اثر برخی قارچ ریشه‌های آربوسکولار، باکتری محرک رشد و بیوچار بر برخی خصوصیات مورفولوژیک گیاه جو در مرحله زایشی

سید الیاس حسینی[۱]، مهدی زارعی[۲]، مژگان سپهری[۳] و صدیقه صفرزاده[۴]
به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
(hoseiny.elyas@yahoo.com)

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی تاثیر دو گونه قارچ ریشه، باکتری محرک رشد و بیوچار بر روی خصوصیات مورفولوژیک گیاه جو در مرحله زایشی آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در شرایط گلخانه‌ای با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای شامل: قارچ در سه سطح (شاهد، *Rhizophagus intraradices* و *Funeliformis mosseae*)، بیوچار در سه سطح (۰، ۲ و ۴ درصد) و باکتری در دو سطح (شاهد و باکتری *Micrococcus yunnanensis*) بودند. نتایج نشان داد باکتری باعث افزایش ارتفاع سنبله شد و برهمکنش باکتری با بیوچار ۲ درصد وزنی، موجب افزایش تعداد پنجه، تعداد سنبله و عملکرد بیولوژیک شد. قارچ *Rhizophagus intraradices* با و بدون باکتری باعث افزایش تعداد سنبله، ارتفاع سنبله و عملکرد بیولوژیک گیاه جو شد، قارچ *Funeliformis mosseae* تنها در حضور باکتری باعث افزایش تعداد سنبله گردید. بنابراین نتایج نشان می‌دهد کاربرد همزمان قارچ و باکتری موجب افزایش برخی خصوصیات مورفولوژیک گیاه جو در مرحله زایشی می‌شود.

کلمات کلیدی: بیوچار، باکتری، قارچ، مورفولوژیک زایشی، جو

مقدمه

جو به خانواده گندمیان (گرامینه) تعلق دارد و به‌طور غیرمستقیم نقش مهمی در زنجیره غذایی انسان بر عهده دارد (Malakooti, et al., 2005). در سال‌های اخیر از بیوچار (زغال زیستی) به عنوان اصلاح کننده خاک (منبع کربن آلی) و به نوعی روشی برای ترسیب کربن در خاک‌های کشاورزی استفاده شد است. بیوچار، زغال تهیه شده از زیست توده‌های گیاهی و ضایعات کشاورزی مانند کاه گندم، ذرت، سبوس برنج و تفاله نیشکر است که طی فرآیند ترموشیمیایی آتشکافت تولید می-شود، این فرآیند، سوختن کند و آرام مواد آلی در شرایط کمبود اکسیژن یا نبود آن است (Glaser. & Birk, 2012).

همزیستی گیاهان با قارچ میکوریز علاوه بر اثرات مثبت بر کمیت، دارای اثرات مثبت زیادی بر کیفیت می باشد. همزیستی با میکوریزا اثرات سوء ناشی از فقر عناصر غذایی و تنش‌های خشکی و شوری را کاهش (Sasanelli, et al., 2009) و رشد گیاه، جذب عناصر غذایی نظیر نیتروژن، فسفر و تحمل گیاه را افزایش می‌دهد (Franken, 2012). نتایج مطالعه‌ی نشان داد که همزیستی با میکوریز علاوه بر افزایش پارامترهای رشد، مراحل نمو گیاه را نیز تسریع بخشید (Rai, et al., 2001). قارچ ریشه آربوسکولار به دلیل افزایش سطح ریشه‌ها از طریق نفوذ ریسه قارچ در خاک و درنتیجه دسترسی گیاه به حجم بیشتری از خاک سبب جذب بیشتر آب و مواد غذایی شده است (Smith & Read, 2010). افزایش قابلیت استفاده فسفر برای گیاه توسط باکتری‌های محرک رشد گیاه احتمالاً مهمترین نقشی است که این باکتری‌ها را در افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی برای گیاهان میزبان و در نتیجه، افزایش رشد آنها را دارند (Richardson, 2001). سیدروفورهای میکروبی می‌توانند به‌طور مستقیم و از طریق افزایش قابلیت استفاده آهن در ریزوسفر سبب تحرک و افزایش رشد گیاه شوند (Kleopper *et al*., 1980). تولید و ترشح تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی به‌ویژه اکسین سبب افزایش طول سلول‌های گیاهی و تحرک تقسیم سلولی و تمایز در گیاه شده و درنتیجه رشد گیاه را افزایش می‌دهد (Cleland, 2010). از آنجایی که گیاه جو بعد از گندم و برنج سومین غلات بسیار مهم در دنیا محسوب می‌شود، درنتیجه توجه به تمام جنبه‌های مورفولوژیک آن حائز اهمیت است. بنابراین هدف از این پژوهش اثر قارچ ریشه‌ها، باکتری و بیوچار بر روی برخی خصوصیات مورفولوژیک گیاه جو در مرحله‌ی زایشی می‌باشد.

مواد روش‌ها

محل آزمایش در شرایط گلخانه‌ای بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها عبارتند از: قارچ در سطح (شاهد، (Ri) *Rhizophagus intraradices* و (Fm) *Funeliformis mosseae*)، بیوچار در سه سطح (۰، ۱ و ۲ درصد) و باکتری در دو سطح (بدون مایه زنی باکتری و با مایه زنی باکتری *Micrococcus yunnanensis*) تعیین شدند. به منظور اندازه‌گیری صفات موروفولوژیکی گیاه جو در مرحله زایشی، ابتدا ۴ کیلوگرم خاک به ازای هر گلدان تهیه کرده و بعد از انجام آزمون خاک عناصر مورد نیاز را به خاک اضافه کرده سپس به منظور تهیه بیوچار از تفاله باگاس (بقایای نیشکر) در ورقه‌های آلومنیومی بسته بندی و در دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴ ساعت در کوره‌الکتریکی قرار گذاشته و پس از تهیه‌ی بیوچار به منظور یکنواخت کردن اندازه ذرات بیوچار را از الک ۲ میلی متر عبور داده و به گلدان‌های که حاوی تیمار بیوچار هستند افزوده شد. تیمارهای که حاوی قارچ ریشه هستند به صورت تله گلدانی تهیه کرده و به مقدار ۵۰ گرم از قارچ *Ri* و *Fm* توزین کرده و درون گلدان‌های دارای تیمارهای قارچی اضافه و خوب مخلوط کرده و برای تیمارهای شاهد (بدون قارچ) به منظور یکنواخت بودن شرایط ۵۰ گرم ماسه شاهد مایه‌زنی نشده اضافه گردید. همچنین تیمارهای حاوی باکتری را پس از تهیه‌ی زاد مایه باکتری در شرایط آزمایشگاهی به مقدار ۲ میلی‌لیتر به ازای هر بذر جو (رقم گوهر جو) درون گلدان اضافه کرده و پس از ۷ ماه برخی خصوصیات مورفولوژیکی شامل: تعداد پنجه، تعداد سنبله، ارتفاع سنبله و عملکرد بیولوژیکی اندازه گیری شد. داده های حاصل با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

تعداد پنجه

تعداد پنجه در تیمار سطح ۱ درصد وزنی بیوچار و بدون مایه زنی باکتری (۹/۳۳) و همچنین سطح ۲ درصد وزنی بیوچار با باکتری به ترتیب سبب افزایش معنی‌دار ۲۵ و ۲۴ درصد نسبت به تیمار شاهد (۷/۴۲) گردید. بین اثر متقابل قارچ و باکتری، کمترین تعداد پنجه مربوط به تیمار شاهد(۷/۵۸) شد و بیشترین میزان تعداد پنجه گیاه جو مربوط به قارچ *Ri* در حضور و عدم حضور باکتری است که به ترتیب سبب افزایش ۱۸ و ۱۵ درصد نسبت به تیمار شاهد (۷/۵۸) شد ولی تفاوت معنی‌داری از نظر آماری نداشتند. کمترین تعداد پنجه مربوط به تیمار شاهد (۶/۲) است و بیشترین تعداد آن مربوط به تیمار مایه‌زنی شده با قارچ *Ri* در سطح ۲ درصد وزنی بیوچار و بدون مایه زنی باکتری (۱۰/۳) بدست آمد که ۶۶ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش معنادار داشت جدول (۱). در آزمایشی اثر بیوچار را بر رشد گندم در شرایط با و بدون تنش شوری بررسی و گزارش کردند بیوچار بر تعداد پنجه در هر دو شرایط با و بدون تنش اثر مثبت داشت (Akhtar, et al,. 2015).

جدول ۱- اثر بیوچار، باکتری و قارچ ریشه بر میانگین تعداد پنجه گیاه جو در مرحله زایشی

	بدون مایه زنی باکتری				مایه‌زی شده با باکتری			
بیوچار (درصد وزنی)	شاهد (بدون قارچ)	Ri	Fm	میانگین	شاهد (بدون قارچ)	Ri	Fm	میانگین
شاهد	۶/۲^{d*}	۸/۱$^{a-d}$	۷/۸$^{a-d}$	۷/۴^{C}	۷/۶$^{a-d}$	۸/۱$^{a-d}$	۶/۵^{cd}	۷/۴^{C}
یک درصد	۸/۵$^{a-d}$	۱۰/۳^{a}	۹/۱$^{a-c}$	۹/۳^{A}	۷/۳$^{b-d}$	۹$^{a-d}$	۷/۶$^{a-d}$	۸$^{A-C}$
دو درصد	۸$^{a-d}$	۷/۸$^{a-d}$	۷/۵$^{a-d}$	۷/۷^{BC}	۸/۸$^{a-d}$	۹/۸^{ab}	۹$^{a-d}$	۹/۲^{AB}
میانگین	۷/۵^{A}	۸/۷^{A}	۸/۱^{A}		۷/۹^{A}	۸/۹^{A}	۷/۷ ^{A}	

*اعدادی که در هر ردیف یا ستون دارای یک حرف مشترک کوچک یا بزرگ هستند از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن معنی دار نمی باشند.

تعداد سنبله گیاه جو

نتایج اثرات متقابل کاربرد بیوچار با باکتری در جدول۲ نشان می‌دهد تعداد سنبله در سطح ۲ درصد وزنی بیوچار و در شرایط مایه‌زنی با باکتری (۸/۵۵) و سطح ۱درصد بیوچار و بدون مایه زنی باکتری (۸/۳) به ترتیب سبب افزایش معنی‌دار ۲۲ و ۱۸ درصد نسبت به تیمار شاهد (۷) شد ولی در سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. اردکانی و همکاران (۱۳۸۰) در تحقیقی گزارش کردند باکتری محرک رشد بر روی گیاه گندم سبب افزایش معنی‌داری روی تعداد سنبله نسبت به تیمار شاهد شد. نتایج Akhtar, et al (2015) نشان داد که کاربرد بیوچار بر روی گیاه گندم در هر دو شرایط تنش شوری و بدون تنش سبب افزایش تعداد سنبله نسبت به تیمار شاهد گردید.

در بین نتایج اثر متقابل قارچ و باکتری، کمترین تعداد سنبله مربوط به تیمار شاهد (۶/۵۵) می‌باشد. بیشترین تعداد سنبله مربوط به تیمار مایه‌زنی با قارچ *Ri* بدون شرایط مایه زنی باکتری (۷/۹۱) و در حضور باکتری (۷/۸۴) که به ترتیب سبب افزایش معنی‌دار ۲۱ و ۲۰ درصد نسبت به تیمار شاهد (۶/۵) شد. در حالی که نتایج سایر اثرات متقابل تیمارهای قارچ و باکتری افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد بدست نیامد.

همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود در میان عامل‌های سه گانه، تیمار شاهد (۵/۸۳) کمترین میانگین تعداد سنبله را داشت و تیمار قارچ *Ri* در سطح ۱ درصد وزنی بیوچار بدون مایه زنی باکتری (۹/۲۵) بیشترین تعداد سنبله نسبت به شاهد داشت که موجب افزایش ۵۹ درصدی میانگین تعداد سنبله در مقایسه با تیمار شاهد گردید. قارچ‌های میکوریزی و باکتری-های محرک رشد با بهبود تغذیه و رشد گیاهان در شرایط نامساعد محیطی باعث افزایش عملکرد آنها می‌شود. در یک بررسی نشان دادند که اجزای عملکرد (وزن هزاردانه، تعداد سنبله) در گیاه گندم تلقیح شده با قارچ‌های میکوریزی نسبت به تیمار تلقیح نشده با میکوریز افزایش یافت (Goh, et al., 1997).

جدول ۲- اثر بیوچار، باکتری و قارچ ریشه بر میانگین تعداد سنبله گیاه جو در مرحله زایشی

	بدون مایه زنی باکتری				مایه‌زی شده با باکتری			
بیوچار (درصد وزنی)	شاهد (بدون قارچ)	Ri	Fm	میانگین	شاهد (بدون قارچ)	Ri	Fm	میانگین
شاهد	۵/۸^{e*}	۷/۶$^{a-e}$	۷/۵$^{a-e}$	۷^{B}	۷/۱$^{b-e}$	۷/۲$^{a-e}$	۶/۱^{de}	۶/۸^{B}
یک درصد	۷/۵$^{a-e}$	۹/۲^{a}	۸/۱$^{a-d}$	۸/۳^{A}	۶/۳$^{c-e}$	۷/۵$^{a-e}$	۶/۳$^{c-e}$	۶/۷^{B}
دو درصد	۶/۳$^{c-e}$	۶/۸$^{b-e}$	۶/۳$^{c-e}$	۶/۵^{B}	۸/۳$^{a-c}$	۸/۸^{ab}	۸/۵^{ab}	۸/۵^{A}
میانگین	۶/۵^{B}	۷/۹^{A}	۷/۳^{AB}		۷/۲^{AB}	۷/۸^{A}	۷^{AB}	

*اعدادی که در هر ردیف یا ستون دارای یک حرف مشترک کوچک یا بزرگ هستند از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن معنی دار نمی باشند.

ارتفاع سنبله

نتایج اثرات متقابل باکتری و بیوچار در جدول ۳ نشان می‌دهد که کاربرد سطح ۱ و ۲ درصد وزنی بیوچار به ترتیب سبب افزایش ۹ و ۱۵ درصدی ارتفاع سنبله نسبت به تیمار شاهد (۵/۳۸) شد ولی تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری نداشت.

در بین نتایج اثرات متقابل قارچ و باکتری، کمترین میانگین ارتفاع سنبله مربوط به تیمار شاهد (۴/۶۱) بود، که با تیمار قارچ *Fm* در سطح بدون باکتری تفاوت معنی داری نداشت ولی با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان داد به طوریکه که بیشترین اختلاف معنی‌داری در مقایسه با شاهد مربوط به قارچ *Ri* در شرایط مایه زنی با باکتری (۹/۲۵) و بدون باکتری (۵/۹۷) است که به ترتیب سبب افزایش ۳۴ و ۲۹ درصد ارتفاع سنبله نسبت به تیمار شاهد شد همچنین بین قارچ *Ri* و *Fm* در شرایط بدون باکتری تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری وجود دارد. بطوریکه تیمار قارچ *Ri* و بدون حضور باکتری (۵/۹۷) باعث افزایش ۱۵ درصد ارتفاع سنبله نسبت به تیمار قارچ *Fm* بدون شرایط باکتری (۵/۱۸) شد.

در بین تیمارهای سه عامل (بیوچار، باکتری و قارچ)، کمترین مقدار ارتفاع سنبله مربوط به تیمار شاهد (۳/۹۱) و بیشترین ارتفاع سنبله مربوط به تیمار مایه زنی با قارچ *Ri* و باکتری و در سطح ۲ درصد وزنی بیوچار (۷/۱۶) است که باعث افزایش ۸۲ درصدی نسبت به تیمار شاهد شد. همچنین مشاهده می‌شود که قارچ *Ri* در تمام سطوح بیوچار و در هر دو شرایط با باکتری و بدون باکتری، سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع سنبله نسبت به تیمار شاهد شد ولی در حضور باکتری، قارچ *Ri* بیشتر باعث افزایش ارتفاع سنبله جو گردید.

اردکانی در تحقیقی بر روی گیاه برنج گزارش کرد که تاثیر قارچ میکوریز سبب افزایش ارتفاع خوشه برنج نسبت به تیمار شاهد شد (اردکانی و همکاران، ۱۳۸۰). سیاه خلکی و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه‌ی بر روی گیاه گندم گزارش کردند که تلقیح بذر با باکتری محرک رشد باعث افزایش طول سنبله (۸/۹ سانتی‌متر) شد و کمترین میزان طول سنبله مربوط به تیمار بدون مایه‌زنی باکتری (۶/۴ سانتی‌متر) است.

جدول ۳- اثر بیوچار، باکتری و قارچ ریشه بر میانگین ارتفاع (سانتی‌متر) سنبله گیاه جو

	بدون مایه زنی باکتری				مایه‌زی شده با باکتری			
بیوچار (درصد وزنی)	شاهد (بدون قارچ)	Ri	Fm	میانگین	شاهد (بدون قارچ)	Ri	Fm	میانگین
شاهد	۳/۹^{d*}	۶/۶^{ab}	۵/۶^{bc}	۵/۳^{AB}	۵/۴^{bc}	۵/۶^{bc}	۵/۸$^{a-c}$	۶/۵^{AB}
یک درصد	۴/۵^{cd}	۵/۷^{bc}	۵/۱$^{b-d}$	۵/۱^{B}	۵/۸$^{a-c}$	۵/۹$^{a-c}$	۵/۸$^{a-c}$	۸/۵^{AB}
دو درصد	۵/۳^{bc}	۵/۵^{bc}	۴/۷^{cd}	۵/۲^{B}	۵/۱^{dc}	۷/۱^{a}	۶$^{a-c}$	۶/۱^{A}
میانگین	۴/۶^{C}	۵/۹^{A}	۵/۱^{BC}		۵/۴^{AB}	۶/۲^{A}	۵/۹^{AB}	

*اعدادی که در هر ردیف یا ستون دارای یک حرف مشترک کوچک یا بزرگ هستند از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن معنی دار نمی باشند.

عملکرد بیولوژیکی گیاه جو

کاربرد بیوچار در سطح ۱ و۲ درصد وزنی در عدم حضور باکتری به ترتیب سبب افزایش غیر معنی‌دار ۵ و ۴ درصد عملکرد بیولوژیکی گیاه جو نسبت به تیمار شاهد شد. پریدار (۱۳۹۵) بیان کرد که کاربرد بیوچار برگ نخل در سطح ۲ و ۴ درصد وزنی به ترتیب سبب افزایش ۱ و ۷ درصد عملکرد اسفناج نسبت به تیمار شاهد شد اما این افزایش معنی دار نبود. همچنین رجبی نیز در سال (۱۳۹۴) اظهار داشت کاربرد بیوچار تفاله پسته در سطح ۳ و ۶ درصد بر عملکرد گیاه اسفناج افزایش معنی‌داری نشان نداد. تنها کاربرد بیوچار در سطح ۲ درصد همراه با مایه زنی باکتری باعث افزایش معنی‌دار ۹/۵ درصدی وزن خشک نسبت به تیمار شاهد گردید. همانگونه داده‌های جدول ۴ نشان می‌دهد در شرایط بدون باکتری بین گونه‌های قارچ *Ri* و *Fm* تنها قارچ *Ri* (۴۰/۳) نسبت به شاهد (۳۶/۱) سبب افزایش معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیکی گیاه جو داشت اما *Fm* با تیمار شاهد افزایش غیر معنی‌داری نشان داد. ولی در شرایط باکتری هر دو گونه قارچ تفاوت معنی داری نسبت به تیمار شاهد نداشتند. باتوجه به جدول ۴ در بین عامل‌های سه‌گانه کمترین مقدار عملکرد بیولوژیکی مربوط به تیمار شاهد (۳۴/۸) و بیشترین مقدار آن در تیمار مایه‌زنی شده با قارچ *Ri* در سطح ۱درصد بیوچار بدون شرایط مایه زنی باکتری (۴۳) بدست آمد که موجب افزایش معنی‌دار ۲۳/۵ درصد وزن خشک نسبت به تیمار شاهد گردید. سادات و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی گزارش کردند که کاربرد قارچ میکوریز سبب افزایش معنی داری روی وزن خشک گیاه گندم نسبت به تیمار شاهد گردید.

جدول ۴- اثر بیوچار، باکتری و قارچ ریشه بر عملکرد بیولوژیک (گرم بر گلدان) گیاه جو در مرحله زایشی

	بدون مایه زنی باکتری				مایه‌زی شده با باکتری			
بیوچار (درصد وزنی)	شاهد (بدون قارچ)	Ri	Fm	میانگین	شاهد (بدون قارچ)	Ri	Fm	میانگین
شاهد	۳۴/۸^{de*}	۳۹/۶$^{a-d}$	۳۶/۱^{de}	۳۶/۸^{B}	۳۷/۸$^{b-e}$	۳۸/۹$^{a-e}$	۳۷/۴$^{c-e}$	۳۸^{AB}
یک درصد	۳۷/۳$^{c-e}$	۴۳^{a}	۳۶/۳^{de}	۳۸/۸^{AB}	۳۹/۱$^{a-e}$	۳۸/۳$^{b-e}$	۳۸/۱$^{b-e}$	۳۸/۵^{AB}
دو درصد	۳۶/۳^{de}	۳۸/۲$^{b-e}$	۴۰/۶$^{a-c}$	۳۸/۳^{AB}	۳۷/۴$^{c-e}$	۴۲/۱^{ab}	۴۱/۴^{abc}	۴۰/۳^{A}
میانگین	۳۶/۱^{c}	۴۰/۳^{a}	۳۷/۶^{bc}		۳۸/۱$^{a-c}$	۳۹/۷^{ab}	۳۸/۹^{ab}	

*اعدادی که در هر ردیف یا ستون دارای یک حرف مشترک کوچک یا بزرگ هستند از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن معنی دار نمی باشند.

نتیجه گیری

به طور کلی می‌توان گفت که قارچ *ریزوفاگوس اینترارادیسز* توانایی بیشتری در افزایش تعداد سنبله، ارتفاع سنبله و عملکرد بیولوژیکی نسبت به قارچ *فونیلفورمیس موسه* داشت و این افزایش در حضور باکتری بیشتر مشاهده می‌شود همچنین بیشترین تاثیر بیوچار نیز، در سطح ۲ درصد بیوچار با مایه زنی باکتری بود که باعث افزایش تعداد پنجه، تعداد سنبله و عملکرد بیولوژیک گیا جو نسبت به تیمار شاهد شد.

منابع

اردکانی، م، ر. مظاهری، د. مجد، ف. و نورمحمدی، ق. ۱۳۸۰. بررسی کارایی آزوسپیریلوم، میکوریزا و استرپتومایسس به همراه مصرف کود دامی در گندم با استفاده از فسفر . مجله علوم زراعی ایران. جلد ششم، شماره‌ی ۳، صفحه های ۵۶ تا ۶۹.

پریدار، پ. ۱۳۹۵. اثر کادمیوم و بیوچار برگ نخل بر رشد و ترکیب شیمیایی اسفناج و نخود و امکان تغییر کانی‌های رسی خاک. پایان نامه کارشناسی ارشد، بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

حیدی سیاه خلکی، م، ص. سید شریفی، ر. و صدیقی، م. ۱۳۹۲. تاثیر تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد (PGPR) و زمان مصرف کود نیتروژن بر عملکرد، سرعت و طول دوره پر شدن دانه گندم. مجله علوم و تکنولوژی بذر. جلد دوازدهم، شماره-ی ۳، ۶۴ تا ۷۸.

رجبی، ح. ۱۳۹۳. اثر بیوچار تفاله پسته، لجن فاضلاب و کود شیمیایی بر زیست فراهمی و جذب نیتروژن و فسفر بوسیله اسفناج. پایان نامه کارشناسی ارشد، بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

سادات، ع، ا. ثواقبی، غ. رجالی، ف. فرحبخش، م. خاوزای، ک. و شیرمردی، مصطفی. ۱۳۸۹. تأثیر چند نوع قارچ میکوریز آربوسکولار و باکتری محرک رشد و عملکرد دو رقم گندم در یک خاک شور. نشریه آب و خاک. جلد ۲۴، شماره‌ی ۱، ۵۳ تا ۶۲.

Akhtar SS, M. N. Andersen, and F. Liu. 2015. Residual effects of biochar onimproving growth, physiology and yield of wheat under salt stress. *Agric Water Manage*. 158: 61-75.

Cleland, R. E. 2010. Auxin and cell elongation. Plant hormones (pp. 204-220): Springer

Earl, H. J., & Davis, R. F. (2003). Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. Agronomy Journal .696-688 , (3) 95.

Franken, P. 2012. The plant strengthening root endophyte Piriformospora indica: potential application and the biology behind. Applied microbiology and biotechnology, 96: 1455-1464.

Glaser, B., and Birk, J. J. 2012. State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (terra preta de Índio). Geochimica et Cosmochimica Acta, 82: 39-51.

Goh, T. B., Banerjee, M. R., Tu, S., and Burton, D. L. 1997. Vesicular arbuscular mycorrhizae-mediated uptake and translocation of P and Zn by wheat in a calcareous soil. Canadian journal of plant science, 77:, 339-346.

Kloepper, J. W., Leong, J., Teintze, M., and Schroth, M. N. 1980. Enhanced plant growth by siderophores produced by plant growth-promoting rhizobacteria. Nature, 286:, 885-886.

Malakooti, J., Sandoval, R., Memark, V. C., Dudeja, P. K., and Ramaswamy, K. 2005. Zinc finger transcription factor Egr-1 is involved in stimulation of NHE2 gene expression by phorbol 12-myristate 13-acetate. American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology, 289:, G653-G663.

Rai, M., Acharya, D., Singh, A., and Varma, A. 2001. Positive growth responses of the medicinal plants Spilanthes calva and Withania somnifera to inoculation by Piriformospora indica in a field trial. Mycorrhiza, 11: 123-128.

Richardson, A. E. 2001. Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. Functional Plant Biology, 28: 897-906 .

Sasanelli, N., Anton, A., Takacs, T., D'Addabbo, T., Biro, I., and Malov, X. 2009. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on the nematicidal properties of leaf extracts of Thymus vulgaris L. *Helminthologia*, *46*(4), 230-239

Smith, S. E., and Read, D. J. 2010. Mycorrhizal symbiosis. San Diego Academic press.

Effect of some arbuscular mycorrhizae (AM), PGPR and biochar on some morphological characteristics of barley in reproductive stage

S.E Hosseini[1], M. Zare[2], M. Spehri[3] and S. Safarzadeh[4]

Master of science student, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Soil Science,Faculty of Agriculture, Shiraz University

Abstract

In this study, factorial experiment based on completely randomized design with three replications was performed in order to determine the effect of two AM species, PGPR, and biochar on morphological characteristics of barley in reproductive stage. Treatments consisted of three levels biochar (0, 1, and 2% (w/w)), bacteria in two levels (control and *Micrococcus yunnanensis*), and the use of fungi in three levels (control, *Rhizophagus intraradices*, and *Funeliformis mosseae*). The results showed that the bacteria causing the increasing of barley cluster height. The application of bacteria with biochar (2% w/w), increased the number of tillers, clusters and biological yield. *Rhizophagus intraradices* increased the number of clusters, height of clusters, and biological yield in with and without bacteria treatment. *Funeliformis mosseae* in the presence of bacteria, increased the number of clusters. The results showed that the application of fungi and bacteria together, was caused an increase in some morphological characteristics of barley in reproductive stage.

Keywords: biochar, bacteria, mycorrhizea, morphological, barley