درصد پروتئین کمتر است و هم‌چنین رشد بیشتر ساقه و نزدیک شدن به مرحله رسیدگی، باعث کاهش درصد پروتئین ساقه می‌شود (۱۳). باکتری‌های محرک رشد با تثبیت زیستی نیتروژن باعث افزایش درصد پروتئین گیاه می‌گردد (۱۴)، که این امر باعث افزایش میزان درصد پروتئین در حضور باکتری‌ها می‌گردد. در نهایت

جدول ۵. نتایج آنالیز واریانس (میانگین مربعات) مربوط به صفات مورد بررسی

| منابع تغییرات | درجه آزادی | درصد پروتئین برگ | درصد پروتئین ساقه | درصد پروتئین بلال | درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز برگ | درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز ساقه | درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز بلال |
|-----------------|------------|------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------------|--|--|
| تکرار | ۲ | ۰/۰۰ | ۷/۰۰ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۵ | ۰/۰۱ | ۰/۰۰ |
| هیبرید | ۱ | ۵/۶۱** | ۰/۶۶** | ۰/۳۹** | ۲۱۷/۷۳** | ۳۲۲/۱** | ۲/۸۶** |
| باکتری | ۴ | ۳/۱۸** | ۶/۱۴** | ۱/۳۰** | ۶/۶۶** | ۵۷/۱۱** | ۰/۳۳** |
| باکتری × هیبرید | ۴ | ۱/۶۳** | ۰/۲۴** | ۳/۹۵** | ۴/۶۸** | ۵۲/۹۶** | ۰/۱۸** |
| خطا | ۱۸ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۱ | ۰/۰۰ |
| CV (%) | | ۰/۱۴ | ۰/۲۴ | ۰/۲۰ | ۲/۵۵ | ۲/۹۰ | ۱/۱۰ |

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

هیبرید ۷۰۴ به همراه باکتری فلورسنت ۱۶۹ بیشترین درصد پروتئین گیاه را دارا می‌باشد و هیبرید بولسون به دلیل رشد بیشتر و عدم حضور باکتری‌ها کمترین درصد پروتئین گیاه را دارد.

درصد پروتئین خام بلال

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثرات متقابل هیبرید و باکتری بر درصد پروتئین خام بلال معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد که درصد پروتئین بلال مربوط به هیبرید بولسون (۸/۰۲ درصد) نسبت به هیبرید ۷۰۴ بود (۷/۷۹ درصد) برتری داشت. هم‌چنین باکتری پوتیدا ۱۵۹ با دارا بودن ۸/۳۰ درصد و تیمار شاهد با داشتن ۷/۱ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را داشتند (جدول ۶). مقایسه اثرات متقابل نشان داد که هیبرید بولسون تلقیح شده با باکتری پوتیدا ۱۵۹ با مقدار ۹/۴ بیشترین درصد پروتئین و هیبرید ۷۰۴ بدون باکتری با مقدار ۷/۰۱۳ کمترین درصد پروتئین بلال را دارد (جدول ۷).

درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز برگ

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثرات متقابل هیبرید و باکتری بر درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز برگ معنی‌دار شد (جدول ۵). مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد که درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز بیشتر مربوط به

هیبرید ۷۰۴ با میانگین ۳۷/۶۳ درصد نسبت به هیبرید بولسون با میانگین ۳۲/۲۴ درصد بود. تیمار شاهد با داشتن ۳۶/۲۷ درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز و باکتری پوتیدا ۱۵۹ با داشتن ۳۳/۴۲ درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز به ترتیب بیشترین و کمترین درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز را به خود اختصاص دادند (جدول ۶). مقایسه اثرات متقابل نشان داد که هیبرید ۷۰۴ بدون تلقیح با باکتری دارای بیشترین درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز (۳۹/۱۳ درصد) و هیبرید بولسون تلقیح شده با باکتری فلورسنت ۷۹ دارای کمترین درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز (۳۱/۸۰ درصد) بود (جدول ۷).

در بررسی ۹ گونه گیاهی گزارش شده است که دیواره سلولی گیاهان مهم ترین عامل تأثیرگذار در قابلیت هضم ماده خشک می‌باشد. بالا بودن درصد گل‌آذین و درصد برگ از کل علوفه تولیدی، باعث کاهش درصد دیواره سلولی می‌گردد (۱۹). قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی و ارزش هضمی همبستگی بسیار معنی‌داری را با درصد دیواره سلولی دارا بودند. هیبرید ۷۰۴ به دلیل داشتن تعداد برگ بونه کمتر، درصد دیواره سلولی بیشتری دارد، زیرا تعداد برگ با درصد دیواره سلولی همبستگی منفی دارد بنابراین هیبرید جدید بولسون به دلیل داشتن تعداد برگ بیشتر، درصد دیواره سلولی کمتری دارد و در پی آن قابلیت هضم ماده خشک بیشتری دارد که این موضوع در رابطه با ذرت سیلویی به‌خاطر بالا رفتن سطح

جدول ۶. اثر هیبرید و باکتری‌های محرک رشد بر صفات مورد بررسی گیاه ذرت

| تیما | پروتئین برگ (درصد) | پروتئین ساقه (درصد) | پروتئین بلال (درصد) | دیواره سلولی منهای همی سلولز برگ (درصد) | دیواره سلولی منهای همی سلولز ساقه (درصد) | دیواره سلولی منهای همی سلولز بلال (درصد) |
|------|---------------------|---------------------|---------------------|---|--|--|
| A1 | ۱۳/۸۲ ^a | ۶/۰۴ ^a | ۷/۷۹ ^b | ۳۷/۶۲۹ ^a | ۳۷/۰۷۳ ^a | ۳۷/۶۲۹ ^a |
| A2 | ۱۲/۹۵۹ ^b | ۵/۷۴ ^b | ۸/۰۲ ^a | ۳۲/۲۴۱ ^b | ۳۰/۵۲ ^b | ۳۲/۲۴۱ ^b |
| B1 | ۱۳/۶۵ ^b | ۷/۶۸ ^a | ۸/۱۲ ^b | ۳۵/۴۳ ^b | ۳۰/۸۱ ^d | ۳۵/۴۳ ^b |
| B2 | ۱۴/۴۲ ^a | ۵/۶۰ ^b | ۸/۰۵ ^c | ۳۴/۹۵۲ ^c | ۳۳/۴۷ ^b | ۳۴/۹۵۲ ^c |
| B3 | ۱۳/۵۰ ^c | ۵/۵۶ ^c | ۷/۹۵ ^d | ۳۴/۵۹۷ ^d | ۳۲/۸۱ ^c | ۳۴/۵۹۷ ^d |
| B4 | ۱۲/۷۵ ^d | ۵/۳۹ ^d | ۸/۳۰ ^a | ۳۳/۴۲۲ ^e | ۳۲/۸۷ ^c | ۳۳/۴۲۲ ^e |
| B5 | ۱۲/۶۳ ^e | ۵/۲۳ ^e | ۷/۱۰ ^e | ۳۶/۲۷۳ ^a | ۳۹/۰۱۵ ^a | ۳۶/۲۷۳ ^a |

(B1): سویه سودوموناس فلورسنت ۱۶۹، (B2): سویه سودوموناس فلورسنت ۷۹، (B3): سویه سودوموناس پوتیدا ۱۰۸، (B4): سویه سودوموناس پوتیدا ۱۵۹، (B5): سویه بدون باکتری (شاهد)، (A1) رقم سینگل گراس ۷۰۴، (A2): رقم بولسون، در هر ردیف اعداد دارای حروف غیر مشابه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0/01$).

جدول ۷. مقایسه میانگین مربوط صفات مورد بررسی گیاه ذرت تحت تأثیر تیمارهای به کار برده شده

| اثرات متقابل | پروتئین برگ (درصد) | پروتئین ساقه (درصد) | پروتئین بلال (درصد) | دیواره سلولی منهای همی سلولز برگ (درصد) | دیواره سلولی منهای همی سلولز ساقه (درصد) | دیواره سلولی منهای همی سلولز بلال (درصد) |
|--------------|--------------------|---------------------|---------------------|---|--|--|
| A1B1 | ۱۴/۷۱ ^a | ۸/۱۶ ^a | ۸/۷۳ ^b | ۳۹/۰۲ ^a | ۳۷/۳۶ ^c | ۷/۳۲۷ ⁱ |
| A1B2 | ۱۴/۵۴ ^b | ۵/۸۰ ^c | ۷/۳۰ ^{cd} | ۳۸/۱۰ ^b | ۳۷/۳۴ ^d | ۸/۶۰۳ ^f |
| A1B3 | ۱۳/۹۸ ^d | ۵/۵۳ ^c | ۸/۷۱ ^b | ۳۷/۲۱ ^c | ۳۲/۴۸ ^f | ۱۰/۱۱۳ ^d |
| A1B4 | ۱۳/۵۱ ^e | ۵/۴۶ ^f | ۷/۲۰ ^{de} | ۳۴/۶۸ ^d | ۳۸/۳۹ ^b | ۹/۹۷۳ ^e |
| A1B5 | ۱۲/۳۶ ⁱ | ۵/۲۷ ⁱ | ۷/۰۱ ^e | ۳۹/۱۳ ^a | ۳۹/۸۰ ^a | ۱۱/۲۳۳ ^a |
| A2B1 | ۱۲/۵۹ ^h | ۷/۲۱ ^b | ۷/۵۲ ^c | ۳۱/۸۴ ^g | ۲۴/۲۶ ⁱ | ۸/۵۹۷ ^f |
| A2B2 | ۱۴/۳۰ ^c | ۵/۴۰ ^g | ۸/۷۰ ^b | ۳۱/۸۰ ^g | ۲۹/۶۰ ^g | ۸/۴۹۷ ^g |
| A2B3 | ۱۳/۰۰ ^f | ۵/۶۰ ^d | ۷/۲۰ ^{de} | ۳۱/۹۸ ^g | ۳۳/۱۴ ^e | ۸/۱۲۰ ^h |
| A2B4 | ۱۲/۰۰ ^h | ۵/۳۳ ^h | ۹/۴۰ ^a | ۳۲/۱۶ ^f | ۲۷/۳۷ ^h | ۱۰/۱۴۰ ^c |
| A2B5 | ۱۲/۹۰ ^g | ۵/۱۹ ^j | ۷/۱۹ ^{de} | ۳۳/۴۲ ^e | ۳۸/۲۳ ^b | ۱۰/۴۳۳ ^b |

(B1): سویه سودوموناس فلورسنت ۱۶۹، (B2): سویه سودوموناس فلورسنت ۷۹، (B3): سویه سودوموناس پوتیدا ۱۰۸، (B4): سویه سودوموناس پوتیدا ۱۵۹، (B5): سویه بدون باکتری (شاهد)، (A1) رقم سینگل گراس ۷۰۴، (A2): رقم بولسون، در هر ردیف اعداد دارای حروف غیر مشابه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری دارند ($P < 0/01$).

۲۴/۲۶ درصد می‌باشد (جدول ۷). عدم حضور باکتری‌ها باعث بالا رفتن درصد دیواره سلولی می‌شوند.

درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز بلال

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثرات متقابل هیبرید و باکتری تأثیر معنی‌داری بر درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز بلال داشتند (جدول ۵). مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد که درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز بلال، هیبرید ۷۰۴ (۳۷/۶۳ درصد) نسبت به هیبرید بولسون برتری داشت. تیمار شاهد با دارا بودن ۳۶/۲۷ درصد و باکتری پوتیدا ۱۵۹ با داشتن ۳۳/۴۲ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز بلال را به خود اختصاص دادند (جدول ۶). نتایج مقایسه اثرات متقابل نشان داد که هیبرید ۷۰۴ بدون تلقیح با باکتری ۳۹/۱۳ بیشترین درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز و هیبرید بولسون تلقیح شده با باکتری فلورسنت ۷۹ با میانگین ۳۱/۸۰ کمترین درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز بلال را دارا بودند (جدول ۷).

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، کاربرد سوبه‌های مناسب و مؤثر باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌تواند در افزایش تولید و کیفیت علوفه سیلویی هیبریدهای ذرت مورد بررسی تحت شرایط اجرای این آزمایش بسیار مؤثر باشد.

کیفیت مهم می‌باشد. باکتری‌ها نیز به دلیل افزایش رشد و تعداد برگ باعث کاهش درصد دیواره سلولی می‌گردند. بدین ترتیب عدم مصرف باکتری و رقم ۷۰۴ به دلیل داشتن تعداد برگ کمتر درصد دیواره سلولی بیشتری دارند. هیبرید بولسون بدون تلقیح با باکتری به دلیل نبود حضور باکتری برای بالا بردن تعداد برگ‌های بوته نیز درصد دیواره سلولی بالایی دارد.

درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز ساقه

نتایج به دست آمده نشان داد که اثرات متقابل هیبرید و باکتری تأثیر معنی‌داری بر درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز ساقه داشت (جدول ۵). مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد که هیبرید ۷۰۴ از نظر درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز با میانگین ۳۷/۰۷ درصد بر هیبرید بولسون با میانگین ۳۰/۵۲۰ درصد برتری داشت. تیمار شاهد با داشتن ۳۹/۰۱۵ درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز در ساقه و باکتری فلورسنت ۱۶۹ با داشتن ۳۰/۸۱۰ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز را دارا بودند (جدول ۶). نتایج مقایسه اثرات متقابل نشان داد که بیشترین درصد دیواره سلولی در هیبرید ۷۰۴ بدون تلقیح با میانگین ۳۹/۸۰ درصد و کمترین درصد دیواره سلولی منهای همی سلولز مربوط به هیبرید بولسون تلقیح شده با باکتری فلورسنت ۱۶۹ با میانگین

منابع مورد استفاده

- Allen, M. F., W. Q. Swenson, J. I. Uerejeta, L. M. Egerton-Warburton and K. K. Treasurer. 2003. Ecology of mycorrhiza: a conceptual framework for complex interactions among plants and fungi. *Annual Review of Psychology* 41: 271- 303.
- Annichiarico, P. 1995. Analysis of genotype environment interaction for maize hybrids. *Journal of Genetics and Breeding* 56: 3-8.
- Antoun, H. and J. klopper. 2001. Plant Growth Promotion Rhizobacteria. Academic Press, USA.
- Asghar, H. N., Z. A. Zaeir and M. Arched. 2004. Screening rhino bacteria for improving the growth, yield and oil content of canola (*Brassica napus*). *Iran Agricultural Research* 55: 187- 194. (In Farsi).
- Chabot, R., H. Antoun and M. P. Cescas. 1993. Stimulation of the growth of maize and lettuce by inorganic phosphorus solubilizing micro-organisms. *Microbiology* 39: 941-947.
- Coleman, S. E. and J. E. Moore. 2003. Feed quality and animal performance. *Field Crops Research* 84: 17- 29.
- Foruzesh, P., M. Valizadeh, R. Choogan and D. Hasan panah. 1998. Correlation between functionality and yield components in maize hybrids fantastic and very early analysis of causality. MSc. Thesis, Islamic Azad University, Ardebil. (In Farsi).
- Gholami, A. 2000. Effect of Maycorrhizal fungi on the growth and yield of maize in the region shahrood. MSc.

- Thesis, Tarbiat Modarres University, Tehran. (In Farsi)
9. Glick, B. R., L. Chagging, S. Ghosh and E. Du. Mbroff. 1997. Early development of canola seed lines in the presence of the plant growth promoting rhizobacterium *pseudomonas putida* GR12-2. *Soil Biology and Biochemistry* 24(8): 1233-1239.
 10. Hamidi, A., A. Ghalavand, M. Dehghanshoar, M. J. Malakooti, A. Asgharzadeh and R. Chokan. 2006. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield of forage maize. *Pajouhesh and Sazandegi* 70(1):16-22. (In Farsi).
 11. Hernandez, A. N., A. Hernandez and M. Heydrich. 1995. Selection of rhizobacter for use in miازه cultivation. *Cultivos Topicales* 6: 5-8.
 12. Jafari, A., V. Connolly, A. Frolich and E. K. Walsh. 2003. A note on estimation of uality in perennial ryegrass by near infrared spectroscopy. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 42:293-299.
 13. Kephart, K. D., D. R. Buxton and R. R. Hill. 1989. Morphology of alfalfa divergently selected for herbage lignin concentration. *Crop Science* 29: 293-296.
 14. Khavazi, K., H. Asadi Rahmani, M. J. Malakuti. 2005. Necessary for Industrial Production of Biological Fertilizers. Sana, Tehran. (In Farsi).
 15. Leoni, L., C. Ambrosia, A. Petrucca and P. Visca. 2002. Transcriptional regulation of pseudo actin synthesis in the plant growth promoting *pseudomonas* B10. *FEMS Microbiology Letters* 208: 219- 225.
 16. Ma, B. L., K. D. Subedi, D. W. Stewart and L. M. Dwyer. 2006. Dry matter accumulation and silage moisture changes after silking in leafy and dualpurpose corn hybrids. *Agronomy Journal* 98:922-929.
 17. Malakooti, M. J., M. Homaii. 2004. Fertility Arid Areas (Problems and Solutions). Second Edition. Tarbiat Modares University, Tehran. (In Farsi).
 18. Martinez – Toledo, M. V., T. de Ia Rubia, J. Moreno and J. Gonzalez- Lopez. 1988. Root exudates of zea mays and production of axons, gibberellins and cy tokenism by *Azotobacte rchroococc um* . *Plant and Soil* 110: 149-152.
 19. Murphy, W. M., J. Wetch and R. Palmer. 1996. Digestibility of silage made fram corn intercropped white soybean. *Dairy Science* 67:1532-1534.
 20. Reid, R. L., Jung, G. A. and W. V. Thayne. 1988. Relationships between nutritive quality and fiber components of cool season forages: A retrospective study. *FEMS Microbiology Letters* 66: 1275-1291
 21. Rezvani moghadam, P. 1991. Effect of Nitrogen on the nutritive value, yield and growth characteristics of four cultivars of forage sorghum. MSc. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad. (In Farsi).
 22. Rohitashav-Singh Sood, B. K., V. K. Sharma and R. Singh. 1993. Response of forage maize (*Zea mays* L.) to azoth obacter inoculation and nitrogen. *Indian Journal of Agronomy* 38: 555- 558.
 23. Sangoi, L. 2000. Understanding plant density effects on maize growth and development and important issue maximize, Grain yield. *Ciencia Rural* 31: 159-168.
 24. Sheperd, A. C. and L. Kung. 1996. Effect of an anzyme additive on composition of corn silage ensiled at various stage of maturity. *Dairy Science* 79:1767-1773.
 25. Wilman, D. and P. Resaving Moghaddam. 1998. In vitro digestibility and neutral detergent fiber and lignin contents of plant parts of nine forage species. *The Journal of Agricultural Science* 131: 51 – 58.2.
 26. Zahir, A. Z., M. Arched and W. F. Franken berger. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. *Advances in Agronomy* 81: 97- 168.
 27. Zahir, A. Z., M. Arched and A. Khalid. 1998. Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. *Soil Science* 15: 7- 11.

Effect of Plant Growth-Promoting Bacteria on Quantitative and Qualitative Yield of Forage Maize

R. Abasi^{1*}, S. A. Siadat², A. Bakhshandeh² and S. Y. Mosavi³

(Received: May 18-2014; Accepted: June 24-2014)

Abstract

This research was conducted to investigate the effect of growth-promoting bacteria on yield and some traits of maize. This experiment was performed as a factorial randomized complete block design with three replications at research farm of Islamic Azad University, Izeh branch, Iran. The experimental factors included four strains of plant growth-promoting bacteria: *Pseudomonas fluorescent* 169 (B1), *Pseudomonas fluorescent* 79 (B2), *Pseudomonas putida* 108 (B3), *Pseudomonas putida* 159 (B4) and without bacteria (control, B5) and two corn varieties namely sc 704 (A1) and Bolson (A2). Before planting corn seeds were soaked with liquid inoculation. Plant height, number of leaves per plant and ear, forage yield, dry matter and dry matter digestibility of leaf, stem and ear, crude protein and cell wall without hemicellulose in the leaf, stem and ear were evaluated. Analysis of variances showed that the effects of varieties, bacteria and their interaction on all traits were significant. Plant height, number of leaves per plant and ear, forage yield, dry matter and stem dry matter digestibility were higher in Bolson. Moreover, dry matter digestibility of leaf and ear, crude protein and cell wall without hemicellulose in the leaf, stem and ear of sc 704 were greater, compared to hybrid Bolson. Plant height, number of leaves per plant and ear, forage yield, dry matter and dry matter digestibility of stem and ear were greater in at the presence of *fluorescent* strains than those of *putida* strains. The results revealed that bacterial inoculation enhances the grain yield, yield components and quality of forage maize. Bolson seemed potent to outperform sc 704, though this proposition needs further examination in future field trials.

Keywords: Maize, Growth-promoting bacteria, Dry matter digestibility, Yield

1, 2. Graduated MSc. Student and Professors, Department of Agronomy, College of Agriculture, Ramin Agriculture and Natural University, Ahvaz, Iran.

3. PhD in Agronomy, Jihad Agricultural Organization of Khuzestan, Ahvaz, Iran.

*. Corresponding Author, Email: Abasiroghayeh@yahoo.com