یافته‌های تحقیقاتی در بهبود
تولیدات گیاهان زراعی
جلد اول، شماره اول، سال ۱۳۹٤
http://raicp.areo.ir

تأثیر سطوح مختلف زئولیت و کود اوره با باکتری آزوسپریلیوم بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم نان

عبدالرحمان دوگونچی[۱]، عباس بیابانی[۲*]، حسین صبوری[۲]، عبداللطیف قلی‌زاده[۳]، مجید محمداسمعیلی[۴]، اعظم رومانی[۵]، محمدرضا جعفرزاده[۶]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه گنبد کاووس
[۲]دانشیار و [۳]استادیار گروه تولیدات گیاهی دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه گنبد کاووس
[۴]دانشیار گروه مرتع دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه گنبد کاووس
[۵]دانشجوی دکترای فیزیولوژی گیاهان زراعی گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس
[۶]دانشجوی دکترای اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۲ ؛ تاریخ پذیرش:۱۳۹۴/۱۱/۲۹

چکیده

به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف زئولیت و کود اوره با باکتری آزوسپریلیوم بر صفات رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد گندم، آزمایشی یک‌ساله در سال زراعی۹۰-۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه گنبد کاووس به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. سطوح مختلف عامل زئولیت شامل مقادیر مصرف صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار و سطوح عامل کود اوره صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم و عامل باکتری در دو سطح تلقیح و عدم تلقیح مدنظر قرار گرفت. نتایج نشان داد که اثرات اصلی و دوگانه زئولیت، باکتری و اوره در اکثر صفات در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود. بیشترین تعداد پنجه (۱۴۹/۱۵)، وزن هزار دانه (۴۴/۶۹ گرم)، ارتفاع بوته (۸۹/۴۳ سانتی‌متر)، تعداد سنبلچه (۲۳/۸۹)، تعداد دانه در سنبله (۴۲/۴۹) و درصد نیتروژن (۲/۵۳ درصد) در تیمار ۱۵ تن زئولیت و ۲۲۵ کیلوگرم اوره به‌دست آمد. بیشترین تعداد روز تا سنبله‌دهی (۱۲۸/۶۷ روز) در تیمار باکتری و اوره (۷۵ کیلوگرم) و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (۱۵۹/۴۸ روز) در تیمار زئولیت (۱۵ تن) و اوره (۱۵۰ کیلوگرم) مشاهده شد. بیشترین عملکرد دانه مربوط به ترکیبات تیماری است که شامل ۱۵۰ کیلوگرم اوره و ۵ تن زئولیت بود.

واژه‌های کلیدی: تعداد دانه در سنبله، زئولیت، کود اوره، گندم.

[*]مسئول مکاتبه: abs346@yahoo.com

مقدمه

افزایش تقاضای جهانی برای مواد غذایی به‌همراه محدودیت اراضی مستعد و قابل کشت، محققین بخش کشاورزی را با چالش‌های بزرگی روبرو ساخته است. بر این اساس، در شرایطی که عملاً توسعه اراضی کشاورزی مقدور نیست بیش‌تر نگاه‌ها به افزایش عملکرد در واحد سطح معطوف شده است (ویسی، ۲۰۰۳). عملیات فشرده کشاورزی که موجب افزایش عملکرد گردد، نیاز به کاربرد زیاد کودهای شیمیایی به‌ویژه نیتروژن دارد. از آنجایی‌که امروزه حدود ۶۰ درصد از کودهای نیتروژن سنتزی برای غلات استفاده می‌شود و نظر به این‌که بیش از ۵۰ درصد کود به‌کار رفته عملاً توسط گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده ناکارآمد از نیتروژن سبب آلودگی نیتراتی خاک و آب‌های زیرزمینی می‌گردد که منجر به مخاطرات بهداشتی و به‌خطر انداختن ثبات کشاورزی می‌شود. بنابراین در حال حاضر کشاورزی پایدار توجه زیادی را به‌خود معطوف کرده است (داسیلوا و همکاران، ۱۹۷۸؛ اورهان و همکاران، ۲۰۰۶). استفاده حداقل از نهاده‌های شیمیایی و آلاینده‌های محیط‌زیست، افزایش دانش فنی لازم برای دست‌یابی به‌حداکثر بهره‌وری، جایگزین کردن مواد و روش‌های همسو با طبیعت نظیر کودهای بیولوژیک به‌جای کودهای شیمیایی و یا حداقل به‌جای بخشی از آن‌ها، استفاده از مواد طبیعی نظیر زئولیت‌ها که با کمک ساختار مولکولی و بلورین خاص خود، امکان بهره‌برداری بیشتر از نهاده‌های شیمیایی را فراهم می‌سازند، استفاده از موجودات زنده مفید و همزیست با گیاهان مانند بسیاری از انواع باکتری‌ها و در نهایت رویکرد کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز به‌جای از بین بردن آن‌ها، اقداماتی هستند که در صورت اثبات مفید و مؤثر بودن‌شان، می‌توانند تا حدودی این مهم را محقق سازند (سحری و همکاران، ۱۳۸۸).

مطالعات زیادی در زمینه کاربرد کودهای زیستی روی گیاهان متعددی انجام شده است، از جمله؛ در پژوهشی مرادی توچایی و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که در شرایط محدودیت آبیاری، مصرف ترکیب زئولیت و کودهای زیستی باعث افزایش عملکرد دانه در نخود شده است. آذرپور و همکاران (۲۰۱۱) نیز نتایج مشابهی را روی گیاه نخود فرنگی به‌دست آوردند. در این خصوص ساختار بلورین زئولیت در حفظ رطوبت و عناصر غذایی نظیر نیتروژن می‌تواند نقش اساسی داشته باشد. در آزمایش تسادیلاس و آرگیروپولوس (۲۰۰۶)، زئولیت (کلینوپتیلولیت) منجر به افزایش معنی‌داری در جذب نیتروژن کل در حدود ۱۴۱ درصد و عملکرد کل گندم به میزان ۵۲ درصد در تیمار ۶۰ تن در هکتار کلینوپتیلولیت نسبت به تیمار شاهد گردید. همچنین غلامحسینی و همکاران (۱۳۸۶) در آزمایشی که به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد زئولیت ایرانی کلینوپتیلولیت در کود دامی در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان تحت رژیم‌های متفاوت آبیاری انجام دادند به این نتیجه رسیدند که اثرات رژیم‌های مختلف آبیاری و تیمارهای مختلف کودی و نیز اثر متقابل آن‌ها

بر عملکرد دانه، وزن هزار دانه، درصد پروتئین دانه آفتابگردان معنی‌دار بود. براساس نتایج برزگر و سپاس‌خواه (۲۰۱۰)، کاربرد کود نیتروژن و زئولیت منجر به افزایش مقدار پروتئین دانه و بهبود کارایی نیتروژن در برنج شد. صابر و همکاران (۱۳۸۹) نیز در بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد و سطوح مختلف نیتروژن و فسفر روی گندم گزارش نمودند که کودهای بیولوژیک منجر به افزایش عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و پنجه نسبت به تیمار شاهد گردیده است. حسن‌آبادی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که مصرف کود شیمیایی اوره به میزان ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار و استفاده از باکتری‌های *آزوسپریلیوم* می‌تواند موجب افزایش عملکرد دانه جو به میزان ۳۰ درصد و کاهش مصرف ۲۵ درصدی کود نیتروژن گردد. همچنین حمیدی و همکاران (۲۰۱۰) اظهار داشتند که باکتری‌های جنس *آزوسپریلیوم* که دارای پتانسیل کاربرد در سیستم‌های کشاورزی هستند، توانایی تولید را تا ۳۰ درصد افزایش می‌دهند. این گروه از باکتری‌ها علاوه بر افزایش مواد معدنی خاک از طریق تثبیت زیستی نیتروژن، محلول کردن فسفر و پتاسیم، عملکرد گیاهانی مثل گندم را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بنابراین، به‌نظر می‌رسد که با به‌کارگیری کودهای بیولوژیک همچون *آزوسپریلیوم* و مواد طبیعی مثل زئولیت ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی و بالا بردن کارایی جذب آن، می‌توان گامی مؤثر در افزایش تولید در راستای کشاورزی پایدار و حفظ محیط زیست برداشت. پژوهش حاضر با علم به این مهم و به امید برداشتن قدمی هر چند کوچک در این مسیر طراحی و اجرا شده است. در این تحقیق کوشش شده است که میزان تأثیر کاربرد زئولیت و باکتری *آزوسپریلیوم* بر عملکرد و برخی صفات زراعی مهم در گندم در مقایسه با مصرف کود اوره بررسی گردد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف زئولیت و نیتروژن با باکتری *آزوسپریلیوم* بر ویژگی‌های گندم در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس با طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۲۱ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۴۵ متر در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ اجرا گردید. به‌منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک مزرعه، نمونه مرکبی از عمق ۳۰ سانتی‌متری جمع‌آوری و به آزمایشگاه آب و خاک گنبد منتقل شد. مشخصات خاک مورد آزمایش در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

pH	ECe (ds/m)	درصد کربن آلی	میزان فسفر قابل جذب (mg/kg)	میزان پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	درصد نیتروژن کل	کلاس بافتی خاک		
						سیلتی	رسی	لوم
۷/۹	۱/۷	۱/۵	۱۰/۹	۴۴۷	۰/۱۳	٪۶۴	٪۱۵	٪۲۱

این مطالعه به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گردید. عوامل مورد بررسی شامل: زئولیت در چهار سطح (صفر، ۵، ۱۰و ۱۵ تن در هکتار)، کود نیتروژن از منبع اوره در چهار سطح (صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) و باکتری *آزوسپریلیوم برازیلنس*[1] در دو سطح (تلقیح و بدون تلقیح) بودند. آماده‌سازی بستر بذر در پاییز و به‌صورت شخم و دو نوبت دیسک انجام شد. کودهای موردنیاز به‌استثناء کود نیتروژن‌دار (اوره) براساس نتایج آزمون خاک و توصیه کودی، به مزرعه داده شد. تیمارهای زئولیت بعد از شخم به‌صورت یکنواخت در سطح خاک پخش شد و سپس به‌وسیله دیسک با خاک مخلوط گردید. زئولیت مصرفی قبل از مخلوط کردن با خاک از الک چهار میلی‌متری عبور داده شد. باکتری *آزوسپریلیوم* در آزمایشگاه بیولوژی موسسه‌ی خاک و آب کرج فرموله و تهیه گردید. جمعیت باکتری در هر گرم مایه تلقیح $۸/۹\times۱۰^{۷}$ CFU[2] برآورد شد. سپس تیمار حاوی باکتری *آزوسپریلیوم* به نسبت دو لیتر ماده تلقیح در ۱۰۰کیلوگرم بذر، جهت کاشت در کرت‌های مورد نظر، با بذور آغشته گردید (برای تلقیح از محلول ۲۰ درصد ساکارز استفاده گردید و باکتری *آزوسپریلیوم* نیز بر روی بذور اسپری شد و پس از اطمینان از آغشته شدن سطوح تمام بذور به باکتری، آنها را روی یک ورقه‌ی نایلونی تمیز به‌مدت ۱۰ دقیقه پهن کرده تا خشک شدند). کود اوره موردنظر براساس نقشه طرح و در سه نوبت به کرت‌های دارای تیمار کودی اوره داده شد. هر کرت آزمایشی شامل شش ردیف کاشت به‌طول شش متر و با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر بوده است. بذور گندم رقم کوهدشت در عمق چهار سانتی‌متری خاک و با تراکم ۳۵۰ دانه در متر مربع کاشته شدند. یادداشت برداری با انتخاب ۱۰ بوته از دو ردیف کاشت میانی صورت گرفت که میانگین آنها مبنای داده‌های آزمایش برای کلیه صفات در نظر گرفته شد. دو متر مربع از هر کرت پس از حذف دو ردیف کناری و نیز ابتدا و انتهای هر ردیف به‌عنوان اثر حاشیه، جهت اندازه‌گیری عملکرد کرت و محاسبه عملکرد در واحد سطح برداشت شد. صفات تعداد روز تا سبز شدن (GDD=۱۱۵/۸$^{\circ}$C-day[3])، تعداد روز تا سنبله‌دهی (GDD=۱۲۷۲/۶$^{\circ}$C-day)، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (GDD=۱۸۶۲/۶$^{\circ}$C-day)، درصد نیتروژن، ارتفاع بوته، تعداد سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد مورد ارزیابی قرار گرفتند. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها پس از ارزیابی نرمال بودن، با توجه به وجود تیمار شاهد از آزمون LSD برای مقایسات میانگین تیمارها در صفات مختلف استفاده شد. محاسبات آماری به‌وسیله نرم‌افزارهای SAS (نسخه ۹/۰) و رسم نمودارها با کمک نرم‌افزار Excel انجام شد.

1. *Azospirillum brasilense*
2. Colony Forming Units
3. Growth Degree Day

نتایج و بحث

تعداد پنجه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین اثرات اصلی کود اوره، زئولیت و باکتری در صفت تعداد پنجه در سطوح احتمال یک و پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت، همچنین اثرات دوگانه اوره و باکتری، اوره و زئولیت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود و در سایر اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه اثر معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که بیشترین تعداد پنجه (۱۴۹/۱۵) در کاربرد تلفیقی زئولیت (۵ تن در هکتار) و اوره (۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) و کمترین تعداد پنجه (۱۸/۱۳) در تلقیح با باکتری به‌دست آمد (جدول‌های ۳ و ۴). نتایج به‌دست آمده با گزارش‌های حمیدی و همکاران (۲۰۱۰)، آذرپور و همکاران (۲۰۱۱) و مرادی‌توچایی و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد. با توجه به تأثیرات شدید عوامل محیطی به‌خصوص رطوبت و مواد غذایی خاک بر تعداد پنجه (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۵)، به‌نظر می‌رسد که هر یک از تیمارهای سه‌گانه مورد مطالعه با تحت تأثیر قرار دادن هر یک از این دو عامل باعث ایجاد تغییرات قابل توجه در این صفت شده‌اند.

تعداد سنبلچه و تعداد دانه در سنبله: تعداد سنبلچه در سنبله، مساوی با مجموع تعداد سنبلچه غیربارور و تعداد دانه در سنبله است. بررسی نتایج تجزیه واریانس این صفات نشان داد که اثرات اصلی هر سه فاکتور نه تنها بر روی تعداد سنبلچه در هر سنبله مؤثر بوده، بلکه باروری سنبلچه‌ها نیز تحت تأثیر آن‌ها قرار گرفته است. بیشترین میانگین تعداد سنبلچه معادل ۲۳/۸۹ مربوط به سطوح بالای اوره و زئولیت، اوره و باکتری و سطوح بالای اوره و کمترین مقدار، معادل ۱۶/۲۳ مربوط به تیمار شاهد بود. بالاترین میانگین برای صفت تعداد دانه در سنبله به‌ترتیب معادل ۴۲/۴۹ مربوط به بیشترین سطوح اوره و زئولیت همراه با تلقیح باکتری و کمترین این مقادیر معادل ۳۰/۱۱ مربوط به تیمار شاهد بود (جدول‌های ۳ و ۴).

تعداد روز تا سبز شدن: مصرف نیتروژن، زئولیت و باکتری *آزوسپریلیوم* به‌تنهایی تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند. اثر متقابل اوره و زئولیت، زئولیت و باکتری در سطح احتمال پنج درصد نیز معنی‌داری بود (جدول ۲). با توجه به این‌که گیاه در مراحل اولیه جوانه‌زنی و استقرار خود نیاز به رطوبت کافی دارد ولی به‌علت استفاده از ذخایر غذایی بذر نیاز چندانی به مواد مغذی ندارد؛ انتظار می‌رود که تیمار اوره و باکتری بر این صفت تأثیری نداشته باشند و فرض اولیه مبتنی بر مؤثر بودن تیمار زئولیت به‌دلیل تأثیر بر میزان رطوبت خاک است. در صورتی‌که نتایج مشاهده شده برخلاف آن بود (جدول‌های ۳ و ۴).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف زئولیت، کود اوره و باکتری آزوسپریلیوم بر صفات مختلف گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد پنجه	تعداد روز تا سبز شدن	تعداد روز تا سنبله‌دهی	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی	ارتفاع بوته	تعداد سنبلچه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	درصد نیتروژن
اوره	۳	۱۷۲۹/۲۵۷**	۰/۳۸۲^{ns}	۳/۴۲۱*	۴/۰۱۸**	۴۵/۰۵۰**	۱/۸۵۶**	۶/۳۸۹*	۴۱/۹۱۴**	۵۷۴۸۲/۲۵۳**	۰/۶۷۰**
زئولیت	۳	۹۸۹/۰۱۵*	۰/۲۹۹^{ns}	۱/۸۳۰^{ns}	۳/۹۸۲**	۲۸/۹۸۱*	۱/۷۸۶**	۱۰/۲۵۰**	۴۱/۲۳۶**	۵۶۲۱۶/۸۲۳**	۰/۵۹۷**
باکتری	۱	۱۵۳۴/۰۰۸*	۰/۳۸۹^{ns}	۴/۱۵۷*	۴/۲۲۱*	۸/۶۹۶**	۱/۶۹۳*	۹/۲۵۵*	۶۸/۹۴۸**	۹۵۸۲۸/۶۴۹**	۰/۵۲۷*
اوره×زئولیت	۹	۶۲۷/۶۸۹*	۰/۲۷۵*	۱/۲۲۲^{ns}	۱/۳۲۱^{ns}	۲۱/۴۶۶*	۱/۲۶۷**	۵/۹۴۲*	۲۰/۲۶۶*	۳۷۱۱۲/۶۳۳*	۰/۱۸۴^{ns}
اوره×باکتری	۳	۹۸۲/۹۶۲*	۰/۲۳۹^{ns}	۲/۱۱۱^{ns}	۱/۸۶۲^{ns}	۲۵/۲۳۱^{ns}	۱/۷۰۳*	۶/۴۷۳*	۲۶/۹۱۸*	۳۲۲۴۱/۲۵۹^{ns}	۰/۴۳۳*
زئولیت×باکتری	۳	۸۴۸/۱۲۵^{ns}	۰/۳۶۴*	۲/۴۵۱*	۲/۷۵۵*	۲۹/۹۲۳*	۱/۶۸۱*	۹/۳۶۶**	۴۲/۰۹۳**	۵۵۴۲۳/۱۲۹*	۰/۵۶۹**
اوره×زئولیت×باکتری	۹	۵۴۷/۱۴۸^{ns}	۰/۲۸۴*	۱/۹۳۸*	۱/۸۹۳*	۱۶/۸۶۶^{ns}	۰/۳۲۲^{ns}	۱/۹۸۳^{ns}	۲۸/۴۲۴**	۵۴۹۱۴/۰۲۷*	۰/۱۱۳^{ns}
خطا	۶۲	۳۲۷/۷۸۲	۰/۱۲۴	۰/۸۵۹	۰/۹۲۲	۱۰/۲۲۸	۰/۴۰۳	۲/۱۶۷	۹/۷۳۸	۱۳۳۱۱/۹۵۶	۰/۱۲۴

ns، *، **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده سطوح مختلف زئولیت، کود اوره و باکتری آزوسپریلیوم بر صفات مختلف گندم

تیمار	تعداد پنجه	تعداد روز تا سبز شدن	تعداد روز تا سنبله‌دهی	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی	عملکرد دانه (gr/m^2)	وزن هزار دانه (gr)	ارتفاع بوته (cm)	تعداد سنبلچه در سنبله	تعداد دانه در سنبله	درصد نیتروژن
شاهد	۲۸/۵۴^{de}	۷/۳۳^{b}	۱۲۳/۳۳^{c}	۱۵۲/۳۳^{cd}	۶۱۵/۹۹^{bc}	۲۶/۵۵^{e}	۷۱/۴۵^{e}	۱۶/۲۳^{d}	۳۰/۱۱^{f}	۰/۸۲^{e}
تلقیح با باکتری	۱۸/۱۳^{e}	۷/۶۷^{ab}	۱۲۱/۶۷^{d}	۱۵۲/۶۷^{cd}	۵۲۳/۳۴^{c}	۲۶/۹۸^{e}	۷۱/۲۳^{e}	۱۶/۴۵^{d}	۳۰/۵۵^{f}	۰/۸۶^{e}
اوره (۷۵ کیلوگرم در هکتار)	۳۵/۷۴^{d}	۸/۳۳^{a}	۱۲۴/۳۳^{b}	۱۵۶^{b}	۸۹۴/۶۹^{ab}	۳۲/۷۴^{c}	۷۵/۱۲^{d}	۱۷/۸۵^{c}	۳۲/۹۵^{de}	۱/۲۳^{cd}
اوره (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)	۶۷/۷۹^{c}	۸^{a}	۱۲۴/۶۷^{bc}	۱۵۷/۲۵^{ab}	۱۳۲۳/۸۹^{a}	۳۷/۴۵^{b}	۸۰/۶۹^{c}	۲۱/۳۵^{a}	۳۸/۵۶^{b}	۱/۹۰^{b}
اوره (۲۲۵ کیلوگرم در هکتار)	۹۴/۳^{b}	۷/۳۳^{b}	۱۲۷/۳۳^{a}	۱۵۷/۴۳^{ab}	۵۹۵/۴۸^{bc}	۴۳/۳۴^{a}	۸۵/۲۹^{a}	۲۱/۹۵^{a}	۴۰/۹۸^{a}	۲/۳۵^{a}
زئولیت (۵ تن در هکتار)	۲۱/۳۹^{de}	۷/۶۷^{ab}	۱۲۸^{a}	۱۵۳/۳۳^{c}	۴۶۴/۳۱^{c}	۲۶/۱۲^{e}	۷۱/۴۸^{e}	۱۶/۵۶^{d}	۳۰/۶۴^{f}	۰/۸۲^{e}
زئولیت (۱۰ تن در هکتار)	۳۱/۸۵^{d}	۸/۳۳^{a}	۱۲۴^{bc}	۱۵۳/۳۳^{c}	۴۵۰/۶۹^{c}	۲۷/۸۸^{e}	۷۲/۹۸^{e}	۱۷/۱۲^{c}	۳۲/۲۴^{e}	۰/۹۰^{e}
زئولیت (۱۵ تن در هکتار)	۳۷/۳۲^{d}	۶/۶۷^{bc}	۱۲۴/۳۳^{bc}	۱۵۳/۶۷^{c}	۸۲۶/۶۹^{b}	۳۳/۴۶^{c}	۷۳/۶۹^{d}	۱۶/۵۶^{d}	۳۲/۱۳^{e}	۱/۱۷^{cd}

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

تعداد روز تا سنبله‌دهی: نتایج نشان داد که مصرف کود اوره‌دار و باکتری *آزوسپریلیوم* و اثر دوگانه زئولیت و باکتری تأثیر معنی‌داری (α=۰/۰۵) در افزایش دوره رویشی گیاه و افزایش تعداد روز تا سنبله‌دهی داشته‌اند (جدول ۲). ساختار شیمیایی زئولیت‌ها طوری است که باعث حفظ و نگهداری رطوبت و برخی از عناصر نظیر اوره می‌گردد که با کاهش هر یک از این مواد در محیط پیرامون گیاه به‌تدریج مورد استفاده قرار می‌گیرند (سحری و همکاران، ۱۳۸۹). باکتری *آزوسپریلیوم* نیز با در اختیار قرار دادن فسفر، نیتروژن و برخی عناصر دیگر تأثیری هم راستا با دو عامل دیگر دارد (کریمی، ۱۳۸۳). بدیهی است در صورت عدم حضور دو عامل دیگر، افزایش عامل سوم، همبستگی قابل توجهی با صفت روز تا سنبله‌دهی خواهد داشت اما با وجود هر یک از دو عامل دیگر، تغییرات فاکتور مورد نظر، این صفت را کمتر تحت تأثیر قرار خواهد داد. وجود اثرات متقابل معنی‌دار بین عوامل مختلف می‌تواند به‌دلیل پیچیدگی‌های خاص بروز این صفت باشد. اغلب صفات کمی به‌شدت تحت تأثیر عوامل محیطی هستند و در این میان عوامل مؤثر بر صفت موردنظر که در واقع زمان گذار از مرحله رویشی به مرحله زایشی را معین می‌سازد بسیار متعدد و پیچیده است که مطالعه هم‌زمان آن‌ها تقریباً غیر ممکن است (غلامحسینی و همکاران، ۱۳۸۷).

تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک: رسیدگی فیزیولوژیک از یک‌سو تحت تأثیر تعداد روز تا گل‌دهی و از سوی دیگر تحت تأثیر میزان گرمای جذب شده لازم برای رسیدگی (GDD) است. شرایط اکولوژیکی تنش‌زا نه تنها با کاهش دوره رشد رویشی، موجب گل‌دهی زود هنگام می‌گردد، بلکه مراحل بعدی چرخه حیات گیاه را نیز کوتاه می‌کند تا در واقع نوعی سازگاری و بقاء نسل اتفاق بیفتد. بدین ترتیب انتظار می‌رود که با اعمال هر گونه تیماری که منجر به بهبود شرایط محیطی گیاه گردد، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک افزایش یابد. بدیهی است که این تغییرات در فاصله زمانی خاصی اتفاق می‌افتد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که مصرف اوره و زئولیت در سطح احتمال یک درصد و مصرف باکتری در سطح احتمال پنج درصد موجب تغییرات معنی‌داری شده است. وجود اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه مؤثر حاکی از تداخل عمل این عوامل با یکدیگر است (جدول ۲). با توجه به نقش زئولیت در تأمین و حفظ رطوبت خاک و بخشی از عناصر غذایی و نقش باکتری و کود اوره در تغذیه گیاه، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک گیاه گندم در تیمارهای تلفیقی به‌ویژه زئولیت و اوره را نسبت به تیمار شاهد یک هفته افزایش یافته است (جدول‌های ۳ و ۴).

وزن هزار دانه: وزن هزار دانه یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه و از جمله صفات کمی است که به‌طور گسترده‌ای تحت تأثیر شرایط محیطی است. به‌طوری‌که حصول نسبت قابل قبولی از ظرفیت ژنتیکی این صفت، مستلزم وجود شرایط محیطی مناسب در طول دوره رشد و به‌ویژه در مرحله پر شدن دانه است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۰). مطابق نتایج تجزیه واریانس، اثرات اصلی همه عامل‌ها در سطح

احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). لیکن وجود اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد، گویای این واقعیت است که تحلیل روند تغییرات صفت، تحت تأثیر فاکتورهای مورد مطالعه به‌صورت مستقل، غیرممکن و گاه گمراه‌کننده است (جدول ۲). بر این اساس بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار ۲۲۵ کیلوگرم اوره، ۱۵ تن زئولیت، معادل ۴۴/۶۹ گرم بود. مشاهدات نشان داد که در صورت مصرف ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم اوره، و اعمال هر یک از سطوح فاکتور زئولیت و باکتری تأثیری بر وزن هزار دانه نداشته است (جدول‌های ۳ و ۴). این موضوع که مصرف زئولیت و باکتری نمی‌تواند به‌طور کامل جایگزین کود شیمیایی گردد مورد توافق بسیاری از محققان است (حسن‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۹؛ آلستروم، ۱۹۹۱؛ خایشر، ۲۰۱۰ و لیپورت، ۲۰۰۶؛ شریفی و همکاران، ۲۰۰۶).

ارتفاع بوته: در صورت وجود شرایط مناسب، دوره رشد رویشی گیاه طولانی‌تر شده و گیاه فرصت بیشتری برای رشد می‌یابد. آغاز زود هنگام مرحله زایشی و گلدهی گیاه و کوتاه‌تر شدن چرخه‌ی زندگی آن، نوعی مکانیسم دفاعی در برابر تنش‌های محیطی و در راستای بقای نسل می‌باشد (زونخوریا و همکاران، ۲۰۰۷؛ تسادیلاس و آرگیروپولوس، ۲۰۰۶). تغذیه گیاهی، رژیم رطوبتی و حرارتی مطلوب، این وضعیت را بهتر می‌کند (تقوی و همکاران، ۱۹۸۸). بررسی جدول مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین مقدار میانگین (۸۹/۴۳ سانتی‌متر) مربوط به ترکیب تیماری با بیشترین مقدار مصرف کود اوره و زئولیت (۲۲۵ کیلوگرم اوره و ۱۵ تن زئولیت) و کمترین مقدار (۷۱/۲۳ سانتی‌متر) مربوط به تیمار شاهد است، در حالی‌که از نقطه نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین همه سطوح زئولیت در صورت مصرف ۲۲۵ کیلوگرم اوره وجود ندارد مگر در حالتی‌که به همراه عدم مصرف زئولیت از باکتری نیز استفاده نشود. از سوی دیگر مصرف ۵ و ۱۰ تن زئولیت نیز نتوانسته است کاهش ناشی از عدم مصرف کود اوره را جبران نماید؛ اگر چه مصرف ۱۰ تن زئولیت در صورت به‌کارگیری باکتری تا حدودی این وضعیت را بهبود بخشیده است (جدول‌های ۳ و ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات دوگانه سطوح مختلف زئولیت، کود اوره و باکتری آزوسپریلیوم بر صفات مختلف گندم

تیمار	تعداد پنجه	تعداد روز تا سبز شدن	تعداد روز تا سنبله‌دهی	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی	عملکرد دانه (gr/m^2)	وزن هزار دانه (gr)	ارتفاع بوته (cm)	تعداد سنبلچه	تعداد دانه در سنبله	درصد نیتروژن
باکتری × زئولیت(۵)	۲۳/۸۱^{dc}	۷/۳۳^{b}	۱۲۷/۳۳^{a}	۱۵۳^{c}	۴۱۶/۹۴^{c}	۲۸/۴۵^{d}	۷۳/۵۶^{d}	۱۶/۹۹^{d}	۳۱/۲۵^{f}	۰/۸۸^{c}
باکتری × زئولیت(۱۰)	۵۶/۴۱^{dc}	۷/۶۷^{ab}	۱۲۵/۶۷^{b}	۱۵۳/۳۳^{c}	۴۵۷/۹۶^{c}	۲۹/۴۳^{d}	۷۳/۴۶^{d}	۱۶/۸۷^{d}	۳۲/۵۱^{e}	۰/۹۸^{d}
باکتری × زئولیت(۱۵)	۴۱/۴^{d}	۷/۳۳^{b}	۱۲۳/۳۳^{c}	۱۵۷^{a}	۹۳۷/۸۹^{ab}	۳۳/۳۳^{c}	۷۴/۲۵^{d}	۱۶/۶۹^{d}	۳۲/۷۸^{e}	۱/۰۹^{d}
باکتری × اوره(۷۵)	۴۳/۴۵^{d}	۸/۳۳^{a}	۱۲۸/۶۷^{a}	۱۵۴/۶۷^{bc}	۹۶۰/۸۵^{ab}	۳۵/۸۸^{c}	۷۵/۶۴^{d}	۱۷/۳۵^{c}	۳۵/۱۳^{d}	۱/۲۶^{cd}
باکتری × اوره(۱۵۰)	۶۲/۹۶^{c}	۷/۶۷^{ab}	۱۲۶^{b}	۱۵۷/۹۹^{a}	۱۳۳۶/۶۲^{a}	۴۰/۴۳^{a}	۸۲/۱۳^{b}	۲۱/۳۸^{a}	۳۸/۵۱^{b}	۱/۷۴^{c}
باکتری × اوره(۲۲۵)	۸۸/۲۳^{bc}	۷/۶۷^{ab}	۱۲۵/۳۳^{b}	۱۵۷/۸۹^{ab}	۶۲۰/۴۵^{bc}	۴۱/۲۱^{a}	۸۶/۱۶^{a}	۲۳/۱۳^{a}	۳۹/۹۹^{b}	۲/۲۸^{ab}
زئولیت(۵) × اوره(۷۵)	۴۴/۷۴^{d}	۶/۶۷^{bc}	۱۲۶^{a}	۱۵۵^{b}	۱۰۵۵/۲۱^{ab}	۳۵/۸۶^{c}	۷۶/۴۱^{d}	۱۸/۲۳	۳۵/۷۸^{d}	۱/۳۳^{cd}
زئولیت(۵) × اوره(۱۵۰)	۶۹/۸۲^{c}	۷/۶۷^{ab}	۱۲۵^{b}	۱۵۸/۳۷^{a}	۱۱۷۶/۹۱^{a}	۴۰/۵۱^{a}	۸۲/۴۶^{b}	۲۱/۴۳^{a}	۳۸/۹۷^{b}	۱/۹۲^{b}
زئولیت(۵) × اوره(۲۲۵)	۹۵/۸۶^{b}	۷/۳۳^{b}	۱۲۸^{a}	۱۵۷/۶۷^{ab}	۷۵۴/۱۱^{b}	۴۲/۷۳^{a}	۸۷/۴۳^{a}	۲۳/۵۵^{a}	۴۱/۴۳^{a}	۲/۲۴^{ab}
زئولیت(۱۰) × اوره(۷۵)	۵۰/۲۲^{dc}	۷/۶۷^{ab}	۱۲۴/۶۷^{bc}	۱۵۶/۳۳^{b}	۱۱۳۱/۶۷^{ab}	۳۶/۲۲^{b}	۷۷/۵۲^{c}	۱۷/۸۹^{c}	۳۷/۷۵^{c}	۱/۳۵^{cd}
زئولیت(۱۰) × اوره(۱۵۰)	۹۰/۹^{b}	۷/۳۳^{b}	۱۲۵/۳۳^{b}	۱۵۶/۶۹^{b}	۱۱۷۵/۰۸^{a}	۴۰/۳۳^{a}	۸۳/۴۵^{b}	۲۲/۴۵^{a}	۳۹/۲۶^{b}	۲/۱۳^{ab}
زئولیت(۱۰) × اوره(۲۲۵)	۱۰۷/۳۸^{b}	۷^{b}	۱۲۵^{b}	۱۵۹/۴۷^{a}	۷۸۵/۶۶^{b}	۴۲/۱۵^{a}	۸۷/۸۸^{a}	۲۳/۸۴^{a}	۴۱/۸۳^{a}	۲/۴۶^{a}
زئولیت(۱۵) × اوره(۷۵)	۷۰/۱۵^{c}	۷^{b}	۱۲۴^{c}	۱۵۶/۳۴^{b}	۱۰۴۵/۷۲^{ab}	۳۸/۴۶^{b}	۷۹/۱۲^{c}	۱۹/۵۶^{b}	۳۵/۴۵^{d}	۱/۶۰^{c}
زئولیت(۱۵) × اوره(۱۵۰)	۹۷/۶۷^{b}	۸^{a}	۱۲۶/۶۷^{a}	۱۵۹/۴۸^{a}	۱۲۷۲/۵۲^{a}	۴۲/۲۲^{a}	۸۵/۳۵^{b}	۲۲/۳۵^{a}	۳۹/۷۳^{b}	۲/۲۵^{ab}
زئولیت(۱۵) × اوره(۲۲۵)	۱۴۹/۱۵^{a}	۸/۳۳^{a}	۱۲۷^{a}	۱۵۸/۳۵^{a}	۹۴۷/۱۶^{ab}	۴۴/۶۹^{a}	۸۹/۴۳^{a}	۲۳/۸۹^{a}	۴۲/۴۹^{a}	۲/۵۳^{a}

*واحد زئولیت بر حسب تن در هکتار و اوره بر حسب کیلوگرم بر هکتار می‌باشد.

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

عملکرد دانه: براساس مشاهدات به‌عمل آمده، این صفت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح اوره، باکتری و زئولیت (α=۰/۰۱) بوده است. وجود اثرات متقابل معنی‌دار بین کلیه تیمارها (اثرات متقابل دوگانه (به‌جز اوره و باکتری) و سه‌گانه حاکی از تداخل عمل عوامل مورد مطالعه روی این صفت است (جدول ۲). مطابق جدول مقایسه میانگین‌ها بالاترین میزان عملکرد (۱۳۳۶/۶۲ گرم در مترمربع) مربوط به ترکیب تیماری ۱۵۰ کیلوگرم اوره در حضور باکتری بود که اختلاف معنی‌داری بین این مقدار و میانگین سایر اثرات دو فاکتور زئولیت و باکتری با سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از کود اوره مشاهده نشد. بدین ترتیب با اعمال ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار، عوامل دیگر نتوانستند؛ تغییری روی این صفت ایجاد نمایند. همچنین کمترین میزان عملکرد معادل ۴۱۶/۹۴ گرم در مترمربع مربوط به تیمار ۵ تن در هکتار زئولیت و حضور باکتری بود (جدول‌های ۳ و ۴). صابر و همکاران (۱۳۸۹) نیز نتایج مشابهی را گزارش نمودند، در حالی‌که بر اساس مطالعه‌ی غلامحسینی و همکاران (۱۳۸۷) به‌کارگیری باکتری در کلیه سطوح مصرف اوره بر این صفت مؤثر بوده که این اختلاف می‌تواند ناشی از اختلاف در شرایط اقلیمی محل اجرای دو آزمایش باشد به‌طوری‌که با افزایش رطوبت لازم برای جذب کود اوره توسط گیاه و در نتیجه افزایش کارآیی مصرف کود، نتایج حاصل از مصرف سطوح مختلف زئولیت و باکتری تغییر می‌یابد.

درصد نیتروژن: آنالیز داده‌ها حاکی از آن بود که بین اثرات اصلی و دوگانه (به‌جز زئولیت و اوره) در صفت درصد نیتروژن در سطح احتمال یک و پنج درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها با روش LSD و در سطح احتمال پنج درصد نشان داد که بیشترین میانگین معادل ۲/۵۳ درصد مربوط به تیمار ۲۲۵ کیلوگرم اوره، ۱۵ تن زئولیت و کمترین میانگین معادل ۰/۸۲ مربوط به تیمارهای ۵ تن در هکتار زئولیت و شاهد بود. همچنین بر اساس نتایج به‌دست آمده مصرف زئولیت تا ۱۰ تن بدون حضور اوره و باکتری نتوانست درصد ازت دانه را به‌طور معنی‌دار افزایش دهد. از سوی دیگر با کاهش مصرف زئولیت از ۱۵ تن تا ۱۰ تن نیز در صورت مصرف ۲۲۵ کیلوگرم اوره، درصد ازت دانه کاهش نیافت (جدول‌های ۳ و ۴). درصد نیتروژن دانه شاخصی از درصد پروتئین آن و یکی از صفات مهم در تعیین کیفیت آن است (نوربخش و حاج‌عباسی، ۱۳۷۷). بدیهی است که کودهای شیمیایی نیتروژن دار و کودهای بیولوژیکی که در تأمین این عنصر برای گیاه نقش داشته باشند، بر این صفت اثرگذار خواهند بود (صابر و همکاران ۱۳۸۹؛ پاتی و همکاران، ۱۹۹۵). دلیل وجود نیتروژن بیشتر گیاه در تیمارهای زئولیت و اوره مهیا بودن نیتروژن بیشتر برای جذب است. زمانی‌که زئولیت همراه با اوره استفاده می‌شود مکان‌های تبادلی زئولیت توسط یون آمونیوم پر شده و بیشتر آمونیوم به‌صورت محلول در خاک باقی خواهد ماند و در موقع نیاز گیاه و نبود نیتروژن محلول، آمونیوم آزاد می‌کند (محراب و همکاران، ۱۳۹۳). نقش باکتری *آزوسپریلیوم* نیز با توجه به مطالعات پیشین (صابر و

همکاران، ۱۳۸۹؛ دریایی، ۲۰۰۵؛ بهزاد و همکاران، ۱۳۹۱؛ احمد و همکاران، ۲۰۰۸)، قابل پیش‌بینی است که نتایج تجزیه واریانس نیز مؤید آن است (جدول ۲).

توصیه ترویجی

با توجه به نتایج به‌دست آمده، اثرات اصلی باکتری، اوره و زئولیت در اکثر صفات در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شده‌اند. اثرات متقابل اوره× زئولیت، اوره× باکتری، زئولیت× باکتری تغییرات قابل توجهی را در اکثر صفات ایجاد نمود. بنابراین می‌توان گفت که توازن نسبی هر یک از این فاکتورها بر استقرار گیاه و طول دوره رشد اثرگذار بوده است. با توجه به این‌که اثرات اصلی عملکرد بالایی را در پی داشته‌اند اما در ترکیب با دیگر عوامل نقش سینرژیستی مثبتی بر روی عملکرد و اجزای آن مشاهده گردید به‌طوری‌که اثر متقابل اوره × زئولیت (تیمارهایی که شامل حداقل ۱۵۰ کیلوگرم اوره و ۵ تن زئولیت بودند) توانستند بیشترین عملکرد دانه و اجزای عملکرد را به‌خود اختصاص دهند. لذا می‌توان اظهار داشت که کاربرد تلفیقی کانی زئولیت، کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژنه، علاوه بر بهبود تولید، کارایی جذب نیتروژن را افزایش می‌دهند، و مسیر رسیدن به کشاورزی پایدار به کاهش آلودگی محیط زیست مؤثر واقع می‌شوند. بنابراین پیشنهاد می‌شود تا تحقیقات بیشتری در زمینه حفظ سلامت محیط زیست و بهبود کیفیت تولید انجام پذیرد.

منابع

۱- بهزاد، آ.، حبیبی، د.، پاک‌نژاد، ف.، اصغرزاده، ا. و عبداللهیان نوقابی، م. ۱۳۹۱. تأثیر کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. مجله علوم گیاهان زراعی ایران.۴۳(۱): ۱۴۹- ۱۳۸.

۲- حسن‌آبادی، ط.، اردکانی، م.ر.، رجالی، ف.، پاکنژاد، ف. و افتخاری، س.ا. ۱۳۸۹. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران.

۳- سحری، م. فیض اصل، ا و ولی‌زاده، غ.ر. ۱۳۸۸. بررسی اثر زمان محلول‌پاشی اوره بر خصوصیات کمی و کیفی گندم سرداری در شرایط دیم. مجله علوم کشاورزی ایران. ۵۲(۳): ۲۰۱۱-۱۹۹۸.

۴- صابر، ز.، پیردشتی، ه.ا.، اسماعیلی، م.ع و عباسیان، ا. ۱۳۸۹. ارزیابی اثرباکتری‌های محرک رشد و سطوح مختلف نیتروژن و فسفر بر ویژگی‌های رشد و عملکرد گندم (لاین N-80-19). یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران.

۵- غلامحسینی، م.، آقاعلیخانی، م. و ملکوتی. م. ج. ۱۳۸۷. تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و زئولیت بر عملکرد کمی و کیفی علوفه کلزای پائیزه. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۴۵: ۵۴۸-۵۳۷.

۶- کریمی، ه. ۱۳۸۳. گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه تهران.

۷-کوچکی، ع. و سرمدنیا. غ.ح. ۱۳۸۲. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۰ صفحه.

۸- محراب، ن.، چرم، م. و حجتی، س. ۱۳۹۳. اثر زئولیت غنی شده با آمونیوم بر خصوصیات رشدی گیاه گندم و کارایی مصرف آب در دو نوع بافت خاک. مجله علمی کشاورزی ۳۷(۱).

۹- محمدی، م.، مقدم، ح.، مجنون حسینی، ن.، احمدی، ع. و خاوازی، ک. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر کودهای فسفری شیمیایی و زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم عدس در شرایط متناوب رطوبتی. مجله علوم گیاهان زراعی ایرن. ۴۲(۴): ۸۵۵-۸۴۵.

۱۰- نوربخش، ف و حاج عباسی، م.ع. ۱۳۷۷. بیولوژی خاک (ترجمه). انتشارات غزل اصفهان. ۱۹۸ صفحه.

11. Ahmad, F., Ahmad, I. and Khan, M.S. 2008. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. Microbiological Research. 163: 173-181.
12. Alstrom, S. 1991. Induction of disease resistance in common bean susceptible to halo blight bacterial pathogen after seed bacterization with rhizosphere *pseudomonads*. Journal Gen. Appl. Microbiology. 37: 495-501.
13. Azarpur, L., Adachi, K. and Senboku, T. 2011. Isolation and selection of indigenous Azospirillum spp. from a subtropical island, and effect of inoculation on growth of lowland rice under several levels of N application. Biol. Fertil. Soils. 28: 129–135.
14. Barzegar, I., Donmez, F., Aydın, A. and Sahin, F. 2010. Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. Soil. Biol. Biochemistry. 38: 1482–1487.
15. Daryaee, W., Boon, N., Seghers. D., Top, E.M. and Verstraete, W. 2005. Bio augmentation of soils by increasing microbial richness: missing links. Environmental Microbiology. 3: 649–657.
16. Da Silva, J.G., Serra, G.E., Moreira, J.R. and Goldenberg, J. 1978. Energy balance for ethyl alchol production for crops. Science. 210: 903-906.
17. Hamidi, Y., Feldman, M., Okon, Y. and Henis, Y. 2010. Contribution of nitrogen fixed by *Azospirillum* to the N nutrition of spring wheat in Israel. Soil Biology Biochemistry 17: 509–515.
18. Khaysher, R. 2010. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field. Crop Research. 89: 1–16.
19. Lipurt, K. 2006. Mathematical modeling of PGPR inoculation into the rhizosphere. Environ. Model. Soft. 21:1158-1171.
20. Moradi Tuchaee, A.K., Bahrami, G.A. and Alavi, N.P. 2012. Effect of various concentrations of oxygen, molybdenum, and nitrate on nitrogen fixation and denitrification in *Azospirillum lipoferum*. Appl. Biochemistry Microbiology. 35: 44–47.
21. Orhan, E., Esitken, A., Ercisli, S., Turan, M. and Sahin, F. 2006. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient contents in organically growing raspberry. Science Horticulture. 111: 38-43.
22. Pati, B.A., Sengupta, S. and Chjandra, A.K. 1995. Impact of selected *phyllospheric diazotrophs* on the growth of wheat seedlings and assay of the growth substances produced by the diazotrophs. Microbiol. Res. 150:121–127.
23. Sharifi, V.P. and Glick, B.R. 2006. Amelioration of flooding stress by ACC deaminase-

containing plant growth-promoting bacteria. Plant Physiology Biochemistry. 39: 11–17.
24. Taghavi, M.A., Konde, B.K. and Sonar, K.R. 1988. Effect of *Azotobacter chroococcum* for improving growth and yield of rice. Soil Biology Biochemistry. 33: 405-408.
25. Tsadilas, C.D. and Argyropoulos, G. 2006. Effect of Clinoptilolite Addition to Soil on Wheat Yield and Nitrogen Uptake Communications. Soil Science and Plant Analysis Journals. 37: 2691-2699.
26. Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant Soil. 255(2): 571-586.
27. Zunkhoria, S., Mirza, M.S., Haurat, J., Bally, R., Normand, P., Bano, A. and Malik, K.A. 2001. Isolation and 16S rRNA sequence analysis of the beneficial bacteria from the rhizosphere of rice. Canadian Journal Microbiology. 47: 110–117.