نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد یازدهم، شماره اول، ۱۴۰۰
۱۳۲-۱۱۷
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2021.18110.1959
(مقاله کامل علمی- پژوهشی)

تأثیر باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن بر عملکرد و برخی عناصر غذایی پر مصرف در دو رقم جو

فرهاد دولخانی[۱]، احسان بیژن‌زاده*[۲]، حمیدرضا بوستانی[۳] و علی بهپوری[۴]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه اگرواکولوژی، دانشگاه شیراز، [۲]دانشیار گروه اگرواکولوژی، دانشگاه شیراز،
[۳]دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه شیراز، [۴]استادیار گروه اگرواکولوژی، دانشگاه شیراز

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۳۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۲

چکیده

سابقه و هدف: نحوه مدیریت مصرف نیتروژن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی و چالش‌های کاربرد آن در مزارع مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. به‌دلیل مقدار پایین نیتروژن در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک و هم‌چنین اثرات سوء زیست‌محیطی حاصل از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار، نقش تثبیت‌کننده‌های زیستی نیتروژن بسیار مهم است. برخی پژوهش‌ها درباره نحوه استفاده از باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و تأثیرات آن‌ها بر افزایش عملکرد گیاهان مختلف انجام شده است. هدف از انجام این پژوهش بررسی نقش باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (*ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم*) بر عملکرد و غلظت برخی عناصر غذایی پر مصرف ارقام جو می‌باشد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز روی دو رقم جو در فصل زراعی ۱۳۹۶-۹۷ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ارقام جو زهک و نیمروز و منابع تامین نیتروژن نیز در شش سطح شامل شاهد (بدون استفاده از کود)، تلقیح بذر با ازتوباکتر کروکوکوم (*Azotobacter chroococcum*)، تلقیح بذر با آزوسپیریلوم لیپوفروم (*Azospirillum lipoferum*)، تلقیح بذر با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم به‌صورت همراه، تلقیح بذر با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم همراه با ۱۰۰ کیلوگرم اوره درهکتار به‌عنوان منبع تامین نیتروژن و استفاده از ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار به‌عنوان منبع تامین نیتروژن به‌تنهایی بودند. پس از برداشت به‌روش دستی عملکرد و اجزای عملکرد و نیز میزان عناصر نیتروژن، پتاسیم و فسفر دانه اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد در رقم نیمروز استفاده از ترکیب ازتوباکتر همراه با آزوسپیریلوم و تلفیق آن با ۱۰۰ کیلوگرم اوره، ارتفاع گیاه و تعداد سنبله در مترمربع را به‌ترتیب ۹/۷۴ و ۱۸ درصد نسبت به شاهد افزایش می‌دهد. هم‌چنین کاربرد ازتوباکتر و آزوسپیریلوم همراه با ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار ۱۸ درصد وزن هزاردانه را افزایش داد. افزایش ۲۷/۲۷ درصدی عملکرد زیست‌توده نسبت به شاهد نیز در تیمار استفاده از هر دو باکتری به‌صورت تلفیقی مشاهده شد. استفاده از ترکیب ازتوباکتر و آزوسپیریلوم و ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار به‌ترتیب باعث افزایش ۴۰ و ۲۱/۳۳ درصدی عملکرد دانه رقم زهک و رقم نیمروز نسبت به شاهد شد. تیمار کود تلفیقی ازتوباکتر و آزوسپیریلوم همراه با

* مسئول مکاتبه: bijanzd@shirazu.ac.ir

۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار منجر به افزایش ۲۱/٦ درصدی میزان نیتروژن دانه جو گردید. تلقیح بذرها با آزوسپیریلوم در رقم زهک ۹/۵۸ درصد و تلقیح بذرهای رقم نیمروز با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم به‌صورت همراه، ۳۰ درصد میزان فسفر دانه را نسبت به شاهد افزایش داد. در نهایت تلقیح بذرهای رقم زهک با آزوسپیریلوم ٤۲/۵۸ درصد و تلقیح بذرهای رقم نیمروز با ترکیب ازتوباکتر و آزوسپیریلوم ٦۱/۷٤ درصد میزان پتاسیم دانه را افزایش داد.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از ترکیب باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن ازتوباکتر و آزوسپیریلوم به همراه ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره می‌تواند میزان کود مصرفی را تا ۵۰ درصد کاهش دهد و وزن هزاردانه، درصد نیتروژن دانه و عملکرد دانه را نیز بهبود ببخشد.

واژه‌های کلیدی: آزوسپیریلوم، ازتوباکتر، زهک، نیتروژن دانه، نیمروز

مقدمه

کودهای زیستی با افزایش فعالیت باکتری‌های محرک رشد گیاه تأثیر مثبت کودهای آلی و شیمیایی را بر محصولات کشاورزی افزایش می‌دهند (۳۲). کودهای زیستی امروزه جایگاه ویژه‌ای در دسته‌بندی انواع کودها از نظر تأثیر در بهبود عملکرد محصولات مهم زراعی از جمله ذرت، گندم و جو دارند (۱). تثبیت زیستی نیتروژن اتمسفری (N_2) فرآیندی منحصربه‌فرد است که توسط ریزجاندارانی پروکاریوت به نام دی ازتروف‌ها و به‌وسیله آنزیم نیتروژناز موجود در آن‌ها انجام می‌شود (١٦). یکی از روش‌های افزایش تولید پایدار در کشاورزی، استفاده از ریزجانداران مفید خاکزی است که با روش‌های مناسب مانند تلقیح بذر با آن‌ها می‌توان سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه شد. باکتری‌های غیر همزیست مانند ازتوباکتر و آزوسپریلیوم قادر به تثبیت نیتروژن مولکولی هستند هر چند مقدار نیتروژن تثبیت شده توسط این باکتری‌ها کم‌تر از ریزوبیوم‌هاست، اما این باکتری‌ها در اغلب خاک‌ها یافت می‌شوند و اثرات همیاری با ریزوبیوم‌ها دارند (۱۹ و ۳۵). این دسته از باکتری‌ها قادرند تنها بخشی از نیتروژن مورد نیاز گیاه را تامین نمایند. ازتوباکتر کروکوکوم (*Azotobacter chroococcum*) یک باکتری آزادزی و آزوسپیریلوم لیپوفروم (*Azospirillum lipoferum*) یک باکتری همیار تثبیت‌کننده نیتروژن هوا می‌باشد (۲ و ٤).

تلقیح با آزوسپیریلیوم می‌تواند باعث تغییرات معنی‌دار در شاخص‌های مختلف رشد و نمو گیاهان زراعی شود که در نهایت روی عملکرد و پایداری سیستم تولید اثر مثبت دارد. همچنین تلقیح بذر و خاک با ریزجانداران مفید می‌تواند نیاز به کودهای شیمیایی و به‌دنبال آن عوارض سوء مصرف آن‌ها بر محیط زیست را کاهش دهد (۹). کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه، مهم‌ترین راهکار در زمینه مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه در کشاورزی پایدار است (۳۱). باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در محیط پیرامون ریشه و یا اندام‌های داخلی گیاه تشکیل کلونی داده و رشد گیاه را تحریک می‌نمایند (۲۳). دهمرده و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و دامی در مقایسه با کاربرد جداگانه آن‌ها می‌تواند در افزایش اجزاء عملکرد، پروتئین و در نهایت عملکرد جو نقش موثرتری داشته باشد (٦). این باکتری‌ها علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن و افزایش قابلیت دسترسی فسفر خاک، با تولید هورمون‌های محرک رشد مانند اکسین، جیبرلین و

سیتوکنین، رشد و عملکرد گیاه را افزایش می‌دهند (۲۶). مهاجرمیلانی و کلهر (۲۰۰۷) بیان کردند که تلقیح بذرهای گندم و جو با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم افزایش ۱۵ تا ۱۸ درصدی را در عملکرد دانه و کاه نشان داد (۱۹). استفاده از باکتری‌های آزوسپریلیوم و ازتوباکتر (به‌عنوان کود زیستی)، یک راهبرد جایگزین است که در صد ساله اخیر مطرح شده و در سال‌های اخیر به‌دلیل قیمت رو به افزایش کودهای شیمیایی اهمیت ویژه‌ای یافته است (۳۵). بنابراین هدف از انجام این آزمایش مطالعه تأثیر تلقیح دو باکتری آزوسپیریلوم و ازتوباکتر بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام جو و عناصر غذایی آن و مقایسه آن با مصرف کود شیمیایی اوره می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تاثیر باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در مقایسه با مصرف کود شیمیایی اوره (٤٦ درصد نیتروژن) آزمایش مزرعه‌ای در سال زراعی ۹۷-۹٦ به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز بر روی دو رقم جو انجام شد. از لحاظ جغرافیایی شهرستان داراب در ٥٤ درجه و ۳۳ دقیقه طول شرقی و ۲۸ درجه و ٤۷ دقیقه عرض شمالی واقع می‌باشد. ارتفاع از سطح دریا ۱۱۸۰ متر و دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک می‌باشد که در جنوب شرقی استان فارس واقع شده است. نتایج ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک در جدول ۱ نشان داده شده است. تیمار ها شامل ارقام جو (زهک و نیمروز) و شش تیمار تامین‌کننده نیتروژن شامل تیمار شاهد، که در آن هیچ‌گونه کودی مورد استفاده قرار نگرفت، تلقیح بذر با *ازتوباکتر کروکوکوم* (*Azotobacter chroococcum*)، تلقیح بذر با *آزوسپیریلوم لیپوفروم* (*Azospirillum lipoferum*)، تلقیح بذر با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم به صورت تلفیقی، تلقیح بذر با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم به همراه ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره (٤٦ درصد نیتروژن) در هر هکتار و کاربرد نیتروژن از منبع اوره به‌میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. کود نیتروژن از منبع اوره طی دو مرحله نیمی از آن ابتدا در زمان کاشت و نیم دیگر آن در مرحله ساقه رفتن به‌صورت سرک مورد استفاده قرار گرفت. تراکم کاشت ۳۰۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. ابعاد هر کرت سه متر در دو متر در نظر گرفته شد و بذر جو در خطهایی به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر کاشته شدند. بین دو کرت نیز یک فاصله ٤۰ سانتی‌متری نکاشت در نظر گرفته شد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش.

Table 1. Physical and chemical properties of the experimental soil.

عمق خاک Soil depth (cm)	شن Sand (%)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	کربن آلی O.C (%)	قابلیت هدایت الکتریکی ECe (dS m^{-1})	پ هاش (pH)
0-15	38.12	17.18	44	0.977	1.092	7.42
15-30	38.16	17.26	44	0.970	1.090	7.54
عمق خاک Soil depth (cm)	نیتروژن N (%)	فسفر P (mg kg^{-1})	پتاسیم K (mg kg^{-1})	آهن Fe (mg kg^{-1})	روی Zn (mg kg^{-1})	منگنز Mn (mg kg^{-1})
0-15	0.084	54	320	5.104	0.564	14.8
15-30	0.084	58	300	7.30	0.540	14.8

جهت گندزدایی بذرها و جلوگیری از آلودگی میکروبی، بذرها به‌مدت ۱۰ دقیقه در محلول هیپرکلریت سدیم یک درصد قرارداده شده و سپس توسط آب مقطر سترون چندین بار شستشو شدند (۲۳). پس از محاسبه دقیق میزان بذرهای مورد نیاز تلقیح شده در هر تیمار، بذرهای جو در یک کیسه پلی‌اتیلن ریخته و به‌میزان ۲۰ میلی‌لیتر از محلول شکر ۲۰ درصد به هر کدام از بذرها اضافه شد. کیسه‌های حاوی ماده چسبنده شکری برای مدت ۳۰ ثانیه به‌شدت تکان داده شدند تا سطوح بذرها به‌طورکامل به محلول آغشته گردد. پس از آن مقدار ۲۰ گرم از مایه تلقیح به بذرهای چسبناک افزوده و پس از ٤٥ ثانیه تکان دادن و اطمینان از چسبیدن یکنواخت مایه تلقیح به بذرها، آن‌ها را روی ورقه آلومینیومی تمیز ریخته و زیر سایه قرار داده شدند تا خشک شوند (۳۳). آبیاری کرت‌ها به صورت هر ده روز یکبار و با مشاهده وضعیت مزرعه صورت گرفت و عملیات علف کنی به صورت وجین دستی انجام شد. بذرها در تاریخ ۲۰ دی ماه درکرت‌های مورد نظر کاشته شدند و در تاریخ ۲۸ اردیبهشت‌ماه به‌صورت دستی برداشت شدند. به منظور اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد پس از حذف حاشیه از دو خط میانی هر یک به طول یک متر برداشت و محاسبه گردید. در این آزمایش صفاتی مانند ارتفاع بوته، وزن هزاردانه، تعداد سنبله در مترمربع، عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه اندازه‌گیری شدند. جهت اندازه‌گیری عناصر پرمصرف پتاسیم، فسفر و نیتروژن دانه، مقداری از دانه‌های جو توسط آسیاب برقی پودر شده و سپس یک گرم از آن در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد خاکستر و بعد از حل کردن در اسید کلریدریک ۲ نرمال از کاغذ صافی عبور داده و سپس توسط آب مقطر به حجم رسانده شدند. در عصاره حاصل غلظت پتاسیم توسط نشر شعله‌ای به‌وسیله دستگاه فلیم‌فتومتر (Corning,510UK) و غلظت فسفر از روش رنگ‌سنجی و به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ٤٧٠ نانومتر اندازه‌گیری شد. نیتروژن کل نیز از روش تیتراسیون بعد از تقطیر با دستگاه کجلدال سنجش شد. آنالیز آماری و تجزیه داده‌ها با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۲ بیانگر آن است که بر هم کنش رقم و کود بر صفت ارتفاع بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). رقم نیمروز تحت‌تأثیر استفاده از باکتری ازتوباکتر و آزوسپیریلوم و تلفیق آن با ۱۰۰ کیلوگرم اوره به‌عنوان منبع تامین‌کننده مستقیم نیتروژن، ۹/۷٤ درصد افزایش ارتفاع بوته را نسبت به شاهد نشان داد که البته این افزایش نسبت به شاهد معنی‌دار نبود (جدول ۳). در هر دو رقم، ارتفاع گیاه در تیمار تلقیح بذر با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم به‌همراه ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره در هر هکتار در مقایسه با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نداشت. شالان و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند که تلقیح بذر سیاهدانه (*Nigella sativa*) با کودهای بیولوژیکی نظیر آزوسپیریلوم، ازتوباکتر و سودوموناس باعث بهبود در خصوصیات رشدی گیاه نظیر ارتفاع بوته شده است و علت اصلی این امر را افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاه عنوان نمودند (۳۰). هم‌چنین میرزاخانی و همکاران (۲۰۰۸) نیز در پژوهشی گزارش کردند که تلقیح گیاه گلرنگ با ازتوباکتر و میکوریزا توانسته تفاوت معنی‌داری را در ارتفاع گیاهان به‌وجود آورد (۲۰). کاندیل و همکاران (۲۰۱٤) بیان کردند که ازتوباکتر نقش مهمی در تولید هورمون‌های رشد مانند

جیبرلین و اکسین ایفا می‌کند و هم‌چنین علاوه بر تثبیت نیتروژن منجر به افزایش ارتفاع بوته می‌شود (۱٤).

تعداد سنبله در مترمربع: برهم‌کنش کود و رقم بر تعداد سنبله در مترمربع در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در رقم زهک بین تیمارها تفاوت آماری معنی‌داری از نظر تعداد سنبله در مترمربع وجود ندارد (جدول ۳). از طرف دیگر در رقم نیمروز بیش‌ترین تعداد سنبله در مترمربع، در تیمار ازتوباکتر + آزوسپیریلوم + ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۱۸ درصد افزایش در تعداد سنبله در مترمربع نشان داد. از طرف دیگر این تیمار افزایش معنی‌داری در تعداد سنبله در مترمربع نسبت به تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار داشت. کواتروباس و نتانوس (۲۰۰۳) بیان داشتند در شرایط مصرف نیتروژن سهم تعداد سنبله در واحد سطح در تغییرات عملکرد دانه بیش از ۵۰ درصد می‌باشد (۱۷). به‌طورکلی استفاده از کود به روش تلقیح با ازتوباکتر + آزوسپیریلوم همراه با ۱۰۰ کیلوگرم اوره منجر به افزایش تعداد سنبله در واحد سطح گردید که با نتایج مانان و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت داشت (۱۸). ایشان در پژوهشی که بر روی گندم انجام دادند دریافتند که افزایش نیتروژن به‌طور معنی‌داری تعداد سنبله در واحد سطح را افزایش داد.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در جو.

Table 2. Analysis of variance of measured traits in barley.

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares					
			ارتفاع بوته Plant height	تعداد سنبله در مترمربع Spike no.m^{-2}	وزن هزاردانه 1000-grain weight	پروتئین دانه Grain protein	عملکرد زیست‌توده Biomass yield	عملکرد دانه Grain yield
Replication (R)	تکرار	2	22.89^{ns}	1501.86^{ns}	4.39^{ns}	0.0236^{ns}	340.02^{ns}	57.527^{ns}
Cultivar (C)	رقم	1	11.67^{ns}	160400.25**	0.111^{ns}	0.0595^{ns}	1906.77^{ns}	7112.111**
Fertilizer (F)	کود	5	36.31^{ns}	2994.22*	26.49**	4.6231**	6290.64**	23120.444**
C×F	کود×رقم	5	41.66**	17945.54**	2.38^{ns}	0.2032^{ns}	194.04^{ns}	732.311**
Error	خطای آزمایش	22	16.34	902.64	1.092	0.1160	399.48	77.861
CV%	ضریب تغییرات (٪)	-	6.64	7.21	3.45	3.76	8.17	2.00

^{ns}، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

^{ns}, * and ** non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively

وزن هزاردانه: طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر ساده کود در سطح احتمال ۱ درصد بر وزن هزاردانه جو معنی‌دار شد. بیش‌ترین وزن هزاردانه در تیمار تلقیح با ازتوباکتر+ آزوسپیریلوم + ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار و کاربرد آزوسپیریلوم به‌تنهایی به‌دست آمد که به‌ترتیب باعث افزایش ۱۸ و ۱۲ درصدی وزن هزاردانه نسبت به شاهد گردید (شکل ۱). عمو آقایی و همکاران (۲۰۰۳) نیز افزایش

۱۰ درصدی وزن هزاردانه در گندم را بر اثر تلقیح بذرها با باکتری آزوسپیریلوم گزارش کردند (۳). رجایی و همکاران (۲۰۰۷) نیز چنین بیان کردند که تلقیح بذر با ازتوباکتر باعث افزایش ۹ درصدی وزن هزاردانه در گندم گردیده است (۲٤). در پژوهش حاضر نشان داده شد که استفاده از ترکیب ازتوباکتر و آزوسپیریلوم به همراه ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار به‌عنوان منبع تامین نیتروژن باعث افزایش وزن هزاردانه جو گردید.

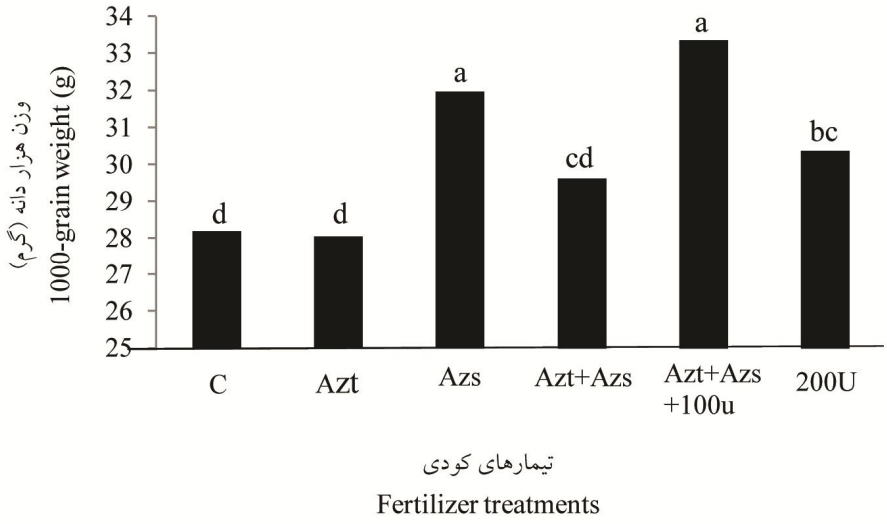
جدول ۳- برهمکنش رقم در کود بر ارتفاع بوته، تعداد سنبله در مترمربع و عملکرد دانه.

Table 3. Interaction effect of cultivar× fertilizer on plant height, spikes no. m^{-2} and grain yield.

رقم Cultivar	کود Fertilizer	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد سنبله در مترمربع Spikes no. m^{-2}	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Grain yield ($g.m^2$)
زهک Zehak	شاهد Control	64.33^{a}	322^{f}	378^{f}
	ازتوباکتر Azotobacter	64.33^{a}	323^{f}	384.33^{f}
	آزوسپیریلوم Azospirillum	52.50^{c}	341.33^{ef}	414.33^{d}
	ازتوباکتر + آز.سپیریلوم Azospirillum+ Azotobacter	62^{ab}	340^{ef}	482.66^{b}
	ازتوباکتر+آزوسپیریلوم+ ۱۰۰ کیلوگرم اوره Azotobacter+Azospirillum+ 100kg Urea	64.50^{a}	346.33^{ef}	529.33^{a}
	۲۰۰ کیلوگرم اوره 200 kg Urea	61^{ab}	381.67^{ef}	542^{a}
نیمروز Nimrooz	شاهد Control	58.16^{abc}	461^{c}	378^{f}
	ازتوباکتر Azotobacter	60.50^{ab}	529^{ab}	372.66^{f}
	آزوسپیریلوم Azospirillum	62.50^{ab}	453.33^{c}	399.66^{d}
	ازتوباکتر + آز.سپیریلوم Azospirillum+ Azotobacter	55.83^{bc}	428.33^{cd}	438.66^{c}
	ازتوباکتر+ آزوسپیریلوم+ ۱۰۰ کیلوگرم اوره Azotobacter+Azospirillum+ 100kg Urea	63.83^{a}	544^{a}	458.66^{b}
	۲۰۰ کیلوگرم اوره 200 kg Urea	61^{ab}	483.67^{bc}	487.33^{b}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

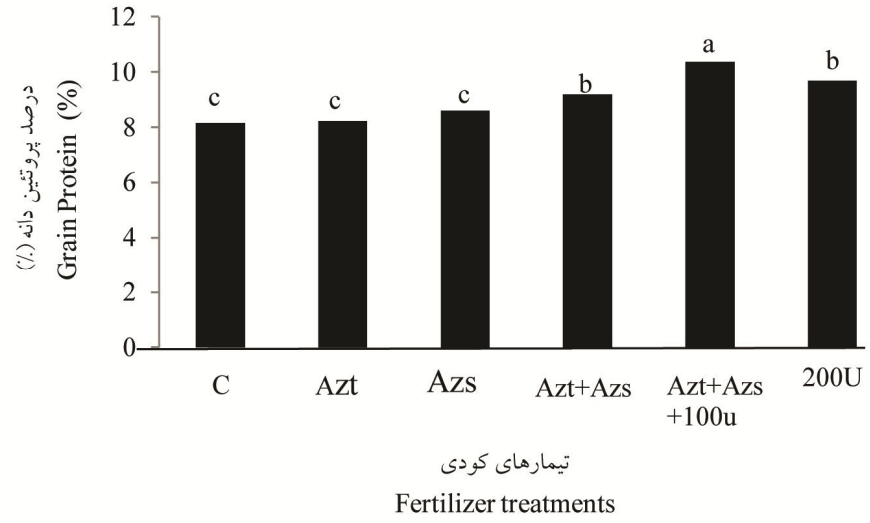
Means with similar letters in each column had not significant differences based on LSD test at 5% of probability level.



شکل ۱- تأثیر منبع نیتروژن بر وزن هزاردانه جو (ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند). C: شاهد، Azt: ازتوباکتر، Azs: آزوسپیریلوم، Azt+Azs: ازتوباکتر + آزوسپیریلوم، Azt+Azs+100 U: ازتوباکتر + آزوسپیریلوم + ۱۰۰ کیلوگرم اوره، 200 U: ۲۰۰ کیلوگرم اوره.

Figure 1. Effect of nitrogen source on 1000-grain weight of barley. (Means with similar letters in each column had not significant difference based on LSD test at 1% probability level). C: Control, Azt: Azotobacter, Azs: Azospirillum, Azt+ Azs: Azotobacter+Azospirillum, Azt+Azs+100 U: Azotobacter+Azospirillum+100 kg urea, 200 U: 200 kg urea.

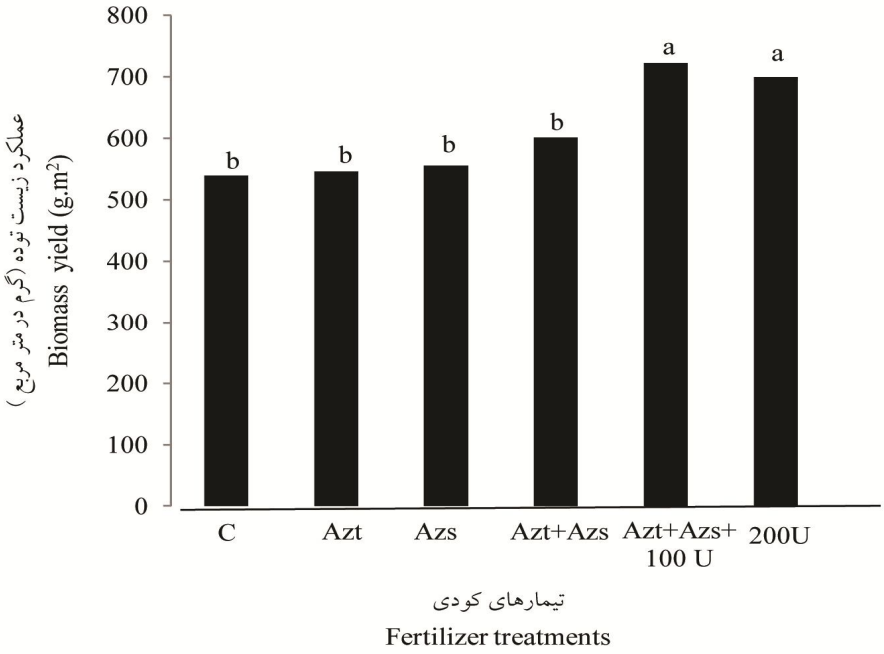
پروتئین دانه: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثرات ساده کود در سطح احتمال یک درصد بر پروتئین دانه معنی‌دار است (جدول ۲). کاربرد ازتوباکتر+ آزوسپیریلوم+ ۱۰۰ اوره با ۲۵ درصد افزایش پروتئین دانه نسبت به شاهد بیش‌ترین میزان پروتئین دانه را در جو نشان داد (شکل ۲). در واقع تیمار کودی ازتوباکتر+ آزوسپیریلوم + ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار، ۸/۱ درصد افزایش میزان پروتئین دانه نسبت به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار را نشان داد. مهتدی و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند مصرف کودهای زیستی حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن به‌همراه مصرف کود اوره منجر به افزایش ۱٤/۱ درصدی پروتئین دانه نسبت به شاهد می‌شود (۲۱). هم‌چنین حکم علی‌پور و همکاران (۲۰۱۰) افزایش میزان پروتئین دانه را تحت استفاده از باکتری‌های افزاینده رشد گیاه بر روی گیاه جو بررسی کردند و نشان دادند که استفاده از این باکتری‌ها منجر به افزایش ۹ درصدی میزان پروتئین در دانه می‌گردد (۱۰) که با نتایج پژوهش پیش‌رو هم‌سو می‌باشد. با توجه به این‌که میزان پروتئین دانه شاخصی کمی و وابسته به میزان نیتروژن موجود در دانه می‌باشد، می‌توان چنین بیان کرد که افزایش میزان نیتروژن دانه بر اثر استفاده از منابع مختلف تامین نیتروژن و به‌ویژه منبع تلفیقی باکتری‌های زیستی و تامین آن از محل اوره منجر به افزایش میزان پروتئین دانه شده است.



شکل ۲- تأثیر منبع نیتروژن بر پروتئین دانه جو (ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند). C: شاهد، Azt: ازتوباکتر، Azs: آزوسپیریلوم، Azt+Azs: ازتوباکتر + آزوسپیریلوم، Azt+Azs+100 U: ازتوباکتر+ آزوسپیریلوم + ۱۰۰ کیلوگرم اوره، 200 U: ۲۰۰ کیلوگرم اوره.

Figure 2. Effect of nitrogen source on grain protein of barley. (Means with similar letters in each column had not significant difference based on LSD test at 1% probability level). C: Control, Azt: Azotobacter, Azs: Azospirillum, Azt+ Azs: Azotobacter+Azospirillum, Azt+Azs+100 U: Azotobacter+Azospirillum+100 kg urea, 200 U: 200 kg urea.

عملکرد زیست‌توده: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده کود در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد زیست‌توده معنی‌دار است (جدول ۲). استفاده از ازتوباکتر+ آزوسپیریلوم + ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار منجر به افزایش ۲۷/۲۷ درصدی میزان عملکرد زیست‌توده در مترمربع نسبت به شاهد شد. کاکمکی و همکاران (۲۰۰۷)، طی آزمایشی افزایش ٤٥/٩ درصدی در ماده خشک کل را به واسطه تلقیح بذر جو با باکتری‌های افزاینده رشد گیاه گزارش نمودند (۵). در پژوهش حاضر مصرف همزمان ازتوباکتر و آزوسپیریلوم همراه با ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار در بهبود عملکرد زیست‌توده نسبت به سایر روش‌ها مؤثرتر بود گرچه عملکرد زیست‌توده اختلاف معنی‌داری با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار به تنهایی، نداشت. باسیلیو و همکاران (۲۰۰٤) افزایش عملکرد زیست‌توده برگ به‌دنبال تلقیح بذر با باکتری آزوسپیریلوم در گیاه گندم را گزارش دادند و بیان داشتند که مصرف آزوسپیریلوم به همراه سایر منابع کودی موجب افزایش ۱۸/۳ درصدی میزان زیست‌توده در گندم می‌گردد (٤). موسوی و همکاران (۲۰۰۹) چنین بیان داشتند که استفاده از کود اوره و نیز تلقیح با ازتوباکتر به‌ترتیب منجر به افزایش ٤٦ و ٦٤ درصدی در عملکرد زیست‌توده در گیاه گندم شد (۲۲). افزایش ماده خشک کل در پی کاربرد کود نیتروژن و استفاده از باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن به‌صورت تلفیقی در گیاه جو توسط حکم علی‌پور و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش شده است (۱۰).



شکل ۳- تأثیر منبع نیتروژن بر عملکرد زیست‌توده جو (ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند). C: شاهد، Azt: ازتوباکتر، Azs: آزوسپیریلوم، Azt+Azs: ازتوباکتر + آزوسپیریلوم، Azt+Azs+100 U: ازتوباکتر+ آزوسپیریلوم+ ۱۰۰ کیلوگرم اوره، 200 U: ۲۰۰ کیلوگرم اوره.

Figure 3. Effect of nitrogen source on biomass yield of barley. (Means with similar letters in each column had not significant difference based on LSD test at 1% probability level. C: Control, Azt: Azotobacter, Azs: Azospirillum, Azt+Azs: Azotobacter+Azospirillum, Azt+Azs+100 U: Azotobacter+Azospirillum+100 kg urea, 200 U: 200 kg urea.

عملکرد دانه: طبق نتایج تجزیه واریانس در جدول (۲) مشخص گردید که اثرات متقابل رقم و کود بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. نتایج مقایسه اثرات متقابل نشان داد که در بین تیمارهای کود زیستی و تلفیقی، در رقم زهک استفاده از تیمار کودی ازتوباکتر+ آزوسپیریلوم +۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار دارای بیش‌ترین عملکرد دانه به میزان ۵۲۹/۳۳ گرم در مترمربع بود که عملکرد دانه را ٤٠ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۳). در رقم نیمروز تلقیح بذرها با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم به همراه ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار با افزایش ۱۰۷/٦٦ گرم در هر مترمربع، عملکرد دانه را ۲۱/۳۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. هم‌چنین جاگنو وهمکاران (۱۹۹۱) در پژوهشی که بر روی گندم و جو انجام دادند گزارش کردند که تلقیح بذر گندم و جو با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم منجر به افزایش ٤٠ درصدی عملکرد دانه در گندم و جو شده است (۱۲) که با نتایج این پژوهش هم‌خوانی دارد. سبطی و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهشی روی گندم افزایش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد دانه در اثر کاربرد ازتوباکتر را گزارش کردند. شالان (۲۰۰۵) بیان داشت که افزایش مواد غذایی خاک به‌وسیله کودهای زیستی مانند ازتوباکتر باعث بهبود ویژگی‌های رشد و نمو سیاه‌دانه مثل تعداد شاخه‌های جانبی، ارتفاع و عملکرد دانه می‌گردد (۳۰). در پژوهشی دیگر جهان و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که تلقیح هم زمان قارچ

میکوریزا و باکتری ازتوباکتر بر افزایش مقدار ماده خشک، سرعت فتوسنتز و عملکرد دانه ذرت رقم سینگل کراس (۷۰٤) معنی‌دار بود و استفاده از این تیمار موجب افزایش ۳۰ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با تیمار شاهد شد (۱۳). بهبود عملکرد دانه گندم با مصرف نیتروژن تا میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار توسط امام و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش شده است (۸). هم‌چنین در پژوهشی امیری و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که عملکرد دانه گندم تحت کاربرد کود ازتوباکتر ۱۵/٤ درصد افزایش یافت (۲). در پژوهش حاضر نیز استفاده از باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در تلفیق با کود اوره در رقم زهک و نیمروز میزان عملکرد دانه را بیش از ۲۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد.

درصد نیتروژن دانه: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثرات کود در سطح احتمال یک درصد بر نیتروژن دانه معنی‌دار است (جدول ٤). مقایسه میانگین‌های داده‌ها نشان داد کاربرد کود همراه با تلقیح بذر با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم و تیمار ترکیبی تلقیح بذر با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم به همراه ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره به‌ترتیب ۱۱/۵ و ۲۱/٦ نیتروژن دانه را نسبت به شاهد افزایش دادند. (شکل٤). حکم‌علی‌پور و همکاران (۲۰۱۰) افزایش عملکرد دانه در گیاه جو را تحت‌تأثیر مصرف کود نیتروژن گزارش کردند و عامل تلقیح بذر با کودهای زیستی را به‌همراه استفاده مستقیم از اوره به‌عنوان مناسب‌ترین روش در افزایش میزان نیتروژن دانه معرفی کردند (۱۰). قابل توجه این‌که تولید فرآورده‌های رشد یا هورمون‌های گیاهی توسط ازتوباکتر و آزوسپیریلوم در تأثیر مثبت این باکتری‌ها روی گیاهان، نقش مهم‌تری دارند تا فعالیت آن‌ها در زمینه تثبیت نیتروژن از روش‌های زیستی (۱۹).

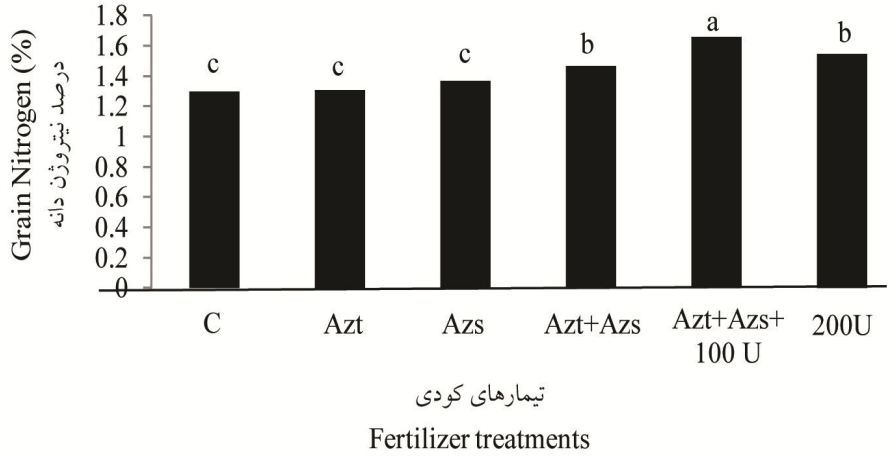
جدول ٤- تجزیه واریانس عناصر اندازه‌گیری‌شده در گیاه جو.

Table 4. Analysis of variance of measured nutrients in barley.

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares		
			نیتروژن دانه (درصد) Grain nitrogen (%)	فسفر دانه (درصد) Grain phosphorus (%)	پتاسیم دانه (درصد) Grain potassium (%)
Replication (R)	تکرار	2	0.0006^{ns}	0.00011^{ns}	0.0147^{ns}
Cultivar (C)	رقم	1	0.0015^{ns}	0.00013^{ns}	0.0196^{ns}
Fertilizer (F)	کود	5	0.1183^{**}	0.00016^{ns}	0.20082^{**}
C×F	کود×رقم	5	0.0052^{ns}	0.00118^{**}	0.33578^{**}
Error	خطای آزمایش	22	0.0029	0.00014	0.0098
CV%	ضریب تغییرات (٪)	-	3.76	8.54	5.86

^{ns}، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

^{ns}, * and ** non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively



شکل ٤- تأثیر منبع نیتروژن بر میزان نیتروژن دانه جو (ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند). C: شاهد، Azt: ازتوباکتر، Azs: آزوسپیریلوم، Azt+Azs: ازتوباکتر+ آزوسپیریلوم، ازتوباکتر+ آزوسپیریلوم + ۱۰۰ کیلوگرم اوره: Azt+Azs+100 U، 200 U: ۲۰۰ کیلوگرم اوره.

Figure 4. Effect of nitrogen source on nitrogen content of barley grain. (Means with similar letters in each column had not significant difference based on LSD test at 1% probability level). C: Control, Azt: Azotobacter, Azs: Azospirillum, Azt+ Azs: Azotobacter+Azospirillum, Azt+Azs+100 U: Azotobacter+ Azospirillum+100 kg urea, 200 U: 200 kg urea.

حسینی و همکاران (۲۰۱۲) نیز افزایش ۱۱/٦ درصدی نیتروژن دانه به‌واسطه کاربرد کود نیتروژن در گندم را گزارش کردند (۱۱). خیاط و همکاران (۲۰۱٤) نیز نتایج مشابهی را در زمینه تأثیر تلقیح بذرهای جو با این باکتری‌ها به‌همراه نیتروژن بر افزایش میزان نیتروژن دانه به‌دست آوردند (۱۵). همسو با نتایج پژوهش حاضر سابیر و همکاران (۲۰۱۳) در آزمایشی چنین بیان داشتند که تلقیح بذرهای ذرت با باکتری‌های محرک رشد مثل ازتوباکتر و آزوسپریلیوم باعث افزایش میزان نیتروژن و سایر عناصر در دانه گیاه گردید.(۲۷).

درصد فسفر دانه: برهم‌کنش کود و رقم بر درصد فسفر دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ٤). در رقم زهک در تیمار استفاده از آزوسپیریلوم به تنهایی، به‌میزان ۹/۵۸ درصد و در رقم نیمروز استفاده از تیمار ازتوباکتر همراه با آزوسپیریلوم به صورت تلفیقی، به‌میزان ۳۰ درصد، بیش‌ترین افزایش فسفر دانه را به‌خود اختصاص دادند (جدول ۵) حسن‌آبادی و همکاران (۲۰۱۲) افزایش ۱۲ درصدی فسفر دانه را در نتیجه کاربرد باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در گیاه جو گزارش کردند (۹). در پژوهشی که سبطی و همکاران (۲۰۰۹) بر روی گیاه گندم انجام دادند، مشخص شد که استفاده از ازتوباکتر با افزایش تراکم ریشه، و جذب بیش‌تر عناصر و به‌ویژه افزایش فسفر در بذر همراه گردید (۲۸) که با نتایج آزمایش پیش‌رو در یک راستا می‌باشد.

جدول ۵- برهمکنش رقم در کود بر درصد فسفر و پتاسیم دانه.

Table 5. Interaction effect of cultivar× fertilizer on grain phosphorus and potassium percent.

درصد پتاسیم دانه (٪) Grain Potassium Percent gr (%)	درصد فسفر دانه (٪) Grain Phosphorus Percent gr (%)	Fertilizer	رقم Cultivar
1.456 cd	0.146 ab	Control	زهک Zehak
1.646 cd	0.140 abc	Azotobacter	
2.080 b	0.160 a	Azospirillum	
1.483 cd	0.140 abc	Azotobacter +Azospirillum	
1.620 cd	0.146 ab	Azotobacter +Azospirillum+100kg Urea	
1.743 c	0.120 bc	200kg Urea	
1.490 d	0.120 bc	Control	نیمروز Nimrooz
1.426 d	0.143 abc	Azotobacter	
1.606 cd	0.116 c	Azospirillum	
2.410 a	0.156 a	Azotobacter +Azospirillum	
1.626 cd	0.140 abc	Azotobacter +Azospirillum +100kg Urea	
1.750 c	0.153 a	200kg Urea	

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

Means with similar letters in each column had not significant difference based on LSD test at 5% probability level

درصد پتاسیم دانه: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش رقم و کود بر میزان پتاسیم دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ٤). بیش‌ترین پتاسیم دانه مربوط به تیمار تلقیح بذرها با ازتوباکتر + آزوسپیریلوم در رقم نیمروز با ٦١/٧٤ درصد افزایش در میزان پتاسیم دانه بود که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (جدول ۵). در رقم زهک نیز تلقیح بذرها با آزوسپیریلوم با ٤٢/٥٨ درصد افزایش، بیش‌ترین افزایش را نسبت به شاهد نشان داد. سنگر و همکاران (۲۰۰۰) نیز گزارش کردند که کاربرد کود دامی به‌همراه باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن موجب افزایش فسفر و پتاسیم در دانه برنج شده است (۲۹). توحیدی مقدم و همکاران (۲۰۰۸) در آزمایشی روی سویا بیان کردند که بیش‌ترین درصد پتاسیم دانه سویا زمانی حاصل شد که بذرهای این گیاه توسط کودهای زیستی تلقیح شدند (٣٤).

نتیجه‌گیری

باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن می‌توانند تأثیر قابل‌توجهی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه جو داشته باشند. افزایش تعداد سنبله در واحد سطح یکی از اصلی‌ترین عوامل از اجزای عملکرد جهت توجیه افزایش تولید محسوب می‌شود و بیانگر آن است که با افزایش تعداد سنبله در واحد سطح به‌ویژه در تیمار ازتوباکتر+ آزوسپیریلوم+ ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار، به‌دنبال آن عملکرد افزایش می‌یابد. افزایش ۱۸ درصدی وزن هزاردانه، ۲۷ درصدی عملکرد زیست‌توده و ٤٠ درصدی عملکرد نسبت به تیمار

شاهد در تیمار ازتوباکتر + آزوسپیریلوم+۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار نیز نمایانگر برتری استفاده از این تیمار بود. نتایج این پژوهش نشان داد استفاده از ترکیب باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن به همراه ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره می‌تواند میزان کود مصرفی را تا ۵۰ درصد کاهش دهد و عملکرد را نیز بهبود ببخشد. هم‌چنین استفاده از باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروزن منجر به افزایش پروتئین دانه گردید. اگر چه استفاده از باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی به‌حساب می‌آیند و از نظر پایداری اکوسیستم‌های زراعی و تولید محصولات زراعی در بلندمدت افق‌های تازه‌ای به روی پژوهشگران و زارعین می‌گشایند اما جهت استفاده از این باکتری‌ها وچالش‌های پیش‌رو، پرداختن به پژوهش‌های متعدد در این راستا ضروری به‌نظر می‌رسد.

منابع

1. Alizadeh, O., Alizadeh, A., and Aryana, L. 2010. Optimizing of nitrogen and phosphorus consumption in sustainable agriculture of corn using mycorrhiza and vermicompost. Agricultural new findings Journal. 3: 3. 303-316.
2. Amiri, A., Tohidi, A., Javaheri, M., and Mohamadinejad, G.H. 2010. Effect of planting date, variety and Azotobacter on wheat in the Bardsir region. Journal of Crops Improvement. 12: 1. 11-19. (In Persian)
3. Amo Agaii, R.A., Mostajeran, A., and Emtiyazi, G. 2003. Effect of Azospirillum on some growth and yield indices of three wheat cultivars. Journal of Agriculture and Natural Resources. 82: 127-139.
4. Bacilio, M., Rodríguez, H., Hernandez J-Pablo, M., and Bashan, Y. 2004. Mitigation of salt stress in wheat seedlings by a gfp-tagged *Azospirillum lipoferum*. Biology and Fertility of Soil. 40: 188-193.
5. Cakmakci, R., Donmez, M.F., and Erdogan, U. 2007. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barley seedling growth, nutrient uptake, some soil properties and bacterial counts. Turkish Journal of Agriculture. 31: 189-199.
6. Dehmordeh, M., Khmer, M., and Hamed Vasghrborn, A. 2012. Effect of Azospirillum and Azotobacter bacteria on yield and cow manure at different levels of the atmosphere. Iranian Journal of Field Crop Science. 45: 1. 72-65. (In Persian)
7. Dofing, S.M., and Knight, C.W. 1992. Alternative model for path analysis of small grain yield. Crop Science. 32: 487-489.
8. Emam, Y., Salimi Koochi, S., and Shekoofa, A. 2009. Effect of nitrogen levels on grain yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) under irrigation and rainfed conditions. Iranian Journal of Field Crops Research. 7: 323-324. (In Persian)
9. Hassan Abadi, T.M., Ardakani, F., Rejali, F., and Paknejad, A. 2012. Effect of Nitrogen fixation and solubilization phosphate inoculation on yield and nitrogen uptake indices barley (*Hordeum vulgar* L), under different levels of nitrogen. Journal of Agronomy and Plant Breeding. 8: 3. 161-174.
10. Hekmalipour, S., and Seyed Sharif, R. 2011. Influence of plant density and nitrogen fertilizer levels on yield, fertilizer use efficiency and maize growth. Journal of Agricultural Knowledge. 2: 3. 25-13.
11. Hosseini, R., Galeshi, S., Soltani, A., and Kalateh, M. 2011. The effect of nitrogen on yield and yield component in modern and old wheat cultivars. Electronic Journal of Crop Production, 4: 1. 187-199. (In Persian)
12. Jagnow, G., Hoeflich, G., and Hoffman, K.H. 1991. Inoculation of non-symbiotic rhizosphere bacteria: Possibilities of increasing and stabilizing yields. Agnew Botanik. 65: 97-126.

13. Jahan, M., Koocheki, A., and Nasiri Mahalaty, M. 2007. Growth, photosynthesis and yield of corn in response to mycorrhiza and nitrogen fixing bacteria in conventional and ecologic agro-ecosystems. Agronomy Research Journal. 5: 53-66.
14. Kandil, A., Badawi, M., EL-Moursy, S., and Abdou, M. 2004. Effect of planting dates, nitrogen levels and bio- fertilization treatments on growth attributes of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Basic and Applied Sciences. 5: 227-237.
15. Khayat, S.H., Mojadam, M., and Alavi Fazel, M. 2014. Effect of nitrogen rates on grain yield and nitrogen use efficiency of durum wheat genotypes in Khouzestan. Crop Physiology Journal. 6: 103-113. (In Persian)
16. Khosravi, H. 2015. Application of biological fertilizers in cereal farming. Proceedings of the Necessity of Biological Fertilizer Production in the Country. Soil and Water Research Institute of Iran. Pp: 25-29.
17. Koutroubasa, S.D., and Ntanos, D.A. 2003. Genotypic differences for grain yield and nitrogen utilization in India and Japonica rice under Mediterranean conditions. Field Crops Research. 83: 251-260.
18. Mannan, M., Bhuiya, M., Hossain, H. and Akhand, M. 2010. Optimization of nitrogen rate for aromatic Basmati rice (*Oriza sativa* L.). Bangladesh Journal of Agricultural Research, 35: 157-165.
19. Mohajer Milani, P.C., and Kalhor, M. 2007. Investigation of Azotobacter and Azospirillum inoculum on barley and wheat yield, 10th Iranian Soil Science Congress, Karaj.
20. Mirzakani, M., Ardakani, M., Ayeneband, A., Shiranirad, A., and Rejal, F. 2008. Effect of aztobacter and mycorrhizal inoculation on nitrogen and phosphorus levels on component and yield oil of safflower. Breeding Research, 6: 75-87. (In Persian)
21. Mohtadi, M., Mirhadi, M.J., Chraty, A. and Bahadori, M. 2016. Investigation of the effects of biofertilizers containing asymptomatic nitrogen fixing and phosphate solubilizing bacteria on qualitative and quantitative traits of wheat. Iranian Journal of Field Crops Research, 13: 4. 700-714. (In Persian)
22. Mousavi, S., Faizian, L., and Ahmadi, A.A. 2009. The effect of nitrogen fertilizer application on growth process of irrigated wheat in Lorestan. Journal of Soil Research. 23: 2. 135-147.
23. Omidi, H., Cashi A.H., Golzad, A., Torabi, H., and Fotokian, A.D. 2010. Effect of nitrogen chemical and biological fertilizer on quantitative and qualitative yield of Saffron (*Crocus sativus* L.). Medicinal Plants. 1: 1. 98-109.
24. Pole Ahmad, S., and Haddad. 2011. Study of silicon effects on antioxidant enzyme activities and osmotic adjustment of alent aneler drought stress. Czech Journal of Genetic and plant breeding. 47: 17-27.
25. Rajaee, S., Alikhani, H., and Risie, F. 2007. Growth simulator effects of azotobacter strains on growth, yield and nutrient uptake in wheat. Journal of Water and Soil Science. 41: 285-296.
26. Rashid, M., Khalili, S., Ayub, N., Alam, S., and Latif, F. 2004. Organic Acids production solubilizing by phosphate solubilizing microorganisms (PSM) under in vitro condition. Pakistan Journal of Biological Science. 7: 187-196.
27. Sabir, S., Asghar, H.N., Kashif, S.U.R., Khan, M.Y., and Akhtar, M.J. 2013. Synergistic effect of plant growth promoting rhizobacteria and kinetin on maize. Journal of Animal and Plant Sciences, 23: 6. 1750-1756.
28. Sebti, M., Movahedi Naeini, S.A., Ghorbani Nasrabadi, R., Roshani, G.H., Shahriari, Gh., and Movahedi, M. 2009. A suitable soil plant available potassium extractant for a loess soil with illite dominance in clay fraction and the effects of Azotobacter and illite dominance in clay fraction and the effects of Azotobacter and vermicompost on wheat yield, potassium uptake and tissue concentration. Journal of Plant Production, 16: 4. 59-75. (In Persian with English abstract)

29. Sengar, S., Wade, L., Baghel, S., Singh, R., and Singh, G. 2000. Effect of nutrient management on rice in rain fed low land of southeast Madhya Pradesh. Indian Journal of Agronomy. 45: 2. 315-322.
30. Shalan, M.N. 2005. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth yield and seeds quality of (*Nigella Sativa*) Plants. Egyptian Journal of Agricultural Research. 83: 811-828.
31. Sharma, A.K. 2003. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agro bios, India. Inculation on some growth parameters and N content of wheat, sorghum and panicum. Plant and Soil. 61: 65-77.
32. Shata, S.M., Mahmoud, A., and Siam, S. 2007. Improving calcareous soil productivity by integrated effect of intercropping and fertilizer. Research Journal of Agriculture and Biological Science. 3: 733-739.
33. Somassgaran, P., and Hobben, H. 1994. Handbook for legume-rhizobium. New York. Springer Pub. 254p.
34. Tohidi Moghadam, H.R., Ghoushchi, R.F., Hamidi, A., and Kasraee, P. 2008. Effect of bio fertilizer application on qualitative and quantitative characteristics of soybean (Wiliams variety). Journal of Sustainable Agriculture and Production Science, 4: 2. 205-216. (In Persian with English abstract)
35. Zaidi, S. 2003. Inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* and fluorescent Pseudomonas to control *Rhizoctonia solani* in soybean [*Glycine max* L. merr]. Annals of Agricultural Research. 24: 151-153.

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 11(1), 2021
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2021.18110.1959

(Research Full Paper)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Effect of nitrogen-fixing bacteria on yield and some macronutrients of two barley cultivars

F. Dolkhani[1], E. Bijanzadeh[*2], H.R. Boostani[3] and A. Behpouri[4]
[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Agroecology, Shiraz University, [2]Associate Prof., Dept. of Agroecology, Shiraz University, [3]Associate Prof., Dept. of Range and Watershed Management, Shiraz University, [4]Assistant Prof., Dept. of Agroecology, Shiraz University
Received: 06.20.2020; Accepted: 05.11.2020

Abstract

Background and Objectives: How to manage nitrogen consumption as one of the most important nutrients and challenges of its application in farms has been noticed by researchers. Due to low soil nitrogen content in the arid and semi-arid regions, as well as the adverse environmental effects of excessive use of nitrogen fertilizers, the role of nitrogen fixing-bacteria is very important. Some research has been done about how to use nitrogen fixing-bacteria and their effects on increasing the yield of various plants. The goal of this study was to investigate the role of nitrogen fixing-bacteria (Azotobacter and Azospirillum) on the yield and concentration of some macro-nutrients in barley cultivars.

Materials and Methods: The experiment was conducted as factorial experiment in a completely randomized block design with three replications in research field of Agriculture College and Natural Resources of Darab, Shiraz University during 2017-2018 growing season. Experimental treatments included two barley cultivars (Zehak and Nimroz) and nitrogen source at six levels including control (no fertilizer applied), Azotobacter (*Azotobacter chroococcum*) seed inoculation alone, Azospirillum (*Azospirillum lipoferum*) seed inoculation alone, combination of Azotobacter with Azospirillum, combination of Azotobacter with Azospirillum with 100 kg/ha urea nitrogen source, and use of 200 kg urea nitrogen source alone. After harvesting manually, yield and yield components and the amount of nitrogen, phosphorus and potassium nutrients of seed were measured in the laboratory and data analyzed by SAS software.

Results: The results showed that in Nimroz cultivar inoculation of seeds with each of Azotobacter and Azospirillum along with 100 kg urea application increased plant height and spike number per square meter by 9.74 and 18 % compared to control, respectively. Also, application of Azotobacter and Azospirillum with 100 kg urea 1000-kernel weight increased 18%. Increasing of 27.27% in biomass was observed in application of two bacteria together. The combination of Azotobacter and Azospirillum with 100 kg urea increased 40% and 21.33% grain yield of Zehak and Nimroz cultivars compared to control, respectively. Combined Azotobacter and Azospirillum with 100 kg urea treatment resulted in 21.6% increase in grain nitrogen content of barley. Seed inoculation of Zehak with Azospirillum and seed inoculation of Nimrooz with Azotobacter and Azospirillum together increased 9.58% and 30% of seed phosphorus compared to control, respectively. Finally, seed inoculation of Zehak with Azospirillum and seed inoculation of Nimrooz with Azotobacter and Azospirillum increased 42.58% and 61.74% of seed potassium.

Conclusion: The results of the present study showed that the use of nitrogen-fixing bacteria, Azotobacter and Azospirillum, with 100 kg urea decreased nitrogen fertilizer demand up to 50% and increased 1000- grain weight, nitrogen content and yield of barley.

Keywords: Azospirillum, Azotobacter, Nimroz, Seed nitrogen, Zehak

* Corresponding Author; Email: bijanzd@shirazu.ac.ir