

بررسی اثر تلقیح باکتری تثبیت کننده نیتروژن و حل کننده فسفات بر عملکرد و شاخص های جذب نیتروژن در گیاه جو (*Hordeum vulgare L.*) تحت سطوح مختلف نیتروژن

Effect of Nitrogen fixation and solubilizing phosphate inoculation on yield and Nitrogen uptake indices of barley (*Hordeum vulgare L.*) under different levels of Nitrogen

طاهره حسن آبادی^۱، محمدرضا اردکانی^۲، فرهادر جالی^۲، فرزاد پاک نژاد^۲

چکیده

به منظور بررسی اثر تلقیح باکتری تثبیت کننده نیتروژن و حل کننده فسفات بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه جو (*Hordeum vulgare L.*) تحت سطوح مختلف نیتروژن آزمایشی به صورت اسپیلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج انجام شد. عوامل آزمایشی شامل، ۱- کود شیمیایی نیتروژن از منبع اوره در ۴ سطح $N0\%=0\text{kgN/ha}$ ، $N25\%=225\text{kgN/ha}$ ، $N50\%=150\text{kgN/ha}$ ، $N75\%=225\text{kgN/ha}$ ، $N100\%=300\text{kgN/ha}$ ، ۲- باکتری آزوسپیریلوم لیپوفروم در ۲ سطح (تلقیح Azo_0) و عدم تلقیح باکتری Azo_0 ، ۳- باکتری سودوموناس فلورسنس در ۲ سطح (تلقیح Pse_0) و عدم تلقیح باکتری Pse_0) نتایج تجزیه واریانس نشان داد سطوح مختلف نیتروژن و تلقیح باکتری آزوسپیریلوم و سودوموناس هر یک، بر عملکرد دانه، عملکرد کاه، عملکرد نیتروژن، نیتروژن دانه و کل نیتروژن جذبی گیاه دارای اثر معنی دار بودند و اثر متقابل باکتری آزوسپیریلوم و سودوموناس تنها بر عملکرد دانه و عملکرد کاه به ترتیب در سطح آماری ۱% و ۵% تفاوت معنی دار نشان دادند. بر اساس نتایج این آزمایش تلقیح باکتری آزوسپیریلوم به همراه ۲۲۵ کیلوگرم کود نیتروژن با کاهش مصرف ۲۵% کود شیمیایی نیتروژن عملکرد دانه را (۵۱۹۱/۳ کیلوگرم در هکتار) به میزان ۳۰/۳ افزایش داد. و تلقیح هر یک از باکتریها به تنهایی و یا همراه با سطوح مختلف کودی بر اکثر صفات کمی و کیفی این آزمایش اثر مثبت و معنی دار نشان دادند.

واژه های کلیدی: آزوسپیریلوم لیپوفروم، سودوموناس فلورسنس، نیتروژن

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، باشگاه پژوهشگران جوان، کرج، البرز، ایران

۲- مرکز تحقیقات کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی کرج

۳- موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

مقدمه

ایجاد شرایط لازم برای استفاده بیشتر از فرایندهای طبیعی مانند تثبیت بیولوژیکی نیتروژن یکی از راه کارهای تولید بهینه محصول و مهم تر از آن حفظ محیط زیست است که امروزه در کشورهای مختلف به طور جدی دنبال می شود. نیتروژن یکی از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه است و نیاز گیاه به نیتروژن بیش از سایر عناصر می باشد. غلات برای تولید یک تن دانه نیاز به جذب ۲۵-۲۲ کیلوگرم نیتروژن دارند (خواوازی و ملکوتی، ۱۳۸۰). مقدار تثبیت نیتروژن به طریق بیولوژیک سالیانه در جهان حدود ۱۷۵ میلیون تن برآورد شده است. از روش های بیولوژیکی، برای افزایش تولید در کشاورزی، استفاده از میکروارگانیسم های مفید خاکزی است. که می توانند از روش های مختلف، باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه شوند. از جمله این موجودات می توان به ریزوباکترهای محرک رشد گیاه اشاره کرد. این گروه از باکتری ها در منطقه ریزوسفر از طریق مکانیسم های مختلفی باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می شوند. مکانیسمی که توسط PGPRs برای تنظیم رشد گیاه به کار برده می شوند به درستی درک نشده اما شامل تولید فیتو هورمون ها، تثبیت نیتروژن، سنتز آنتی بیوتیک ها، قارچ کشها و هم چنین حل کننده فسفات معدنی و دیگر مواد مغذی می باشد. نقش همیاری باکتری آزو سپریلوم با غلات علاوه بر کاهش مصرف کود نیتروژنه، سبب بهبود رشد گیاه و افزایش مقدار محصول در حدود ۳۰ الی ۳۵ درصد می گردد.

(Boddy and Dobereiner, 1998)

تلقیح با آزو سپریلوم می تواند منجر به تغییرات معنی دار در پارامترهای گوناگون رشد گیاه شود که ممکن است بر روی عملکرد اثر گذاشته و یا اثری نداشته باشد. افزایش در میزان نیتروژن کل، وزن دانه، میزان جوانه زنی، وزن خشک ریشه، افزایش در تراکم و طول ریشه های مویی، تعداد سنبله ها و تعداد دانه در سنبله در تلقیح با آزو سپریلوم توسط Kapunik et al., (1987), Okan & Vanderleylen, (1998) گزارش شده است. افزایش و گسترش نقش تلقیح

با میکروارگانیسم ها می تواند نیاز به کودهای شیمیایی و در نتیجه عوارض جانبی اثرات زیست محیطی را کاهش دهد. (O'Connell, 1992) آزو سپریلوم و باکتری حل کننده فسفات برای تغذیه گیاه مهم هستند و این میکروارگانیسم ها نقش مهمی به عنوان ریزوباکترهای تنظیم کننده رشد با عنوان کودهای زیستی در محصولات ایفا می کنند. گونه های باکتری آزو سپریلوم به ریزوباکترهای تنظیم کننده رشد گیاه تعلق دارند (Kloepper et al., 1989). به ویژه توانایی آنها برای تثبیت نیتروژن اتمسفر در گراسها به طور وسیع مطالعه شده اند (Elmerich & Newton, 2007) هر چند سهم تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط این سویه ها که در گیاهان نشان داده شده اهمیت کمتری دارد. (Okon & Kopolnik 1986) به بیان دیگر اثر تحریکی آنها روی رشد و توسعه ریشه به خوبی مستند می باشد. باکتری آزو سپریلوم قادر است از طریق ایجاد رابطه متقابل از نوع همیاری با خانواده گرامینه، ازت مولکولی را تثبیت و در اختیار میزبان خود قرار دهد. علاوه بر این باکتری با تولید هورمون های رشد باعث افزایش سطح جذب ریشه و متعاقب آن باعث افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی گردیده که موجب بهبود رشد گیاهان می شود. (Tilak et al., 2005) باکتری های حل کننده فسفات دارای طیف گسترده ای از صفات محرک رشد گیاهی مانند سیانید هیدروژن (Schippers, et al., 1990) و تولید اکسین (Meyer et al., 2000) و تولید ACC دآمیناز (Patten & Glick, 2002) و تولید آنزیم ACC دآمیناز (Penrose, et al., 2003) حل کنندگی فسفات (Rashid at al., 2004) و کیتیناز (Ajit et al., 2006) می باشد که باعث افزایش رشد گیاه می شود. آزمایشات با PSB افزایش عملکرد را در ذرت (Pal, 1999) و برنج (Ozturk et al., 1889) و دیگر غلات (Ti wari et al., 1889) را نشان داده است اثرات مثبت PGPRs روی رشد و عملکرد محصولاتی مانند گندم (Ozturk et al., 2003) و ذرت (Egamberdiyeva, 2007) با توانایی تثبیت

عامل فرعی در نظر گرفته شد. تهیه زمین مطابق عرف منطقه با اجرای یک شخم عمیق و دو دیسک عمود بر هم قبل از کاشت انجام گرفت. و کود فسفراز منبع سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار قبل از کشت به طور یکنواخت در کل سطح زمین پخش شد و کود نیتروژن (اوره) نیز به میزان ۳۰۰ کیلو گرم در هکتار بر اساس تیمارها در کرت های مورد نظر توزیع گردید که ۵۰٪ آن در زمان کشت و ۵۰٪ ما بقی نیز قبل از گلدهی در تیمارهای مورد نظر توزیع شد. رقم مورد استفاده در این آزمایش رقم ریحان بود که رقمی پر محصول، زودرس و نیمه حساس به سرما می باشد. عملیات کاشت در اول آبان ۱۳۸۷ انجام گرفت. مقدار بذر مصرفی بر مبنای ۳۰۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. که بذرها به طور یکسان برای کلیه تیمارها توزین و پس از آغشته نمودن بذر با باکتریها در تیمارهای مختلف به صورت دستپاش در سطح هر کرت پخش شد. سپس با استفاده از فاروئر عملیات جوی و پشته انجام گرفت و ایجاد نهرهای اصلی جهت ورود آب آبیاری برای هر تکرار و نهرهای فرعی جهت خروج آب اضافی هر تکرار به صورت جداگانه پایان یافت. برای هر کرت آزمایشی ۶ پشته با طول ۵ متر و به فاصله ۵۰ سانتی متر از یکدیگر ایجاد شد. آبیاری به صورت نشتی و با توجه به شرایط اقلیمی و وضعیت رطوبتی خاک در زمانهای مورد لزوم انجام شد. مبارزه با علفهای هرز به روش وجین دستی صورت گرفت. برداشت ۸۸/۴/۱ انجام گرفت. به منظور اندازه گیری عملکرد دانه با حذف حاشیه از دو خط میانی هر یک به طول ۱ متر برداشت شد و محاسبه گردید. و به منظور اندازه گیری نیتروژن دانه از روش کج لدا استفاده شد (Johnson & Wilrinson, 1992). کل نیتروژن جذبی گیاه نیز از حاصلضرب درصد نیتروژن اندام هوایی گیاه در کل وزن خشک گیاه به دست آمد و عملکرد نیتروژن دانه نیز از حاصلضرب درصد نیتروژن دانه در عملکرد دانه به دست آمد و پس از استخراج داده ها، جهت محاسبات آماری از نرم افزار SAS Ver 9.0 استفاده شد. مقایسات میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح

نیتروژن، حل کنندگی فسفات و تولید هورمون می باشد. رخزادی، ۱۳۸۷ طی آزمایشات خود گزارش کرد وجود باکتری سودوموناس فلورسنس نقش موثری در افزایش جذب نیتروژن در مرحله گلدهی، ارتفاع بوته، عملکرد دانه داشته است گونه های آزو سپریلوم و باسیلوس به منظور نفوذ در ریشه غلات و رشد داخل سلولی و هم چنین رشد در ریزوسفر شناخته شده اند. (Ryder et al., 1999) PGPRs از طریق سنتز هورمونهای محرک رشد، موجب افزایش جوانه زنی بذر، ریشه زایی و گسترش ریشه می شوند و رشد کل گیاه را از طریق تقسیم سلولی، افزایش نفوذ پذیری غشاء سلولهای گیاه و در نتیجه افزایش مواد غذایی فراهم می آورند. (Ioper & Schroth, 1986). بنابراین استفاده آنها به عنوان کودهای زیستی برای بهبود کشاورزی، نکته تمرکز بسیاری از مطالعات اخیر بوده است.

مواد و روش

این آزمایش در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی ماهدشت در مرکز تحقیقات کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج با موقعیت ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه عرض جغرافیایی، ۵۱ درجه، ۵۶ دقیقه طول جغرافیایی با ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا اجرا شد. آزمایش به صورت اسپیلیت پلات - فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. عوامل آزمایشی شامل ۱- کود نیتروژن از منبع اوره $N_{0\%}=0\text{kg N.ha}^{-1}$, $N_{50\%}=150\text{kg N.ha}^{-1}$, $N_{75\%}=225\text{kg N.ha}^{-1}$ $N_{100\%}=300\text{kg N.ha}^{-1}$ ، کیلوگرم در هکتار ۲- باکتری Azos- pirillum lipoferum 93 در ۲ سطح (تلقیح و عدم تلقیح باکتری) ۳- Pseudomonas fluoresces در ۲ سطح (تلقیح و عدم تلقیح باکتری) هکتار می باشد. و جمعیت باکتریها ۱۰۸ سلول باکتری در هر گرم مایه تلقیح بود. مایه تلقیح باکتریایی نیم ساعت قبل از کشت با بذرها مخلوط گردید به صورتی که بذور کاملاً آغشته به باکتری شدند و به صورت دستی کشت شدند. کود نیتروژن به عنوان عامل اصلی و باکتریها به عنوان

آماري ۵% با استفاده از نرم افزار MSTAT-C انجام شد. جهت رسم نمودارها نیز از نرم افزار Excel استفاده شد.

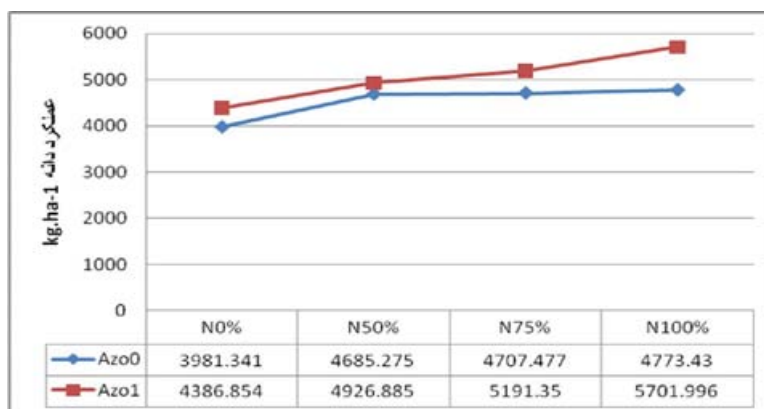
نتایج و بحث عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد دانه دارای اثر معنی دار در سطح آماری ۱% می باشد و مقایسات میانگین تیمارها (جدول ۲) نشان می دهد با افزایش سطوح مختلف نیتروژن عملکرد دانه روند افزایشی نشان داده است که در بین آنها تیمار N_{100} بیشترین عملکرد دانه را با ۲۵/۱ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد دارا بود. به نظر می رسد کود نیتروژن به دلیل نقش مهمی که در افزایش رشد رویشی گیاه دارد نهایتاً باعث افزایش عملکرد گیاه می شود و افزایش مصرف نیتروژن از طریق تاثیر بر فرایندهای فیزیولوژیکی، منجر به افزایش فتوسنتز، آسمیلات بیشتر و ماده خشک و عملکرد دانه بالاتر می گردد. (اسدپور و مقدم ۱۳۸۶). در آزمایشی که Ozturk و همکاران (۲۰۰۳) بر گیاه جو و گندم در سطوح مختلف نیتروژن (۰، ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار) انجام دادند با افزایش کود نیتروژن عملکرد دانه به طور معنی دار افزایش یافت. تلقیح هریک از باکتریها به تنهایی بر عملکرد دانه در سطح آماری ۱% تفاوت معنی دار داشت و در مقایسات میانگین تیمارها مشاهده می شود (جدول ۲) تلقیح Azo و Pse به ترتیب ۱۳/۷ و ۸/۵ درصد عملکرد دانه را نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح باکتری) افزایش دادند. به نظر میرسد به دلیل

اثرات مختلف این رایزوباکترها در تثبیت نیتروژن و قابلیت دسترسی بهتر فسفر برای گیاه روندی افزایشی در بهبود رشد گیاه ملاحظه شده و هم چنین ترشح مواد تنظیم کننده و تحریک کننده رشد توسط این باکتریها مهمترین عامل رشد و افزایش عملکرد دانه شده است.

(Egamberdiyeva et al, 2003). Patidar, (2001) در گندم و سورگوم افزایش عملکرد دانه را در اثر باکتری سودوموناس عمدتاً مربوط به تولید مواد محرک رشد توسط این باکتری دانسته اند. جگنو و همکاران (Jagnow et al., 1991) گزارش کردند که تلقیح بذر با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم باعث افزایش ۴۰ درصدی عملکرد دانه در گندم و جو شده است. تلقیح همزمان N_{100}^*Azo بر عملکرد دانه در سطح آماری ۱% تفاوت معنی دار داشت. و در مقایسات میانگین تیمارها (نمودار ۱) بیشترین عملکرد دانه در تیمار $N_{100}^*Azo_1$ مشاهده شد که البته با تیمار $N_{75}^*Azo_1$ در یک سطح آماری قرار داشتند اما تیمار $N_{100}^*Azo_1$ بیشترین عملکرد دانه را با ۴۳/۲ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد ($N_{0}^*Azo_0$) دارا بود به نظر می رسد به واسطه نقش مثبت باکتری در تنظیم و تولید هورمونهای محرک رشد همراه با کود نیتروژن به توسعه بهتر ریشه انجامیده و باعث جذب بیشتر آب و مواد مغذی و افزایش عملکرد می شود هم چنین (Swedrzynska & Sawicka, 2000) گزارش کردند تعداد جمعیت باکتری آزوسپیریلوم در مراحل مختلف رشد و نمو غلات در کنار کود نیتروژن افزایش می یابد و کاربرد نیتروژن معدنی در خاک باعث کمک به تکثیر آزوسپیریلوم می شود.

بررسی اثر تلقیح باکتری تثبیت کننده نیتروژن و حل کننده فسفات بر عملکرد و شاخص های جذب نیتروژن در گیاه جو ...



نمودار ۱: اثر کاربرد همزمان آزوسپیریلوم و سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد دانه

Fig1: Effect of Azospirillum and different levels of nitrogen application on grain yield

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده

Table1: Analysis of variance of measured parameters

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد		کل نیتروژن		
		عملکرد دانه Grain yield	عملکرد کاه Straw yield	دانه Grain nitrogen	جذب نیتروژن گیاه Total nitrogen uptake	
		میانگین مربعات		MS		
تکرار (Replication)	2	15618197	2035731	5882.122	0.107	2.686
کود نیتروژن (Nitrogen Fertilization)	3	3981208.36**	406215.27**	13887.60**	1.237**	35.045**
خطا a	6	345849.2	7311132.6	676.79	0.097	2.987
آزوسپیریلوم (Azo)	1	7145633.33**	5387213.6*	20067.17**	1.162**	37.931**
سودوموناس (Pse)	1	1517274.08**	7508804.81**	8968.61**	0.737**	29.469**
نیتروژن ^x آزوسپیریلوم (Azo ^x N)	3	1242066.72**	824000.82ns	1317.59**	0.015ns	0.654ns
نیتروژن ^x سودوموناس (Pse ^x N)	3	276497.8ns	3117951.87**	927.931	0.112ns	22.976*
آزوسپیریلوم ^x سودوموناس (Azo ^x Pse)	1	330008.3ns	1949335.2*	1212.63**	0.013ns	0.351ns
آزوسپیریلوم ^x سودوموناس ^x کود نیتروژن (Azo ^x Pse ^x N)	3	338089.6ns	1277588.75ns	598.47ns	0.101ns	2.777sn
خطا b	24	206431.5	494627.36	306.8	0.05	1.198
ضریب تغییرات CV%		6.25	9.3	10.71	10	6.02

به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی دار است ns, **, *, ns: Non-significant Azo: Azospirillum, Pse: pseudomonas, N: nitrogen

**,: Significant at 1 and 5% probability level, respectively, ns: Non-significant Azo: Azospirillum, Pse: pseudomonas, N: nitrogen

جدول ۲ - مقایسات میانگین اثرات ساده

Table2: mean comparisons simple effects

جدول ۲ - مقایسات میانگین اثرات ساده

Table2: mean comparisons simple effects

تیمارهای آزمایشی	عملکرد	عملکرد نیتروژن	کل نیتروژن	عملکرد کاه	
Treatment	دانه	دانه	نیتروژن دانه	جذبی گیاه	
	Grain yeild	Protein yield	Grain protein	Total uptake	
	kg.ha ⁻¹	kg.ha ⁻¹	g.100g	nitrogen kg.ha ⁻¹	
				straw yield	
				kg.ha ⁻¹	
شاهد (بدون کود نیتروژن) (N0%)	4184.42c	78.36d	1.95c	171.73c	6733b
150 کیلوگرم کود نیتروژن (N50%)	4806b	97.27c	2/04c	190.95bc	7165a
225 کیلوگرم کود نیتروژن (N75%)	4949b	106.48b	2.28bc	215.2b	7556b
300 کیلوگرم کود نیتروژن (N100%)	5237a	129.78a	2.66a	267a	8560a
عدم کاربرد باکتری (Azo0)					
آزوسپریلوم	4424b	90.05b	2.08	190.32b	7334b
کاربرد باکتری (Azo1)					
آزوسپریلوم	5031.36a	115.80a	2.39a	232.15a	7674a
عدم کاربرد باکتری سودوموناس (Pse)					
آزوسپریلوم	4475b	94.32b	2.11b	192.52b	7108b
کاربرد باکتری سودوموناس (Pse1)					
آزوسپریلوم	4857.66a	111.53a	2.36a	229.9a	7899a

عملکرد نیتروژن دانه

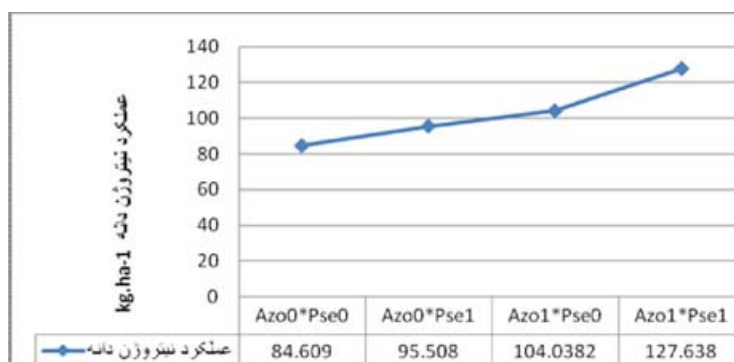
و کیفیت دانه است و این نتایج نشان می‌دهد اثر افزایش سطوح مختلف نیتروژن بر افزایش عملکرد دانه، مقدار عملکرد نیتروژن دانه را نیز افزایش داده است. کودهای نیتروژنی، مقدار واردات نیتروژن از قسمت‌های رویشی به دانه را در مقایسه با کربوهیدرات‌ها افزایش داده و موجب افزایش غلظت نیتروژن آن می‌گردد (Kim and Paulsen, 1986) تلقیح هر یک از باکتری‌ها بر عملکرد نیتروژن دانه در سطح آماری ۱٪ اثر معنی دار داشته است به طوری که در مقایسات تیمارها (نمودار ۲) مشاهده می‌شود تلقیح Azo و Pse به ترتیب باعث افزایش

طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) در کاربرد سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد نیتروژن دانه در سطح ۱٪ تفاوت آماری معنی دار مشاهده می‌شود به طوری که در مقایسات میانگین تیمارها (جدول ۲) مشاهده می‌شود افزایش سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد نیتروژن دانه اثر افزایشی داشته و تیمار N_{100%} بیشترین عملکرد نیتروژن دانه را با ۶۵/۹ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد دارا بود. تجمع و انتقال نیتروژن در اندام‌های رویشی و دانه‌ها، فرایندهای مهمی در تعیین عملکرد

بررسی اثر تلقیح باکتری تثبیت کننده نیتروژن و حل کننده فسفات بر عملکرد و شاخص های جذب نیتروژن در گیاه جو ...

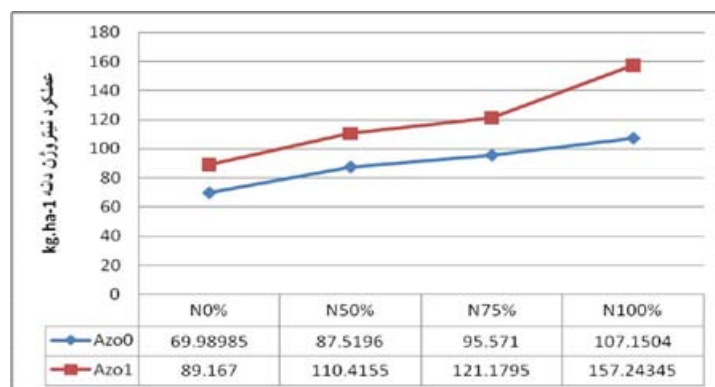
نسبت به هم دارای اثرات سینرژیستی می باشند و کاربرد توام آنها می تواند در افزایش عملکرد و بهبود تثبیت نیتروژن و افزایش نیتروژن در گیاه نقش داشته باشد و به واسطه نقش مثبت این باکتریها در تولید و تنظیم هورمون های محرک رشد با گسترش ریشه و جذب آب و عناصر غذایی و جذب نیتروژن سبب بهبود رشد و افزایش فتوسنتز و تولید آسمیلات می شود و از آنجایی که جهت تثبیت نیتروژن، انرژی فراوانی مورد نیاز است با وجود فسفر کافی و ATP فراوان تامین می شود و منجر به افزایش عملکرد دانه و عملکرد نیتروژن دانه می گردد (Egamberdiyeva et al., 2003). در کاربرد همزمان N^*Azo در سطح آماری ۱٪ تفاوت معنی دار مشاهده می شود به طوری که در مقایسات میانگین تیمارها (نمودار ۳) بیشترین عملکرد نیتروژن دانه در تیمار $N_{100\%}^*Azo_1$ مشاهده شد

۲۸/۵، ۱۸/۲ درصدی عملکرد نیتروژن دانه شده اند. با توجه به اینکه آزوسپیریلوم جزو باکتری های تثبیت کننده نیتروژن می باشد، احتمالاً یکی از دلایل افزایش میزان نیتروژن با تلقیح باکتری آزوسپیریلوم، تثبیت نیتروژن توسط این باکتری می باشد. هم چنین درزی و همکاران (۱۳۸۸) افزایش مقدار نیتروژن دانه در گیاه رازیانه را در اثر تلقیح با باکتری های حل کننده فسفات گزارش کرده اند. در تلقیح همزمان Azo^*Pse بر عملکرد نیتروژن دانه در سطح آماری ۱٪ تفاوت معنی دار مشاهده می شود به طوری که در مقایسات میانگین تیمارها (نمودار ۲) بیشترین میزان آن در تیمار Azo_1Pse_1 مشاهده شد که افزایش ۱۵ درصدی را نسبت به تیمار Azo_0Pse_0 دارا بود. تلقیح همزمان Azo_1Pse_1 بیشترین عملکرد نیتروژن دانه را تولید کرد که حاکی از تاثیر بیشتر تلقیح همزمان Azo_1Pse_1 بر عملکرد نیتروژن دانه است که اثرات تشدید کننده بین Azo و Pse را نشان می دهد به نظر می رسد این دو باکتری



نمودار ۲: اثر تلقیح همزمان باکتری آزوسپیریلوم و سودوموناس بر عملکرد نیتروژن دانه

Fig2: Effect of Azospirillum and Pseudomonas inoculation together on Nitrogen yield



نمودار ۳: اثر کاربرد همزمان آزوسپیریلوم و سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد نیتروژن دانه

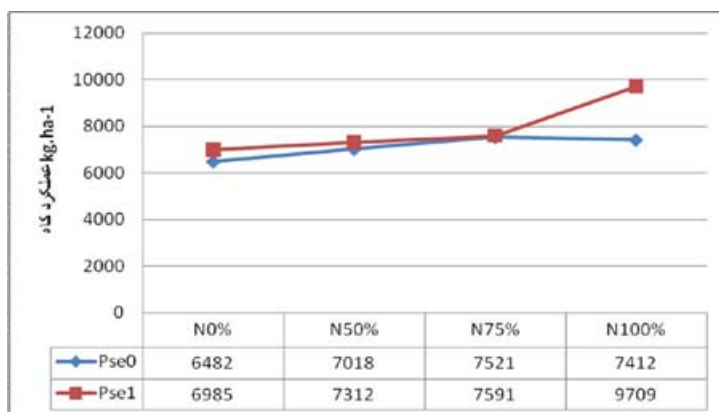
Fig3: Effect of Pseudomonas and different levels of nitrogen application on Nitrogen yield

عملکرد کاه

می‌رسد این دو باکتری نسبت به هم دارای اثرات سینرژیستی می‌باشند و به واسطه نقش مثبت این باکتریها در تولید و تنظیم هورمون‌های محرک رشد با گسترش ریشه و جذب آب و عناصر غذایی و جذب نیتروژن سبب بهبود رشد و افزایش فتوسنتز و تولید آسیمیلات می‌شود در کاربرد همزمان N_1Pse بر عملکرد کاه در سطح آماری ۱٪ تفاوت معنی دار مشاهده می‌شود به طوری که در مقایسات میانگین تیمارها نمودار (۴) مشاهده می‌شود بیشترین عملکرد کاه در تیمار $N_{100\%}Pse_1$ با ۴۹/۷ درصد نسبت به شاهد دارا می‌باشد. همانطور که مشاهده می‌شود Pse در سطوح مختلف نیتروژن اثر مثبت داشته و عملکرد کاه را افزایش داده است و بیشترین اثر آن در تیمار $N_{100\%}Pse_1$ مشاهده می‌شود بنابراین به نظر می‌رسد این باکتری از طریق ساز و کارهای مختلفی از جمله تولید سیدروفورها، سنتز آنتی بیوتیک‌ها، تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش جذب فسفر توسط گیاه، کمک به جذب نیتروژن و سنتز آنزیم‌هایی که مقدار اتیلن در گیاه را تنظیم می‌کنند، در کنار کود نیتروژن به توسعه بهتر ریشه و سبب تحریک رشد رویشی گیاه می‌گردد (Abdul jaleel et al., 2007)

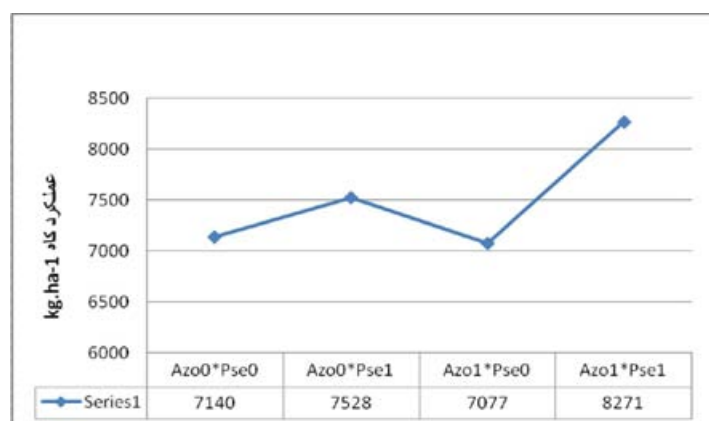
طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) در کاربرد سطوح مختلف نیتروژن در سطح آماری ۱٪ تفاوت معنی دار بر عملکرد کاه مشاهده شد به طوری که در مقایسات میانگین تیمارها (جدول ۲) مشاهده می‌شود، افزایش سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد کاه اثر افزایشی نشان داد و تیمار $N_{100\%}$ بیشترین میزان عملکرد کاه را با ۲۷/۱ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد دارا بود. بر اساس نتایج، اثر افزایشی سطوح مختلف نیتروژن، عملکرد کاه را افزایش داده است. به نظر می‌رسد کاربرد کود نیتروژن با تحریک رشد رویشی سبب افزایش عملکرد کاه و کلش، عملکرد دانه و افزایش ماده خشک گیاه می‌گردد. تلقیح هر یک از باکتری‌ها بر عملکرد کاه در سطح آماری ۱٪ اثر معنی دار داشت. به طوری که در مقایسات میانگین تیمارها (جدول ۲) نیز مشاهده می‌شود تلقیح Azo و Pse به ترتیب باعث افزایش ۱/۴، ۱۱/۶ درصدی عملکرد کاه شده‌اند. به نظر می‌رسد باکتری‌های تحریک کننده رشد گیاه با تخصیص ماده خشک بیشتر به بوته، سبب افزایش رشد رویشی و در نتیجه فراهم سازی و امکان بهره برداری بهتر از نور و فتوسنتز بیشتر و در نهایت افزایش رشد و نمو و فعالیت‌های بیوشیمیایی گیاه می‌شود و این امر موجب افزایش عملکرد کاه و ماده خشک در گیاه می‌شود (اکبری و همکاران ۱۳۸۸) همچنین احتمالاً از طریق ساز و کارهای تولید مواد تنظیم کننده رشد، مهار عوامل بیماریزای گیاهی و بهبود تغذیه گیاه در افزایش وزن خشک بوته تاثیر می‌گذارند (حمیدی و همکاران ۱۳۸۵). در تلقیح همزمان Azo_1Pse بر عملکرد کاه در سطح آماری ۱٪ تفاوت معنی دار مشاهده می‌شود به طوری که در مقایسات میانگین تیمارها (نمودار ۵) بیشترین میزان آن در تیمار Azo_1Pse_1 مشاهده می‌شود که افزایش ۱۵/۸ درصدی را نسبت به تیمار شاهد (Azo_0Pse_0) داراست و تلقیح همزمان Azo_1Pse_1 بیشترین عملکرد کاه را تولید کرد که حاکی از تاثیر بیشتر تلقیح همزمان Azo_1Pse_1 بر عملکرد کاه است که اثرات تشدید کنندگی بین Azo و Pse را نشان می‌دهد به نظر

بررسی اثر تلقیح باکتری تثبیت کننده نیتروژن و حل کننده فسفات بر عملکرد و شاخص های جذب نیتروژن در گیاه جو ...



نمودار ۴: اثر کاربرد همزمان سودوموناس و سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد کاه

Fig4: Effect of Pseudomonas and different levels of nitrogen application on Straw yield



نمودار ۵: اثر تلقیح همزمان باکتری آزوسپیریلوم سودوموناس بر عملکرد نیتروژن کاه

Fig5: Effect of Azospirillum and Pseudomonas inoculation together on Straw yield

مختلف کود نیتروژن بر کل نیتروژن جذبی گیاه دارای اثر معنی دار در سطح آماری ۱% می باشد. مقایسات تیمارها (جدول ۲) نشان می دهند افزایش سطوح مختلف نیتروژن بر کل نیتروژن جذبی گیاه روند افزایشی نشان داده است که در بین آنها تیمار $N_{100\%}$ بیشترین نیتروژن جذبی گیاه را با ۵۵/۵ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد دارا بود. به نظر می رسد اثر نیتروژن بر خصوصیات ریشه، میزان جذب نیتروژن را تحت تاثیر قرار داده و افزایش کارایی جذب آب و عناصر غذایی به ویژه نیتروژن در کل اندام هوایی گیاه افزایش یافته است (Herzog and Gotz, 2004). تلقیح هر یک از باکتریها به تنهایی بر نیتروژن جذبی گیاه در سطح آماری ۱% دارای تفاوت معنی دار می باشد و در مقایسات تیمارها مشاهده

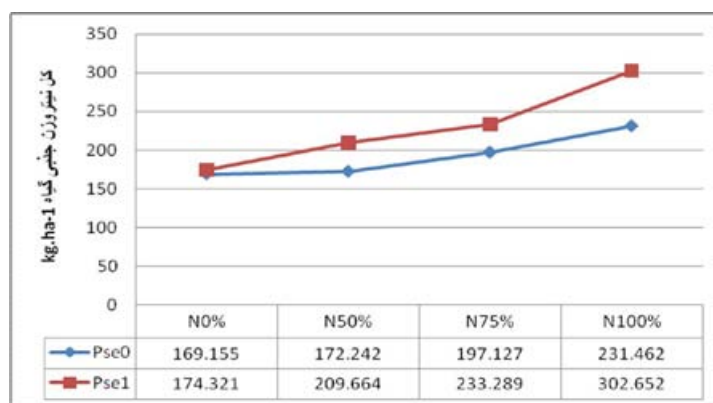
. نتایج نشان می دهند بیشترین اثر AzO در سطح $N_{100\%}$ مشاهده می شود که حاکی از اثر افزایشی بیشتر AzO در تیمار $N_{100\%} * AzO_1$ نسبت به بقیه تیمارها می باشد. به نظر می رسد همزیستی باکتریایی از طریق بهبود رشد و نمو و متعاقب آن افزایش وزن خشک گیاه همراه با کود نیتروژن سبب بهبود غلظت نیتروژن و افزایش عملکرد دانه و در نهایت عملکرد نیتروژن دانه شده است و Ozturk و همکاران (۲۰۰۳) نیز در رابطه با اثرات مثبت آزوسپیریلوم و نیتروژن نتایج مشابهی را به دست آوردند

کل نیتروژن جذبی گیاه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد سطوح

دار مشاهده می‌شود. و در مقایسات میانگین تیمارها (نمودار ۶) بیشترین نیتروژن جذبی گیاه در تیمار $N_{100\%} * Pse_1$ مشاهده شد که تیمار $N_{100\%} * Pse_1$ بیشترین نیتروژن جذبی گیاه را با ۷۸/۹ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد ($N_{0\%} * Pse_0$) دارا بود و Pse در تمام سطوح کودی اثر مثبت و افزایشی در میزان جذب نیتروژن گیاه داشته است و بیشترین اثر را در سطح $N_{100\%}$ نشان داده است. به نظر می‌رسد که به واسطه نقش باکتری سودوموناس در تنظیم و تولید هورمونهای محرک رشد و از طریق بهبودی که در مقدار فسفر و تثبیت نیتروژن و افزایشی که به دنبال آن بر رشد، نمو و بیوماس گیاه دارند در کنار کود نیتروژن به جذب بیشتر نیتروژن و افزایش نیتروژن جذبی گیاه می‌گردد افزایش غلظت نیتروژن و تحریک رشد اندام‌های هوایی گیاه با افزایش تغذیه فسفر همراه است از این رو تاثیر سودوموناس بر میزان نیتروژن به طور غیر مستقیم از طریق بهبود وضعیت فسفر گیاه که ناشی از همزیستی باکتریایی است اعمال می‌شود

می‌شود (جدول ۲) تلقیح Azo و Pse به ترتیب ۲۱/۹ و ۱۹/۴ درصد نیتروژن جذبی گیاه را نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح باکتری) افزایش دادند. به نظر می‌رسد به دلیل اثرات این باکتریها در تثبیت نیتروژن و قابلیت دسترسی بهتر فسفر برای گیاه روندی افزایشی در بهبود رشد گیاه ملاحظه شده و این باکتریها از طریق افزایش وزن خشک ریشه و فراهم کردن سطح جذب، سبب بهبود جذب عناصر معدنی، نظیر نیتروژن می‌شوند. افزایش در میزان جذب عناصر غذایی توسط گیاه می‌تواند منجر به افزایش تجمع ماده خشک در اندامهای رویشی گیاه شود. به این ترتیب در طول دوره زایشی، مواد معدنی تجمع یافته می‌توانند به اندامهای زایشی منتقل و در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه شوند (نظارت و غلامی ۱۳۸۸). Dalla Santa و همکاران (۲۰۰۴) اظهار داشتند تلقیح گندم، جو و یولاف با آزوسپیریلوم می‌تواند باعث افزایش ذخیره نیتروژن در کل گیاه شود. در کاربرد همزمان $N * Pse$ بر نیتروژن جذبی گیاه در سطح آماری ۱٪ تفاوت معنی



نمودار ۶: اثر کاربرد همزمان سودوموناس و سطوح مختلف نیتروژن بر کل نیتروژن جذبی گیاه

Fig6: Effect of Pseudomonas and different levels of nitrogen application on Total uptake nitrogen

توانسته غلظت نیتروژن دانه را افزایش دهد. تیمار $N_{100\%}$ بیشترین غلظت نیتروژن دانه را (۳۶/۵٪) نسبت به تیمار شاهد دارا بود. بررسی‌های زیادی نشان داده‌اند مقدار نیتروژن دانه با افزایش نیتروژن مصرفی افزایش می‌یابد کود اوره تاثیر زیادی بر درصد نیتروژن دانه داشته و درصد نیتروژن دانه به مقدار

غلظت نیتروژن دانه

طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) در کاربرد سطوح مختلف نیتروژن بر غلظت نیتروژن دانه در سطح آماری ۱٪ تفاوت معنی دار مشاهده می‌شود به طوری که در مقایسات میانگین تیمارها (جدول ۲) مشاهده می‌شود کاربرد نیتروژن

بررسی اثر تلقیح باکتری تثبیت کننده نیتروژن و حل کننده فسفات بر عملکرد و شاخص های جذب نیتروژن در گیاه جو ...

امکان برقراری رابطه سینرژیست و تشدید کننده بر رشد و نمو و اثر آنتاگونیستی برای عوامل کاهنده رشد و نمو را فراهم نماید که نتیجه آن، افزایش اثرات مفید باکتری ها در افزایش رشد و نمو گیاه و در نهایت، تولید بیشتر محصول در گیاه، حاصل گردد.

نیتروژن مصرفی بستگی دارد. با تاثیری که کود نیتروژن در رشد و توسعه ریشه گیاهان دارد، ریشه توانایی جذب عناصر غذایی بیشتری را از سطح بیشتری از خاک پیدا می کند که نتیجه آن افزایش جذب نیتروژن در اندامهای هوایی و به طبع آن موجب افزایش غلظت نیتروژن دانه می باشد. اردکانی و همکاران (۱۳۷۹) نیز افزایش ۱۷ درصدی غلظت نیتروژن دانه گندم را در اثر تلقیح با آزوسپیریلوم گزارش کردند. تلقیح هر یک از باکتری ها بر غلظت نیتروژن دانه اثر معنی دار در سطح آماری ۱ % نشان داده است به طوری که در مقایسات میانگین تیمارها (نمودار ۲) مشاهده می شود. تلقیح Azo و Pse به ترتیب باعث افزایش ۱۱/۱۴،۷/۸ درصدی غلظت نیتروژن دانه شده اند. به نظر می رسد تلقیح با آزوسپیریلوم و سودوموناس از طریق مکانیسم های هورمونی بر پارامترهای سیستم ریشه موثر واقع شده و باعث رشد و افزایش عمق ریشه های مستقر، جذب بیشتر عناصر غذایی از جمله نیتروژن به کار برده شده می باشد و سودوموناس ها با انحلال فسفات نامحلول و افزایش مقدار فسفر قابل دسترس برای باکتری های تثبیت کننده نیتروژن باعث افزایش جذب نیتروژن شده اند (رائی پور و اصغر زاده ۱۳۸۶). احتمالاً قدرت تثبیت زیستی نیتروژن به وسیله این باکتری، جریان رشد، میزان عملکرد و سرانجام میزان غلظت نیتروژن دانه را افزایش می دهد

نتیجه گیری

نتایج نشان دادند به جای استفاده بی رویه از کود شیمیایی می توان با استفاده بهینه از کودهای بیولوژیک و کاهش مصرف ۲۵ % کودهای شیمیایی نیتروژنی مانند اوره، عملکرد دانه را ۳۰/۳ % افزایش داد و سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی گیاه جو تاثیر معنی دار داشته است و تلقیح باکتری آزوسپیریلوم و سودوموناس به تنهایی و یا مصرف توأم آنها با کود شیمیایی اوره بر اکثر صفات کمی و کیفی در این آزمایش اثر مثبت نشان داده است. براساس نتایج به نظر می رسد ترکیب باکتری های محرک رشد می توانند

References

منابع

- اردکانی، م.ر، د. مظاهری، ف. مجد، و ق. نورمحمدی. ۱۳۷۹. نقش همیاری باکتری آزوسپیریولوم در جذب عناصر غذایی میکرو و ماکرو گندم. ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۱۳ - ۱۶ شهریور، بابلسر، دانشگاه مازندران
- اسدپور، ش و الف، فیاض مقدم. ۱۳۸۶. تاثیر تاریخ کاشت و سطوح مختلف نیتروژن روی کمیت و برخی خصوصیات مرتبط با کیفیت علوفه ای ذرت سیلویی رقم سینگل کراس ۷۰۴. مجله دانش کشاورزی، جلد ۱۷، شماره ۱، صفحات ۳۹-۴۹.
- اکبری، پ، ا، قلاوند و س.ع.م، مدرسی ثانوی. ۱۳۸۸. اثرات سیستم های مختلف تغذیه و باکتری های افزاینده رشد (PGPR) بر فنولوژی، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان. مجله الکترونیک، تولید گیاهان زراعی (www.ejcp.info). جلد دوم، شماره سوم. ص ۱۱۹-۱۳۴
- حمیدی، آ، ا. قلاوند، م. دهقان شعار. و م.ج. ملکوتی، ا. اصغر زاده و ر، چوگان. ۱۳۸۵. اثرات کاربرد باکتری های محرک رشد گیاه بر عملکرد ذرت علوفه ای. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. شماره ۷۰، ص ۱-۲۲
- درزی، م و الف، قلاوند و ف، رجالی. ۱۳۸۸. تاثیر مصرف کودهای بیولوژیک بر روی جذب عناصر N,P,K و عملکرد دانه در گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum Vulgare Mill*) فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران جلد ۲۵- شماره ۵ - صفحه ۱۹-۱
- رائی پور، ل، ن، علی اصغر زاده. ۱۳۸۶. اثرات متقابل باکتری های حل کننده فسفات و (*Bradyrhizobium japonicum*) بر شاخص های رشد، غده بندی و جذب برخی عناصر غذای در سویا. مجله علوم و فناوری کشاورزی و منابع طبیعی. سال ۱۱، شماره ۴۰، ص ۶۴-۵۳.
- رخزادی، الف. ۱۳۸۷. بررسی اثرات مایه های تلفیح آزوسپیریولوم، ازتوباکتر، پسودوموناس و مزوریزویوم بر رشد و عملکرد نخود رساله دکتری رشته زراعت - فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.
- نظارت، س:، ا، غلامی. ۱۳۸۸. نقش تلفیح مضاعف باکتری های آزوسپیریولوم و سودوموناس در بهبود جذب عناصر غذایی در ذرت نشریه بوم شناسی کشاورزی جلد ۱، شماره ۱ ص ۲۵
- Abdul-Jaleel, C., P. Manivannan, B. Sankar, A. Kishorekumar, R.Gopi, R. Somasundaram and R. Panneerselvam. 2007. *Pseudomonas fluorescens* enhances biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 60: 7-11.
- Ajit, N. S., Verma, R. and Shanmugan, V. 2006. Extracellular chitinase of fluorescent pseudomonads antifungal to *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianti* causing carnation wilt. *Curr. Microbial*. 52:310-316
- Dalla Santa, O.R., R. Fernandez Hernandez, G. L. Michelena Alvarez. 2004. *Azospirillum* SP. Inoculation in Wheat, Barley and Oats seeds greenhouse experiments. *Brazilian Archives Of Biology and Technology*, 47 (6): 843- 850.
- Egamberdiyeva, D., G. Hofflich. 2003. Influence of growth-promoting bacteria on the growth of wheat in different soils and temperatures. *Soil Biol. Biochem*. 35: 973-978.
- Egamberdiyeva, D. 2007. The effect of plant growth promoting bacteria on growth and nutrient uptake of maize in two different soils. *Appl. Soil. Eco*. vol.36, pp.184- 189.
- Elmerich, C. and Newton., WE. 2007. *Associative and endophytic nitrogen-fixing bacteria and cyanobacterial associations*. Springer, Dordrecht, p 321

- Glick, B.R., Penrose, D., Wendo, M., 2002.** Bacterial promotion of plant growth. *Biotech. adv.* 19:135-138.
- Herzog, H. and K. P. Gotz. 2004.** Influence of water deficit on uptake and distribution of nitrogen in soybean-monitored by soil injected ^{15}N . *J. Agron and Crop Sci.* 190: 161-167
- Jagnow, G., G. Hoeflich and K. H. Hoffman.1991.** Inoculation of non- symbiotic rhizosphere bacteria: Possibilities of increasing and stabilizing yields. *Angew. Botanik.* 65: 97-126.
- Johnson, J. W. and R. E. Wilrinson. 1992.** Wheat growth response of cultivars to H^+ concentration. *Plant and Soil.* 146: 55-59.
- Kim, N. I., and G. M. Paulsen. 1986;** Response of yield attributes of isogenic tall, semi dwarf, and double dwarf winter wheats to nitrogen fertilizer and seeding rates. *Crop Science.* 156 (3): 197-205.
- Klopper, J.W., Lifshitz, R. and Zablottwicz, R. M. 1989.** Free-living bacterial inoculate for enhancing crop productivity. *Trends Biotechnol.* 7:39-40
- Loper, J. E. and M. N. Schroth. 1986.** Influence of bacterial sources of indole-2- acetic acid on root elongation of sugar beet. *Phytopathol.* 76: 386-389.
- Meyer, J. M. 2000.** Pyoverdins: pigments, siderophores and potential taxonomic markers of fluorescent *Pseudomonas* species. *Arch.Microbiol.* 174: 135-142
- O'Connell, P. F. 1992.** Sustainable agriculture – a valid alternative. *Outlook on Agriculture* 21 (1): 5–12.
- Okon, Y. and Kapulnik, Y. 1986.** Development and function of *Azospirillum* inoculated roots. *Plant Soil* 90:3–16
- Öztürk, A., Cağlar, O. and. Sahin, F. 2003.** Yield response of wheat and barley to inoculation of plant growth promoting rhizobacteria at various levels of nitrogen fertilization. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 166: 1–5
- Patidar. M. 2001;** Integrated nutrient management in sorghum (*Sorghum bicolor*) and its residue effect on wheat (*Triticum aestivum*) *Indian Journal of agricultural Sciences.* 71 (9): 587 – 590.
- Pal, S.S., 1999.** Interaction of an acid tolerant strain of phosphate solubilizing bacteria with a few acid tolerant crops. *Plant Soil*, 213: 221–30
- Patten, C. L. and Glick, B.R. 2002.** Role of *Pseudomonas putida* indol acetic-3-acid in development of the host plant root system. *Appl. Environ. Microbiol.* 68:3795-3801
- 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. *Pak. J. Biol. Sci.* 7:187-196
- Redy. N. R. N. ; Ahlawat. I. P. S. 1998;** Response of (*Cicer arietinum*) genotypes to irrigation and fertilizers under Late – sown conditions. *Indian Journal of Agronomy.* 43 (1) 95:101.
- Ryder, M. H., Nong, Y. Z., Terrace, T. E., Rovira, A. D., Hua, T. W., and Correll, R. L. 1999:** Use of strains of *Bacillus* isolated in China to suppress take-all and *Rhizoctonia* root rot, and promote seedling growth of glasshouse-grown wheat in Australian soils. *Soil Biol. Biochem.* 31, 19-29

Schippers, B., Bakker, A.W., Bakker, P.A.H.M. and Vanpeer, R. 1990. Beneficial and deleterious effects of HCN production Pseudomonades on rhizosphere interaction. *Plant Soil* 129:75-83

Sweszynska, D and A. Sawicka. 2000. effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* on development and yielding of maize (*Zea mays* L.) under Different Cultivation Conditions. *Polish Journal of Environmental Studies*. 9 (6): 505- 509

Tilak, K. V. B. R., Singh, C. S., Roy, V. K., and Rao, N. S.S. 1982. *Azospirillum brasilense* and *Azotobacter chroococcum* inoculum: effect on yield of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor*). *Soil Biology and Biochemistry* 14:417- 418

Tiwari, V.N., L.K. Lehri and A.N. Pathak, 1989. Effect of inoculating crops with phospho-microbes. *Exp. Agric.*, 25: 47–50