



بررسی سطح سودمندی باکتری‌های ازتوباکتر (*Azotobacter chroococcum*) و آزوپریلوم (*Azospirillum brasilense*) بر شاخص‌های رشد، عملکرد و سیستم ریشه‌ای گیاه‌زراعی جو (Hordeum vulgare cv Reyhan)

امیر استادی جعفری^۱- پرویز رضوانی مقدم^{۲*}- رضا قربانی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۹/۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۲/۴

چکیده

به منظور بررسی اثرات باکتری‌های ثبت‌کننده نیتروژن بر روی گیاه جو، شش تیمار کودی به صورت کود اوره (۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در کنار تیمار تلقیح باکتری‌های ازتوباکتر (*Azotobacter chroococcum*) و آزوپریلوم (*Azospirillum brasilense*) به عنوان کود بیولوژیک، با هم مقایسه شدند. آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار و هفت تیمار، در سال ۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، انجام شد. نتایج حاصله نشان داد که اختلاف بین تیمارهای مورد بررسی در صفات شاخص سطح برگ، تجمع وزن خشک، سرعت رشد محصول، وزن خشک ریشه و اندام هوایی و نیز عملکرد دانه گیاه جو معنی‌دار بود. در وزن خشک اندام هوایی تفاوت معنی‌داری بین تیمار کود بیولوژیک و تیمارهای ۶۰ و ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده نشد. وزن خشک ریشه در تیمار کود بیولوژیک با سایر سطوح کودی افزایش معنی‌داری نشان داد و در نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی نیز نتیجه مشابهی بدست آمد. عملکرد دانه نیز در تیمار کود بیولوژیک و تیمارهای ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم اختلاف معنی‌داری نشان نداد. مقایسات میانگین انجام شده در سطح ۵ درصد همچنین نشان داد که تفاوت معنی‌داری در سه نمونه‌گیری انتهایی شاخص سطح برگ بین تیمار باکتری‌های ثبت‌کننده نیتروژن و تیمارهای ۴۰، ۶۰ و ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار وجود ندارد. به نظر می‌رسد باکتری‌های ازتوباکتر و آزوپریلوم قادرند در ریشه‌زنی بیش از ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و در سایر شاخص‌ها معادل ۴۰ تا ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، سودمند باشند.

واژه‌های کلیدی: ازتو باکتر، آزوپریلوم، جو، سیستم ریشه‌ای، کود نیتروژن

مقدمه

در چند دهه اخیر مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به‌خصوص کودهای نیتروژنی جهت افزایش عملکرد محصولات کشاورزی، مشکلات بسیاری را از جنبه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی بوجود آورده است. بمنظور می‌رسد بهترین راهکار مدد گرفتن از طبیعت و جایگزینی کودهای بیولوژیک به جای کودهای شیمیایی باشد. این کودها علاوه بر تاثیرات مثبتی که بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و

بیولوژیکی خاک دارند، سبب صرفه‌جویی در مصرف نهاده‌های گران قیمت و انرژی‌های دخیل در تولید آن‌ها می‌شود. ثبت‌کننده نیتروژن توسط میکرو ارگانیزم‌های آزاد زی (از جمله باکتری‌های ازتوباکتر (*Azotobacter chroococcum*))، که قابل تمايز از ثبت‌کننده نیتروژن توسط میکرواگر ارگانیزم‌های همزیست می‌باشد به ثبت غیرهمزیستی نیتروژن معروف است. گونه‌های آزاد زی باکتری هوایی قادر به ثبت نیتروژن هوا هستند. ازتو باکتر، از جمله باکتری هوایی میله‌ای شکل می‌باشد که در منطقه ریزوفر ریشه به‌وقور یافته می‌شود. نقش اصلی آن ثبت نیتروژن است، اما توانایی گونه‌های مختلف ازتوباکتر در سنتز اکسین، جیبریلین، انسواع ویتامین‌های گروه B، آنتی بیوتیک‌های ضد قارچی، بهایثیات رسیده است (۱۰). همچنین باکتری

۱- پژوهشگر دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت، استاد و دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- نویسنده مسئول: (Email: rezvani@um.ac.ir)

۱۰۰، ۸۰ و ۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در مقیاس هکتار به عنوان تیمارهای مقایسه‌ای کودی و تیمار کود بیولوژیک که شامل تلچیق گیاهان با باکتری‌های تبیت‌کننده نیتروژن، متشکل از *Azospirillum brasiliense* و *Azotobacter chroococcum* بود. این باکتری‌ها از کود بیولوژیک شرکت مهر آسیا (با میزان ۱۰^۷ سلول زنده از هر یک از جنس‌های مذکور در هر میلی لیتر از کود بیولوژیک) تهیه شد.

تلچیق بذور با کودهای بیولوژیک قبل از کاشت و در شرایط سایه انجام گرفت. بدین منظور، ابتدا میزان بذر مورد نیاز برای هر تیمار انتخاب، سپس بذرها درون کیسه‌های پلاستیکی جداگانه قرار داده شد. سپس هر دو مایه تلچیق همزمان به بذرها اضافه و به خوبی مخلوط شد. سپس بذرها درون پاکت‌های جداگانه منتقل شد و جهت خشکشدن به مدت دو ساعت در همان محل (سایه) قرار گرفتند. کود نیتروژنه نیز به صورت کود اوره و در دو نوبت در کرت‌های آزمایشی اعمال شد. برای تلچیق بذور با باکتری‌های تبیت‌کننده نیتروژن، ابتدا بذور برای مدت کوتاهی خسانته شده سپس در سایه باکتری‌ها با بذرها آگشته و کاملاً مخلوط شدند.

هر کرت آزمایش با ابعاد ۳ متر در ۵ متر در نظر گرفته شد که شامل ۵ ردیف با فواصل بکسان ۵/۰ متر بود. انتهای هر کرت آزمایشی بسته شد تا آب آبیاری به سایر کرت‌ها و به جوی اصلی راه پیدا نکند. بذر مورد استفاده جو زراعی (*Hordeum vulgare*) و از رقم اصلاح شده ریحان بود. لازم به ذکر است نیاز این رقم به کود نیتروژنه در منابع بین ۹۰ تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار ذکر شده بود که با توجه به میزان نیتروژن موجود در خاک مزرعه نیاز آن در شرایط خاص مزرعه ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد.

در طول فصل رشد از هنگام ۴ برگی شدن بوته‌ها (سه هفته پس از کشت) تا مراحله خمیری شدن نمونه‌برداری‌های تخریبی انجام گرفت. برای نمونه‌گیری تخریبی هر بار ۲۰ سانتی‌متر یک ردیف با در نظر گرفتن حاشیه، به طور تصادفی انتخاب شده و کلیه بوته‌های موجود در آن مورد برداشت قرار می‌گرفت. از بوته‌های برداشت شده در نمونه‌گیری تخریبی، برای اندازه‌گیری صفاتی از جمله وزن خشک بوته، وزن خشک ریشه و سطح برگ، مورد استفاده قرار گرفت.

بوته‌ها پس از برداشت داخل پاکت کاغذی مخصوص قرار داده شد و توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ، سطح برگ (LA) تعیین گردید. سپس بوته‌های برداشت شده از هر واحد آزمایشی مجدداً در پاکت قرار گرفته و به‌آون منتقل شدند. نمونه‌ها در دمای ۷۰^۰ به مدت ۴۸ ساعت در آون قرار گرفت. سپس نمونه‌های خشک شده، توزین شدند. وزن به دست آمده تقسیم بر تعداد بوته‌های موجود

از سپریلوم نیز علاوه بر تثبیت نیتروژن قابلیت تولید مواد شباهکسینی و جیبرلینی و همچنین مواد حاوی روی و آهن را دارد (۴، ۵، ۶).

تحقیقات وسیعی که در زمینه تعیین سودمندی این باکتری‌ها انجام شده است نشان از این امر دارد که این باکتری‌ها می‌توانند تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن تثبیت کنند (۵ و ۱۰). لیکن میزانی که گیاه‌زراعی از این نیتروژن استفاده می‌کند کمتر از این حد است. تحقیقات نشان می‌دهد که گیاه‌زراعی چیزی در حدود ۳۰ تا ۸۰ درصد نیتروژن تثبیت شده توسط این باکتری‌ها را جذب و اسیمهله کرده است (۱۰). غلات در این بین از بهترین آمار در جذب نیتروژن برخوردار بوده‌اند.

سیستم ریشه‌ای غلات در این مهم نقش تعیین کننده دارد. علاوه بر این تاثیر این باکتری‌ها بر توسعه سیستم ریشه‌ای مورد تایید قرار گرفته است، به طوری که باکتری *Azospirillum lipoferum* در درصد وزن خشک ریشه گندم را افزایش داد (۱۱) و نیز سیستم ریشه‌ای چاودار در مجاورت این باکتری ۳۰۰ درصد افزایش نشان داد (۵). همچنین باکتری *Azotobacter chroococcum* موجب افزایش ۶۰ درصدی وزن خشک ریشه در گندم شد (۱۲)، بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای علاوه بر افزایش جذب نیتروژن موجب افزایش جذب آب و سایر مواد مغذی از خاک می‌شود (۶). این امر احتمالاً موجب افزایش عملکرد محصول زراعی و افزایش تحمل تنفس‌های محیطی از جانب گیاه‌زراعی می‌گردد (۱).

پژوهش‌ها حاکی از آن است که باکتری *Azospirillum spp.* سطح هرمومن اکسیژن را در گندم‌های وحشی به میزان ۱۲ درصد افزایش داده است. همچنین علاوه بر این عملکرد گندم در واریته‌های کشت شده نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری نشان داد. این تحقیق همسنگی مثبتی را بین میزان اکسیژن سنتز شده و عملکرد دانه گزارش نمود (۸).

هدف از این تحقیق بررسی تاثیر باکتری‌های از توپاکتر *Azospirillum* و *Azotobacter chroococcum* (brasiliense) در مقایسه با سطوح مختلف کود نیتروژنی بر توسعه سیستم ریشه‌ای و شاخه‌های رشد و عملکرد گیاه جو بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی، واقع در حومه شهرستان مشهد، با ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا و شرایط آب و هوایی معتدل مایل به سرد و خشک و با خاکی دارای pH معادل ۷/۸ و بافت لوئی سیلتی (جدول ۱)، در قالب بلوك کامل تصادفی با ۷ تیمار و ۳ تکرار انجام شد. لازم به ذکر است، در قطعه زمینی که طرح آزمایشی در آن اجرا شد سابقاً جو کشت می‌گردید. تیمارهای اعمال شده به ترتیب عبارت بودند از:

است(۱۴).

تجمع ماده خشک

(TDW) تجمع ماده خشک^۱

روند تجمع ماده خشک در گیاه در شکل ۱ (الف) آمده است. این روند تا زمان گلدهی سیری صعودی دارد، شب این نمودار تا زمان پنجهزنی نسبتاً کند بوده و پس از آن روندی سریع تر با شیب تندتری را در پیش گرفت. دلیل این امر افزایش سریع سطح برگ در زمان پنجهزنی تا هنگام گلدهی بود. روشن است که بوته هایی که کود نیتروژن مناسب در اختیار داشتند. طبق گزارشات انتظار می رفت که با جذب و اسیمیلاسیون نیتروژن به میزان بالاتر، روند صعودی مناسب تری را از خود نشان بدهند(۱۴). پس از گلدهی (ظهور سنبله ها) ناگهان چهت نمودار تغییر گردد و روندی نزولی به خود می گیرد. علت این روند نزولی از دست دادن تدریجی برگ ها، حذف پنجه ها در جریان رقبت با هم و کاهش LAI بود (۱۴). این روند برای تیمارهای شاهد، ۲۰ و ۴۰ کیلوگرم نیتروژن با شبی بسیار کم دنبال می شد.

تیمارهای باکتری های ثبت کننده نیتروژن و سطح کودی ۶۰ و ۸۰ کیلوگرم نیتروژن، دارای نموداری نسبتاً مشابه بوده و با یک شب متوسط و در یک حد روند کلی را دنبال می کردند. تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن نیز با شبی تندتر از سایر تیمارها و در سطح بالاتری قرار گرفت.

همان گونه که در شکل ۱ (الف) ملاحظه می شود، تیمار کود بیولوژیک در سطح ۶۰ و ۸۰ کیلوگرم نیتروژن، قرار دارد محاسبات آماری نیز این گفته را تایید می کند و در سه نمونه گیری انتها ری تفاوت معنی داری تیمار کود بیولوژیک در سطح ۶۰ و ۸۰ کیلوگرم نیتروژن مشاهده نگردید. پس احتمالاً در مورد تجمع ماده خشک باکتری های مزبور می تواند حدود ۶۰ تا ۸۰ درصد از نیتروژن مورد نیاز گیاه جو را در زمینه تجمع ماده خشک تأمین کنند.

(CGR) سرعت رشد محصول^۲

نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسات میانگین نشان داد که در سه مرحله پایانی تفاوت معنی داری بین تیمارهای آزمایشی وجود دارد. روند CGR برای تیمارهای سطوح مختلف کودی در شکل ۱ (ب) آمده است.

2 - Total Dry weight

3 - Crop Growth Rate

در هر نمونه گیری شده تا میانگین وزن خشک تک بوته در هر واحد آزمایشی به دست آید. کنترل علف های هرز توسط وجین دستی و در نوبت انجام شد. همچنین در پایان فصل رشد گیاه بیماری زنگ زرد به گیاهان حمله کرد و تا حدی عملکرد دانه را مورد تاثیر قرار داد.

به دست آمده از هر واحد آزمایشی تقسیم بر سطح برداشت شده ($A = 20\text{ cm} \times 50\text{ cm}$) که معادل 1000 cm^2 می باشد، گردید تا LAI یا شاخص سطح برگ مربوطه حاصل شود. برداشت در تاریخ ۸ تیر ماه ۱۳۸۷ جهت کاه و دانه پس از حذف ردیف های کناری و نیم متر از ابتدا و نیم متر از انتهای کرت صورت گرفت. برای برداشت ریشه در انتهای فصل رشد و با شروع رسیدگی فیزیولوژیک و بعد از یک روز از اتمام آخرین آبیاری، از هر کرت آزمایشی یک ردیف به طور تصادفی انتخاب و از آن کلیه گیاهان موجود در 20 سانتی متر از روی ردیف، برداشت شده و از عمق 50 سانتی متر گیاهان مورد نظر از خاک بیرون کشیده شدند. سپس اندام هوایی و ریشه ها از هم جدا شده و پس از شستن گل و لای ریشه ها به آون منتقل شده و پس از ۴۸ ساعت ماندن در دمای 70°C درجه سانتی گراد، توزین گردیدند.

داده های به دست آمده جداوله یادداشت و به تفکیک وارد نرم افزارهای آماری از جمله v.13.7 SPSS گردیدند و آنالیزهای آماری روی آن ها انجام گرفت و مقایسات میانگین توسط آزمون دانکن صورت گرفت. همچنین برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel v.2007 و Sigmaplot v.10 استفاده گردید.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ^۱ (LAI)

نتایج آزمایش نشان داد که شاخص سطح برگ، تا پیش از مرحله پنجهزنی، تفاوت معنی داری بین تیمارهای آزمایشی وجود نداشت. پس از این مرحله گیاه را با سرعت قابل ملاحظه ای به افزایش سطح برگ و افزایش ماده خشک پرداخت. بهنظر می رسد مقدار نیتروژن خاک عامل تعیین کننده ای در میزان این شاخص می باشد. در سه مرحله ساقده، ظهور سنبله و مرحله خمیری دانه، این شاخص برای تیمار کودهای بیولوژیک معادل 40 تا 80 کیلوگرم در هكتار بود و سایر سطوح تفاوت معنی داری با این تیمار نشان دادند. بالاین حال روند کلی برای LAI در تمامی تیمارها یکسان بود و نهایتاً پس از افزایش تا مرحله گلدهی، دچار کاهش شدید شد. مطالعات پیشین نیز نشان از تاثیر معنی دار باکتری های از تویاکتر و آزو سپریلوم بر افزایش LAI در غلات سرد سیر از جمله گندم و جو دارد (۵۲). این امر احتمالاً تحت تاثیر مستقیم میزان نیتروژن موجود در ریزو سفر

1 - Leaf Area Index

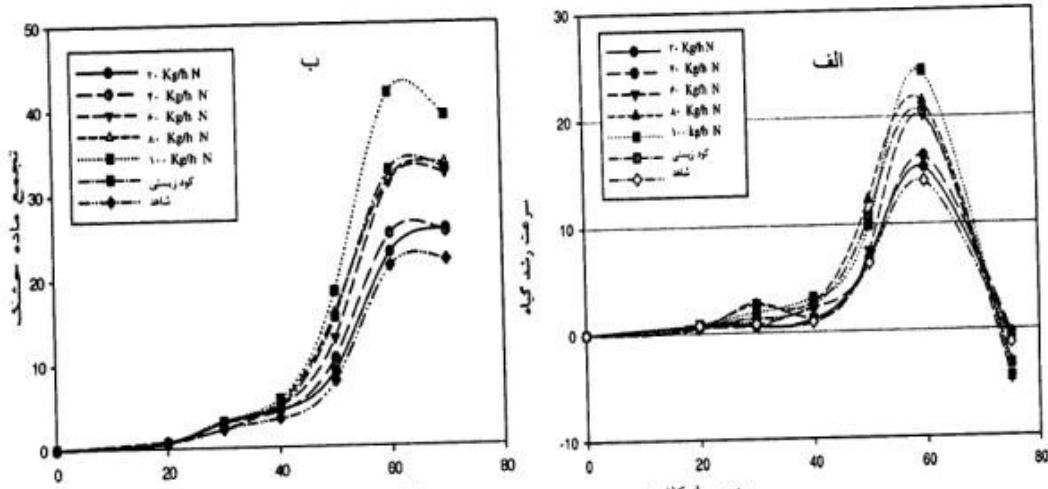
جدول ۱- خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

pH	بافت	چگالی ظاهری g/cm ³	P (mg/kg)	N(%)	K ⁺ (%)	CaCO ₃ (%)	CaSO ₄ (%)
۷/۸	لومن سیلتی	۱/۴۵	۲/۷۵	۰/۰۲۲	۰/۱۴	۱۳/۷۵	۲/۸

جدول ۲- مقایسات میانگین شاخص سطح برگ در مراحل مختلف رشد گیاه جو

دانه خمیری	ظهوور سنبله	ساقه دهن	پنجه زنی	چهار برگی	رزیم کودی (kg/ha)
۳/۵۷۰۰ ^c	۳/۱۶۳۷ ^c	۱/۶۲۳۳ ^c	۰/۷۷۳۳ ^c	۰/۴۷۳۳ ^a	شاهد
۳/۵۵۰۰ ^c	۳/۱۴۶۷ ^c	۱/۴۳۵۷ ^c	۰/۷۰۳۳ ^c	۰/۵۴۰۰ ^b	۲۰
۳/۹۱۶۷ ^b	۳/۲۲۶۷ ^{bc}	۱/۴۸۰۰ ^c	۰/۷۶۰۰ ^b	۰/۵۱۶۷ ^b	۴۰
۳/۹۳۳۳ ^b	۳/۵۸۳۳ ^{bc}	۱/۷۹۰۰ ^b	۰/۷۳۳۳ ^b	۰/۴۸۰۰ ^b	۶۰
۴/۵۰۰۰ ^a	۳/۸۵۰۰ ^b	۱/۹۷۵۷ ^b	۰/۷۶۳۳ ^b	۰/۵۲۳۳ ^a	۸۰
۴/۲۶۶۷ ^a	۴/۰۶۶۷ ^a	۲/۱۸۵۷ ^a	۰/۸۲۶۷ ^a	۰/۵۳۰۰ ^a	۱۰۰
۳/۹۶۳۳ ^b	۳/۵۷۵۷ ^{bc}	۱/۸۰۰۰ ^b	۰/۸۸۶۷ ^a	۰/۵۱۰۰ ^a	پاکتری

* در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.



همان‌گونه که مشخص است روند نمودار مربوط به تیمار کودهای بیولوژیک ماین دو نمودار از تیمارهای ۶۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن است و با توجه به روند نمودار با نمودار مربوط به تیمار ۸۰ کیلوگرم نیتروژن تقریباً مشابه است. لذا تصور می‌شود سرعت رشد نسبی برای تیمار کود بیولوژیک حدوداً معادل تیمارهای ۶۰ و ۸۰ کیلوگرم نیتروژن باشد.

وزن خشک اندام هوایی

همان‌گونه که در جدول ۳ دیده می‌شود با افزایش سطح کودی بر میزان وزن خشک اندام هوایی بهمیزان معنی‌داری افزوده شده است؛ تا جایی که بیشترین وزن خشک مربوط به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بود همچنین وزن خشک حاصل از تیمار کود بیولوژیک تقاضه معنی‌داری با سطح کودی ۶۰ و ۸۰ کیلوگرم نشان نداد این نتیجه

چنین حالتی در گیاهان خانواده غلات ذکر کردند (۴، ۷ و ۱۰).

نسبت وزن ریشه به ساقه

نسبت وزن ریشه به ساقه در بین تیمارهای مورد مطالعه تفاوت معنی داری ($p \leq 0.05$) را دارا بود. همان گونه که در جدول ۳ نیز مشخص است تیمار کودی سطح ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در کمترین نسبت وزن ریشه به ساقه و تیمار کودهای بیولوژیک پیشترین میزان را دارا بود. نکته قابل تأمل پایین بودن وزن ریشه به ساقه در سطوح بالای کود نیتروژن بود که البته از نظر آماری تفاوت معنی داری را بین سطوح مختلف کود نیتروژن، دارا نبود. احتمالاً دلیل این امر طبق گزارش فیتر (۹) می تواند تخصیص بیشتر نیتروژن و مواد پرورده به اندام های هوایی باشد. در حالی که در تیمارهای سطح پایین کودی و تیمار کود بیولوژیک به گفته کلب و مارتین (۱۱) این روند تا حدی تعديل شده و گیاه سعی کرده تعادل بیشتری در تولید اندام های هوایی و زیرزمینی خود برقرار کند.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی داری در عملکرد دانه در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده شد. به این صورت که تیمار شاهد با عملکرد میانگین $1/34$ تن در هکtar کمترین میزان و تیمار سطح کودی 100 کیلوگرم نیتروژن با $1/98$ تن در هکtar در بالاترین سطح قرار گرفت. البته عملکرد متوسط کشت فاریاب رقم کشت شده بیش از این گزارش شد. بهنظر من رسد کمبود سایر عناصر معدنی مورد نیاز در گاچ، شرایط آب و هوایی متفاوت منطقه، تراکم پایین تر بوده تسبیب به شرایط زراعی که مانع از شکل گیری کانونی کوئی مناسب شد؛ بروز بیماری زنگ زد در پایان فصل و همچنین حمله علف هزار پیچک به مزرعه و همچنین خطاها نمونه برداری و اندازه گیری، از جمله دلایل این نقصان عملکرد در پایان فصل زراعی بوده باشد که البته این شرایط برای تمامی تیمارهای آزمایشی بیکسان بود.

جدول ۳- مقایسه میانگین وزن خشک ریشه و اندام هوایی و نسبت آن ها در گیاه جو

عملکرد دانه (t/ha)	وزن خشک اندام هوایی (g/m ²)	نسبت وزن ریشه به اندام هوایی (%)	وزن خشک ریشه (g/m ²)	سطح کودی (kg/ha)
۱/۲۷۷ ^c	۴۷/۲ ^{a,b}	۱۰/۳۷ ^c	۲۱/۹۹ ^c	شاهد(بدون کود)
۱/۴۵۰ ^c	۴۷/۳۳ ^{a,b}	۱۲/۱۴ ^{bc}	۲۵/۶۷ ^c	۲۰
۱/۵۰۳ ^c	۴۶/۵۷ ^{a,b}	۱۱/۸۱ ^{bc}	۲۵/۳۳ ^c	۴۰
۱/۵۵۳ ^{bc}	۴۰/۰۳ ^b	۱۲/۸۸ ^{bc}	۳۲/۲۰ ^b	۶۰
۱/۷۷۰ ^{ab}	۳۸/۱۱ ^{bc}	۱۲/۷۱ ^b	۳۳/۳۶ ^b	۸۰
۱/۹۸۳ ^a	۳۷/۵۷ ^{bc}	۱۴/۷۶ ^b	۳۹/۰۵ ^a	۱۰۰
۱/۸۱۷ ^b	۵۱/۱۲ ^a	۱۶/۶۸ ^a	۳۲/۷۱ ^b	کود بیولوژیک

* - در هر ستون میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دلکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری نداشند

بيانگراین موضوع است که این سه تیمار در یک سطح آماری قرار می گیرند.

وزن اندام هوایی از آغاز تا هنگام رسیدگی دستخوش تغیرات بهسازی شد. لیکن اندازه گیری آن در پایان فصل رشد نشانگر برایش همه آن تغیرات می باشد. نتایج تحقیقات پیشین حاکی از این موضوع است که وزن اندام هوایی در غلاتی چون گندم به شدت تحت تاثیر فاکتورهایی از جمله درجه حرارت، تابش نور، میزان رطوبت قبل دسترس و نهایتاً مواد معدنی خاک قرار می گیرد (۱). از جمله مهم ترین این مواد به نیتروژن می توان اشاره کرد که با استفاده به قانون لیسیک، عامل تعیین کننده در عملکرد شاخ و برگ گیاه را اعیان می باشد (۱۳).

نتایج تحقیقات در مورد جو نیز مؤید این موضوع است (۱۴). همچنین تحقیقات نشان می دهد که باکتری Azotobacter spp. با تثبیت نیتروژن موجب افزایش معنی داری در وزن خشک اندام هوایی گیاه جو شده است (۱۰).

وزن خشک ریشه

در این مطالعه تیمار شاهد با $10/۲۷$ گرم دارای کمترین میزان وزن ریشه ای و تیمار کود بیولوژیک که حاوی باکتری های از توباکتو می باشد $16/۶۸$ گرم دارای پیشترین وزن ریشه بودند. همچنین تیمارهای ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بودند اختلاف معنی داری با یکدیگر نشان ندادند. مطالعاتی که در زمینه تأثیر باکتری های تثبیت کننده نیتروژن بر جنبه های مختلف گیاهان زراعی انجام شده است بیانگر این موضوع است که تأثیر آن ها بر سیستم ریشه ای بیش از تأثیرات آن بر سایر شاخص ها می باشد (۱۳). محققان ترشح برخی شبه هورمون های گیاهی از این باکتری ها و ترشح برخی مواد حاوی آهن و روی را علاوه بر تثبیت نیتروژن، عامل اصلی برروز

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در گیاه جو

درجه آزادی	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	نسبت وزن ریشه به اندام هوایی	عملکرد دانه
۲	۴۰/۷۷۸NS	۰/۲۲۲NS	۱۰/۵۳۱NS	-۰/۴۱NS
۶	۱۰/۷/۱۵-**	۲۴/۴۱۳*	۱۳۵/۲۵۳*	-۰/۱۵7**
۱۲	۱۱/۸۴۳	۶/۵۵۶	۳۷/۴۷۶	-۰/۰۱۶
-	۱۱/۱۸	۱۲/۶۵	۹/۵۱	۷/۷۶
تغییرات(%)				

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح ۱ و ۵ درصد و NS عدم وجود تفاوت معنی دار را نشان می‌دهد.

عوامل دیگری علاوه بر عنصر نیتروژن برایین دو فاکتور تاثیر می‌گذارند. محققان تاثیر افزایش سطح هورمون‌های اکسین و جیرلین در حضور باکتری‌های یاد شده را مهم‌ترین عامل پس از تثبیت نیتروژن در بهبود سیستم ریشه‌ای دانسته‌اند. در کل شاخص‌های اندازه‌گیری شده تاثیر باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از سطح کودی ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکtar کمتر نبود. در مورد سطح بیشینه سودمندی اظهار نظر قاطعی نمی‌توان کرد. چرا که در ریشه زایی سطح سودمندی این باکتری‌ها بیش از بالا ترین سطح کود نیتروژن بود. لیکن با در نظر گرفتن اشتراک سطوح سودمندی تمام فاکتورهای اندازه‌گیری شده، می‌توان این گونه اظهار نظر کرد که باکتری‌های ازتوباکتر (*Azotobacter chroococcum*) در حداقل شرایط می‌توانند معادل عددی بین ۸۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم سودمند واقع شوند.

سپاسگزاری

بودجه اجرای این طرح از طرف معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی و داشکده کشاورزی تأمین شده است، لذا بدبینویسله قدردانی می‌شود. همچنین از آقای دکتر قدسی عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی مشهد و آقای دکتر رجالی عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات آب و خاک تهران سپاسگزاری می‌گردد.

بوت و همکاران (۲) بیان داشتند که باکتری *Azospirillum brasiliense* به عنوان کود بیولوژیک تاثیر معنی داری بر عملکرد دانه گندم داشت. ایشان تثبیت نیتروژن به روش همیاری را در کار افزایش ترشح تنظیم‌کننده‌های رشد در ریشه این گیاه، دلیل افزایش عملکرد دانه گندم ذکر کردند. محققان دیگری از جمله مارتینز و همکاران (۱۲)، هارلی و اسمیت (۱۰)، خسروی و راستین (۲) و عمو آقایی و همکاران (۳) در گزارشات خود درستی این نکته را بر روی گندم، جو و ذرت، تایید کردند. لازم به ذکر است که تیمار کود بیولوژیک در کنار سطح کودی ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در یک سطح قرار گرفته و بین آن‌ها تفاوت معنی داری دیده نشد. این تتجه می‌تواند دلالت بر سودمندی باکتری‌های قید شده در سطح ۸۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن بر روی عملکرد دانه‌ای گیاه جو داشته باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به آزمایش‌های انجام شده باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن به طور معنی داری شاخص‌های رشد مروف‌بیولوژیکی را افزایش داد. میزان این افزایش در برخی از فاکتورهای بیشتر و در برخی دیگر کمتر بود. این نشانگر میزان اثراین باکتری‌ها بر هر کدام از فاکتورهای مورد نظر بود. طبق بررسی انجام شده تاثیراین باکتری‌ها بر روی وزن خشک ریشه بیش از سایر فاکتورهای بود. در این شاخص نیز شاخص نسبت وزن ریشه به اندام هوایی تاثیر این باکتری‌ها بیش از همه سطوح کودی بود. احتمالاً می‌توان این استنباط را کرد که

منابع

- ۱- امام، ا. و مج. تقه‌الاسلامی. ۱۳۸۴. عملکرد گیاهان زراعی: فیزیولوژی و فرایندها (ترجمه). چاپ اول، انتشارات دانشگاه شیراز، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- خسروی، م. و ن. صالح راستین. ۱۳۸۴. اثر تلقیح ازتوباکتر کروکوکوم به عنوان یک کود بیولوژیک بر روی رشد و عملکرد گندم. ششمین کنگره علوم خاک‌ایران، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۳- عمادآقایی، ر.، الف. مستاجران، و گ. امتیازی. ۱۳۸۰. اثر سویه و غلظت باکتری آزوسپریلوم براینسس روی رشد و نمو ریشه ارقام گندم، علوم کشاورزی ایران، ۲۳: ۲۱۳-۲۲۲.
- ۴- Akbari, Gh., M. Arab, H.A. Alikhani, I. Allahdadi, and M.H. Arzanesh. 2007. Isolation and selection of indigenous

- Azospirillum* spp. and the IAA of superior strains effects on wheat roots. Agric. Sci. 3: 523-529.
- 5- Bashan, Y. 1993. Potential use of *Azospirillum* as biofertilizer. J. Turrialba. 43: 286-291.
 - 6- Bothe, H., H. Korsgen, T. Lehmacher, and B. Hundeshagen. 1992. Differential effects of *Azospirillum*, auxin and combined nitrogen on the growth of the roots of wheat. J. Symbiosis. 13: 167-179.
 - 7- Cakmak, I., K. Y. Guluk, H. Marschner, and R. D. Graham. 1994. Effect of zinc and iron deficiency on phytosiderophore release in wheat genotypes differing in zinc efficiency. Plant Nut. 17: 1-17.
 - 8- Dobbelaere, S., A. Croonenborghs, A. Thys, A. Vande Broek, and J. Vanderleyden. 1999. Phytostimulatory effect of *Azospirillum brasiliense* wild type and mutant strains altered in IAA production on wheat. Plant Soil. 212: 155-164.
 - 9- Fitter, A. 2002. Characteristics and Functions of Root Systems. Marcel Dekker, New York
 - 10- Harley, J.L., and S. E. Smith. 2000. *Azotobacter* Symbiosis. Academic Press, London.
 - 11- Kolb, W., and P. Martin. 1985. Response of Plant Roots to Inoculation with *Azospirillum brasiliense* and to Application of Indole Acetic Acid. Springer, Berlin Heidelberg, New York.
 - 12- Martinez Toledo, M.V., J. Moreno, T. De la Rubia, and J. Gozalezlopez. 1989. Root exudates of *Zea mays* and production of Auxins, Gibberellins and Cytokinins by *Azotobacter chroococcum*. Plant Soil. 110: 149-152.
 - 13- Sonmez, F. 2000. Effect of seed size and nitrogen fertilizer on root and shoot growth in the early development stage of barley. Turkish J. of Agric. Forage. 24: 669-675.
 - 14- Spunarova, M., and L. Zeniseva. 1985. The effect of nitrogen and soil moisture contents on leaf area index, productivity and yield of spring barley. Rostl Vyroba, 31: 417- 424.