نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۱، شماره ۱ ، بهار ۱۳۹۲، ص. ۷۲-۶۴

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 11, No. 1, Spring. 2013, p. 64-72

اثرات تلقیح بذر توسط کودهای زیستی بر خصوصیات رشدی سه رقم گندم در مرحله سبز شدن در شرایط گلخانه

محمدبهزاد امیری[۱]- پرویز رضوانی مقدم[۲*]- رضا قربانی[۳]- جبار فلاحی[۴]- رضا دیهیم فرد[۵]- فرنوش فلاح پور[۶]

تاریخ دریافت:۱۳۸۹/۱/۲۸
تاریخ پذیرش:۱۳۸۹/۸/۳

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کاربرد باکتری های افزاینده رشد گیاه بر شاخص های رشدی گندم، آزمایشی در خردادماه سال ۱۳۸۸ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل سه رقم گندم بنام های چمران، سایونز و گاسکوژن و انواع کودهای بیولوژیک شامل باکتری های حل کننده فسفات، بیوفسفر، نیتروکسین، نیتراژین، تیمار مخلوط (باکتری های حل کننده فسفات + بیوفسفر + نیتراژین + نیتروکسین) و تیمار شاهد (عدم تلقیح باکتریایی) بودند. نتایج آزمایش حاکی از آن بود که کاربرد کودهای بیولوژیک منجر به بروز اختلافات معنی دار در صفات سطح برگ، حجم ریشه و طول اندام زیرزمینی و هوایی گردید. همچنین از نظر صفات سرعت سبز کردن، میزان سطح برگ، متوسط تعداد برگ در بوته، وزن خشک برگ، وزن خشک کل و نسبت وزن خشک برگ به ریشه بین ارقام مختلف گندم اختلاف معنی دار وجود داشت. بیشترین و کمترین سرعت سبز کردن به ترتیب در تیمارهای گاسکوژن (۰/۸۰ بذر در ۱۲ ساعت) و چمران (۰/۵۶ بذر در ۱۲ ساعت) حاصل شد. افزون بر این، نتایج حاصله نشان دهنده معنی داری اثرات متقابل کود بیولوژیک و رقم در تمامی صفات مورد مطالعه (سرعت سبز کردن، سطح برگ، سطح ویژه برگ، تعداد برگ در بوته، وزن خشک برگ، وزن خشک ریشه، وزن خشک کل، نسبت وزن خشک برگ به ریشه، طول اندام هوایی، طول اندام زیرزمینی، نسبت اندام زیرزمینی به هوایی، متوسط طول برگ و حجم ریشه) به جز درصد سبز کردن بود. در مجموع نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد کودهای بیولوژیک نقش مفید و موثری در بهبود ویژگی های رشدی گندم دارد.

واژه های کلیدی: باکتری های افزاینده رشد گیاه، بیوفسفر، شاخص های رشد، نیتراژین، نیتروکسین

مقدمه

در کشور ایران گندم به عنوان منبع عمده تامین کالری و پروتئین مطرح می باشد، به طوری که ۷۵ درصد پروتئین مصرفی و ۶۵ درصد کالری دریافتی روزانه هر فرد از نان تامین می شود (۶). این گیاه از نظر سطح زیر کشت و تولید سالانه، مقام اول را بین هشت غله اصلی در سطح جهان دارا می باشد و از نظر تولید انرژی در واحد سطح نیز با تولید ۴۶۰ کیلو ژول انرژی در هکتار رتبه سوم را داراست (۱). در ایران از مجموع حدود ۷/۷۳ میلیون هکتار اراضی تحت کشت غلات، گندم با ۷۱/۷۶ درصد در رتبه اول قرار دارد (۳).

جوانه زنی اولین مرحله رشد و نمو گندم است که از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می باشد. علاوه بر جوانه زنی، سرعت و یکنواختی جوانه زدن و سبز شدن نیز از پارامترهای مهم کیفیت بذر می باشند (۴۱). در سال‌های اخیر در پی بحران آلودگی‌های محیط زیست و به ویژه آلودگی منابع آب و خاک که منابع غذایی انسان‌ها را آلوده کرده‌اند و سلامت جوامع انسانی را مورد تهدید قرار داده‌اند، تلاش-های گسترده‌ای به منظور یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک، محصولات کشاورزی و حذف آلاینده‌ها آغاز شده است. در نظام های کشاورزی پایدار استفاده از انواع کودهای زیستی[۷]، به خصوص در خاک‌های فقیر از عناصر غذایی، از اهمیت ویژه ای در افزایش تولید و حفظ کیفیت خاک برخوردار است (۳۹). کود زیستی از یک یا چند نوع میکروارگانیسم مفید به همراه مواد نگهدارنده و یا فرآورده های متابولیک آنها ساخته شده است که با هدف تامین عناصر غذایی گیاهان استفاده می شود (۴۲). این ریزجانداران با تولید

۱، ۴، ۵ و ۶- دانشجویان دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲و۳- استاد و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@um.ac.ir)

7-Biofertilizer

هورمون های گیاهی، تثبیت نیتروژن، تسهیل جذب عناصر از خاک و تولید عوامل کنترل بیولوژیک در برابر پاتوژن های گیاهی، رشد گیاه را تحت تاثیر قرار می دهند (۲۰ و ۲۲). در بین این ریزجانداران برخی نظیر آزوسپریلیوم، ازتوباکتر، سودوموناس، و چندین ریزجاندار در جنس باسیلوس اثرات مفیدی بر بهبود رشد گیاه دارند و به عنوان ریزوباکترهای محرک رشد گیاه[1] شناخته می شوند (۷ و ۱۰). برای نخستین بار کلوپر و همکاران (۳۱) سویه هایی از باکتری های افزاینده رشد گیاه را یافتند که در شرایط گلخانه درون گلدان های حاوی محیط کشت خاک و نیز در مزرعه موجب افزایش ظهور گیاهچه های سویا و کلزا می گردیدند و این باکتری ها را به اصطلاح باکتری های افزاینده ظهور گیاهچه[2] نامیدند .باکتری های افزاینده ظهور گیاهچه، سرعت ظهور گیاهچه ها در مزرعه و استقرار بوته را افزایش می دهند (۳۱). تلقیح گیاه با این باکتری ها می تواند باعث افزایش وزن خشک، افزایش نیتروژن کل گیاه، افزایش عملکرد دانه، افزایش وزن دانه ها، افزایش سرعت جوانه زنی و تغییر در طول مراحل رشد گیاه گردد. اثرات سودمند تلقیح با آزوسپریلیوم فقط مربوط به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن نمی باشد، بلکه عمدتا به علت افزایش کارایی جذب آب و مواد غذایی که به علت گسترش سیستم ریشه ای رخ می‌دهد و نیز افزایش حوزه ای از خاک که توسط ریشه بهره برداری می‌شود، حاصل می گردد. گسترش بهتر ریشه گیاهان تلقیح شده با آزوسپریلیوم به علت تولید مواد افزایش دهنده رشد گیاهان می باشد (۱۷ و ۳۶).

کریشنا و همکاران (۳۲) گزارش کردند استفاده از کودهای بیولوژیک آزوسپریلیوم، باکتری های حل کننده فسفات، ازتوباکتر، باکتری های تثبیت کننده نیتروژن و ترکیب آنها در گیاهان *Withania somniferum* و *Ocimum sanctum* باعث بهبود شاخص های جوانه زنی مانند درصد و سرعت جوانه زنی، شاخص بنیه بذر و نیز طول ریشه چه و ساقه چه شد. سلیمان و همکاران (۴۰) گزارش کردند که تلقیح گندم با ازتوباکتر تحت شرایط گلخانه تا ۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه را جایگزین نمود. باشان و همکاران (۱۴) در تحقیقات خود عنوان نمودند که حضور باکتری در ریشه گندم pH محلول خاک در مجاور ریشه را کاهش داد و این امر موجب دسترسی بهتر گیاه به منابع غذایی خاک به ویژه نیتروژن شد. با توجه به نتایج محققین تلقیح ازتوباکتر به طور متوسط، افزایشی معادل ۱۰ تا ۱۵ درصد در عملکرد گیاهان مختلف، به ویژه گندم به دنبال داشته است (۲۵ و ۴۲). نتایج حاصل از اکثر مطالعات انجام گرفته بر روی غلات و علوفه، خصوصا گندم های تلقیح شده با آزوسپیریلوم نیز حاکی از افزایش رشد رویشی و زایشی، در این گیاهان بود (۲ و ۵).

1- Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)
2-Emergence Promoting Rhizobacteria (EPR)

پاسخ ارقام گندم به تلقیح با آزوسپیریلوم اغلب به صورت افزایش درصد جوانه زنی، افزایش تعداد پنجه ها، ازدیاد تعداد دانه های هر سنبله و افزایش وزن هزار دانه می باشد (۱، ۵، ۱۲ و ۳۴).

مطالعات و تحقیقات متعددی در ایران پیرامون اثر کودهای شیمیایی و حتی ریزوبیوم ها صورت گرفته است لیکن تحقیقات کمی در زمینه اثر کودهای زیستی به خصوص بر روی ارقام گندم انجام شده، لذا این تحقیق با هدف جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای زیستی و در نتیجه کاهش مصرف نهاده ها و آلودگی های زیست محیطی بر روی سه رقم گندم در شرایط گلخانه انجام گرفت.

مواد و روش ها

این آزمایش در خردادماه ۱۳۸۸، در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملا تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل سه رقم گندم بنام های چمران، سایونز و گاسکوژن و همچنین انواع کودهای بیولوژیک شامل باکتری های حل کننده فسفات، بیوفسفر، نیتروکسین، نیتراژین، مخلوط باکتری های مختلف (باکتری های حل کننده فسفات + بیوفسفر + نیتروکسین + نیتراژین) و تیمار شاهد (عدم تلقیح باکتریایی) بودند.

برای اعمال تیمارهای آزمایش، در تیمار باکتری حل کننده فسفات ابتدا بذور در یک ماده چسبنده غوطه ور شده و پس از آن به مدت ۱۲ ساعت در پودر مایه تلقیح (کود زیستی بارور۲)[3] قرار گرفتند گرفتند (۲۱). در اعمال کودهای بیولوژیک مایع (نیتروکسین، نیتراژین و بیوفسفر) نیز بذور در همین مدت زمان در مایه تلقیح خیسانده شدند (۳۲). پس از انجام عمل تلقیح، گلدان هایی به ابعاد ۹×۱۲ سانتی متر با خاک سرک شده پر و در هر گلدان ۶ عدد بذر با فواصل مساوی کشت و بلافاصله آبیاری شدند. شمارش بذرهای سبز کرده، از روز دوم و به مدت ۱۰ روز در دو نوبت صبح و عصر و در ساعتی معین انجام شد. ۲۱ روز پس از کاشت گیاهچه ها همراه ریشه ها با دقت از خاک گلدان ها خارج و پس از شستشو با آب جهت اندازه گیری صفات مورد بررسی به آزمایشگاه منتقل شدند (۲۱). در این آزمایش صفاتی نظیر درصد سبز کردن، سرعت سبز کردن، طول ریشه، ارتفاع گیاهچه، نسبت طول گیاهچه به ریشه، وزن خشک ساقه، وزن خشک ریشه، نسبت وزن خشک ساقه به ریشه، وزن خشک کل، حجم ریشه ،تعداد برگ، میانگین طول برگ، سطح برگ و اندازه سطح ویژه برگ مورد بررسی قرار گرفتند. درصد سبز کردن برای هر تیمار از نسبت درصد تعداد بذور سبز کرده پس از ده روز به تعداد کل بذور کشت

۳- کود زیستی بارور ۲ یکی از محصولات تولیدی شرکت زیست فناور سبز می‌باشد.

شده بدست آمد. سرعت سبزکردن نیز از معادله ۱ تخمین زده شد (۱۶).

$$Rs=\Sigma Si/Di \quad (1)$$

Rs سرعت سبز کردن، Si تعداد بذرهای سبز کرده در هر شمارش و Di تعداد روز تا شمارش n ام و n دفعات شمارش می باشند. در هر گلدان طول تمام برگ ها با استفاده از خط کش شفاف اندازه گیری و میانگین آنها به عنوان متوسط طول برگ گلدان در نظر گرفته شد. طول ساقه و ریشه با استفاده از خط کش شفاف و حجم ریشه به کمک ارلن اندازه گیری و سپس نمونه ها درون آون در حرارت ۷۰ درجه سانتیگراد خشکانده شدند. پس از ۴۸ ساعت نمونه ها از آون خارج و وزن خشک آنها با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم محاسبه گردید. برای تعیین سطح برگ از دستگاه اندازه گیری سطح برگ استفاده شد. اندازه سطح ویژه برگ نیز از نسبت اندازه سطح برگ به وزن خشک برگ بدست آمد.

داده های حاصل با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ مقایسه شدند.

نتایج و بحث

درصد و سرعت سبز کردن[1]

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر کودهای بیولوژیک، اثر ارقام مختلف گندم و همچنین اثر متقابل کود بیولوژیک و رقم بر صفت درصد سبز کردن معنی دار نبود (جدول ۱ و ۲). نتایج آزمایش بیانگر آن بود که کودهای بیولوژیک بر سرعت سبز کردن تاثیر معنی داری نداشت، ولی نوع رقم و اثرات متقابل کود و رقم بر روی این صفت اختلاف معنی دار نشان داد (جدول ۱ و ۲). نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که بیشترین و کمترین سرعت سبز کردن به ترتیب در تیمارهای گاسکوژن (۰/۸۰ بذر در ۱۲ ساعت) و چمران (۰/۵۶ بذر در ۱۲ ساعت) مشاهده شد (جدول ۱). می توان دلیل این تفاوت را به وجود اختلافات فیزیولوژیکی بین بذور ارقام مختلف از جمله تفاوت در فعالیت آنزیم های درگیر در جوانه زنی بذر (آنزیم های هیدرولتیک) نسبت داد. نتایج مقایسه میانگین نشاندهندهٔ برتری اثر متقابل کود بیولوژیک نیتراژین و رقم گاسکوژن (۰/۹۰ بذر در ۱۲ ساعت) در مقایسه با دیگر تیمارها بود (جدول ۲). کود بیولوژیک نیتراژین به علت دارا بودن باکتری های آزوسپیریلوم و ازتوباکتر در غلظت زیاد ($۱۰^۸$ سلول زنده در هر میلی لیتر) موفق تر از سایر کودهای بیولوژیک با بذر رابطه همزیستی برقرار کرده و سرعت سبز کردن آن را افزایش داده است.

1- Emergence

دو فریتاس و ژرمید (۱۸) دریافتند که ۲ سویه از باکتری های افزاینده رشد در خاک حاصلخیز بطور معنی داری ظهور گیاهچه های گندم را افزایش دادند. کریشنا و همکاران (۳۲) اثر کودهای بیولوژیک را بر سرعت سبز کردن گیاهان دارویی آشواگاندا (*Withania somniferum*) و تولسی (*Ocimum sanctum*) مثبت گزارش کردند.

سطح برگ، سطح ویژه برگ و متوسط تعداد برگ در بوته

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که اثر کودهای بیولوژیک، اثر نوع رقم و اثر متقابل کود بیولوژیک و رقم بر روی صفت سطح برگ دارای تاثیر معنی دار بود (جدول۱). کود بیولوژیک بیوفسفر بیشترین تاثیر را بر سطح برگ در مقایسه با سایر کودهای بیولوژیک دارا بود (جدول۱). بین ارقام، رقم سایونز از بیشترین سطح برگ (cm^2 ۵۶/۸۰) و رقم چمران (cm^2 ۳۹/۴۸) از کمترین سطح برگ برخوردار بود (جدول ۱). همچنین بیشترین سطح برگ در تیمار اثر متقابل کود بیولوژیک بیوفسفر و رقم سایونز حاصل شد (جدول ۲). به نظر می‌رسد کود بیولوژیک بیوفسفر با دارا بودن باکتری های جنس باسیلوس و سودوموناس باعث بهبود تقسیم سلولی و در نتیجه افزایش سطح برگ گیاه شده است.

نتایج آزمایش نشان داد که بین کودهای بیولوژیک و بین ارقام مختلف گندم از نظر صفت سطح ویژه برگ اختلاف معنی داری وجود نداشت ولی اثرات متقابل کود بیولوژیک و رقم بر این صفت دارای تاثیر معنی دار بود (جدول۱ و ۲) و از این حیث بیشترین تاثیر در تیمار کود بیولوژیک بیوفسفر و در رقم سایونز مشاهده شد (جدول۲).

از نظر صفت متوسط تعداد برگ در بوته نیز بین کودهای بیولوژیک تفاوت معنی داری مشاهده نشد و این در حالی بود که بین ارقام مختلف گندم از نظر این صفت اختلاف معنی دار وجود داشت (جدول۱ و ۲). نتایج مقایسه میانگین ها نشان دهنده برتری ارقام سایونز و گاسکوژن در مقایسه با رقم چمران بود (جدول ۱). سطح برگ و متوسط تعداد برگ بیشتر در رقم سایونز در مقایسه با دیگر ارقام به کار رفته در آزمایش احتمالا با ذخایر غذایی بیشتر بذر در این رقم مرتبط است.

گرچه سطح برگ بیشتر از فعالیت باکتری ها در ریزوسفر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می گیرد (۳۵) تا فعالیت باکتری ها در بخش ریزوسفر، لیکن با توجه به نتایج این تحقیق می توان گفت کودهای بیولوژیک روی میزان سطح برگ اثر مثبت داشته اند. محققینی مانند زاید و همکاران (۴۴) و راویکومار و همکاران (۳۵) اندازه گیری میزان کلروفیل را به جای اندازه گیری سطح برگ توصیه نموده اند. کاپولنیک و همکاران (۲۹) اظهار داشتند که تلقیح بذرهای ذرت با باکتری آزوسپیریلوم باعث افزایش تعداد برگ های این گیاه در مقایسه با شاهد شد.

جدول ۱- مقایسه میانگین شاخص های سبز شدن سه رقم گندم و شش نوع کود بیولوژیک

رقم	درصد سبز کردن	سرعت سبز کردن (بذر در ۱۲ ساعت)	سطح برگ (cm^2)	سطح ویژه برگ (cm^2/g)	متوسط تعداد برگ در بوته
سایونز	۷۷/۷۴^{a}	۰/۶۹^{ab}	۵۶/۸۰^{a}	۱۲۴/۸۴^{a}	۴/۷۸^{a}
گاسکوژن	۸۱/۴۶^{a}	۰/۸۰^{a}	۴۸/۷۰^{ab}	۱۰۹/۰۶^{a}	۴/۷۳^{a}
چمران	۷۰/۳۴^{a}	۰/۵۶^{b}	۳۹/۴۸^{b}	۱۱۴/۵۸^{a}	۴/۲۶^{b}
کودهای بیولوژیک					
بیوفسفر	۸۳/۳۰^{a}	۰/۷۳^{a}	۶۳/۱۳^{a}	۱۲۶/۹۶^{a}	۴/۴۳^{a}
مخلوط	۷۴/۰۴^{a}	۰/۷۰^{a}	۵۳/۹۱^{ab}	۱۱۳/۵۴^{a}	۴/۶۵^{a}
نیتراژین	۷۹/۶۰^{a}	۰/۷۷^{a}	۵۲/۰۸^{ab}	۱۲۴/۷۱^{a}	۴/۷۴^{a}
باکتری حل کننده فسفات	۷۵/۹۰^{a}	۰/۶۵^{a}	۳۸/۸۸^{b}	۱۰۵/۶۵^{a}	۴/۶۳^{a}
نیتروکسین	۷۲/۱۹^{a}	۰/۶۳^{a}	۳۸/۸۸^{b}	۱۰۹/۲۲^{a}	۴/۶۵^{a}
شاهد	۷۴/۰۴^{a}	۰/۶۲^{a}	۴۵/۹۹^{b}	۱۱۷/۲۵^{a}	۴/۶۵^{a}

حروف مشترک نشانگر عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد در بین ارقام مختلف و نیز کودهای بیولوژیک مختلف در هر ستون می باشند.

جدول۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل شاخص های سبز شدن ارقام مختلف گندم در واکنش به کودهای بیولوژیک مختلف

تیمار	درصد سبز کردن	سرعت سبز کردن (بذر در ۱۲ ساعت)	سطح برگ (cm^2)	سطح ویژه برگ (cm^2/g)	تعداد برگ در بوته
چمران-شاهد	۷۷/۷۶^{a}	۰/۵۳^{abc}	۴۱/۳۶^{bcd}	۱۱۶/۹۳^{b}	۴/۲۶^{ab}
چمران-مخلوط	۶۱/۰۹^{a}	۰/۶۲^{abc}	۵۸/۵۱^{b}	۱۳۳/۷۵^{b}	۴/۶۰^{ab}
چمران-نیتروکسین	۶۶/۶۵^{a}	۰/۴۳^{bc}	۲۱/۶۰^{d}	۱۰۴/۷۵^{b}	۳/۷۵^{b}
چمران-نیترازین	۷۷/۷۶^{a}	۰/۷۴^{abc}	۴۸/۹۶^{bcd}	۱۳۳/۰۹^{b}	۴/۷۰^{ab}
چمران-بیوفسفر	۷۷/۷۵^{a}	۰/۶۷^{abc}	۴۸/۱۷^{bcd}	۸۵/۷۹^{b}	۴/۲۸^{ab}
چمران-باکتری حل کننده فسفات	۶۱/۰۹^{a}	۰/۴۱^{c}	۲۴/۶۳^{cd}	۱۱۹/۵۶^{b}	۴/۰۱^{ab}
گاسکوزن-شاهد	۷۲/۱۹^{a}	۰/۶۷^{abc}	۴۲/۷۴^{bcd}	۱۱۱/۴۶^{b}	۵/۰۳^{a}
گاسکوزن-مخلوط	۸۳/۳۱^{a}	۰/۷۸^{abc}	۴۹/۹۳^{bcd}	۱۱۵/۳۵^{b}	۴/۵۳^{ab}
گاسکوزن-نیتروکسین	۷۷/۷۵^{a}	۰/۷۳^{abc}	۴۸/۷۷^{bcd}	۱۱۳/۲۷^{b}	۴/۶۰^{ab}
گاسکوزن-نیترازین	۸۳/۳۱^{a}	۰/۹۰^{a}	۵۶/۲۱^{b}	۱۲۳/۲۰^{b}	۴/۶۰^{ab}
گاسکوزن-بیوفسفر	۸۸/۰۸^{a}	۰/۸۴^{abc}	۴۶/۲۵^{bcd}	۸۷/۱۸^{b}	۴/۴۱^{ab}
گاسکوزن-باکتری حل کننده فسفات	۸۳/۳۳^{a}	۰/۸۷^{ab}	۴۷/۵۲^{bcd}	۹۶/۵۹^{b}	۵/۲۰^{a}
سایونز=شاهد	۷۲/۱۹^{a}	۰/۶۷^{abc}	۵۳/۸۶^{bc}	۱۲۳/۳۷^{b}	۴/۶۶^{ab}
سایونز=مخلوط	۷۷/۷۵^{a}	۰/۷۱^{abc}	۵۴/۸۳^{bc}	۹۸/۲۶^{b}	۴/۸۳^{ab}
سایونز=نیتروکسین	۷۲/۱۹^{a}	۰/۷۲^{abc}	۴۹/۹۹^{bcd}	۱۰۹/۸۶^{b}	۵/۰۰^{a}
سایونز=نیترازین	۷۷/۷۵^{a}	۰/۶۸^{abc}	۵۱/۱۰^{bcd}	۱۱۷/۸۴^{b}	۴/۹۳^{a}
سایونز-بیوفسفر	۸۳/۳۰^{a}	۰/۷۰^{abc}	۱۰۲/۴۶^{a}	۲۲۸/۴۹^{a}	۴/۶۰^{ab}
سایونز-باکتری حل کننده فسفات	۸۳/۳۱^{a}	۰/۶۸^{abc}	۴۱/۵۲^{bcd}	۱۰۰/۸۰^{b}	۴/۷۰^{ab}

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد می باشند.

وزن خشک برگ، ریشه، کل و نسبت وزن خشک برگ به ریشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کودهای بیولوژیک مختلف بر روی وزن خشک برگ، وزن خشک ریشه، وزن خشک کل و نسبت وزن خشک برگ به ریشه اثر معنی داری نداشت (جدول۳) ولی نوع رقم دارای تاثیر معنی دار بر این صفات بود (جدول۴). نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد، ارقام سایونز و گاسکوژن در مقایسه با رقم چمران وزن خشک برگ و وزن خشک کل بیشتری را دارا بودند. همچنین بیشترین نسبت وزن خشک برگ به ریشه در رقم گاسکوژن به دست آمد (جدول ۳). نتایج آزمایش نشان داد که اثر متقابل کود

بیولوژیک و رقم بر روی وزن خشک برگ، وزن خشک ریشه، وزن خشک کل و نسبت وزن خشک برگ به ریشه دارای تاثیر معنی دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در صفات وزن خشک برگ، وزن خشک ریشه، وزن خشک کل و نسبت وزن خشک برگ به ریشه به ترتیب تیمارهای کود بیولوژیک بیوفسفر + رقم چمران (۰/۵۶ g)، کود بیولوژیک باکتری های حل کننده فسفات + رقم سایونز (۰/۳۷ g)، کود بیولوژیک بیوفسفر + رقم چمران (۰/۸۲ g) و کود بیولوژیک باکتری های حل کننده فسفات + رقم گاسکوژن (۲/۷۸) نسبت به بقیه تیمارها دارای برتری بودند (جدول ۴).

اگرچه اثر کودهای بیولوژیک بر روی صفات وزن خشک برگ و وزن خشک ریشه از نظر آماری معنی دار نبود ولی نتایج نشان داد که وزن خشک برگ در اثر تیمارهای بیوفسفر، مخلوط (باکتری های حل کننده فسفات + بیوفسفر + نیتروکسین + نیتراژین) و نیتراژین به ترتیب ۱۷، ۱۳ و ۹ درصد افزایش یافت. همچنین تیمارهای بیوفسفر، مخلوط (باکتری های حل کننده فسفات + بیوفسفر + نیتروکسین + نیتراژین)، نیتراژین و باکتری حل کننده فسفات به ترتیب ۱۷، ۵، ۱۰ و ۱۳ درصد باعث افزایش در وزن خشک ریشه شدند. عموآقایی و همکاران (۵) اظهار داشتند که آلوده سازی گیاه گندم با آزوسپیریلوم وزن خشک ریشه و ساقه را به ترتیب ۱۸/۳ و ۱۲/۳ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد. آنها همچنین افزایش نسبت وزن خشک ریشه به ساقه را در گیاهان تلقیح شده در مقایسه با گیاهان شاهد گزارش کردند.

کوهن و همکاران (۳۰) و حجازی و مونیب (۲۴) افزایش وزن خشک هوایی ذرت را در اثر تلقیح با آزوسپیریلوم گزارش کردند. نتایج کاپولنیک و همکاران (۲۹) در گندم نیز بیانگر افزایش نسبت ریشه به ساقه در گیاهان تلقیح شده در مقایسه با گیاهان شاهد بود. گزارش‌های متعددی در مورد افزایش معنی دار بیوماس اندام هوایی گندم در حضور ازتوباکتر توسط زامبر و همکاران (۴۵)، حماد (۲۳)، راویکومار و همکاران (۳۵)، زاید و همکاران (۴۴)، یاسمین و همکاران (۴۳) و کادر و همکاران (۲۶) گزارش شده است. شاهارونا و همکاران (۳۸) نیز افزایش وزن خشک بوته ذرت آلوده به سودوموناس را نسبت به تیمار شاهد، گزارش کردند.

طول اندام زیرزمینی، هوایی و نسبت آنها

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نوع کود بیولوژیک بر صفات طول اندام زیرزمینی و هوایی معنی دار بود. کود بیولوژیک نیتراژین بیشترین تاثیر را بر طول اندام زیرزمینی و طول اندام هوایی دارا بود (جدول ۵). در بین ارقام مختلف از نظر طول اندام زیر زمینی، هوایی و نسبت آنها تفاوت معنی داری مشاهده نشد (جدول ۵). همچنین اثر متقابل رقم و کود بیولوژیک در صفت طول اندام زیرزمینی و هوایی معنی دار گردید (جدول ۶). تیمار اثر متقابل کود بیولوژیک نیتراژین – رقم چمران بیشترین طول اندام زیرزمینی (۲۸/۴۰ cm) و تیمار اثر متقابل کود بیولوژیک باکتری های حل کننده فسفات – رقم سایونز کمترین طول اندام زیرزمینی (۱۸/۳۶ cm) را دارا بودند. بیشترین و کمترین طول اندام هوایی نیز به ترتیب در تیمار اثر متقابل کود بیولوژیک مخلوط (باکتری های حل کننده فسفات + بیوفسفر + نیتروکسین + نیتراژین) – رقم چمران (۲۳/۵۸ cm) و تیمار اثر متقابل کود بیولوژیک نیتروکسین – رقم چمران (۱۶/۱۶ cm) حاصل گردید (جدول ۶).

جدول۳- مقایسه میانگین شاخص های سبز شدن سه رقم گندم و شش نوع کود بیولوژیک

رقم	وزن خشک برگ (g)	وزن خشک ریشه (g)	وزن خشک کل (g)	نسبت وزن خشک برگ به ریشه
سایونز	۰/۴۵^{a}	۰/۲۵^{a}	۰/۶۸^{a}	۲/۰۰^{b}
گاسکوژن	۰/۴۴^{a}	۰/۱۹^{a}	۰/۶۴^{ab}	۲/۳۸^{a}
چمران	۰/۳۵^{b}	۰/۱۸^{a}	۰/۵۴^{b}	۱/۸۷^{b}
کودهای بیولوژیک				
بیوفسفر	۰/۴۷^{a}	۰/۲۳^{a}	۰/۷۰^{a}	۲/۲۰^{a}
مخلوط	۰/۴۵^{a}	۰/۲۰^{a}	۰/۶۵^{a}	۲/۳۰^{a}
نیتراژین	۰/۴۳^{a}	۰/۲۴^{a}	۰/۶۷^{a}	۱/۸۳^{a}
باکتری حل کننده فسفات	۰/۳۹^{a}	۰/۲۲^{a}	۰/۵۵^{a}	۲/۱۳^{a}
نیتروکسین	۰/۳۶^{a}	۰/۱۸^{a}	۰/۵۵^{a}	۱/۹۸^{a}
شاهد	۰/۳۹^{a}	۰/۱۹^{a}	۰/۵۹^{a}	۲/۰۸^{a}

حروف مشترک نشانگر عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد در بین ارقام مختلف و نیز کودهای بیولوژیک مختلف در هر ستون می باشند.

جدول٤- مقایسه میانگین اثرات متقابل شاخص های سبز شدن ارقام مختلف گندم در واکنش به کودهای بیولوژیک مختلف.

تیمار	وزن خشک برگ (g)	وزن خشک ریشه (g)	وزن خشک کل (g)	نسبت وزن خشک برگ به ریشه
چمران-شاهد	۰/۳۵^{abc}	۰/۱۹^{bc}	۰/۵۴^{abc}	۱/۷۷^{ab}
چمران-مخلوط	۰/۳۶^{abc}	۰/۱۷^{bc}	۰/۵۳^{abc}	۲/۱۴^{ab}
چمران-نیتروکسین	۰/۲۳^{bc}	۰/۱۵^{bc}	۰/۳۹^{bc}	۱/۵۳^{b}
چمران-نیترازین	۰/۴۱^{abc}	۰/۲۳^{bc}	۰/۶۴^{abc}	۱/۷۴^{ab}
چمران-بیوفسفر	۰/۵۶^{a}	۰/۲۶^{bc}	۰/۸۲^{a}	۲/۲۹^{ab}
چمران-باکتری حل کننده فسفات	۰/۲۱^{c}	۰/۱۱^{C}	۰/۳۲^{c}	۱/۷۵^{ab}
گاسکوزن-شاهد	۰/۳۹^{abc}	۰/۱۶^{bc}	۰/۵۵^{abc}	۲/۵۹^{ab}
گاسکوزن-مخلوط	۰/۴۴^{abc}	۰/۲۲^{bc}	۰/۶۶^{abc}	۲/۰۸^{ab}
گاسکوزن-نیتروکسین	۰/۴۲^{abc}	۰/۱۸^{bc}	۰/۶۱^{abc}	۲/۳۵^{ab}
گاسکوزن-نیترازین	۰/۴۵^{abc}	۰/۲۵^{bc}	۰/۷۰^{ab}	۱/۸۸^{ab}
گاسکوزن-بیوفسفر	۰/۴۶^{abc}	۰/۲۰^{bc}	۰/۶۶^{abc}	۲/۶۲^{ab}
گاسکوزن-باکتری حل کننده فسفات	۰/۴۸^{ab}	۰/۱۷^{bc}	۰/۶۶^{abc}	۲/۷۸^{a}
سایونز=شاهد	۰/۴۴^{abc}	۰/۲۲^{bc}	۰/۶۷^{ab}	۱/۸۹^{ab}
سایونز=مخلوط	۰/۵۵^{a}	۰/۲۱^{bc}	۰/۷۶^{a}	۲/۶۷^{a}
سایونز=نیتروکسین	۰/۴۳^{abc}	۰/۲۲^{bc}	۰/۶۵^{abc}	۲/۰۷^{ab}
سایونز=نیترازین	۰/۴۳^{abc}	۰/۲۴^{abc}	۰/۶۷^{ab}	۱/۸۷^{ab}
سایونز-بیوفسفر	۰/۴۰^{abc}	۰/۲۲^{bc}	۰/۶۳^{abc}	۱/۶۹^{ab}
سایونز-باکتری حل کننده فسفات	۰/۴۸^{ab}	۰/۳۷^{a}	۰/۶۸^{ab}	۱/۸۲^{ab}

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد می باشند.

کود بیولوژیک مخلوط (باکتری‌های حل کننده فسفات + بیوفسفر + نیتروکسین + نیتراژین) به دلیل دارا بودن مجموعه‌ای از باکتری ها (ازتوباکتر، آزوسپیریلوم، باسیلوس، سودوموناس و برخی دیگر از باکتری های حل کننده فسفات) باعث افزایش تولید هورمون هایی نظیر اکسین و ژیبرلین شده و در نتیجه تقسیم سلولی در گیاه بیشتر تحریک شده و از این طریق طول اندام هوایی افزایش یافته است.

جدول ۵- مقایسه میانگین شاخص های سبز شدن سه رقم گندم و شش نوع کود بیولوژیک

رقم	طول اندام هوایی(ارتفاع) (cm)	طول اندام زیرزمینی(ریشه) (cm)	نسبت طول اندام زیرزمینی به اندام هوایی	متوسط طول برگ (cm)	حجم ریشه (cm^3)
سایونز	۲۱/۵۱^{a}	۲۲/۹^{a}	۱/۰۶^{a}	۱۴/۶۲^{a}	۱/۵۸^{a}
گاسکوژن	۲۰/۴۸^{a}	۲۱/۱۱^{a}	۱/۰۳^{a}	۱۴/۲۷^{a}	۱/۳۷^{a}
چمران	۲۰/۷۳^{a}	۲۳/۵۵^{a}	۱/۱۷^{a}	۱۳/۶۲^{a}	۱/۳۶^{a}
کودهای بیولوژیک					
بیوفسفر	۲۰/۳۴^{ab}	۲۱/۴۱^{ab}	۱/۰۶^{a}	۱۴/۹۹^{a}	۱/۵۸^{a}
مخلوط	۲۲/۲۹^{a}	۲۱/۴۳^{ab}	۰/۹۶^{a}	۱۴/۶۷^{a}	۱/۵۴^{a}
نیتراژین	۲۲/۴۶^{a}	۲۵/۷۵^{a}	۱/۱۴^{a}	۱۴/۷۶^{a}	۱/۶۶^{a}
باکتری حل کننده فسفات	۱۹/۱۱^{b}	۱۹/۸۶^{b}	۱/۰۷^{a}	۱۳/۳۵^{a}	۱/۳۲^{b}
نیتروکسین	۱۹/۶۶^{b}	۲۱/۹۶^{ab}	۱/۱۴^{a}	۱۳/۱۹^{a}	۱/۶۱^{a}
شاهد	۲۱/۵۷^{ab}	۲۴/۷۱^{a}	۱/۱۵^{a}	۱۴/۰۶^{a}	۱/۵۴^{a}

حروف مشترک نشانگر عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد در بین ارقام مختلف و نیز کودهای بیولوژیک مختلف در هر ستون می باشند.

جدول ٦- مقایسه میانگین اثرات متقابل شاخص های سبز شدن ارقام مختلف گندم در واکنش به کودهای بیولوژیک مختلف

تیمار	طول اندام زیرزمینی (cm)	طول اندام هوایی (cm)	نسبت طول اندام زیرزمینی به اندام هوایی	متوسط طول برگ (cm)	حجم ریشه (cm^3)
چمران-شاهد	۲۷/۷۰^{ab}	۲۱/۱۲^{abc}	۱/۳۲^{ab}	۱۳/۶۵^{abcd}	۱/۳۳^{ab}
چمران-مخلوط	۲۰/۷۷^{abc}	۲۳/۵۸^{a}	۰/۸۷^{b}	۱۵/۰۷^{abc}	۱/۵۸^{ab}
چمران-نیتروکسین	۲۳/۴۲^{abc}	۱۶/۱۶^{d}	۱/۴۵^{a}	۱۱/۴۳^{cd}	۱/۴۱^{ab}
چمران-نیترازین	۲۸/۴۰^{a}	۲۳/۲۵^{a}	۱/۲۲^{ab}	۱۵/۷۸^{ab}	۱/۴۱^{ab}
چمران-بیوفسفر	۱۹/۶۵^{bc}	۲۲/۷۲^{ab}	۰/۸۵^{b}	۱۵/۴۳^{ab}	۱/۸۳^{ab}
چمران-باکتری حل کننده فسفات	۲۱/۳۷^{abc}	۱۷/۵۴^{cd}	۱/۳۰^{ab}	۱۰/۳۸^{d}	۰/۵۸^{b}
گاسکوزن-شاهد	۲۱/۰۴^{abc}	۲۰/۴۵^{abcd}	۱/۰۳^{ab}	۱۳/۴۴^{abcd}	۱/۳۳^{ab}
گاسکوزن-مخلوط	۲۲/۵۰^{abc}	۲۱/۳۱^{abc}	۱/۰۶^{ab}	۱۴/۴۳^{abc}	۱/۶۶^{ab}
گاسکوزن-نیتروکسین	۲۰/۳۱^{abc}	۱۹/۸۳^{abcd}	۱/۰۲^{ab}	۱۳/۰۴^{abcd}	۱/۴۱^{ab}
گاسکوزن-نیترازین	۲۱/۸۲^{abc}	۲۲/۴۴^{ab}	۰/۹۶^{b}	۱۴/۵۸^{abc}	۱/۷۵^{ab}
گاسکوزن-بیوفسفر	۲۱/۱۱^{abc}	۱۸/۲۲^{bcd}	۱/۱۶^{ab}	۱۳/۱۶^{abcd}	۱/۰۸^{ab}
گاسکوزن-باکتری حل کننده فسفات	۱۹/۸۶^{bc}	۲۰/۶۳^{abcd}	۰/۹۶^{b}	۱۶/۹۹^{a}	۱/۰۰^{ab}
سایونز=شاهد	۲۵/۴۰^{abc}	۲۳/۱۴^{a}	۱/۱۱^{ab}	۱۵/۱۱^{abc}	۱/۵۸^{ab}
سایونز=مخلوط	۲۱/۰۲^{abc}	۲۱/۹۸^{abc}	۰/۹۵^{b}	۱۴/۵۱^{abc}	۱/۰۸^{ab}
سایونز=نیتروکسین	۲۲/۱۶^{abc}	۲۲/۹۹^{a}	۰/۹۵^{b}	۱۵/۱۱^{abc}	۲/۱۶^{a}
سایونز=نیترازین	۲۷/۰۲^{ab}	۲۱/۶۹^{abc}	۱/۲۴^{ab}	۱۳/۹۲^{abcd}	۲/۲۵^{a}
سایونز-بیوفسفر	۲۳/۴۷^{abc}	۲۰/۰۷^{abcd}	۱/۱۷^{ab}	۱۶/۳۶^{ab}	۱/۶۶^{ab}
سایونز-باکتری حل کننده فسفات	۱۸/۳۶^{c}	۱۹/۱۸^{abcd}	۰/۹۵^{b}	۱۲/۷۰^{cd}	۰/۷۵^{b}

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد می باشند.

محققینی نظیر نارولا و همکاران (۳۳)، یاسمین و همکاران (۴۳)، احمد و همکاران (۹)، کاپولنیک و همکاران (۲۹)، باشان (۱۲) و راویکومار و همکاران (۳۵) نیز اثر تلقیح با ازتوباکتر را روی طول ریشه در گندم مثبت گزارش کردند و آن را به تولید هورمون های محرک رشد توسط ازتوباکتر نسبت دادند. ساریج و همکاران (۳۷) و فول چیری و فریونی (۱۹) نیز به ترتیب گزارشاتی مبنی بر افزایش طول ریشه های سورگوم و ذرت ارائه دادند. زیمر و بوته (۴۶)، باشان و دوبروسکی (۱۳)، کاپولنیک و همکاران (۲۷)، کادر و همکاران (۲۶) و بد-وی و آمر (۱۱) تاثیر مفید آزوسپیریلوم بر طول اندام هوایی را گزارش کردند و آن را به تولید هورمون های محرک رشد مانند اکسین، جیبرلین و سیتوکینین نسبت دادند.

متوسط طول برگ و حجم ریشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین کودهای بیولوژیک و ارقام مختلف گندم از نظر صفت متوسط طول برگ اختلاف معنی داری وجود نداشت ولی اثر متقابل کود بیولوژیک و رقم دارای تاثیر معنی‌دار بر این صفت بود (جدول ۵ و ۶). بیشترین متوسط طول برگ (۱۶/۹۹ cm) در تیمار باکتری های حل کننده فسفات و رقم گاسکوزن مشاهده شد (جدول ۶).

اثر نوع کود بیولوژیک بر صفت حجم ریشه معنی دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین و کمترین حجم ریشه به ترتیب در تیمارهای نیتراژین (۱/۶۶ cm^3) و باکتری های حل کننده فسفات (۱/۳۲ cm^3) حاصل شد (جدول۵). بین ارقام مختلف گندم از نظر حجم ریشه اختلاف معنی داری وجود نداشت، در حالی که اثر متقابل کود بیولوژیک و رقم دارای تاثیر معنی دار بر این صفت بود (جدول ۵ و ۶). بیشترین حجم ریشه در اثر متقابل کود بیولوژیک نیتراژین و رقم سایونز (۲/۲۵ cm^3) مشاهده شد (جدول ۶). به نظر می رسد غلظت بیشتر باکتری های آزوسپیریلوم و ازتوباکتر (10^8 سلول زنده در هر میلی لیتر) موجود در کود بیولوژیک نیتراژین نسبت به کود بیولوژیک نیتروکسین (10^8سلول زنده در هر میلی لیتر) و دیگر کودهای بیولوژیک به کار رفته در آزمایش منجر به برقراری همزیستی موثرتری بین ریشه گیاه و باکتری های نامبرده گردیده که نهایتا حجم بیشتر ریشه گیاه را در پی داشته است.

در بسیاری از تحقیقات نشان داده شده است که تلقیح غلات با آزوسپیریلوم سبب افزایش حجم و تعداد ریشه (۱۵) می شود. این توسعه با افزایش هورمون های رشد و همچنین تراوش پروتونی در

ارتباط است (۸).

در مجموع نتایج این تحقیق نشاندهنده اثرات مثبت کودهای بیولوژیک بر شاخص های رشدی گندم در مرحله سبز کردن است. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که می توان به اثرات کودهای بیولوژیک بر گیاه گندم امیدوار بود و بنا بر اهمیت کشت گیاهان در نظام های کم نهاده این کودها می توانند به عنوان جایگزین مناسب کودهای معدنی مطرح شوند، تا ضمن کاهش هزینه های تولید از آسیب وارد شدن به محیط زیست جلوگیری به عمل آید.

منابع

۱- آراسته، ن. ۱۳۷۰. تکنولوژی غلات. انتشارات آستان قدس رضوی.

۲- پوستینی، ک. ۱۳۷۴. واکنش های فیزیولوژیکی دو رقم گندم نسبت به شوری. مجله علوم کشاورزی، ۲۶: ۵۷-۶۵.

۳- چهارمین کتاب سال کشاورزی ایران. آمار تولیدات و عملکرد سال زراعی ۷۹-۸۰. انتشارات پارس گل، تهران.

۴- عموآقایی، ر.، ا. مستاجران، و گ. امتیازی. ۱۳۸۱. اثر سویه و غلظت باکتری آزوسپیریلوم روی رشد و نمو ریشه ارقام گندم. مجله علوم کشاورزی، ۳۳: ۲۱۳-۲۲۲.

۵- عموآقایی ر.، ا. مستاجران، و گ. امتیازی. ۱۳۸۲. تاثیر باکتری آزوسپیریلوم بر برخی از شاخص های رشد و عملکرد سه رقم گندم. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۴: ۱۲۷-۱۳۹.

۶- کمیلی، ح. ر.، م. ح. راشد محصل، م.قدسی، و ا. زارع فیض آبادی. ۱۳۸۵. ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپهای جدید گندم در شرایط تنش رطوبتی، پژوهش های زراعی ایران، ۴: ۳۰۱-۳۱۴.

7- Abdul Jaleel, C., P. Manivannan, B. Sankar, A. Kishorekumar, R. Gopi, R. Somasundaram, and R. Panneerselvam. 2007. *Pseudomonas fluorescens* enhances biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 60:7–11.

8- Abrol, I. P., J. S. P. Yadav, and F. I. Massoud. 1988. Salt-affected soil and their management. FAO, Rome.

9- Ahmad F., I. Ahmah, and M. S. Khan. 2005. Indole acetic acid production by the indigenous isolated of *Fluorescent pseudomonas* in the presence and absence of Tryptophan. Turkish Journal of Biology, 29:29-34

10- Andreselosse, M., E. Baudoin, and P. Van Denkoornhyse. 2004. Symbiotic microorganisms, a key for ecological success and protection of plants. Plant Biology and Pathology, 327(7): 639–648.

11- Badawy, F. H., and S. B. Amer. 1977. The effect of inoculation with Azotobacter on the growth of weath and tomato plant. Libyanon Journal of Agriculture, 3: 141-143.

12- Bashan, Y., S. K. Harison, and R. E. Whitmoyer. 1990. Enhanced growth of wheat and soybean plants inoculated with *Azospirillum brasilense* is not necessarily due to general enhancement of mineral uptake. Applied and Environmental Microbiology, 56:769 -775.

13- Bashan, U., and J. G. Dubrovsky. 1996. *Azospirillum* spp. participation in dry matter partitioning in grasses at the whole plant level. Biology and Fertility of Soil, 22: 435-440.

14- Bashan, Y., and G. Holguin. 1997. Azospirillum- Plant relationships: environmental and physiological advances(1990-1996). Canadian Journal of Microbiology, 43: 103-121.

15- Bashan, Y., H. Levanony, and G. Mitiju. 1989. Ghanges in proton efflux of intact wheat root induced by *Azospirillum brasilense* cd. Canadian Journal of Microbiology, 35: 691-697.

16- Belcher, E. W., and L. Miller. 1974. Influence of substrate moisture level on the germination of sweetgum and pine seed. Proceeding of the Association of Official Seed Analysis, 65: 88-89.

17- Dalla Santa, O. R., R. F. Hernández, G. L. M. Alvarez, P. R. Junior, and C. R. Soccol. 2004. *Azospirillum* spp. Inoculation in wheat, barley and oats seeds greenhouse experiments. Brazilian archives of Biology and Technology, 47(6): 843-850.

18- De Freitas, J. R., and J. J. Germid. 1989. Plant growth promoting rhizobacteria for winter wheat. Canadian Journal of Microbiology, 36: 265-272.

19- Fulchieri, M., and L. Frioni. 1994. Effect of *Azospirillum brasilense* inoculation on root morphology and respiration in tomato seedlings. Biology and Fertility of Soil, 5: 241-247.

20- Gharib, F. A., L. A. Moussa, and O. N. Massoud. 2008. Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) plant. International Journal of Agriculture and Biology, 10: 381–387.

21- Gliessman, S. R. 2007. Field and laboratory investigations in agroeclogy. CRC Press, Taylor and Francis Grop.

22- Glick, B. R. 2007. Promotion of plant growth by soil bacteria that regulate plant ethylene levels. Proceedings 33rd PGRSA Annual Meeting. Pp: 15-21.

23- Hammad, A. M. 1998. Evaluation of alginate-encapsulated *Azotobacter chroococcum* as a phage-resistant and an effective inoculum. Journal of Basic Microbiology, 8: 9-16.

24- Hegazi, N. A., and M. Monib. 1983. Response of maize plants to inoculation with Azospirillum and straw

amendment in Egypt. Canadian Journal of Microbiology, 29: 888-894.
25- Idris, M. 2003. Effect of integrated use of mineral, organic N and Azotobacter on yield, yield components and N-nutition of wheat (*Triticum aestivum.* L.), Pakistan Journal of Biological Sciences, 6:539-543.
26- Kader, M. A., M. H. Main, and M. S. Hoque. 2002. Effects of Azotobacter inoculants on the yield and nitrogen uptake by wheat. J. Biological Science, 2: 259-261.
27- Kapulnik, Y., J. Kigel, Y. Okon, I. Nur, and Y. Henis. 1981. Effect of Azospirillum inoculation of some growth parameters and N-Content of wheat, Sorghum and Panicum. Plant and Soil, 61: 65-70.
28- Kapulnik, Y., S. Sarig, A. Nur, Y. Okon, and Y. Henis. 1982. The effect of Azospirillum inoculation on growth and yield of corn. Israel Journal of Botany, 31: 247-255.
29- Kapulnik, Y., R. Gafny, and Y. Okon. 1985. Effect of *Azospirillum* spp. Inoculation on root development and NO_3 uptake in wheat in hydroponic systems. Canadian Journal of Botany, 63: 627-631.
30- Kohen, E., Y. Okon, J. Kigel, I. Nur, and Y. Henis 1980. Increase in dry weight and tatal nitrogen content in *Zea mays* and *Setaria italica* associated with nitrogen-fixing Azospirillum. Plant Physiology, 66: 746-749.
31- Kloepper, J. W., K. Lifshitz, and M. N. Schroth. 1988. *Pseudomonas* inoculants to benefit plant production. Atlas of Science: Animal and Plant Science, pp: 60–4.
32- Krishna, A., C. R. Patil, S. M. Raghavendra, and M. D. Jakati. 2008. Effect of bio-fertilizers on seed germination and seedling quality of medicinal plants. Karnataka Journal of Agriculture and Science, 21: 588-590.
33- Narula, N., V. Kumar, R. K. Behl, A. Deubel, A. Gransee, and W. Merbach. 2000. Effect of P-Solubilizing *Azotobacter chroococcum* on N, P and K uptake in P-responsive wheat genotypes grown under greenhouse conditions. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 163: 393-398.
34- Okon, Y., and C. Labandera. 1994. Agronomic application of Azospirillum: An evaluation of 20 years worldwide field inoculation. Soil Biological and Biochemistry, 26: 1591-1601.
35- Ravikumar, S., K. Kathiresan, S. T. M. Ignatiammal, M. B. Selvam, and S. Shanthy. 2004. Nitrogen-fixation Azotobacters from mangrove habitat and their utility as marine biofertilizers. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 15: 157-160.
36- Reis, V. M., J. I. Baldani, V. L. D. Baldani, and J. Dobereiner. 2000. Biological dinitrogen fixation in gramineae and palm trees. Plant Science, 19: 227-274.
37- Sarig, S., Y. Okon, and A. Blum. 1992. Effect of *Azospirillum brasilense* inoculation on growth dynamics and hydrolic conductivity of Sorghum bicolor roots. Journal of Plant nutrition, 15: 805-819.
38- Shaharoona, B., M. Arshad, A. Z. Zahir, and A. Khalid. 2006. Performance of *Pseudomonas* spp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mayz* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. Journal: Soil Biology and Biochemistry, 38: 2971–2975.
39- Sharma, A. K. 2004. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India.
40- Soliman, S., M. A. Seeda, S. S. M. Aly, and A. M. Gadalla. 1995. Nitrogen fixation by wheat plant as affected by nitrogen fertilizer levels ana nonsymbiotic bacteria. Egyptian Journal of Soil Science, 35: 401-413.
41- Soltani, A., S. Galashi, E. Zeinali, and N. Latify. 2001. Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Seed Science, 30: 51-60.
42- Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant and Soil, 255: 571–586.
43- Yasmin, S., M. A. R. Bakar, K. A. Malik, and F. Hafeez. 2004. Isolation characterization and benefical effects of rice associated plant growth promoting bacteria from Zanzibar soils. Journal of Basic Microbiology, 44: 241-252.
44- Zaied, K. A., A. H. Abd El-Hady, H. Aida, and M. A. Nassef. 2003. Yield and nitrogen assimilation of winter wheat inoculated with new recombinant inoculants of rhizobacteria. Pakistan Journal of Biological Sciences, 6: 344-358.
45- Zamber, M. A., B. K. Konde, and K. R. Sonar 1984. Effect of *Azotobacter chroococcum* and *Azospirillum brasilense* inoculation under graded levels of nitrogen on growth and yield of wheat. Plant and Soil, 79: 61-67.
46- Zimmer, W., and H. Bothe. 1988. The phytohormonal interactions between Azospirillum and wheat. Plant and Soil, 110: 239-247.