تأثیر کودهای بیولوژیک بر شاخص‌های رشدی و سهم فرایند انتقال مجدد ماده خشک در عملکرد دانه گندم

رئوف سید شریفی* و محمدصادق حیدری سیاه خلکی

اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات

تاریخ دریافت: ۹۲/۲/۳ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۲۴

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کود های بیولوژیک بر شاخص های رشدی و سهم فرایند انتقال مجدد ماده خشک در عملکرد دانه گندم، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورها شامل زمان کاربرد کود نیتروژنه در سه سطح (۱/۳ کاشت،۱/۳پنجه زنی،۱/۳قبل از گلدهی)؛ (۱/۴ کاشت، ۱/۲ پنجه زنی تا ساقه روی، ۱/۴ گلدهی)؛ (۱/۴ کاشت، ۱/۴ سبز شدن، ۱/۴ ساقه روی، ۱/۴ گلدهی) به ترتیب به صورت N_1، N_2 و N_3 و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد (عدم تلقیح، تلقیح با ازتوباکترکروکوکوم استرین ۵، سودوموناس پوتیدا استرین های ۴۱ و ۱۸۶) بودند. بیشترین میزان انتقال ماده خشک از بوته در سطح اول از کاربرد نیتروژن در عدم تلقیح بذر با باکتری و حداقل آن در سطح سوم زمان مصرف نیتروژن و تلقیح با ازتوباکتر برآورد گردید. با کاربرد نیتروژن به صورت N_1 و تلقیح بذر با باکتری عملکرد تک بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن صد دانه، ارتفاع بوته، وزن ریشه و درصد پروتئین افزایش یافت. بررسی تجمع ماده خشک کل نشان داد که در تمامی ترکیب‌های تیماری تا ۴۰ روز پس از کاشت با سرعت کم و پس از آن با سرعت زیادی تا ۷۰ روز بعد از کاشت افزایش یافت. سپس بدلیل افزایش پیری برگ‌ها تا زمان برداشت، کاهش یافت. بنابراین به منظور افزایش عملکرد و دیگر شاخص های رشدی می توان پیشنهاد نمود که تلقیح بذر گندم با ازتوباکتر در سطح اول زمان مصرف کود نیتروژنه به کار برده شود.

واژه‌های کلیدی: ماده خشک؛ باکتری های محرک رشد؛ نیتروژن.

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۴۳۵۵۶۵۸۵ ، پست الکترونیکی: Raouf_ssharifi@yahoo.com

مقدمه

گندم از مهمترین گیاهان زراعی است که به دلیل ارزش غذایی بالا، تنوع و مرغوبیت فراورده های آن، برای تأمین بیش از نصف پروتئین مصرفی جهان در سطح وسیعی کشت می شود. نیتروژن به دلیل وظایف متعدد و با اهمیتی که در فرایندهای حیاتی گیاه نظیر ساختار پروتئین، اسیدهای نوکلئیک و کلروفیل دارد، عنصری است که کمبود آن به خصوص در خاک‌های دارای میزان کم ماده آلی بیش از سایر عناصر تولید را محدود می‌کند (۱). با اینکه گندم گیاهی کودپذیر است و در طول دوره رشدی خود مقادیر قابل توجهی نیتروژن را از خاک برداشت می کند، ولی این کود بیش از عناصر غذایی دیگر در معرض شستشو می‌باشد و مقدار بازیافت آن کمتر از نصف مقدار به کار رفته می‌باشد و اگر بین نیاز گیاه به نیتروژن در مراحل مختلف رشد و زمان مصرف آن هماهنگی نباشد نه تنها عملکرد افزایش نمی یابد، بلکه با توجه به وجود تبخیر و شستشوی زیاد نیتروژن، این عنصر می‌تواند از دسترس گیاه خارج شده و موجب آلودگی‌های زیست محیطی گردد، از این رو یکی از راهکارهای مدیریتی برای کاهش تلفات ناشی از آبشویی، مصرف کود مطابق با زمان نیاز گیاه می باشد تا قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی در

مراحل مختلف رشد افزایش یابد (۲۸). لوپز بلیدو و همکاران (۲۰۰۵) اظهار داشتند که قابلیت استفاده از کود نیتروژنه از ۱۴/۱ درصد در مصرف کود به هنگام کاشت تا ۵۴/۸ درصد با مصرف در زمان شروع ساقه روی افزایش می یابد (۲۴).

امروزه یکی از شیوه های مناسب کشاورزی مدرن برای ممانعت از مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی و حل مشکلات ناشی از آلودگی محیط زیست، علاوه بر زمان مناسب مصرف کود، بکارگیری کودهای زیستی به ویژه باکتری های محرک رشد گیاهی به صورت تلفیق با کودهای شیمیایی است، این باکتری ها به طور طبیعی در خاک ها وجود دارند ولی تعداد و تراکم آنها در خاک پایین است، بنابراین تلقیح بذر گیاهان با این باکتری ها می تواند جمعیت آنها را به حد مطلوب رسانده و در نتیجه منجر به بروز اثر مفید آنها در خاک گردد (۱۰).

ویسی و همکاران (۲۰۰۳) اظهار داشتند که باکتری‌های رایزوسفری محرک رشد گیاه قادرند با استفاده از مکانیسم های مختلفی همانند تثبیت نیتروژن، تولید هورمون‌هایی نظیر اکسین و جیبرلین، ترشح سیدروفور و اسیدهای آلی در ریزوسفر، افزایش تارهای کشنده ریشه و کمک به جذب عناصر غذایی از خاک، منجر به بهبود رشد گیاه شوند (۳۹). جیمز و پولسن (۲۰۰۴) افزایش اجزای عملکرد را به نقش مؤثر باکتری‌های محرک رشد در تثبیت نیتروژن و رها سازی آن در مراحل حساس نیاز کودی نسبت دادند (۱۸). کادر و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردندکه بکارگیری ازتوباکتر با افزایش پنجه و توسعه سیستم ریشه ای، منجر به افزایش عملکرد گندم گردید (۱۹). غلامی و همکاران (۲۰۰۹) افزایش سطح برگ ذرت در پاسخ به تلقیح با آزتوباکتر براسیلنز دی- س- ام، ۱۶۹۰ (*Azotobacter brasilense DSM 1690*) را تا حدود ۶۵ درصد گزارش نمودند (۱۷). سید شریفی و همکاران (۲۰۱۱) بیشترین شاخص سطح برگ ذرت را در تلقیح بذر با ازتوباکتر و کمترین آن را در عدم تلقیح گزارش نمودند (۳۵). وو و همکاران (۲۰۰۵) دلیل افزایش سرعت رشد محصول ذرت را در تلقیح با کودهای بیولوژیک، به افزایش جذب و دسترسی بیشتر عناصر غذایی توسط گیاه نسبت دادند (۴۱).

عملکرد نهایی دانه را دو فرایند فیزیولوژیک، یعنی فتوسنتز جاری و انتقال مجدد ماده انباشته شده قبل از گلدهی تشکیل می‌دهند (۱۴). به بیانی دیگر در غلات پس از مرحله گرده افشانی، دانه ها مقصدهای بسیار فعالی برای جذب کربن و نیتروژن می باشند (۳۰). در این گروه از گیاهان طی دوره ای از رشد، تجمع برخی از مواد تولید شده در فتوسنتز بیشتر از میزان مصرف آن برای رشد توسط گیاه است. در این حالت این مواد مازاد عمدتا در ساقه انباشته شده و در مراحل بعدی رشد که معمولاً از ۲-۳ هفته پس از گل دهی شروع می شود، به دانه انتقال می یابد که به این فرایند انتقال مجدد می گویند (۲۷). آسنت و همکاران (۲۰۰۳) اظهار داشتند که در هر محیطی سهم انتقال ماده خشک در عملکرد دانه به روابط منبع و مخزن در طول دوره پر شدن دانه مربوط می شود (۶). ماریا و همکاران (۲۰۰۶)؛ سید شریفی و نظرلی (۱۳۹۲) طی بررسی های جداگانه ای اظهار داشتند که در شرایط کمبود نیتروژن، قدرت مخزن (فعالیت مخزن × اندازه آن= قدرت مخزن) بیشتر از منبع است، بنابراین به دلیل روابط فیزیولوژیکی موجود بین منبع و مخزن (ظرفیت بالای مخزن موجب فعالیت بیشتر منبع می‌شود)، منبع از طریق افزایش انتقال ماده خشک، مواد مورد نیاز مخزن را فراهم می سازد، ولی تأمین نیتروژن در زمان مناسب موجب می‌گردد فتوسنتز جاری برای مدت زمان طولانی تری تداوم یابد، در نتیجه مواد مورد نیاز مخازن توسط منابع تأمین شده و تعادل بین مبدأ و مقصد تا حدودی حفظ شده و سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه به حداقل می رسد (۲ و۲۶). سوزا و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند با مصرف کود نیتروژن پس از گلدهی، انتقال مجدد از اندام های هوایی به دانه

کاهش می‌یابد و اظهار داشتند که در چنین شرایطی به دلیل مصرف نیتروژن موجب می شود گیاه برای پرکردن دانه به طور عمده از فتوسنتز جاری استفاده کند، در نتیجه سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه کاهش می یابد (۳۶). وانگ و همکاران (۱۹۹۵) گزارش نمودند که در سطوح بالا از مصرف نیتروژن، انتقال مجدد به کمتر از ۱۰ درصد می‌رسد (۴۰).

اهمیت گندم و نقش استفاده از کود نیتروژنه و باکتری های محرک رشد در بهبود عملکرد این گیاه و کمی بررسی های انجام شده در خصوص بر هم کنش توام این دو عامل ازجمله عواملی بودند که موجب شد کاربرد توام این دو عامل بر عملکرد، میزان مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه و برخی شاخص های فیزیولوژیک گندم مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روشها

محل اجرای آزمایش: آزمایش در سال ۱۳۹۰ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. گلدان ها در شرایط گلخانه ای در دمای ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی گراد با طول دوره روشنایی ۱۵-۱۶ ساعت (با استفاده از ترکیبی از لامپ های معمولی و مهتابی) نگهداری شدند. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

مشخصه	pH	درصد اشباع	آهک	رس	سیلت	شن	بافت	کربن‌آلی	نیتروژن	فسفر PPM	پتاسیم PPM
میزان	۷/۸	۴۷	۱۵	۲۳	۴۲	۳۵	سیلتی‌لومی	۰/۶۲	۰/۰۶۲	۲۹۰/۸۲	۲۱۲

تیمارهای آزمایشی: فاکتور اول شامل مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژنه در هکتار از منبع اوره بود که در سه زمان مختلف به صورت (۱/۳ زمان کاشت، ۱/۳پنجه زنی، ۱/۳قبل از گلدهی)؛ (۱/۴ زمان کاشت، ۱/۲ پنجه زنی تا ساقه روی، ۱/۴ زمان گلدهی)؛ (۱/۴ زمان کاشت، ۱/۴ زمان سبز شدن، ۱/۴ ساقه روی، ۱/۴ زمان گلدهی) به کار گرفته شد و فاکتور دوم، تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد در چهار سطح شامل تلقیح بذر با ازتوباکترکروکوکوم استرین ۵، سودوموناس پوتیدا استرین‌های شماره ۴۱ و ۱۸۶ و بدون تلقیح با باکتری به عنوان شاهد بود.

مواد آزمایشی: باکتری‌ها از مؤسسه تحقیقات آب و خاک کشور تهیه شد. در این بررسی از بذر گندم رقم آتیلا ۴ استفاده شد که از شرکت کشت و صنعت مغان تهیه گردید. ۳۶ گلدان با قطر ۴۵ سانتی متر و ارتفاع ۴۵ سانتی متر تهیه شد. خاک هر گلدان حاوی یک قسمت ماسه بادی، دو قسمت خاک معمولی و یک قسمت کود دامی بود. پس از تهیه خاک یکدست، تمامی گلدان‌ها تا ارتفاع ۴۰ سانتی-متری از خاک پر شدند و به این ترتیب حجم یکسانی از خاک درون گلدان‌ها اضافه شد.

نحوه تلقیح بذرها: برای تلقیح بذر با باکتری‌های مورد نظر، میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن دارای 10^{7} عدد باکتری زنده و فعال بود به همراه محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذرها استفاده گردید. این مخلوط به مدت ۲ ساعت در محل خشک و تاریک قرار داده شد. پس از گذشت زمان مورد نظر۶۰ عدد بذر درون هر گلدان کشت شد.

آبیاری و کنترل علف های هرز: اولین آبیاری بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی با توجه به شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی انجام شد. در طول دوره رشد کنترل علف‌های هرز به طریقه دستی انجام شد.

بررسی شاخص های رشدی: برای بررسی روند رشد از ۳۰ روز بعد از کاشت در فواصل زمانی هر ۱۰ روز یک‌بار

نمونه‌برداری به روش تخریبی انجام شد. هر بار دو بوته از هر گلدان انتخاب و وزن خشک آنها بعد از قرار گیری در آون به مدت ۷۲ ساعت و یا بیشتر (تا زمان تثبیت وزن خشک نهایی) برآورد گردید. سپس بیوماس کل، شاخص سطح برگ، سرعت رشد نسبی و سرعت رشد محصول با استفاده از روابط زیر برآورد شد (۲۱).

$$TDM = e^{a+bt+ct^2+dt^3} \quad (۱)$$ (ماده خشک کل $gr.m^{-2}$)

$$RGR = b+2ct+3dt^2 \quad (۲)$$ سرعت رشد نسبی (gr/gr.day)

سرعت رشد محصول ($gr.m^{-2}.day$)

$$CGR = (b+2ct+3dt^2)\times e^{(a+bt+ct^2+dt^3)} \quad (۳)$$

$$LAI = e^{(a+bt+ct^2)} \quad (4)$$ شاخص سطح برگ

در این روابط t زمان بین مراحل نمونه برداری و a، b، c و d ضرایب معادله هستند. ضریب تبیین بالا و معنی‌دار و توزیع مناسب نقاط واقعی در اطراف منحنی و منطقی بودن روند تغییرات از نظر فیزیولوژیک دلیل اصلی انتخاب صحیح این معادلات برای کلیه تیمارهای مورد بررسی بود.

برآورد انتقال ماده خشک: برای برآورد میزان انتقال مجدد مواد از اندام‌های رویشی به دانه، در هر گلدان ۱۴ بوته مشابه و یکنواخت علامت گذاری شد و از یک هفته قبل از پر شدن دانه تا رسیدگی فیزیولوژیک، هر چهار روز یک‌بار برداشت نمونه انجام شد. بوته‌های برداشت شده به ساقه، برگ، سنبله و دانه تفکیک شدند. پس از خشک کردن (قرار دادن در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت یا بیشتر تا زمان تثبیت وزن خشک نهایی) به اندام‌های مختلف توزین و میزان انتقال ماده خشک، سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه و میزان مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه از طریق روابط ۵ تا ۸ به شرح زیر برآورد گردید (۳۱). در این روابط کاهش ناشی از تنفس در نظر گرفته نشده است و فرض شده است که تنفس برای شرایط محیطی مورد استفاده در این بررسی یکسان است. اهدایی و ونیز (۱۹۹۶) هم در بررسی‌های مربوط به تنوع ژنتیکی انتقال مجدد در گندم، چنین فرضی را به‌کار برده‌اند (۱۵).

رابطه ۵

وزن خشک اندام هوایی (بجز دانه) در مرحله رسیدگی – حداکثر ماده خشک اندام هوایی در برداشت اول = انتقال ماده خشک (گرم در بوته)

رابطه ۶

۱۰۰× عملکرد دانه / وزن اندام هوایی (بجز دانه) در رسیدگی – حداکثر وزن اندام هوایی در برداشت اول=سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه

رابطه ۷

وزن خشک ساقه (بجز دانه) در رسیدگی فیزیولوژیک – حداکثر وزن خشک ساقه در برداشت اول = میزان انتقال مجدد از ساقه (گرم در بوته)

رابطه ۸

۱۰۰ × عملکرد دانه / انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای از ساقه به دانه = درصد سهم ذخایر ساقه در عملکرد دانه

عملکرد و اجزای عملکرد: صفات مختلف مانند ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن صد دانه، عملکرد تک بوته از ۸ بوته که به طور تصادفی در هر گلدان مشخص شده بود اندازه‌گیری و میانگین مربوطه به عنوان ارزش آن صفت در تجزیه و تحلیل داده‌ها به کار گرفته شد. پروتئین دانه با استفاده از روش کجلدال برآورد شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و Excel انجام شد و برای مقایسه میانگین ها، از آزمون LSD استفاده شد.

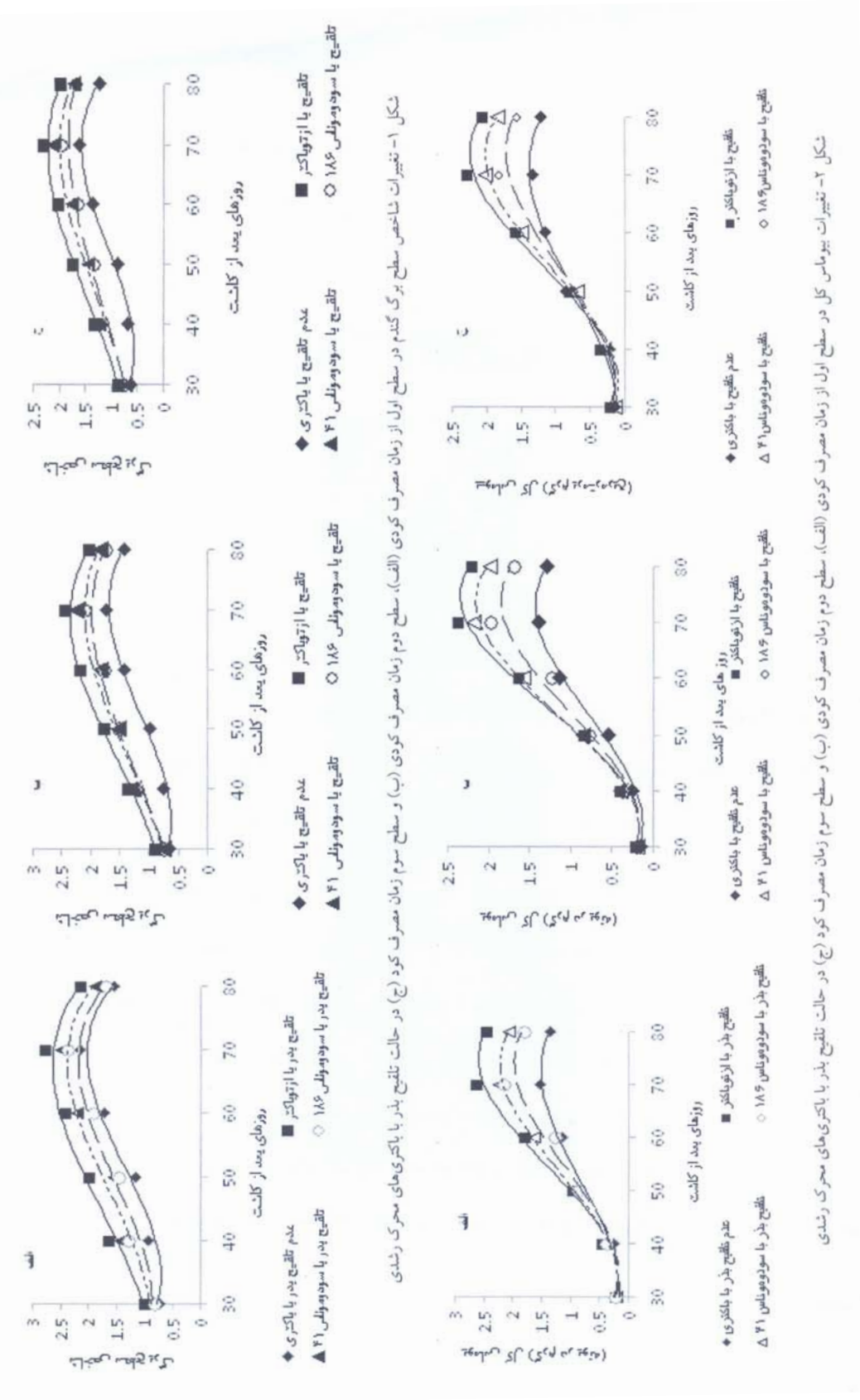
نتایج و بحث

شاخص سطح برگ: روند تغییرات این شاخص در تمامی تیمارها تا ۷۰ روز بعد از کاشت افزایشی بود ولی از آن به بعد به دلیل پیری، خشک شدن و ریزش برگ‌ها سیر کاهشی به خود گرفت. شاخص سطح برگ در حالت تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد از افزایش قابل توجهی نسبت به عدم تلقیح برخوردار بود (شکل های ۱). بیشترین شاخص سطح برگ (۲/۷) در ۷۰ روز بعد از کاشت در

سطح اول از زمان مصرف نیتروژن و در تلقیح بذر با ازتوباکتر (شکل ۱–الف) و کمترین آن (۱/۶) در سطح سوم از زمان مصرف کود و در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری (شکل ۱– ج) مشاهده گردید. بررسی ها نشان می دهد که با افزایش سن گیاه در مرحله رویشی، وزن خشک اندام های هوایی و شاخص سطح برگ افزایش می یابد ولی پس از ورود به مرحله زایشی به علت مسن شدن و ریزش برگ ها این شاخص کاهش می یابد (۲ و ۳). بررسی های چاکماکچی و همکاران (b ۲۰۰۷) نشان داد که سطح برگ گندم در اثر تلقیح با باکتری‌های افزاینده رشد ۲۸/۸ تا ۴۵/۲ درصد با توجه به نوع باکتری افزایش می‌یابد و به تبع آن شاخص سطح برگ افزایش می یابد (۱۰). تأثیر مثبت باکتری های محرک رشد آزوتوباکتر براسیلنز دی– س– ام، ۱۶۹۰ بر افزایش سطح برگ ذرت تا حدود ۶۵ درصد توسط غلامی و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش شده است (۱۷). سید شریفی (۲۰۱۱) در بررسی تغییرات شاخص سطح برگ ارقام ذرت، بیشترین این شاخص را در تلقیح بذر با ازتوباکتر و کمترین آن را در عدم تلقیح گزارش نمودند (۳۵).

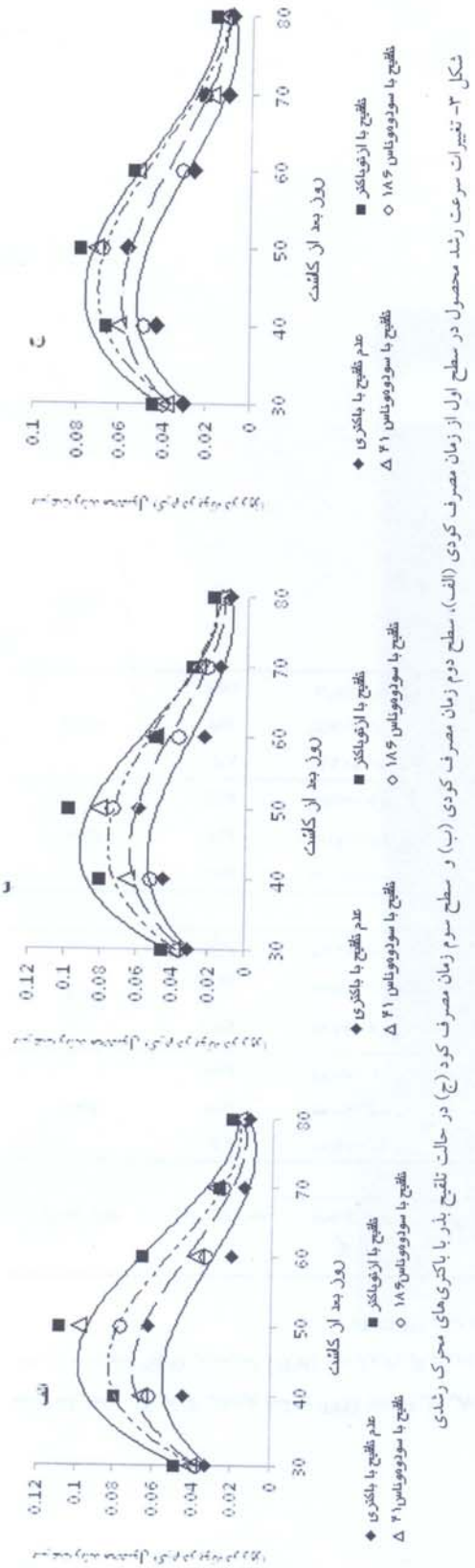
بیوماس کل: روند تغییرات این شاخص نشان داد تا ۳۰–۴۰ روز پس از کاشت، تجمع ماده خشک با سرعت کمی در کلیه ترکیب‌های تیماری افزایش داشته و پس از آن با سرعت زیادی افزایش و در ۷۰ روز پس از کاشت به حداکثر مقدار خود رسید. سپس به دلیل افزایش سن گیاه و پیری برگ‌ها، مقدار ماده خشک کاهش یافت (شکل های ۲). تلقیح بذر با هر یک از باکتری‌های محرک رشد در تمامی زمان های مصرف از کود نیتروژن، موجب افزایش بیوماس کل نسبت به عدم تلقیح گردید. نتایج نشان داد که بیشترین ماده تولیدی (۲/۶۲۱ گرم در بوته) به سطح اول از مصرف کود نیتروژن در تلقیح بذر با ازتوباکتر (شکل۲–الف) و کمترین آن (۱/۱۵۷ گرم در بوته) به مصرف کود به صورت چهار مرحله ای در عدم تلقیح بذر با باکتری (شکل ۲–ب) و در ۸۰ روز پس از کاشت برآورد گردید. بالابودن بیوماس کل در این ترکیب تیماری را می توان به بالا بودن شاخص سطح برگ در این ترکیب تیماری نسبت داد (شکل۱–الف). گاردنر و همکاران (۱۹۸۵) اظهار داشتند که افزایش شاخص سطح برگ و افزایش طول عمر برگ دو راه حل اساسی برای جذب تشعشع بیشتر و تولید ماده خشک بالاتر در گیاه است (۱۶). در این بررسی به نظر می‌رسد بالا بودن شاخص سطح برگ ناشی از زمان مصرف کود نیتروژنه در تلقیح بذر با ازتوباکتر (شکل ۱)، منجر به دریافت تشعشع و تولید مواد فتوسنتزی و در نهایت منجر به تولید ماده خشک بیشتر در گیاه شده است. نتایج مشابهی نیز در مورد افزایش معنی دار بیوماس اندام هوایی گندم در حالت تلقیح بذر با باکتری های محرک رشد توسط زاید و همکاران (۲۰۰۳) گزارش شده است (۴۳). آنان اظهار داشتند که باکتری‌های محرک رشد با تأمین منابع نیتروژن اضافی یا تولید هورمون‌های رشد و همچنین افزایش وزن و حجم ریشه و کمک به جذب بهینه آب و املاح، به بهبود رشد گیاه کمک می‌کنند. بررسی های کومار و همکاران (۲۰۰۱) نشان داد که ماده خشک گیاهی در شرایط تلقیح با ازتوباکتر بیشتر از شرایط عدم تلقیح بوده است (۲۳).

اسپیرتز و آلن (۲۰۰۸) گزارش کردند که مصرف کود نیتروژنه در زمان مناسب، ماده خشک کل را افزایش داد و علت را به کاهش محدودیت مبدأ در طول مرحله مریستمی آندوسپرم، افزایش دوام سطح برگ و طولانی‌تر شدن دوره پر شدن دانه نسبت دادند (۳۷). ازتوباکتر در کنار کود نیتروژنه می‌تواند با اثرگذاری مثبت خود بر جذب عناصر ماکرو و میکرو (کندیل و همکاران، ۲۰۰۴)، بهبود توزیع آب در گیاه، افزایش فعالیت نیترات ردوکتاز و تولید هورمون‌های گیاهی مؤثر بر رشد گیاه، موجب افزایش عملکرد دانه در گندم شود (۲۰).

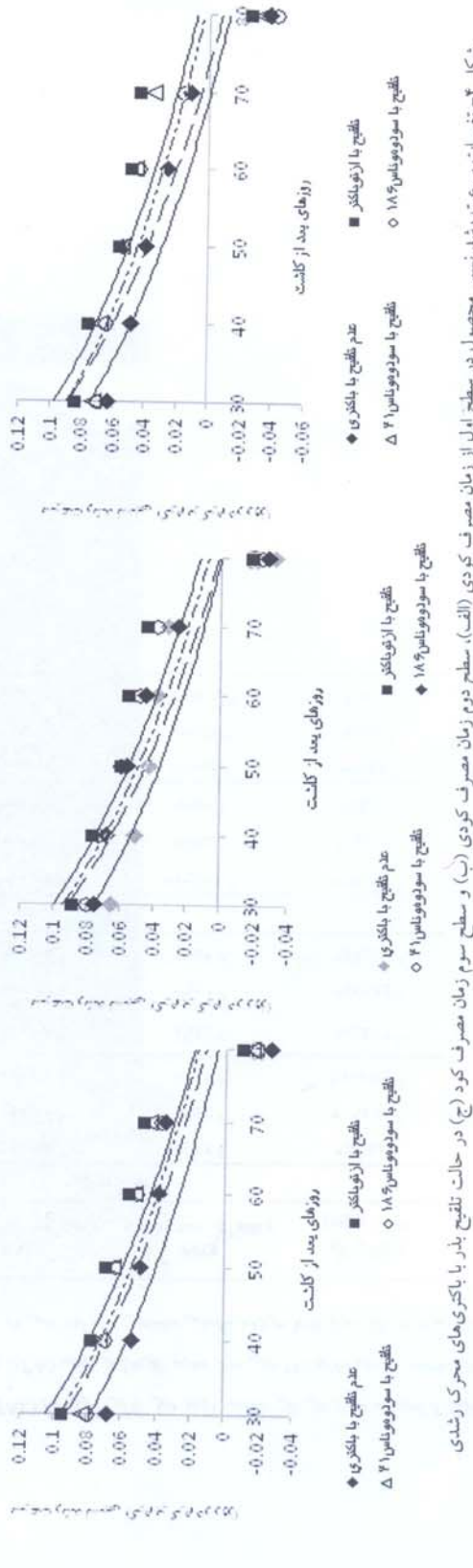


شکل ۱- تغییرات شاخص سطح برگ گندم در سطح اول از زمان مصرف کودی (الف)، سطح دوم زمان مصرف کودی (ب) و سطح سوم زمان مصرف کود (ج) در حالت تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشدی

شکل ۲- تغییرات بیوماس کل در سطح اول از زمان مصرف کودی (الف)، سطح دوم زمان مصرف کودی (ب) و سطح سوم زمان مصرف کود (ج) در حالت تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشدی



شکل ۳- تغییرات سرعت رشد محصول در سطح اول از زمان مصرف کودی (الف)، سطح دوم زمان مصرف کود (ب) و سطح سوم زمان مصرف کود (ج) در حالت تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشدی



شکل ۴- تغییرات سرعت رشد نسبی محصول در سطح اول از زمان مصرف کودی (الف)، سطح دوم زمان مصرف کودی (ب) و سطح سوم زمان مصرف کود (ج) در حالت تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشدی

عبدالجلیل و همکاران (۲۰۰۷) اظهار داشتند که باکتری های محرک رشد از طریق کمک به جذب نیتروژن و سنتز آنزیم هایی که مقدار اتیلن در گیاه را تنظیم می کنند در کنارکود نیتروژنه به توسعه بهتر ریشه، تحریک رشد گیاه و افزایش انباشت ماده خشک کمک می کنند (۵).

سرعت رشد محصول: نتایج نشان داد که در تمامی تیمار-ها در اوایل فصل رشد سرعت رشد محصول، ابتدا افزایش یافته و به حداکثر مقدار خود رسید، پس از آن کاهش یافت (شکل های ۳). همان‌طور که ملاحظه می‌شود بیشترین مقدار CGR در ۵۰ روز پس از کاشت بدست آمد که در این میان سطح اول از زمان مصرف کود در تلقیح بذر با ازتوباکتر، دارای بیشترین مقدار CGR (۰/۱۲۳ گرم بر بوته در روز) و سطح سوم از مصرف کود نیتروژن در عدم تلقیح بذر با باکتری (شکل۳- ج) کمترین مقدار (۰/۰۴۸ گرم بر بوته در روز) این شاخص را داشتند.

به نظر می‌رسد از ابتدای رشد تا نزدیکی های مرحله گرده-افشانی به دلیل افزایش شاخص سطح برگ (شکل های۱) ، CGR افزایش می یابد و در اواخر فصل رشد، به دلیل کاهش سطح برگ (شکل های ۱) روند تغییرات این شاخص نیز سیر نزولی داشت (شکل ۳)، به طوری که در مرحله خمیری شدن دانه به علت کاهش فتوسنتز و افزایش شدت تنفس به حداقل مقدار خود رسید (۱). چنین روندی در تغییرات CGR با نتایج حاصل از بررسی سایر پژوهشگران نیز مشابهت دارد (۳). بنابراین به نظر می رسد در مراحل اولیه رشد به دلیل کم بودن مریستم‌های رویشی، کامل نبودن پوشش گیاهی و درصد کم جذب نور توسط گیاه مقدار آن اندک است، ولی پس از آن با کامل شدن پوشش گیاهی و استفاده کاراتر از نور خورشید و همچنین افزایش سطح برگ، مقدار آن افزایش می‌یابد تا به حد نهایی برسد. سپس به دلیل رقابت بیشتر بین بوته‌ها، کاهش نفوذ نور به داخل سایه‌انداز گیاهی و همچنین پیر شدن اندام‌های فتوسنتز کننده و انتقال مواد غذایی به دانه‌ها، میزان آن کاهش می‌یابد و حتی در برخی موارد ممکن است سطح برگ به حدی رسیده باشد که برگ‌های پایینی گیاه نور کافی برای انجام سرعت تبادل Co_2 (Carbon Exchange Rate) دریافت نکنند و موجب منفی‌تر شدن سرعت رشد محصول گردد (۱). ولی نقش اصلی نیتروژن در توسعه ساقه و برگ‌ها موجب می‌شود گیاه سریع‌تر پوشش سبز خود را کامل کند و حداکثر استفاده را از نهاده‌های محیطی به عمل آورد که نتیجه آن افزایش سرعت رشد گیاه می‌باشد. کریمی و عزیزی (۱۳۷۶) کاهش سرعت رشد محصول تا نزدیکی های صفر را به کاهش فتوسنتز خالص نسبت دادند (۳). زید و همکاران (۲۰۰۳)؛ وو و همکاران (۲۰۰۵) افزایش سرعت رشد محصول را به دلیل تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد، به توانایی باکتری‌ها در افزایش دسترسی به عناصر غذایی توسط گیاه نسبت دادند (۴۱ و۴۳). یساری و پاتواردن (۲۰۰۷) گزارش کردند که سرعت رشد محصول در کلزا تحت تأثیر تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد نسبت به عدم تلقیح ۱۰ تا ۱۲ درصد افزایش نشان داد و اظهار داشتند که کاربرد توام کودهای بیولوژیک با شیمیایی نسبت به استفاده جداگانه و نیز عدم استفاده از آنها، دارای سرعت رشد محصول بیشتری بود (۴۲). افزایش سرعت رشد محصول توسط کودهای بیولوژیک در گیاهان مهمی همانند جو (۱۰) و ذرت (۳۵) طی بررسی‌های مختلف گزارش شده است. سودزینسکا و ساویکا (۲۰۰۰) گزارش کردند که تعداد جمعیت باکتری های محرک رشد در مراحل مختلف رشد و نمو غلات در کنار کود نیتروژنه افزایش می یابد و کاربرد نیتروژن معدنی در زمان مناسب در خاک، ضمن کمک به این باکتری ها موجب می‌شود گیاه با افزایش رشد رویشی، بهره‌برداری بهتر از نور و فتوسنتز و تخصیص ماده خشک بیشتر به بوته، به افزایش سرعت رشد محصول و ماده خشک تولیدی در گیاه کمک نماید (۳۸).

سرعت رشد نسبی: بررسی روند تغییر سرعت رشد نسبی در سطوح مختلف از مصرف نیتروژن و باکتری‌های محرک

رشد نشان داد که با افزایش طول دوره رشدی گیاه به طور مداوم کاهش می‌یابد، به طوری که در انتهای فصل به کمترین میزان خود می‌رسد. بیشترین مقدار سرعت رشد نسبی (۰/۱۱ گرم به ازای هر گرم در روز) در ۳۰ روز پس از کاشت در سطح اول از زمان مصرف نیتروزن به همراه تلقیح بذر با ازتوباکتر (شکل ۴- الف) و کمترین میزان آن (۰/۰۷ گرم به ازای هر گرم در روز) در سطح سوم از مصرف کود در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری محرک رشد (شکل ۴- ج) برآورد گردید. با توجه به شکل های ارائه شده می‌توان چنین نتیجه گرفت که کاربرد باکتری‌های محرک رشد در سطح اول زمان مصرف کود نیتروژنه موجب افزایش سرعت رشد نسبی به ازای هر گرم در روز نسبت به عدم تلقیح بذور با باکتری‌های محرک رشد می-شود و در این بین ازتوباکتر نسبت به دیگر باکتری‌ها تأثیر بیشتری دارد. کریمی و عزیزی (۱۳۷۶) اظهار داشتند که تغییرات سرعت رشد نسبی نسبت به زمان حالت کاهشی دارد، ولی شیب آن وابسته به عوامل محیطی است (۳). کریم زاده و همکاران (۱۳۸۳) علت کاهش سرعت رشد نسبی به صورت خطی با گذشت زمان را به بالا رفتن نسبت بافت‌های ساختمانی به بافت‌های فعال مریستمی، افزایش سن برگ‌ها، افزایش سایه‌اندازی بخش‌های بالایی کانوپی بر برگ‌های پایینی (۴)، کاهش نسبت سطح برگ و میزان جذب خالص نسبت دادند. دیویدسون و کامپبل (۱۹۸۴) گزارش کردند که سرعت رشد نسبی گندم در ابتدای فصل بالا بوده و با گذشت زمان کاهش یافته و در مرحله خمیری منفی می‌شود (۱۳).

تأثیر نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد بر سهم فرایند انتقال مجدد ماده خشک در عملکرد دانه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس تأثیر زمان مصرف نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد بر انتقال مجدد ماده خشک و صفات مربوط به آن در جدول ۲ نشان داد که اثر اصلی و اثر ترکیب تیماری فاکتورهای مورد بررسی بر صفات مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد داشت. بیشترین میزان انتقال ماده خشک از کل بوته و ساقه به ترکیب تیماری سطح اول از مصرف کود نیتروزن و عدم تلقیح بذر با باکتری (به ترتیب معادل ۰/۲۵ و ۰/۱۸ گرم) و حداقل این صفت در سطح سوم از زمان مصرف کودی در تلقیح با ازتوباکتر (۰/۰۷۹۳ و ۰/۰۶۶ گرم) بدست آمد (جدول ۳). سید شریفی و نظرلی (۱۳۹۲) اظهار داشتند که در تأمین به موقع نیتروژن موجب می شود گیاه برای پرکردن دانه به دلیل شاخص سطح برگ بالاتر به طور عمده از فتوسنتز جاری استفاده کند، در نتیجه سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه کاهش می یابد (۲). در این بررسی مصرف کود نیتروژن در زمان مناسب در حالت تلقیح با ازتوباکتر منجر به افزایش شاخص سطح برگ گردید (شکل های ۱) و به نظر می رسد تحت چنین شرایطی به دلیل افزایش فتوسنتز جاری در عملکرد دانه موجب می شود میزان انتقال ماده خشک از کل بوته و ساقه به دانه کاهش یابد (۲۶).

معنی دار شدن سهم مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه (جدول ۲) و مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که سهم مشارکت ذخایر ساقه در سطح سوم از مصرف کود نیتروژنه و عدم کاربرد باکتری‌های محرک رشد افزایش یافت. میزان این سهم در سطح اول از زمان مصرف کود نیتروژنه و عدم تلقیح بذر با باکتری محرک رشد ۱۸/۸۸ درصد و در سطح دوم از زمان مصرف کود نیتروزنه و تلقیح بذر با ازتوباکتر ۶/۵۴ درصد بود (جدول ۳). مقایسه میانگین ها نشان داد که سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه در سطح اول از مصرف کود نیتروژن و عدم تلقیح بذر با باکتری محرک رشد ۲۶/۸ درصد و در سطح سوم مصرف کودی در تلقیح بذر با ازتوباکتر ۷/۵۵ درصد برآورد گردید (جدول ۳). البته مقادیر انتقال مجدد ماده خشک محاسبه شده در این بررسی با مقدار گزارش شده توسط پاپکوستا و گاگیانس (۱۹۹۱) برای گندم قابل مقایسه است (۳۱). آنان مقدار انتقال مجدد ماده خشک گندم را بین ۱۴/۶–۳۶/۴ درصد گزارش کردند. همچنین مقدار انتقال

مجدد ماده خشک برای جو از ۳ تا ۱۶/۴ درصد (۳۲) و برای برنج از ۸/۵ تا ۳۹/۳ درصد (۳۰) متغیر بود. ازجمله عواملی که می تواند موجب ایجاد تغییرات در مقادیر انتقال مجدد ماده خشک شود، می توان به شرایط آب و هوایی، نوع خاک، رقم و مدیریت زراعی اشاره کرد (۱۳). در این بررسی به نظر می رسد در شرایط مطلوب و دسترسی به نیتروژن کافی چون فتوسنتز جاری بواسطه شاخص سطح برگ بالاتر (شکل های ۱) به مدت زمان طولانی تری تداوم می یابد، در نتیجه تعادل منبع و مخزن تا حدود زیادی حفظ شده و مواد تولیدی منبع می تواند در مخزن مورد استفاده قرار گیرد. در این راستا میور چیای و همکاران (۲۰۰۲) اظهار داشتند که مصرف نیتروزن در زمان مناسب از دوره رشدی گیاه با بالا نگه‌داشتن میزان کلروفیل برگ های بالایی و تأخیر در پیری برگ موجب می شود که سهم فتوسنتز جاری افزایش و میزان انتقال ماده خشک در عملکرد دانه کاهش یابد (۲۹). ولی کاربرد نیتروژن در زمان نامناسب از دوره رشدی گیاه، موجب می شود گیاه به نوعی در شرایط تنش قرار گرفته و تعادل منبع و مخزن به هم بخورد، در چنین شرایطی ظرفیت مخزن (ظرفیت مخزن= اندازه مخزن × فعالیت مخزن) بیشتر از منبع بوده و میزان انتقال ماده خشک افزایش می یابد تا بتواند بخشی از نیاز شدید مخازن (دانه ها) را برآورد نماید (۲). سوزا و همکاران (۱۹۹۸) نیز کاهش سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه را با افزایش میزان نیتروژن قابل دسترس گزارش کردند (۳۶).

ارتفاع بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ارتفاع بوته تحت تأثیر زمان مصرف نیتروژن، باکتری‌های محرک رشد و اثر متقابل این دو عامل در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین ها نشان داد که حداکثر ارتفاع بوته (۸۴/۸۷ سانتی‌متر) به سطح اول از مصرف کود در تلقیح بذر با ازتوباکتر و کمترین آن (۵۲/۵۴ سانتی‌متر) به سطح سوم از زمان مصرف نیتروژن در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری تعلق داشت (جدول ۳) که با نتایج بررسی‌های براک لوگ و همکاران (۲۰۱۰) مبنی بر اینکه ارتفاع بوته در حالت مصرف مناسب از کود نیتروژنه افزایش می یابد، مطابقت داشت (۸). سید شریفی و نظرلی (۱۳۹۲) افزایش ارتفاع بوته را بر اثر تلقیح با ازتوباکتر همراه با کاربرد اوره گزارش کردند (۲). بورد و همکاران (۲۰۰۰) اظهار داشتند که باکتری‌های محرک رشد می‌توانند ارتفاع بوته و قابلیت تولید را از طریق سنتز فیتوکروم‌ها، افزایش فراهمی مواد غذایی در یک محل، آسان کردن جذب مواد غذایی، کاهش سمیت فلزات سنگین در گیاهان، جلوگیری از عوامل بیماری‌زا و القا مقاومت سیستماتیک با عوامل بیماری‌زا افزایش دهند (۹).

تعداد دانه در سنبله: براساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول۲) تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر زمان مصرف کود نیتروژنه، باکتری‌های محرک رشد و اثر این دو عامل در سطح احتمال یک درصد معنی دار بدست آمد. مقایسه میانگین ها نشان داد که تلقیح بذر با ازتوباکتر در سطح اول از زمان مصرف کودی بالاترین تعداد دانه در سنبله (۳۶) را در مقایسه با عدم تلقیح بذر با باکتری در سطح سوم از زمان مصرف کودی به خود اختصاص داد (جدول ۳). البته بین این ترکیب تیماری اختلاف آماری معنی داری با ترکیب تیماری سطح اول از زمان مصرف کود نیتروژن در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری مشاهده نگردید. افزایش اجزاء عملکرد را می‌توان به نقش مؤثر باکتری‌های محرک رشد در تثبیت نیتروژن و رها سازی آن در مراحل حساس نیاز کودی مرتبط دانست که موجب افزایش نیتروژن قابل مصرف در مراحل حساس رشدی می‌شود (۱۸). اسپیترز و والن (۲۰۰۸) اظهار داشتند که مصرف کود نیتروژنه در زمان مناسب به دلیل کاهش محدودیت مبدأ و افزایش دوام سطح برگ، موجب افزایش تعداد دانه در سنبله می شود (۳۷).

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر زمان مصرف کود نیتروژنه و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد، سرعت و دوره پر شدن دانه و برخی دیگر از صفات گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات										
		انتقال ماده خشک از کل بوته	سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه	انتقال ماده خشک از ساقه	سهم مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه	ارتفاع بوته	دانه در سنبله	وزن صد دانه	عملکرد تک بوته	وزن خشک ریشه	درصد پروتئین	حجم ریشه
تکرار	۲	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰۳ns	۰/۰۰۰۳*	۰/۰۰۰۰۳ns	۸/۳*	۳/۲۵ns	۰/۰۳ns	۰/۰۱ns	۳۵۶۲۶۳/۰۲**	۰/۰۰۶ns	۲/۰۹**
زمان مصرف کود نیتروژنه	۲	۰/۰۸**	۰/۰۲**	۰/۰۱**	۰/۰۰۱**	۱۲۰/۴۱**	۵۴/۷۵**	۰/۶۸**	۰/۲۴**	۷۸۲۴۵/۱۹**	۱۰/۹**	۳/۵۴**
باکتری‌های محرک رشد	۳	۰/۰۰۰۳*	۰/۰۳**	۰/۰۰۰۷**	۰/۰۲**	۷۰۹/۲۸**	۷۸/۴**	۰/۸۲**	۰/۳۳**	۲۰۷۳۶۳**	۶۶/۴**	۱۴/۳**
زمان مصرف کود نیتروژنه× باکتری‌های محرک رشد	۶	۰/۰۰۰۲*	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰۲*	۴۵/۵۲**	۱۲/۶**	۰/۰۶*	۰/۰۱*	۱۲۷۶۷/۰۸**	۰/۴۲*	۰/۸۷**
خطای آزمایشی	۲۲	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۱	۲/۲۳	۳/۰۰۷	۰/۰۲	۰/۰۰۵	۳۱۷۹/۳۳	۰/۱۵	۰/۱۹
ضریب تغییر (٪)	-	۶/۷۸	۹/۶۷	۹/۴۹	۸/۷۷	۲/۳۲	۶/۰۸	۴/۳۶	۷/۵۴	۹/۹۳	۳/۴۵	۱۱/۰۳

Ns: عدم تفاوت آماری معنی دار؛ *: معنی دار در سطح احتمال پنج درصد؛ **: معنی دار در سطح احتمال یک درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر زمان مصرف کود نیتروژنه در تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و برخی دیگر از صفات گندم

زمان مصرف کود	باکتری	انتقال ماده خشک از کل بوته (گرم)	سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه (درصد)	انتقال ماده خشک از ساقه (گرم)	سهم مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه (درصد)	ارتفاع بوته (cm)	وزن صد دانه (gr)
	عدم تلقیح	۰/۲۵^{a} ±۰ /۱۲۵	۲۶/۸^{a}±۱۳/۴	۰/۱۸^{a}±۰/۰۹	۱۸/۸۸^{a}± ۹/۴۴	۵۵/۵۴^{f}±۲۷/۷۷	۳/۶۳^{bc}± ۱/۸۱
سطح اول	ازتوباکتر	۰/۲۱ ^{c}±۰/۰۵۲۵	۱۴/۱۷ ^{d} ±۱۲/۰۶	۰/۱۱^{c}±۰/۰۴	۹/۳۹^{d}± ۹/۳	۸۴/۸۷^{a}±۲۷/۲۳	۴/۰۵ ^{a}± ۱/۴۶
زمان مصرف	سودوموناس ۴۱	۰/۲۳^{b}± ۰/۰۴	۱۱/۲۷ ±۲۲۶۶/	۰/۱۳±^{b}۰/۰۳۵	۱۱/۲۴^{c}± ۹/۱۲	۷۰/۰۵ ^{bc}± ۲۶/۲۷	۳/۷۵^{b}± ۱/۴۴
	سودوموناس ۱۸۶	۰/۲۳^{b}±۰/۰۱۰۵	۲۴/۹۸^{b}±۷/۰۸	۰/۱۳^{b}± ۰/۰۵۵	۱۴/۷۱^{b}± ۴/۶۹	۶۰/۵۸^{e}±۴۲/۴۳	۳/۴۷ ^{cd}±۲/۰۲
سطح دوم	عدم تلقیح	۰/۵۱ ^{d} ±۰/۰۵۱	۲۴/۱۳ ^{b}±۴/۰۵	۰/۰۸ ^{de}۰/۰۴±	۱۸/۶ ^{a}± ۳/۲۷	۵۴/۴۷^{fg}±۳۵/۹۵	۲/۹۳^{gf}±۱/۸۸
زمان مصرف	ازتوباکتر	۰/۱۰۲^{d} ±۰/۰۳۹	۸/۱^{fg}±۳/۷۷	۰/۰۸^{de}۰/۰۳۳±	۶/۵۴ ^{f}± ۳/۰۲	۷۱/۹۱^{b}±۳۴/۶۸	۳/۷۶ ^{b}±۱/۸۳
	سودوموناس ۴۱	۰/۱۱۵^{d} ۰±/۰۳۹	۱۰/۴۳^{ef}±۱۱/۳۳	۰/۰۹^{cd}±۰/۰۶۵	۸/۸۹^{d}± ۵/۶۲	۶۵/۶۴^{d}± ۳۵/۰۲	۳/۶۸^{bc}±۱/۸۷
	سودوموناس ۱۸۶	۰/۱۰۴^{d}±۰/۰۱۵	۱۲/۷۲^{de}±۵/۲۱	۰/۰۹^{cd}±۰/۰۴۵	۹/۴۹^{d}± ۴/۴۴	۶۲/۶۹^{e}± ۳۲/۸۲	۳/۲۲^{de}±۱/۸۴
	عدم تلقیح	۰/۰۸^{e}±۰/۰۳۶	۲۲/۵۴^{c}±۴/۶۲	۰/۰۷^{ef}±۰/۰۳۱	۱۸/۲۴^{a}± ۳/۵۹	۵۲/۵۴^{g}± ۳۱/۴۴	۲/۸۹^{g}±۱/۶۶
سطح سوم	ازتوباکتر	۰/۰۷۹^{e}±۰/۱۱۵	۷/۵۵^{g}±۱۲/۴۹	۰/۰۶۶^{f}±۰/۰۶۵	۶/۰۴^{f}± ۷/۳۵	۶۹/۳۶^{c}±۳۰/۲۹	۳/۶۶ ^{bc}±۱/۷۳
زمان مصرف	سودوموناس ۴۱	۰/۰۷۲^{e}±۰/۰۵۲	۹/۲۵^{fg}±۶/۳۶	۰/۰۶۲^{f}± ۰/۰۴۵	۷/۱۹^{e}± ۴/۷۴	۶۲/۸۸^{e}±۳۱/۳۴	۳/۳۳^{de}±۱/۶۱
	سودوموناس ۱۸۶	۰/۰۸ ^{e}±۰/۰۴	۱۰/۴۶ ^{ef}±۵/۲۳	۰/۰۷۲^{ef}±۰/۰۳۶	۸/۴۴ ^{d}± ۴/۲۲	۶۱/۳۱^{e}±۳۰/۶۵	۳/۱۵ ^{ef}±۱/۵۷

ادامه جدول ۳-

زمان مصرف کود	باکتری	تعداد دانه در سنبله	عملکرد تک بوته (گرم در بوته)	وزن خشک ریشه (mg)	حجم ریشه (cm^3)	پروتئین (درصد)
	عدم تلقیح	۲۵^{e}±۱۲/۵	۰/۹ ^{de}± ۰/۴۵	۵۸۹/^{de}±۲۹۴/۵	۴/۰^{def}±۲	۹/۳۲ ^{j}± ۴/۶۶
سطح اول	ازتوباکتر	۳۶^{a}±۱۳/۱۶	۱/۴۵ ^{a}±۰/۳۸۵	۸۳۵/۶ ^{a}±۱۷۸/۳	۶/۱۶^{a}±۱/۲۵	۱۴/۷۴ ^{a}±۳/۹۶
زمان مصرف	سودوموناس ۴۱	۳۳/۳۳^{ab}±۱۲/۵	۱/۲۵ ^{b}±۰/۳۶	۶۵۱^{bcd}±۱۷۶/۵	۴/۵^{cd}±۱/۲۵	۱۳/۴۵^{c}±۳/۷۸
	سودوموناس ۱۸۶	۲۷/۶۶ ^{cde}±۱۸	۰/۹۶ ^{c}±۰/۷۲۵	۵۵۰^{ef}± ۴۱۷/۸	۳/۶^{efg}±۳/۰۸	۱۲/۴۳^{e}± ۷/۳۷
سطح دوم	عدم تلقیح	۲۶/۳۳^{cde}±۱۶/۱۶	۰/۷۷ ^{gf}±۰/۶۰۵	۳۵۶/۶^{h}± ۳۵۸/۶۶	۲/۵^{h}±۲/۷۵	۷/۹۳^{k}±۷۳۶
زمان مصرف	ازتوباکتر	۳۲/۳۳^{b}±۱۴/۱۶	۱/۲۱ ^{b}±۰/۵۱۵	۷۱۷/۳۳^{b}± ۳۴۴/۵	۵/۵^{ab}±۲/۵	۱۳/۴۷^{b}±۶/۷۱
	سودوموناس ۴۱	۲۹^{c}±۱۶/۶۶	۱/۰۶ ^{c}±۰/۶۲۵	۶۲۶^{bcde}± ۳۲۵/۵	۴/۶۶^{cd}±۲/۲۵	۱۲/۳۸^{f}± ۶/۷۲
	سودوموناس ۱۸۶	۲۷/۳۳^{cde}±۱۴/۵	۰/۸۸ ^{def}±۰/۵۳	۴۹۰/۶^{fg}±۳۱۳	۳/۱۶^{gh}±۲/۳۳	۱۱/۱۴^{h}± ۶/۱۹
	عدم تلقیح	۲۵^{e} ± ۱۲/۸۳	۰/۷۲ ^{g}±۰/۴۲۵	۳۵۳/۰^{h}±۳۰۲	۲/۵^{h}±۲/۰۸	۷/۵۷^{l}±۶/۰۷۵
سطح سوم	ازتوباکتر	۲۸/۳۳^{cd}±۱۳/۸۳	۱/۰۳ ^{c}±۰/۴۸	۶۸۹/۰^{bc}±۲۷۵	۵^{bc}±۱/۸	۱۳/۴۳^{d}±۶/۲۱
زمان مصرف	سودوموناس ۴۱	۲۵/۶۶^{de}±۱۳/۶۶	۰/۸۵ ^{def}±۰/۴۴	۶۰۴/۳^{cde}±۲۴۵	۴/۱۶^{de}± ۱/۵۸	۱۲/۱۵^{g}±۵/۵۷
	سودوموناس ۱۸۶	۲۶^{de}±۱۳	۰/۸۱ ^{efg}± ۰/۴۰۵	۴۴۹ ^{gh}±۲۲۴	۳/۳^{fg}± ۱/۶۵	۱۰/۷۲^{i}±۵/۳۶

وزن صد دانه: وزن دانه های گندم به عنوان یکی از اجزای مهم عملکرد دانه است که وضعیت نهایی آن طی مرحله پر شدن دانه ها تعیین می گردد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن صد بذر (۴/۰۵ گرم) در سطح اول از زمان مصرف کود نیتروژنه در حالت تلقیح بذر با ازتوباکتر و کمترین آن (۲/۸۹ گرم) در سطح سوم از مصرف کود در عدم تلقیح بذر با باکتری برآورد گردید (جدول ۳). عبدالجلیل و همکاران (۲۰۰۶) اظهار داشتند که کاربرد باکتری های محرک رشد به دلیل تولید هورمون های گیاهی، کمک به جذب نیتروژن و سنتز آنزیم هایی که مقدار اتیلن گیاه را تنظیم می کنند می تواند با تحریک رشد رویشی به افزایش ارتفاع بوته کمک کند (۵).

وزن و حجم ریشه: مقایسه میانگین ها نشان داد که بیشترین حجم ریشه تک بوته (۶/۱۶ سانتی‌متر مکعب) در سطح اول از مصرف کود نیتروژنه در تلقیح بذر با ازتوباکتر و کمترین آن (۲/۵ سانتی‌متر مکعب) در سطح دوم و سوم از مصرف کود نیتروژنه در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری های محرک رشدی برآورد گردید (جدول ۳). بیشترین وزن خشک ریشه (۸۳۵/۶۷ میلی‌گرم) در سطح اول زمان مصرف کود نیتروژنه و تلقیح بذر با ازتوباکتر و کمترین آن (۳۵۳ میلی‌گرم) در سطح سوم از مصرف کودی و عدم تلقیح بذر با باکتری برآورد گردید (جدول۳). شواهد حکایت از آن دارد که کاربرد صحیح کود نیتروژنه می‌تواند در توسعه ریشه و در نهایت افزایش عملکرد مؤثر واقع گردد، ضمن آنکه باکتری های محرک رشد می‌توانند هورمون‌های رشد مانند اکسین‌ها را ترشح کنند که محرک رشد ریشه هستند.

نتایج مشابهی نیز توسط دیگر محققان در گندم مبنی بر افزایش وزن و حجم ریشه در تلقیح با باکتری های محرک رشدی بخصوص ازتوباکتر مشاهده شده است (۱۸و۲۵). بانرجی و همکاران (۲۰۰۶)؛ وسی و باس (۲۰۰۲) افزایش حجم و تعداد ریشه در غلات را به دلیل تلقیح بذر با آزوسپریلیوم و ازتوباکتر گزارش نمودند (۷ و۳۹). آنان اظهار داشتند که تأثیر مواد تنظیم کننده رشد تولید شده به وسیله (PGPR) بر رشد ریشه از طریق پارامترهایی بروز می‌کند که مهمترین آنها افزایش وزن و انشعابات ریشه، کاهش ضخامت ریشه و افزایش تارهای مویین سطح ریشه می‌باشند که از میان آنها افزایش وزن ریشه بر اثر کاربرد (PGPR) عمومی‌تر می‌باشد. ریدر و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که کود های زیستی از طریق سنتز هورمون های محرک رشد و افزایش تقسیمات سلولی، ضمن افزایش ریشه زایی و کمک به گسترش ریشه، در نهایت موجب افزایش وزن و حجم ریشه می شوند (۳۴).

درصد پروتئین: بیشترین درصد پروتئین دانه (۱۴/۷۴٪) در تلقیح بذر با ازتوباکتر و سطح اول از مصرف کود نیتروژنه و کمترین آن (۷/۵۷٪) در حالت عدم تلقیح بذرها با باکتری و سطح سوم از مصرف کود برآورد گردید (جدول۲). زامبر و همکاران (۱۹۸۴) افزایش درصد پروتئین دانه گندم را در اثر تلقیح با ازتوباکتر گزارش نمودند (۴۴). آنان اظهار داشتند که سیستم همیاری گندم – باکتری با تأمین نیتروژن اضافی برای گیاه حتی در شرایط نامناسب نیز در افزایش پروتئین‌های دانه نقش مؤثر و مفیدی دارد. بهبود درصد پروتئین دانه با تثبیت بیولوژیکی نیتروژن به کمک ازتوباکتر توسط رام و اندراکر (۱۹۸۵) نیز گزارش شده است (۳۳). دالا سانتا و همکاران (۲۰۰۴) اظهار داشتند که تلقیح گندم، جو و یولاف با آزوسپیریلوم به دلیل افزایش ذخیره نیتروژن در کل گیاه منجر به افزایش پروتئین دانه می شود (۱۲). در این راستا کیم و پالسون (۱۹۸۶) معتقدند که کودهای نیتروژنی، مقدار واردات نیتروژن از قسمتهای رویشی به دانه را در مقایسه با کربوهیدارت ها افزایش داده و موجب افزایش غلظت نیتروژن یا پروتئین دانه می‌گردند (۲۲).

عملکردتک بوته: بیشترین عملکرد دانه (۱/۴۵گرم در بوته) در سطح اول از مصرف کود نیتروژنه و تلقیح بذر با

ازتوباکتر و کمترین آن (۰/۷۲گرم در بوته) در سطح سوم از زمان مصرف و عدم تلقیح بذر با باکتری برآورد گردید (جدول ۲). البته بیشترین ماده خشک تولیدی نیز به این ترکیب تیماری تعلق داشت (شکل ۲- الف)، که با نتایج بدست آمده از بررسی های زانگ و همکاران (۲۰۰۹) مبنی بر وجود همبستگی مثبت و معنی دار بین عملکرد دانه و تولید ماده خشک کل در مرحله قبل و بعد از گرده افشانی، مطابقت دارد (۴۵). براک لوگ و همکاران (۲۰۱۰) گزارش نمودند که مصرف کود نیتروژن در گندم با افزایش میزان جذب به افزایش عملکرد دانه کمک می کنند (۸). رام و همکاران (۱۹۸۸) اظهار داشتند که تلقیح بذر گندم با باکتری های محرک رشد، افزون بر تثبیت بیولوژیک نیتروژن، با تولید انواع هورمون، آنتی بیوتیک و مواد محرک دیگر منجر به افزایش عملکرد دانه می شوند (۳۳). بنابراین به نظر می‌رسد که در این آزمایش استفاده مناسب و به موقع از کود نیتروژنه در سطح اول از زمان مصرف کودی موجب شده است تا گندم با سیستم ریشه‌ای بهتر، نیتروژن بیشتری را جذب و عملکرد را افزایش دهد. به طوری که نتایج حاصل از مقایسه میانگین وزن ریشه (جدول۲) نشان داد که در سطح اول زمان مصرف کودی وزن ریشه بیشتر از شیوه های دیگر زمان مصرفی بوده است. زامبر و همکاران (۱۹۸۴) اظهار داشتند که باکتری‌های محرک رشد با تغییر در اندازه و مورفولوژی ریشه‌ها به دلیل افزایش توانایی ریشه‌ها در دسترسی به حجم وسیع‌تر خاک، افزایش قابلیت استفاده از جذب عناصر غذایی و آب، در نهایت منجر به افزایش عملکرد و کارایی مصرف کود می شوند (۴۴). البته برخی نقش کودهای زیستی را در بهبود عملکرد دانه به توانایی این کود ها در سنتز هورمون های محرک رشد، افزایش جوانه زنی بذر و ریشه زایی گیاه، افزایش تقسیمات سلولی و نفوذپذیری غشاء در راستای فراهم سازی بیشتر مواد غذایی برای رشد نسبت داده اند (۳۴).

نتیجه‌گیری کلی

بررسی روند تغییرات شاخص های رشدی نظیر بیوماس کل تحت تأثیر تیمارهای مورد بررسی، نشان داد که کاربرد سطح اول از مصرف کود نیتروژنه در تلقیح بذر با باکتری-های محرک رشد، بیوماس کل را افزایش داد، و روند مشابهی نیز در دیگر شاخص های رشدی نظیر سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی و عملکرد کمی و کیفی دانه مشاهده گردید. از این رو کاربرد کود نیتروژنه به صورت (۱/۳ کاشت، ۱/۳ پنجه زنی، ۱/۳ قبل از گلدهی) به همراه تلقیح بذر با ازتوباکتر مناسب‌تر از دیگر ترکیبات کودی تشخیص داده شد.

منابع

۱- راهنما، ا. ۱۳۸۶. فیزیولوژی گیاهی. انتشارات پوران پژوهش. چاپ اول. صفحه ۱۳۹-۱۲۳.

۲- سید شریفی، ر و نظرلی، ح. ۱۳۹۲. تاثیر پرایمینگ بذر با باکتری-های محرک رشد PGPR بر عملکرد دانه، کارایی مصرف کود و انتقال مجدد ماده خشک آفتاب گردان در سطوح مختلف کود نیتروژنه. دانش کشاورزی و تولید پایدار: شماره ۳: ۴۵-۲۷.

۳- کریمی، م.، عزیزی، م. ۱۳۷۶. آنالیزهای رشد گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. صفحه ۲۵۶-۲۵۰

۴- کریم‌زاده اصل، خ.، مظاهری، د. و پیغمبری، س. ع. ۱۳۸۳. اثر چهار دور آبیاری بر روند رشد، شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکرد سه رقم آفتابگردان. مجله بیابان. جلد ۹. شماره ۲: ۲۶۶-۲۵۶ .

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

6-Asseng, S., and Van Herwaarden, A.F. 2003. Analysis of the benefits to wheat yield from assimilates stored prior to grain filling in a range of environments. Plant Soil 256, 217–239

7-Banerjee, M., Yesmin, R.L., and Vessey, J.L. 2006. Plant-growth-promoting rhizobacteria as

biofertilizers and biopesticides., PP. 137-181. In: Handbook of microbial biafertilizers. Ed., Rai, M., K., Food production Press, U. S. A.

8-Barraclough, P.B., Howartha, J.R., Jonesa, J., Lopez-Bellidob, R., Parmara, S., Shepherda, C.E., and Hawkesforda,M.J. 2010.Nitrogen efficiency of wheat: Genotypic and environmental variation and prospects for improvement. European Journal of Agronomy. 33: 1-11.

9-Burd, G.I., Dixon, D.G., and Glick, B.R. 2000. Plant growth promoting rhizobacteria that decrease heavy metal toxicity in plants. Canadian Journal of Microbiology. 33: 237-245.

10-Cakmakci R.I., Donmez, M.F. and Erdogan, U. 2007a. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barely seedling growth, nutrient uptake, some soil properties, and bacterial counts. Turkish Journal of Agriculture. 31: 189-199.

11-Cakmakci, R., Erat, M., Erdoman,U.G. and Donmez, M.F.2007b. The influence of PGPR on growth parameters, antioxidant and pentos phosphate oxidative cycle enzymes in wheat and spinach plants. J. Plant Nutrition and Soil Science. 170: 288-295.

12-Dalla Santa, O.R., Fernandez Hernandez,R., and Michelena Alvarez, G.L.2004. Azospirillum SP. Inoculation in wheat, barley and oats seeds greenhouse experiments. Brazilian Archives of Biology and Technology, 47 (6): 843- 850.

13-Davidson, H.R. and Campbell, C.A.1984.Growht rates, harvest index and moisture use of Manitiou spring wheat as influenced by nitrogen, temperature and moisture. Canadian Journal of Plant Science. 64: 825-839.

14-Dordas, C.A., and Sioulas, C. 2009. Dry matter and nitrogen accumulation, partitioning, and retranslocation in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as affected by nitrogen fertilization. Field Crops Research. 110: 35-43.

15-Ehdaie, B. and Wanies,J.G.1996.Genetic variation for contribution of preanthesis assimilates to grain yield in spring wheat. Journal of Gentic and Breeding. 50: 47-56.

16-Gardner, F.P., Pearce, R.B., and Mitchell, R.L.1985. Physiology of Crop Plants. Iowa State University. Press, Ames. Pp: 187-208.

17-Golami, A.,Shasavani, S. and Nezarat, S. 2009. The Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) germination, seedlinggrowth and yield of maize. Proceedings of Word Academy of Science.Engineering and Technology. 37: 2070-3740.

18-James, E.H. and Paulsen, G.M. 2004. Nitrogen assimilation and protein synthesis in wheat seedlings as affected by mineral nutrition. Plant Physiology. 44(5): 636-640.

19-Kader, M.A, Main, M.H and Hoque, M.S. 2002. Effects of Azotobacter inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Science. 2: 259-261.

20-Kandil, A.A., Badawi, M.A., EL-Moursy, S.A., and Abdou, M.A. 2004. Effect of planting dates, nitrogen levels and bio- fertilization treatments on 1: Growth attributes of sugar beet (*Beta Vulgaris* L.). Basic.Appli. Sci. 5(2): 227-237.

21-Karimi, M.M. and Siddique, K.H.M.1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. Australian Journal of Agricultural Research. 42: 13-20.

22-Kim, N. I., and Paulsen, G.M.1986.Response of yield attributes of isogenic tall, semi dwarf, and double dwarf winter wheats to nitrogen fertilizer and seeding rates. Crop Science. 156 (3): 197-205.

23-Kumar,V., Behl, R.K. and Narula, N. 2001. Establishment of phosphate solubilizing strains of Azotobacter chroococcum in rhizosphere and their effect on wheat under green house conditions. Microbology Research. 156: 87–93.

24-López-Bellidoa, R., and López-Bellidob, J., Ramón Redondo,K. 2005. Nitrogen efficiency in wheat under rainfed Mediterranean conditions as affected by split nitrogen application. Field Crops Research. 94 (1), 86–97

25-Manske, G.B., Luttger, A., Behi, R.K., Vlek, P.G. and Cimmit, M..2000. Enhancement of mycorhiza (VAM) infection, nutrient efficiency and plant growth by Azotobacter chroococcum in wheat. Plant Breeding. 13: 78-83.

26-Maria, R. Guitman, P., Arnozis, A., and Barneix, J. 2006. Effect of source-sink relations and nitrogen nutrition on senescence and N remobilization in the flag leaf of wheat. Physiologia Plantarum. 82 (2): 278–284

27-Masoni,A., Ercoli,L., Mariotti,M., and Arduini, I.2007.Post-anthesis accumulation and remobilization of dry matter, nitrogen and phosphorus in drum wheat as affected by soil type. European Journal of Agronomy. 26: 179-186.

28–Michael,J. and Ottmana, T.2000.Wheat durm grain quality as effected by nitrogen fertilization

near anthesis and irrigation during grain fill. Agronomy Journal. 92: 1053-1041.

29 -Murchie, E.H., Yang, J., Hubbart, S., Horton, P., Peng, S. 2002. Are there associations between grian-filling rate photosynthesis in flag leaves of field grown rice? Journal of European Science. 53:2217-2224.

30-Ntanos, D.A., and Koutroubas,S.D.2002.Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. Field Crops Research. 74: 93-101.

31-Papakosta,D.K., and Gagianas,A.A. 1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses for Mediterranean wheat during grain filling. Agronomy Journal. 83: 864-870.

32-Przulj,N., and Momcilovic,V. 2001.Genetic variation for dry matter and nitrogen accumulation and translocation in two-rowed spring barley.II.itrogen translocation.European Journal of Agronomy. 15: 255-265.

33 -Ram, G and Chandraker, B.V.S.1985. Influence of Azotobacter in presence of fertilizer nitrogen in the yield of wheat. Indian Socity and Soil Science. 33: 424-426

34-Ryder, M.H., Nong, Y.Z., Terrace, T.E., Rovira, A.D., Hua, T.W., and Correll, R.L.1999: Use of strains of Bacillus isolated in China to suppress take-all and Rhizoctonica root rot, and promotes seedling growth of glasshouse-grown wheat in Australian soils. Soil Biology and Biochemistry. 31: 19-29

35 -Seyed Sharifi, R. 2011. Study of grain yield and some of physiological growth indices in maize (*Zea mays* L.) hybrids under seed biopriming with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). Journal of Food, Agriculture and Environment. 9 (3-4)

36 -Souza, S.R., Mariam, E., Stark, L.M. and Fernandes M.S.1998. Nitrogen remobilization during the reproductive period in two Brazilian rice varieties. Journal of Plant Nutrition. 21: 2049-2053.

37 -Spiertz, J.H., and Ellen, J.J.2008. Effects of nitrogen on crop development and grain growth of winter wheat in relation to assimilation and utilization of assimilates and nutrients. Journal of Agriculture Science. 26: 210-231.

38 -Swesrzynska, D., and Sawicka, A..2000. Effect of inoculation with *Azospirillum* brasilense on development and yielding of maize (*Zea mays* L.) under different cultivation conditions. Polish Journal of Environmental Studies. 9 (6): 505-509

39 -Vessey, J.K. and Buss, T.J. 2002. Bacillus cereus UW85 inoculation effects on growth, nodulation, and Naccumulation in grain Iegumes. Controlled-environment studies. Canadian Journal of Plant Science. 82: 282-290.

40 -Wang, Z. M., Wang, S.A., and Su, B.A. 1995. Accumulation and remobilization of stem reserves in wheat. CAB Abstract.

41 -Wu, S.C., Cao, H., and Cheung, K.C.2005. Effect of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: agreen house trial. Geoderma. 125: 155-166.

42-Yasari,E. and Patwardhan, A.M.2007.Effects of Azotobacter and Azospirillum inoculation and chemical fertilizers on growth and productivity of canola. Asian Journal of Plant Science. 6:77-82.

43 -Zaied, K, Abd-EI-Hady, A.H., Afify, A.H. and Nassef, M.A 2003. Yield and nitrogen assimilation of winter wheat inoculated with new recombinant inoculant of rhizobacteria. Pakistan Journal of Biological Science. 6: 344-358.

44-Zamber,M.A., Konde, B.K. and Sonar, K.R.1984.Effect of Azotobacter chroocum and Azosprillum brasilense inoculation under levels of nitrogen on growth and yield of wheat. Plant Soil. 79: 61-67.

45 -Zhang, Y.L., Fan, J.B., Wang, D.S., and Shen, Q.R. 2009. Genotypic differences in grain yield and physiological nitrogen use efficiency among rice cultivars. Pedosphere.19: 681-691.

Effects of biofertilizers on growth indices and contribution of dry matter remobilization in wheat grain yield

Seyed Sharifi R. and Haydari Siahkhalaki M.S.

Plant Breeding and Agronomy Dept., Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, I.R. of Iran

Abstract

In order to study of the effects of biofertilizers on growth indices and contribution of dry matter remobilization in wheat grain yield, a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications. Factors were: nitrogen application time at three levels, (1/3 planting, 1/3 tillering and stem elongation, 1/3 before flowering), (1/4 planting, 1/2 tillering and stem elongation stages,1/4 before flowering) and (1/4 planting, 1/4 emergence, 1/4 stem elongation, 1/4 flowering) as N_1, N_2 and N_3 respectively. Seed inoculation treatments with PGPR containing control (without inoculation) seed inoculation with *Azotobacter chrocoococum* strain 5, *Psedomunas strain 41* and *186*. Maximum of dry matter remobilization per plant was obtained in nitrogen application time as N_1 without seed inoculation and the least was obtained in nitrogen application as N_3 and seed inoculation with *Azotobacter*. Grain yield per plant, number of grains per spike, hundred seed weight, plant height, root weight and protein content (%) increased at nitrogen application as N_1 and seed inoculation with PGPR. Dry matter accumulation increased slowly at all treatment combinations until 40 days after sowing (DAF), then increased rapidly till 70 (DAF). Then it decreased till harvest time due to aging of leaves. So, it can be suggested that in order to increase grain yield and other growth indices, nitrogen should be applied as N_1 in combination with seed inoculation with *Azotobacter*.

Key words: Dry matter; Nitrogen; PGPR,