دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال یازدهم، شماره سی و هشتم، ۱۳۹۸

تأثیر کاربرد کودهای ازتوباکتر و اوره بر ویژگی‌های مرفولوژیک ریشه و اندام‌های هوایی جو

اردشیر طاهری‌نژاد[۱]، محمداقبال قبادی[۲]، سعید جلالی‌هنرمند[۳]، حسن حیدری[٤]

دریافت: ۹٦/۱/۱ پذیرش: ۹٦/٦/۲٤

چکیده

در صورت وجود باکتری ازتوباکتر در خاک محیط ریشه، علاوه بر تأمین بخشی از نیاز نیتروژن با تولید مواد محرک رشد گیاهی باعث تقویت رشد ریشه و عملکرد محصول می‌شود. بر این اساس دو آزمایش به منظور بررسی اثر ازتوباکتر و نیتروژن بر رشد ریشه و اندام هوایی در مراحل شکم خوش (آزمایش اول) رسیدگی (آزمایش دوم) بر روی جو آبی رقم بهمن به صورت گلدانی در شهرستان سنقر، استان کرمانشاه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در سال زراعی ۹٤-۱۳۹۳ اجرا گردید. فاکتورها شامل سطوح کود زیستی ازتوباکتر کروکوکوم (۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ گرم در هکتار) و سطوح نیتروژن (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع اوره بودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده ازتوباکتر و نیتروژن و همچنین اثرات متقابل بین آنها بر تمامی صفات مورد بررسی در دو آزمایش معنی‌دار بودند. بیشترین مقدار صفات ریشه‌ای، وزن خشک اندام‌های هوایی و عملکرد دانه (۲۱/۷۷ گرم در گلدان) در مراحل شکم‌خوش و رسیدگی در تیمار ۲۰۰ گرم در هکتار ازتوباکتر و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بدست آمد و با کاهش میزان این نهاده‌ها، مقادیر صفات کاهش نشان داد، ولی با تیمار ۱۰۰ گرم در هکتار ازتوباکتر و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (۲۰/۸۵ گرم در گلدان) اختلاف معنی‌داری نداشت. بطور کلی نتایج نشان داد که با مصرف اندک ازتوباکتر (۱۰۰ گرم در هکتار)، در مصرف حدود ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن صرفه جویی شده است که هزینه تولید و مشکلات زیست- محیطی را کاهش می دهد.

واژه‌های کلیدی: ازتوباکتر کروکوکوم، نیتروژن، طول کل ریشه، ماده خشک

طاهری نژاد، ا.، م.ا. قبادی، س. جلالی هنرمند، ح. حیدری. ۱۳۹۸. بررسی کاربرد کودهای ازتوباکتر و اوره بر ویژگی‌های مرفولوژیک ریشه و اندام‌های هوایی جو. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۸: ۱۹۸-۱۸۷.

۱- کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران- مسئول مکاتبات.
eghbalghobadi@yahoo.com

۳- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

٤- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

مقدمه

نیتروژن مهمترین عنصر غذایی پرمصرف برای گیاهان می‌باشد که در ساختمان مولکولهای پروتئینی، آنزیمها، کوآنزیم‌ها، اسیدهای نوکلئیک و سیتوکرومها نقش دارد و علاوه بر ایفاء نقش در تشکیل پروتئین‌ها، یک جزء لازم مولکول کلروفیل است (هاسگوا و همکاران، ۲۰۰۸). این عنصر هرگاه به صورت کود مورد استفاده قرار گیرد باعث افزایش تولید ماده خشک، عملکرد دانه و اجزای آن می‌شود (مونته مورو و جورجیو، ۲۰۰۵). بنابر این، توسعه روش‌هایی به منظور بهبود مدیریت نیتروژن منجر به افزایش کارایی آن می‌شود (فلاورز و همکاران، ۲۰۰٤).

مدیریت عناصر غذایی به روش متداول امروزی با کاربرد بیش از حد کودهای شیمیایی منجر به تخریب بوم نظام‌های کشاورزی و به خطر افتادن سلامت انسان می‌گردد. مشکلات زیست – محیطی ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی و هزینه‌های تولید این کودها، تجدید نظر در روش‌های افزایش تولید محصولات را ضروری ساخته است (نقوی مرمتی و همکاران، ۱۳۸٦). دستیابی به مقادیر و نوع کودی که قدرت جذب نیتروژن بیشتر از خاک و انتقال آن به دانه از طرف گیاه داشته باشد، درجهت بهینه سازی مصرف نیتروژن و بهبود کیفیت از اهمیت خاصی بر خوردار است (انجم و همکاران، ۲۰۰۷؛ اوریبلاراَ و همکاران، ۲۰۰۷). مصرف بیش از اندازه نیتروژن، نسبت کربن به نیتروژن در خاک را بر هم زده و در نتیجه مواد آلی موجود در خاک‌های زراعی به دلیل افزایش ناگهانی جمعیت میکروب‌های مصرف کننده کربن، تجزیه می‌گردد (کوچکی و همکارن، ۱۳۸۳). بنابراین با توجه به آبشویی نیترات در اثر آبیارهای مکرر و افزایش غلظت آن در آبهای زیرزمینی، تصعید آمونیاک و دنیتریفیکاسیون در شرایط غرقابی (فاگریا و بالیگار، ۲۰۰۵)، جهت صرفه جویی و افزایش کارایی مصرف کودهای نیتروژنه، استفاده از باکتری‌های محرک رشد که تثبیت کننده نیتروژن بوده و می‌توانند درطول رشد گیاه، نیتروژن را تثبیت و در اختیار گیاه قرار دهند، مناسب به نظر می‌رسد (بارآ و همکاران، ۲۰۰۲؛ زهیر و همکاران، ۲۰۰٤؛ زیدی و محمد، ۲۰۰٦).

بهترین راهکار استفاده بیشتر از فرایندهای طبیعی مانند تثبیت بیولوژیک نیتروژن و مهمتر از همه حفظ سلامت جامعه و محیط است. باکتریهای خانواده ازتوباکتر علاوه بر تثبیت بیولوژیک نیتروژن ملکولی موجود در اتمسفر از طریق افزایش تحرک و قابلیت جذب عناصر غذایی و به ویژه تولید فیتوهورمونهای رشد گیاهی موجب بهبود شرایط تغذیه و رشد گیاه می‌شوند و از طریق کنترل عوامل بیماریزا، به طور غیر مستقیم به حفظ سلامت گیاه کمک نموده که تأثیر نهایی آن، بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد (کواکی و ملک، ۲۰۰۱).

کودهای بیولوژیک، شامل مقادیر کافی از یک یا چند گونه میکروارگانیسم مفید خاکزی (ازتوباکتر و آزوسپریلیوم) می‌باشند که همراه با مواد نگهدارنده مناسبی عرضه می‌شوند و نقش مثبتی در رفع نیاز غذایی گیاهان داشته و سبب بهبود شرایط رشد آنها می‌شوند (احمد و همکاران، ۲۰۱۰).

ازتوباکتر یکی از باکتری‌های مشهور آزادزی تثبیت کننده نیتروژن هواست که با استفاده از مکانیسم‌های مختلفی مانند تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، تولید هورمون اکسین و توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه (افشان شدن و افزایش سطح ریشه) قادر به افزایش عملکرد گیاهان زراعی و باغی می‌باشد (کادر و همکاران، ۲۰۰۲؛ خاوازی و ملکوتی، ۱۳۸۰). این باکتری در همیاری با ریشه غلات و دیگر گرامینه‌ها رشد و نمو آنها را تقویت کرده و بر خصوصیات کیفی نیز مؤثر می‌باشند (بحرانی و همکاران، ۱۳۸٦). همچنین با تولید مواد ضد قارچی کنترل کننده فعالیت قارچ‌های بیماریزا، آنتی بیوتیکها، سیانید ئیدروژن و سیدروفور، از تهاجم بسیاری از عوامل بیماریزا به ریشه جلوگیری می‌نمایند و موجب رشد بهتر گیاه و حفظ سلامت آن می‌شود (ملکوتی، ۱۳۸٤).

در آزمایشی روی ذرت نتایج نشان داده که تلقیح با باکتری ازتوباکتر و آزوسپریلیوم تأثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد داشته و حتی تحمل بوته را نسبت به تنش خشکی و استرس افزایش داده است (ناصری و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین گزارش شده که ازتوباکتر علاوه بر تثبیت نیتروژن، با تولید مواد محرک رشد گیاهی و سنتز اسیدهای آلی سبب بهبود رشد ریشه و متعاقب آن افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی گردیده و از این طریق در افزایش عملکرد بذور گندم تأثیرگذار بوده است (سینگ و همکاران، ۲۰۰٤). همچنین در آزمایشی تأثیر توأم ازتوباکتر و میکوریزا بر جو معنی‌دار بوده و اثرات قابل توجهی روی اکسین، جیبرلین، سیتوکینین، پروتئین و فسفر داشته و همزیستی باکتری با ریشه جو افزایش جذب آب و مواد غذایی را بدنبال داشته است (نجفی و همکاران، ۲۰۱۲).

همچنین محققان مایه‌زنی با ازتوباکتر با سطوح مختلف کود نیتروژنی بر ارتفاع بوته گندم معنی‌دار ارزیابی کرده‌اند (کادر و همکاران، ۲۰۰۲). سبز شدن سریعتر بوته‌های پنبه در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم به دلیل تولید ترکیباتی مانند ایندول استیک اسید گزارش شده است که توسط این

باکتری‌ها ترشح می‌شود. همچنین باعث افزایش وزن خشک ریشه و ساقه پنبه در اثر تلقیح با این باکتری‌ها شده است (حفیض و همکاران، ۲۰۰٤). همچنین آزمایشاتی روی جو انجام شده که همگی در اثر تلقیح ازتوباکتر کروکوکوم و سودوموناس عملکرد معنی‌داری (عملکرد دانه، شاخص برداشت و ارتفاع بوته) داشته است (ناصری و همکاران، ۲۰۱۳). علاوه برآن، اثر ازتوباکتر کروکوکوم در حل کردن فسفاتهای معدنی و افزایش رشد گندم از طریق جذب عناصر معدنی مثبت گزارش شده است (کومار و نارولا، ۱۹۹۹). در آزمایشی تعامل ریشه و افزایش کاربرد نیتروژن باعث افزایش سطح سبز برگ و میزان کلسترول در سویا شد که می‌تواند ویژگیهای فتوسنتزی سویا را بهبود بخشد (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۹).

افزایش ازتوباکتر باعث افزایش غلظت تریپتوفان شده و در نتیجه تولید اسید ایندول استیک افزایش می‌یابد که این روی افزایش رشد طول ریشه اثر دارد (ویکرام، ۲۰۱۱). در مطالعه‌ای باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش رشد گیاه، ارتفاع بوته، سنتز هورمون‌های گیاهی و در دسترس بودن مواد مغذی یا تسهیل جذب مواد مغذی بوده است (آدسه مویو و همکاران، ۲۰۱۰؛ اشرفوزمن و همکاران، ۲۰۰۹؛ مادر و همکاران، ۲۰۱۱). با توجه به آنچه ذکر شد، مصرف ازتوباکتر و تأثیر آن بر رشد و نمو و امکان جایگزینی کامل و یا بصورت ترکیبی با کودهای صنعتی نیتروژنه بر محصولات زراعی مورد بررسی قرار گرفته است. اما از آنجایی که این ترکیب تیماری بر خصوصیات رشد ریشه و اندام هوایی گیاه جو با این ویژگی در منطقه تاکنون انجام نشده است، این آزمایش با هدف بررسی تأثیر و بهینه سازی کاربرد مقادیر مختلف باکتری ازتوباکتر در سطوح مختلف نیتروژن بر توسعه سیستم ریشه‌ای، اندام هوایی و عملکرد دانه در گیاه زراعی جو در شرایط آب و هوایی منطقه طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

دو آزمایش به منظور بررسی رشد اندام هوایی و ریشه روی گیاه جو رقم بهمن در گلخانه روباز مرکز خدمات شهرستان سنقر (استان کرمانشاه)، با طول جغرافیایی ٤۷ درجه و ۳۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳٤ درجه و ٤٦ دقیقه، با ارتفاع ۱۷۵۰ متر از سطح دریا، دارای آب و هوای مدیترانه‌ای سرد انجام شد. مشخصات آب و هوایی منطقه در سال اجرای آزمایش در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- برخی از پارامترهای اقلیمی محل اجرای آزمایش درسال زراعی ۹٤-۱۳۹۳

پارامترها	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
بارندگی (میلیمتر)	۷۲	٤۵/۵	٦۳	۳۲	٦۸	۳۱	۹۵/۵	۱٤	۲/۵
میانگین حرارت حداکثر (درجه سانتیگراد)	۲۵	۱۵	۹	۸	۹	۱۱	۲۲	۲٦	۲۹
میانگین حرارت حداقل (درجه سانتیگراد)	٤	-۲	-۱	-۱۳	-۸	-۸	-۳	-٤	۹
متوسط ماهانه (درجه سانتیگراد)	۱٤/٦۵	۵/۸۸	۳/٦	۰/۵	۲/۷	۲/۷۱	۸/۰۸	۱۳/۹٦	۱۹/٦۵

فاکتورها در هر دو آزمایش یکسان و شامل نیتروژن (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع اوره و کود بیولوژیک ازتوباکتر کروکوکوم[1](۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ گرم در هکتار) بودند. این دو آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار و بطور جداگاه در سال زراعی ۹٤-۱۳۹۳ اجرا شدند.

مصرف ازتوباکتر بصورت تلقیح با بذر و مصرف نیتروژن در دو مرحله بصورت پایه (یک سوم) و سرک (دوسوم و در مرحله ساقه رفتن) بود. تلقیح بذور با ازتوباکتر قبل از کاشت و در شرایط سایه انجام گرفت. بدین منظور، ابتدا بذر مورد نیاز برای هر تیمار انتخاب و در کیسه‌های پلاستیکی جداگانه مایه‌های تلقیح به بذرها اضافه و به خوبی مخلوط شد و در سایه خشک شدند. بذر مورد استفاده جو زراعی از رقم بهمن، انتخاب و از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه تهیه شد. این رقم در سال ۱۳۸۷ توسط مرکز بین المللی ایکاردا معرفی شده و دارای تیپ رشد زمستانه، نسبتاً دیررس، نسبتاً مقاوم به ریزش، متحمل به گرما و خشکی، میانگین ارتفاع ۷۸ سانتیمتر و مناسب کشت در مناطق سرد و معتدل سرد می‌باشد.

آزمایش اول: برای بررسی رشد و خصوصیات ریشه در مرحله شکم خوش[2] این آزمایش به صورت گلدانی (قطر ۱٦ و

1-*Azotobacter chroococcum*

2-Booting stage

ارتفاع ۵۰ سانتیمتر) در یک گلخانه روباز انجام شد. جنس گلدان‌ها پلاستیکی و بصورت لوله‌ای بودند. پس از تهیه و آماده نمودن گلدان‌ها به تعداد ٤٥ گلدان، عملیات کاشت با تراکم ۸ عدد بذر در هر گلدان، در ۱۰ آبان ماه انجام شد. خاک گلدان‌ها از خاک سطحی مزرعه (عمق تا ۳۰ سانتیمتر) استفاده شد. مشخصات خاک مورد استفاده در گلدان‌ها در جدول ۲ آمده است.

در این آزمایش، صفات ریشه‌ای شامل حجم، طول کل، سطح و وزن خشک ریشه) و اندام های هوایی (سطح برگ، وزن خشک برگ) بررسی شدند. در این آزمایش در مرحله شکم خوش کل بوته‌ها از گلدان‌ها خارج شدند.

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در گلدان‌ها (عمق۳۰-۰ سانتیمتر)

بافت خاک	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن (درصد)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)
رسی – لومی	٣٤	٣٣	٣٣	۰/۸۷	۰/۰۸۷	۳۵۰	۱۰

آزمایش دوم: برای بررسی صفات ریشه‌ای (حجم، طول کل، سطح و وزن خشک ریشه) و اندام‌های هوایی (ارتفاع بوته، تعداد پنجه، وزن خشک ساقه و سنبله و عملکرد دانه) در رسیدگی کامل[1] اندازه گیری شد. در این آزمایش هم از ٤٥ گلدان دیگر با اندازه و مشخصات آزمایش اول و با همان تیمارها تا مرحله رسیدگی نگهداری شدند.

نحوه کنترل و مقدار آب آبیاری بر اساس زمان رسیدن به ۵۰ درصد رطوبت قابل استفاده گیاه طراحی گردید. بافت خاک بر اساس آزمون خاک از نوع رسی – لومی بود. میزان رطوبت در زمان ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی از مدل توصیه شده توسط ساکستون و راولز (۲۰۰٦) تعیین شد. بر اساس این مدل، رطوبت در زمان ظرفیت زراعی برابر ۳٦ درصد و در زمان نقطه پژمردگی دائمی برابر ۲۲ درصد بدست آمد. مقدار آب مورد نیاز در هر نوبت آبیاری از رابطه زیر محاسبه گردید (علیزاده، ۱۳۸۰).

عمق توسعه ریشه × وزن مخصوص ظاهری خاک × درصد تخلیه رطوبت خاک = آب آبیاری مصرفی

که مقدار آب در هر نوبت آبیاری به مترمکعب در هکتار و عمق توسعه ریشه به سانتیمتر است. مقدار تخلیه رطوبت خاک بر اساس ۵۰ درصد اختلاف بین میزان رطوبت در زمان ظرفت زراعی و نقطه پژمردگی بدست آمد. وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/٤گرم بر سانتیمتر مکعب، عمق توسعه ریشه با توجه به مرحله رشدی، حداکثر تا ۵۰ سانتیمتر برآورد شد. در کل، در هر نوبت آبیاری یک لیتر آب مصرف شد.

ارتفاع بوته از محل طوقه تا انتهای ساقه اندازه گیری شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج[2]مدل WinDIAS ساخت کشور انگلیس اندازه‌گیری شد. برای اندازه گیری صفات ریشه، استخراج ریشه‌ها از گلدانها به صورت تخریبی انجام گرفت. بدین صورت که با برش طولی گلدان‌ها کل سیستم ریشه همراه خاک خارج و با شستشوی ریشه با جریان ملایم آب، خاک کاملاً از ریشه‌ها جدا گردید. برای اندازه‌گیری طول ریشه‌ها از روش پیشنهادی تنت (تنت، ۱۹۷۵) استفاده شد. برای اندازه‌گیری حجم ریشه از استوانه مدرج و وزن خشک با قرار دادن ریشه‌ها در آون ۷۵ درجه سانتیگراد بمدت ٤٨ ساعت توزین (ترازوی مدل HL 400EX) و برای اندازه‌گیری قطر ریشه‌ها از کولیس دیجیتالی (با دقت ۰/۰۰۱ میلیمتر) استفاده گردید. سطح ریشه از رابطه زیر بدست آمد (علیزاده، ۱۳۸۰).

سطح ریشه‌ها = ۲ × [(حجم ریشه‌ها) × π × (طول کل ریشه‌ها)]$^{۰/۵}$

در نهایت داده‌ها از نرم افزار Excel مرتب و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم افزار آماری SAS و اثرات متقابل با نرم‌افزار MINITAB و جهت مقایسه میانگین صفات مورد نظر نیز از آزمون دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

الف- خصوصیات ریشه در مرحله شکم خوش (آزمایش اول)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثرات ساده ازتوباکتر و نیتروژن و همچنین اثرات متقابل بین آن دو بر تمامی صفات حجم ریشه، قطر ریشه، طول کل ریشه، سطح ریشه و وزن

1-Rippening stage

2-Leaf Area Meter

خشک ریشه گیاه جو در مرحله شکم خوش، اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول۳).

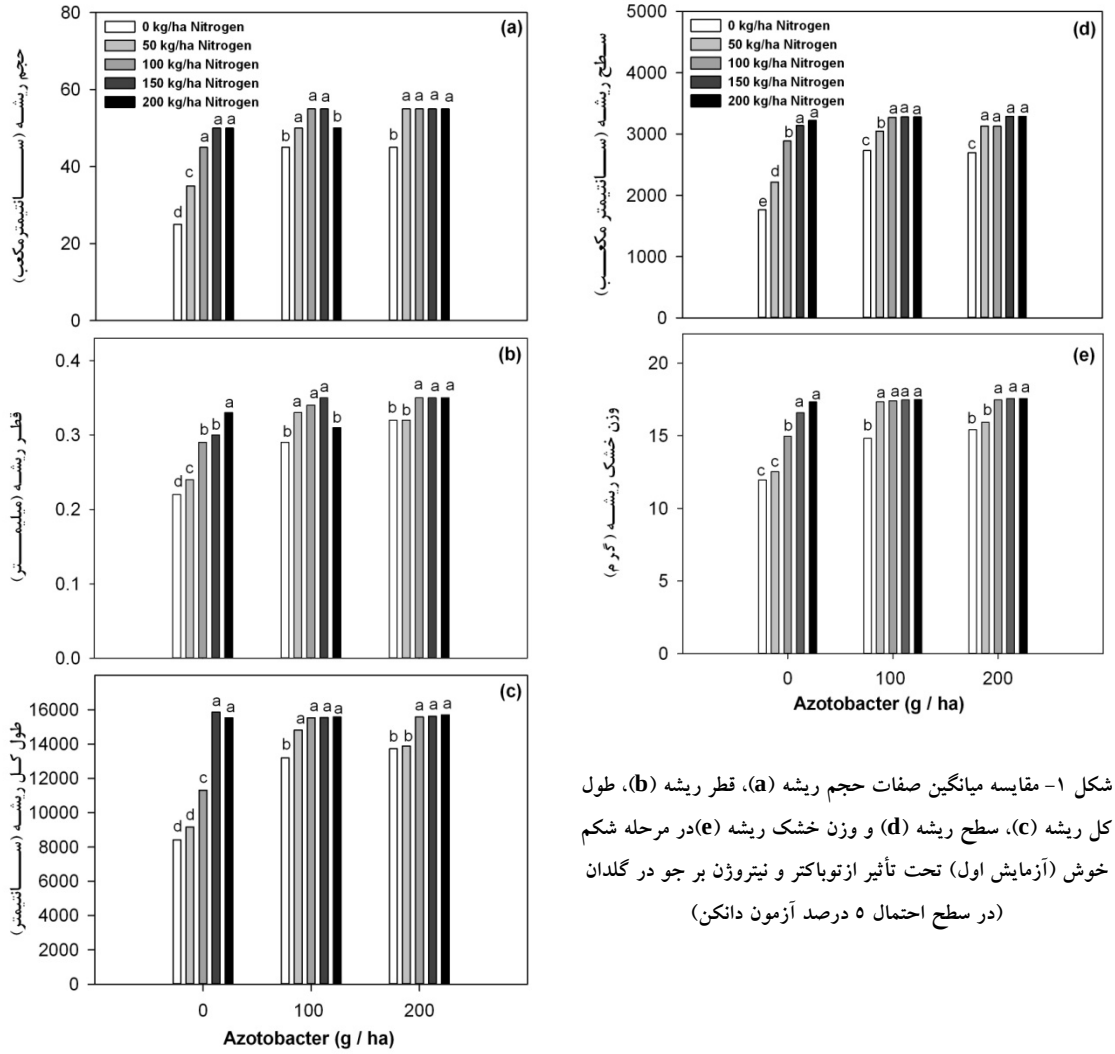
مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در مرحله شکم‌خوش، نشان داد که بیشترین مقدار صفات حجم ریشه، قطر ریشه، مجموع طول ریشه، سطح ریشه و وزن خشک ریشه گیاه در مرحله شکم خوش در تیمار کود نیتروژنه (۲۰۰کیلوگرم در هکتار) با کود ازتوباکتر (۲۰۰ گرم در هکتار) به ترتیب با ۵۵/۳٤ سانتیمترمکعب، ۰/۳۵ میلیمتر، ۱۵۵۹٦ سانتیمتر، ۳۲۸۳ سانتیمترمربع و ۱۷/۵۱ گرم در هر گلدان بدست آمد و کمترین مقدار در تیمار بدون مصرف کود با میزان ۲۵/۱٦ سانتیمترمکعب، ۰/۲۲ میلیمتر، ۱۰٤۰۸ سانتیمتر، ۱۷٦٦ سانتیمتر مربع و ۱۱/۹٦ گرم در هر گلدان بدست آمد (شکل ۱). اکثر صفات مورد نظر در این آزمایش در تیمارهای کود بیولوژیک (۱۰۰ و۲۰۰ گرم در هکتار) با تیمارهای ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن (از نوع اوره) اختلاف معنی‌داری نشان ندادند.

مصرف توام ازتوباکتر ۱۰۰ گرم در هکتار و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بر رشد ریشه در این مرحله از رشد در محدوده مصرف بهینه بوده و این مقدار فقط با اینگونه آزمایشات کودی- زراعی مشخص می شود. در این آزمایش اکثر صفات مورد بررسی با هم در یک محدوده حداکثر بودند و این نشان دهنده اثر یکنواخت تیمارها بر آزمایش می باشد. مصرف انواع کودها بر رشد ریشه بخوبی در آزمایشات سایر محققین نشان میدهد که با افزایش مصرف انواع کودها تا حدودی رشد ریشه افزایش می یابد و بعد از آن رشد تغییری نداشته و در اکثر اوقات کاهش داشته است (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۳). اهمیت بررسی رشد ریشه از آن جهت مهم است که ریشه سبب افزایش بهره‌برداری گیاه از محیط خاک می‌شود (عبدالشاهی و همکاران، ۱۳۸۹). محققان بیان داشتند که گیاهانی که طول کل ریشه بالاتری دارند نسبت به گیاهانی که این خصوصیات را ندارند، مقاومت و تحمل به انواع تنش‌ها و از جمله تنش خشکی بیشتری دارند (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین محققین بیان داشتند که مجموع طول ریشه‌ها معیاری مناسب برای ارزیابی گیاهان در استفاده از منابع کودی و آب است (هپکینگ و هانر، ۲۰۰٤). و می‌توان به میزان کل کربنی که برای ساختمان، نگهداری و جذب یون‌ها در اندام زیرزمینی صرف شده پی برد (باتز و لینچ، ۲۰۰۰).

جدول ۳- میانگین مربعات خصوصیات ریشه جو در مرحله شکم خوش تحت تأثیر کودهای بیولوژیک ازتوباکتر و شیمیایی نیتروژنه بر جو در گلدان

منابع تغییرات	درجه آزادی	حجم ریشه	قطر ریشه	طول کل ریشه	سطح ریشه	وزن خشک ریشه
ازتوباکتر	۲	۷۹۵**	۰/۰۱**	۲٦۰۲۸۳۳۳**	۱۹۰۹۰۲۲**	۳۳/۱۲**
کود نیتروژنه	٤	۳۵۳**	۰/۰۰۷**	۱۳۸۰۰٤۸٦**	۹٦۷۰۲۸**	۱٤/۹۳**
ازتوباکتر× نیتروژن	۸	۵۱/۸۷**	۰/۰۰۰۷**	۱۰۲٤۰٤۰**	۱۰۳۰۱۷**	۱/٦۸**
خطا	۲۸	۰/۷۷	۰/۰۰۰۱	۲۳۸۰٤	۱۰۰۵	۰/۰۳
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۱/۸۱	۱۳/۸۵	۱۱/۰۸	۹/۱۱	۱۰/۲۲

ns، *، **به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و۱ درصد



شکل ۱- مقایسه میانگین صفات حجم ریشه (a)، قطر ریشه (b)، طول کل ریشه (c)، سطح ریشه (d) و وزن خشک ریشه (e)در مرحله شکم خوش (آزمایش اول) تحت تأثیر ازتوباکتر و نیتروژن بر جو در گلدان (در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن)

جدول ٤- میانگین مربعات خصوصیات ریشه جو در مرحله رسیدگی تحت تأثیر کود بیولوژیک ازتوباکتر و کود شیمیایی نیتروژنه بر جو در گلدان

منابع تغییرات	درجه آزادی	حجم ریشه	قطر ریشه	مجموع طول ریشه	سطح ریشه	وزن خشک ریشه
ازتوباکتر	۲	٦٤٤**	۰/۰۱۵**	۲۷٦۸۲۷۳۵**	۱۷۵۱۹۲۰**	٤۰/٥٦**
کود نیتروژنه	٤	۲٦۷**	۰/۰۰۳**	٦٥٦٥٥۰۹۷**	٥۳۹٤۲۱**	۱۰/۲۷**
ازتوباکتر× نیتروژن	۸	٤۱/۸٥**	۰/۰۰۰۱*	۲۱٦٦۳۲**	٥۲۱۱۳**	۰/۲٦^{ns}
خطا	۲۸	۰/۱٥	۰/۰۰۰۰٤	۱۳۷۱۱	۸۸۹	۰/۱٦
ضریب تغییرات (درصد)	–	۱۱/۰۲	۳/۲۳	۸/۲۲	۱۱/۳۹	۳/۷۱

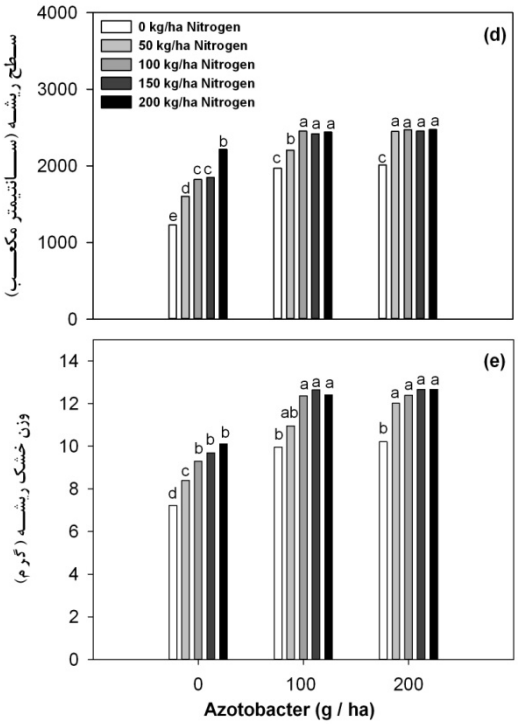
ns، *، **به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و۱ درصد

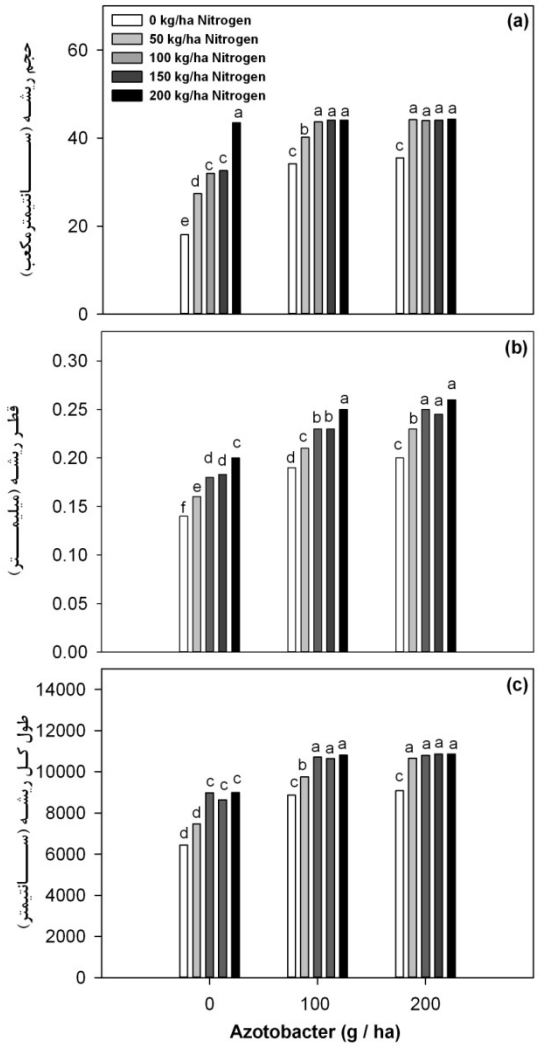
ب) خصوصیات ریشه در مرحله رسیدگی (آزمایش دوم)

تجزیه واریانس اثر ساده مقادیر مختلف ازتوباکتر و نیتروژن و همچنین اثرات متقابل آنها (بجز اثر متقابل وزن خشک ریشه) بر صفات حجم ریشه، قطر ریشه، مجموع طول ریشه، سطح ریشه و وزن خشک ریشه در مرحله رسیدگی اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ٤).

بیشترین مقدار صفات حجم ریشه، قطر ریشه، مجموع طول ریشه، سطح ریشه و وزن خشک ریشه گیاه در مرحله رسیدگی در تیمار کود نیتروژنه ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و ازتوباکتر ۲۰۰ گرم در هکتار به ترتیب با ٤٤/۳٥ سانتیمترمکعب، ۰/۲٦ میلیمتر، ۱۰۸٥۹ سانتیمتر، ۲٤٥۰ سانتیمترمربع و ۱۲/٦۷ گرم در هر گلدان بدست آمد و کمترین مقدار صفات مذکوردر مرحله رسیدگی در

تیمار بدون مصرف کود به ترتیب با میزان ۱۸/۱۳ سانتیمترمکعب، ۰/۱٤ میلیمتر، ٦٤٤۱ سانتیمتر، ۱۲۲۹ سانتیمتر مربع و ۷/۲۳ گرم در هر گلدان بدست آمد (شکل ۲). با توجه





شکل ۲- مقایسه میانگین صفات حجم ریشه (a)، قطر ریشه (b)، طول کل ریشه (c)، سطح ریشه (d) و وزن خشک ریشه (e) در مرحله رسیدگی (آزمایش دوم) تحت تأثیر ازتوباکتر و نیتروژن بر جو در گلدان (در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن)

به نتایج حاصل از مقایسات میانگین داده‌ها، تفاوت کمی بین تیمارهای مطالعه شده در مورد اکثر صفات مطالعه شده مشاهده گردید.

عکس العمل خصوصیات ریشه به این کودها در مرحله رسیدن با رشد ریشه در مرحله شکم خوش (شکل ۱ و ۲) تقریباً مطابقت داشت. مقایسه جداول مقایسات میانگین رشد ریشه در مرحله شکم خوش و رسیدن نشان داد که مقادیر صفات ریشه مورد بررسی در مرحله شکم خوش بیشتر از مرحله رسیدن بود. احتمالاً به دلیل این باشد که مرحله شکم خوش مصادف با پیشرفته‌ترین مرحله رشد گیاه جو بوده و در این مرحله حداکثر رشد اندام هوایی و ریشه را داشته است. افزایش رشد ریشه در مرحله شکم خوش نسبت به مرحله رسیدن در آزمایش قبادی و همکاران (۱۳۸۵) در بررسی اثر ماندابی بر رشد ریشه گیاه ارقام گندم در شرایط گلدانی و همچنین توسط کانت و همکاران (۲۰۰۵) به اثبات رسیده است.

ج- خصوصیات اندام‌های هوایی و عملکرد (آزمایش اول و دوم)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات، نشان داد که صفات سطح برگ و وزن خشک برگ در مرحله شکم خوش تحت تأثیر اثرات ازتوباکتر، نیتروژن و اثرات متقابل بین آن دو قرار گرفت (جدول ۵). مقایسه میانگین سطح برگ و وزن خشک برگ در مرحله شکم خوش نشان داد که با مصرف نیتروژن افزایش

داشته است و قویتر از کاربرد ازتوباکتر بوده است. کمترین مقدار این دو صفت در شرایط بدون مصرف این نهادهها بود و بیشترین مقدار سطح برگ در ۲۰۰ گرم ازتوباکتر و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بود، هر چند که اختلاف آماری معنیداری با ۱۵۰ و ۲۰۰ گرم ازتوباکتر و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن نداشت. وزن خشک برگ هم نسبت به سطح برگ در میزان کمتر کودها (۱۰۰گرم ازتوباکتر در هکتار و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن) هم اختلاف معنی داری با مقادیر بیشتر نداشت (جدول ٦).

در مرحله رسیدن نیز نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات، نشان داد که صفات ارتفاع بوته، تعداد پنجه، وزن خشک ساقه و برگ، وزن خشک سنبله و عملکرد دانه تحت تأثیر اثرات ازتوباکتر، نیتروژن و اثرات متقابل (معنیدار) بین آن دو قرار گرفت (جدول ۵). بیشترین صفات ارتفاع بوته، تعداد پنجه، وزن خشک ساقه و برگ و وزن خشک کل در استفاده کود نیتروژنه (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) با ازتوباکتر (۲۰۰ گرم در هکتار) به ترتیب با ارتفاع ٦۲/۳ سانتیمتر، ۲/۲۱ پنجه، ۳۳/۷٦ گرم و ۲۱/۷۷ گرم در گلدان و کمترین صفات در تیمار شاهد به ترتیب با ارتفاع ٤۳/۳ سانتیمتر، ۱/۱۷ پنجه، ۱۵/۲۹ گرم و ۱۲/۷۲ گرم در گلدان بدست آمد (جدول٦). با توجه به نتایج حاصل از مقایسات میانگین دادهها، اکثر صفات مورد نظر هر دو آزمایش در تیمارهای اثر متقابل کود بیولوژیک ۱۰۰ و۲۰۰ گرم در هکتار با تیمارهای نیتروژن ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنیداری نشان ندادند (جدول ٦).

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات اندام های هوایی و عملکرد دانه جو تحت تأثیر ازتوباکتر و نیتروژن در گلدان

منابع تغییرات	درجه آزادی	مرحله شکم خوش (آزمایش اول)		مرحله رسیدن (آزمایش دوم)			
		سطح برگ	وزن خشک برگ	ارتفاع بوته	تعداد پنجه	وزن خشک ساقه و برگ	وزن خشک سنبله	عملکرد دانه
ازتوباکتر	۲	۲۲۱۳۰۵**	۱٦/٤۷**	٤۳۷**	۰/۱۵**	۱۲۹/۰۰**	۸۹٤۷۳۲**	۵۳/۱۰**
نیتروژن	٤	۲۹۳٦٦٦**	۱۰/٤۷**	۸۸/۲۰**	۰/۰۹**	۹۳/۷۲**	۵۵۹۷۸۸**	۵۵/۵۸**
ازتوباکتر× نیتروژن	۸	۲۲۱۱٦**	۰/٦۹**	۱۸/۵٦**	۰/۰۰۵**	۱۰/٤۵**	۳۰۷۳۲**	٤/۳۸**
خطا	۲۸	۲۵۵۳	۰/۰۳	۵/٤۰	۰/۰۰۰۵	۰/۱٤	۲۸۹۲	۰/۵۹
ضریب تغییرات (درصد)	-	۵/۳٦	۷/۲۲	۳/۹۸	۱۱/۰٦	۱۰/۸۸	۱۲/۵٦	۱٤/۱۰

ns، *، ** به ترتیب غیرمعنیدار و معنیدار در سطح احتمال ۵ و۱ درصد

با توجه به مقایسات میانگین (جداول ۵ و ٦)، اینگونه استنباط می شود که مصرف مکملی و به میزان کم ازتوباکتر و نیتروژن اثر مطلوبتر و مناسبتر از مصرف تنهایی و به میزان زیاد آنها دارد. مطالعات دیگر نیز مصرف ازتوباکتر بر گلرنگ (ناصری و همکاران، ۲۰۱۳) و همچنین بر جو (پراسانا و همکاران،۲۰۱۲) تأئیدی بر نتایج این آزمایش است که مصرف ازتوباکتر و نیتروژن با هم بر رشد ریشه و اندام هوایی تأثیر مثبت داشته و باعث افزایش ارتفاع گیاه و رشد رویشی شدهاند.

نتیجه گیری

بطور کلی نتایج نشان داد که در این آزمایش هم کودهای بیولوژیک و هم کودهای شیمیایی بر خصوصیات ریشهای، اندام هوایی و در نهایت روی عملکرد تأثیر مثبت و معنیداری داشتند. بیشترین تأثیر مربوط به کودهای بیولوژیک و کودهای شیمیایی به ترتیب در ۲۰۰ گرم و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود ولی با توجه به اینکه اکثر صفات مورد نظر در تیمارهای کود بیولوژیک (۱۰۰ و۲۰۰ گرم در هکتار) با نیتروژن (۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنیداری نشان ندادند، بنابراین، بهترین تیمار کود بیولوژیک ازتوباکتر با نیتروژنه مربوط به تیمار ۱۰۰ گرم ازتوباکتر و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن برای جو رقم بهمن در شرایط خاک و آب و هوایی منطقه بود.

جدول ٦- مقایسه میانگین خصوصیات اندام‌های هوایی جو تحت تأثیر کودهای بیولوژیک ازتوباکتر و شیمیایی نیتروژنه در گلدان

تیمارها		مرحله شکم خوش (آزمایش اول)		مرحله رسیدن (آزمایش دوم)				
ازتوباکتر (گرم در هکتار)	نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	سطح برگ (سانتیمتر مربع)	وزن خشک برگ (گرم)	ارتفاع بوته (سانتیمتر)	تعداد پنجه در بوته	وزن خشک ساقه و برگ (گرم)	وزن خشک سنبله (گرم)	عملکرد دانه (گرم)
۰	۰	۱۱۵۵^{e}	۵/۲۹^{f}	٤۳^{e}	۱/۱۷^{d}	۱۰/۰۸^{e}	٤/۲۸^{e}	۱۲/۷۲^{f}
	۵۰	۱۲٤۷^{d}	٦/۵۲^{e}	۵۰^{d}	۱/۹۱^{bc}	۱۵/۰۱^{d}	٤/٦۰^{d}	۱۳/۵۲^{e}
	۱۰۰	۱٤۵۰^{b}	۷/۵۱^{c}	۵۵^{c}	۲/۰۰^{b}	۱۸/۰۲^{c}	٤/۸۰^{d}	۱٦/۸۲^{d}
	۱۵۰	۱۵۲۲^{ab}	۷/۵۱^{c}	۵۵^{c}	۲/۱۰^{ab}	۱۹/۰۱^{bc}	۵/۰٤^{e}	۱۹/۸۲^{bc}
	۲۰۰	۱۵۲۲^{ab}	۸/۸٤^{b}	۵۵^{c}	۲/۱۰^{ab}	۲۳/٦۷^{ab}	۵/۰٤^{c}	۲۰/٦۰^{b}
۱۰۰	۰	۱٤۵۰^{b}	۷/۰۰^{d}	۵۵^{c}	۲/۰۰^{b}	۱۸/۰۲^{c}	٤/۸۰^{d}	۱۵/٤۰^{d}
	۵۰	۱۵۳۵^{ab}	۷/۸۵^{bc}	٦۲^{a}	۲/۱۱^{ab}	۱۹/۳۳^{b}	۵/۰۸^{c}	۱۷/۹۲^{cd}
	۱۰۰	۱۵۳۲^{ab}	۹/۵۰^{a}	٦۲^{a}	۲/۱۳^{ab}	۲۳/٤۳^{ab}	۵/۱۲^{bc}	۲۰/۸۵^{ab}
	۱۵۰	۱۵۹۷^{ab}	۹/۵۰^{a}	٦۲^{a}	۲/۲۱^{a}	۲۳/٤۳^{ab}	۵/۳۲^{ab}	۲۰/۷۷^{ab}
	۲۰۰	۱۵۹۵^{ab}	۹/۵۰^{a}	٦۱^{ab}	۲/۲۱^{a}	۲۳/٤۳^{ab}	۵/۳٦^{a}	۲۱/۲۲^{ab}
۲۰۰	۰	۱٤۵۷^{b}	۷/۵۱^{c}	٦۰^{ab}	۲/۰۰^{b}	۱۸/۵۱^{bc}	٤/۸۰^{d}	۱۸/۲۲^{bc}
	۵۰	۱٦۰۵^{a}	۹/۵۰^{a}	٦۲^{a}	۲/۲۱^{a}	۲۳/٤۳^{ab}	۵/۳۲^{ab}	۱۹/٤۲^{bc}
	۱۰۰	۱٦۰۵^{a}	۹/۵۰^{a}	٦۲^{a}	۲/۲۰^{a}	۲۳/٤۳^{ab}	۵/۲۸^{b}	۲۱/۲۰^{ab}
	۱۵۰	۱٦۰۲^{a}	۹/٤۹^{a}	٦۱^{ab}	۲/۲۱^{a}	۲۳/٦۲^{ab}	۵/۳۲^{a}	۲۱/۳۷^{a}
	۲۰۰	۱٦۰۷^{a}	۹/٦۸^{a}	٦۱^{ab}	۲/۲۱^{a}	۲٤/۷٦^{a}	۵/۳۲^{ab}	۲۱/۷۷^{a}

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند (آزمون دانکن)

منابع

اوجاقلو، ف.، ف. فرح وش، ، ع. حسن زاده و م. پوریوسف، ۱۳۸٦. تأثیر تلقیح با کودهای زیستی ازتوباکتر و فسفاته بارور دو بر عملکرد گلرنگ. مجله علوم کشاورزی. سال ۱، شماره ۳: ۵۱-۳۹.

بحرینی، ع.، م. حسینی، س. معمار و ز. طهماسبی. ۱۳۸٦. بررسی تأثیر باکتریهای ازتوباکتر وآزوسپریلیوم و مصرف ریز مغذی‌ها برخصوصیات کمی و کیفی گندم دراستان فارس. مجله علوم کشاورزی ایران. سال ۱، شماره ۲: ۳۷٦-۳٦۷.

پاورز، ال. ای. و آر. مک شورلی. ۱۳۸۳. اصول بوم شناسی کشاورزی. ترجمه (کوچکی، جامی ال احمدی، کامکار و مهدوی). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ٤۷۲ صفحه.

خاوازی، ک. و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۰. ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور. نشرآموزش کشاورزی، ۸۹ صفحه.

عبدالشاهی، ر.، ع. طالعی. م. امیدی و ب. یزدی صمدی. ۱۳۸۹. مطالعه ویژگی‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک وابسته به تحمل به خشکی در گندم نان. مجله علوم گیاهان زراعی. سال ٤۱، شماره ۲: ۲۵۸-۲٤۷.

علیزاده، ا. ۱۳۸۰. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات آستان قدس رضوی، ۳۵۳ صفحه.

قبادی، م. ا.، ح. نادیان، ع. بخشنده، ق. فتحی، م. ح. قرینه و م. قبادی، ۱۳۸۵. بررسی رشد ریشه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در ژنوتیپ های گندم در شرایط تنش غرقابی در مراحل مختلف رشد. مجله بذر و نهال. جلد ۲۲، شماره ٤: ۵۲۷-۵۱۳.

قزاآنی، م.، د. حبیبی، ع. پازوکی و ک. خاوازی. ۱۳۹۱. اثر برخی سویه های ازتوباکترکروکوکوم وهیومیک اسید بر تولید هورمون اکسین وعملکرد واجزای عملکرد گندم در سطوح مختلف نیتروژن. مجله زراعت و اصلاح نباتات. سال ۸، شماره ۲: ۱۰۹-۹۷ .

ملکوتی، م. ج. ۱۳۸٤. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران. انتشارات سنا، ٤٦۹ صفحه.

نقوی مرمتی، آ.، م. آ. بهمنیار، ه. پیردشتی و س. سالک گیلانی. ۱۳۸٦. تأثیر مقادیر و انواع مختلف کودهـای آلـی و شـیمیایی بـر عملکـرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف برنج. دهمین کنگره علوم خاک ایران، تهران، ص ۷٦۷-۷٦٦.

Adesemoye, A., H. Torbert and J. Kloepper. 2009. Plant growth-promoting rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers. Microbial Ecology. 58: 921–929.

Ahmed, A.G., S.A. Orabi and M.S. Gaballah. 2010. Effect of bio-N-P fertilizer on the growth, yield and some biochemical components of two sunflower cultivars. Int. J. Acad. Res. 2: 271-277.

Anjum, M.A., M.R. Sajjad, N. Akhtar, M.A. Qureshi, A. Iqbal, A. R. Jami and M. Hasan. 2007. Response of cotton to plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) inoculation under different levels of nitrogen. Agricaltural Research. 45: 135-143.

Ashrafuzzaman, M., F. A.Hossen, I.M. Razi, M.A. Hoque, M.Z. Islam, S.M. Shahidullah and S. Meon. 2009. Efficiency of plant growth promoting *rhizobacteria* (PGPR) for the enhancement of rice growth. Afr. J. Biotechnol. 8(7):1247–1252.

Barea, J.M., M. Toro, M.O. Orozco, E.Campos, and R. Azcon. 2002. The application of isotopic (P_{32} and N_{15}) dilution techniques to evaluate the interactive effect of phosphate-solubilizing rhizobacteria, mycorrhizal fungi and *Rhizobium* to improve the agronomic efficiency of rock phosphate for legume crops. Nut. Cycl. Agroecosystem. 63: 35-42.

Bates, T. R. and J. P. Lynch. 2000. The efficiency of Arabidopsis thaliana root hair in phosphorus acquisition. Am. J. Bot. 87: 964-970.

Devi, U., K.P. Singh, S. Kumar, and M. Sewhag. 2014. Effct of Nitrogen levels, organic manures and Azotobacter inoculation on yield and economics of Multi-Cut oats. Forage Research. 40 (1): 36-43.

Fageria, N.K. and V.C. Baligar. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Advances in Agronomy. 88: 97-185.

Flowers, M., R. Weisz, R. Heiniger, D. Osmond and C. Crozier. 2004. In-season optimization and site specific nitrogen management for soft red winter wheat. Agron. J. 96: 124–134.

Hafeez, F.Y., M.E. Safdar, A.U. Chaudry and K.A. Malik 2004. Rhizobial inoculation improves seeding emergence, nutrient uptake and growth of cotton. Aust. J. Exp. Agr. 44: 617-622.

Hassegawa, R. H., H. Fonseca, A. L. Fancelli, V. N. da Silva, E. A. Schammass, T.A. Reis and B. Correˆa. 2008. Influence of macro-and micro nutrient fertilization on fungal contamination and fumonisin production in corn grains. Food Control. 19: 36-43.

Hopkings, W.G. and N. P. A. Huner. 2004. Introductionto plant physiology. 3rd Ed. John Wileynd Sons, Hoboken, N. J.

Kader, M.K., H. Mmian and M.S. Hoyue. 2002. Effects of *azotobacter* inoculants on the yield and nitrogen uptake by wheat. J. Biol. Sci. 2: 250 – 261.

Kant, S.S., and U. Kafkafi. 2005. Impact of mineral dificienty stress. PO BOX.12 Report 76100.

Kumar, V. and N. Narula. 1999. Solubilization of inorganic phosphates and growth emergence of wheat as affected by *Azotobacter chroococcum* mutants. Biology and Fertility of Soils. 28: 201-305.

Mader, P., F. Kaiser, A.Adholeya, R. Singh, H.S. Uppal, A.K. Sharma, R. Srivastava, V. Sahai, M. Aragno, A. Wiemken, B.N. Johri. and P.M. Fried. 2011. Inoculation of root microorganisms for sustainable wheat rice and wheat black gram rotations in India. Soil Biology and Biochemistry. 43:609–619.

Montemurro, F. and D. Giorgio. 2005. Quality and nitrogen use efficiency of sunflower grown atdifferent nitrogen levels under Mediterranean conditions. J. Plant Natr. 28:335- 350.

Mrkovacki, n. and V. Milic. 2001. Use of Azotobacter chroococcum as potential useful in agricultural application. Annals of Microbiology. 51: 145-158.

Najafi, A., M.R. Ardakani, F. Rejali and N. Sajedi. 2012. Response of winter barely to co-inoculation with Azotobacter and Mycorrhiza fungi Influenced by plant growth promoting Rhizobacteria. Annals of Biological Research. 3 (8): 4002-4006.

Naseri, R., S. Azadi, M.J. Rahimi, A. Maleki and A. Mirzaie. 2013. Effects of inoculation with AzotobacterChroococcum and Pseudomonas Putida on yield and some of important agronomic traits in barley (*Hordeum vulgar* L.). Int. J. Agron. Plant Production. 4 (7): 1602-1610.

Naseri, R., A. Moghadam, F. Darabi, A. Hatami and G.R. Tahmasebei. 2013. the Effect of deficit irrigation and Azotobacter Chroococcum and Azospirillum brasilense on grain yield, yield components of maize (SC704) as a second cropping in western Iran. Bull. Env. Pharmacol. Life Sci. 2 (10): 104- 112.

Prasanna, R., M. Joshi and A. Rana. 2012. Influence of co-inoculation of bacteria-cyanobacteria on crop yield and C–N sequestration in soil under rice crop. World J. Microbiol. Biotechnol. 28(3):1223-35.
Saxton, K.E. and W.J. Rawls. 2006. Soil water characteristic estimates by texture and organic matter for hydrologic solution. Soil Sci. Soc. Am. J. 70: 1569-1578.
Seiler, G. J. 2007. Wild annual Helianthus anomalous and H. desert cola for improving oil content and quality in sunflower. Ind. Crops Prod. 25: 95-100.
Singh, R., R.K. Behl, K.P. Singh, P.Jain and N.Narula. 2004. Performance and gene effects for wheat yield under inoculation of arbuscular mycorrhiza fungi and *Azotobacter chroococcum.* Plant Soil Environ. 50: 409-415.
Sylvester-Bradley, R. 1993. Scope for efficient use of fertilizer nitrogen. Soil Use and Management. 9(3): 112-117.
Tennant, D. 1975. A test of a modified line intersects method of estimating root length. J. Ecol. 63(3): 995-1001.
Uribelarrea, M., S.P. Moose and F.E. Below. 2007. Divergent selection for grain proteinaffects nitrogen use in maize hybrids. Field Crops Res.100: 82-90.
Vikram, P. 2011. Production of Indole Acetic Acid by *Azotobacter* sp. Recent Research in Science and Technology. 3(12):14-16.
Zahir, A.Z., M. Arshad and W.F. Frankenberger. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria. Advances in Agronomy. 81: 97-168.
Zaidi, A. and S. Mohammad. 2006. Co-inoculation effects of phosphate solubilizing micro-organisms and *glomus fasciculatum* on green gram-bradyrhizobium symbiosis. Agricultural Science. 30: 223-230.
Zhang, H., Y. Xue, Z. Wang, J. Yang and J. Zhang. 2009. Morphologicaland physiological traits of roots and their relationships with shoot growth in super rice. Field Crops Res. 113: 31-40.
Zhang, X., G. Huang, X. Bian1 and Q. Zhao. 2013. Effects of root interaction and nitrogen fertilizationon the chlorophyll content root activity, photosynthetic characteristics of intercropped soybean and microbial quantity in the rhizosphere. Plant Soil Environ. 59(2): 80–88.
Zhou, Y.Z.H., X.X. He, X.C. Sui, X. Xia, K. Zhang and G.S. Zhang. 2007. Genetic improvement of grain yield and associated traits in the Northern China wheat region from 1960 to 2000. Crop Science. 47: 245-253.

The study of *Azotobacter* and urea fertilizers application on morphological characteristics of roots and shoot of barley

A. Taherinezhad[1], M.E. Ghobadi[2], S. Jalali Honarmand[3], H. Heidari[2]

Received: 2017-3-21 Accepted: 2017-9-15

Abstract

While *Azetobacter* bacteria in the rhizosphere, in addition to providing a part of the nitrogen will be production of crop growth promoting, root growth and yield. Acording to this, two experiments were in order to the effects of Azotobacter and nitrogen carried out on irrigated barley (Bahman variety) on root and shoot growth at booting stage (experiment 1) and root and shoot growth and also grain yield at ripening stage (experiment 2) in pot condition in Songhor town (cold area), Kermanshah Province as a factorial in based a completely randomized design (CRD) with three replications during 2014-2015. Factors included *Azotobacter chroococcum* (0, 100 and 200 g ha^{-1}) and nitrogen fertilizer (0, 50, 100, 150 and 200 kg ha^{-1}) from urea source. Analysis of variance showed that the effects of *Azotobacter* and nitrogen as well as interactions between them on all traits at two experiments were significant. The maximum of root traits, shoot dry weight and grain yield (21.77 g pot^{-1}) at booting (experiment 1) and maturity stages (experiment 2) obtained at Azotobacter (200 g ha^{-1}) and Nitrogen (200 kg ha^{-1}) and declined amount of traits with decreased amount of treatments. But, this grain yield was not significant difference with *Azotobacter* (100 g ha^{-1}) and nitrogen (100 kg ha^{-1}) treatment (20.85 g pot^{-1}). Generally, the results of this test showed that the consumption of 100 g ha^{-1} *Azotobacter* has been saved about 100 kg ha-1 nitrogen and reduced bio-environmental problems.

Keywords: *Azotobacter chroococcum*, nitrogen, total root length, dry matter

1- MsC in Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran
2- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran
3- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran