در
زراعت و باغبانی شماره ۷۴، بهار ۱۳۸۶
پژوهش سازندگی

ارزیابی گلخانه‌ای اثرات کاربرد سویه‌های ریزوبیومی برتر مولد IAA و تاثیر تیمارهای نقره و تریپتوفان بر شاخص‌های رشد گیاه گندم

• **حسن اعتصامی**
دانشجوی کارشناسی ارشد سابق خاک‌شناسی دانشکده مهندسی آب و خاک دانشگاه تهران
• **حسینعلی علیخانی**
عضو هیات علمی دانشکده مهندسی آب و خاک دانشگاه تهران
• **ناهید صالح راستین**
عضو هیات علمی دانشکده مهندسی آب و خاک دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: دی ماه ۱۳۸۴ تاریخ پذیرش: شهریور ماه ۱۳۸۵
email: salic_etesam@yahoo.com

چکیده

بر اساس نتایج بدست آمده از آزمون تعیین توان تولید کمی وکیفی IAA و آزمون درون شیشه‌ای ارزیابی اثرات کاربرد سویه‌های ریزوبیومی برتر مولد IAA بر روی شاخص‌های رشد گیاه گندم در این تحقیق تعداد ۵ جدایه باکتری ریزوبیومی انتخاب شد و پتانسیل آن‌ها در شرایط گلخانه ای بررسی گردید. نتایج آزمون گلخانه ای بر روی گیاه گندم نشان داد که هم تیمار باکتری و هم تیمارنقره و تریپتوفان بر روی پارامترهای اندازه گیری شده اثر معنی‌دار ($p<0/01$) داشته است. مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که بین اثر تیمارهای ریزوبیومی بر روی پارامترهای اندازه گیری شده نیز اختلاف معنی‌داری وجود دارد. همچنین مقایسه میانگین تیمار نقره و تریپتوفان برپارامتر اندازه گیری شده نشان داد که کاربرد توام نقره و تریپتوفان نسبت به کاربرد نقره و تریپتوفان به تنهایی و شاهد سبب افزایش معنی داری در پارامترهای اندازه گیری شده گردیده است. بنابراین مهمترین مکانیسم تحریک توسط سویه‌های ریزوبیومی، تولید فیتوهورمون ایندولی (IAA) می‌باشد که نتیجه آن رشد بهتر ریشه، بدنبال آن افزایش جذب آب و عناصر غذایی (N و K، P) توسط گیاه و افزایش رشد می‌باشد.

کلمات کلیدی: نقره، تریپتوفان، ایندول استیک اسید، ریزوبیوم و گندم

www.SID.ir

Pajouhesh & Sazandegi: No 74 pp: 16-23

Growth chamber assessment of superior IAA producing r hizobial strains and the effect of Ag and tryptophan treatments on wheat growth indecies

By: H. Etesami, H.A. Alikhani and N. Saleh Rastin. Agriculture College of Tehran University.

On the basis of the results gained from the test of the evalution of quantitative and qualitative producing potential of IAA and the *invitro* test of assessing of superior IAA producing rhizobial strain use on wheat growth yield, in this research 5 bacterial isolates were selected and their potential was studied in greenhouse conditions. Greenhouse test results on wheat showed that bacterial treatment and also the Ag and Trp treatments had significant effect on measured parameters. The comparison of the means showed that between the rhizobial treatment effects there is a significant difference on the measured parameters. Also the mean comparison of Ag and TrpTreatments showed that usage of both Ag and Trp.treatments together caused a significant increase on measured parameters in comparison with using Ag and Trp alone and also in comparison with the control. So, the most important assimulation mechanism by rhizobial strains, is production of Indole phytohormones (IAA) which results the better root growth, so increase of water and macronutrient (N, P and K) uptake by the plant and increase of the plant growth.

Keywords: IAA, Trp, Ag, PGPR, Rhizobia and wheat

مقدمه

استفاده از میکروارگانیسم‌های خاکزی به منظور افزایش محصول، بالا بردن کیفیت تولیدات کشاورزی و کنترل بیماری‌های گیاهی در اوایل قرن بیستم مطرح گردید و روز به روز افق‌های جدید و نوید بخشی بر روی بشر گشود (۳). ظهور اثرات سریع استفاده از کودهای شیمیایی در رشد گیاه سبب حرکت بطئی علم میکروبیولوژی خاک در سالهای اولیه گردید. به‌تدریج که اثرات سوء زیست محیطی و تخریبی ناشی از استفاده بی رویه این کودها مشخص شد، اهتمام بیشتری در استفاده از این علم بعمل آمد. میکروارگانیسم‌ها از طریق تامین مواد غذایی (به عنوان مثال تثبیت بیولوژی نیتروژن، BNF)،قابل دسترس ساختن بیشتر آن‌ها (به عنوان مثال افزایش حلالیت فسفر) و یا افزایش دسترسی گیاه به آن‌ها (به عنوان مثال افزایش مساحت سیستم ریشه‌ای و افزایش جذب عناصر غذایی خصوصاً عناصر ریز مغذی چون Fe، Zn، Cu و Mn) باعث افزایش رشد گیاه می‌شوند. گیاهان زراعی نقش عمده‌ای در تأمین غذا و انرژی بشر دارند. در بین گیاهان زراعی، گندم به لحاظ سطح زیر کشت (۲۰۰ میلیون هکتار) و عملکرد محصول (متوسط ۸۰۰ kg/ha) با داشتن رتبه اول در بین گیاهان زراعی یکی از منابع اصلی تأمین انرژی برای بسیاری از مردم بحساب می‌آید. در ایران نیز گندم به لحاظ استراتژیک مهمترین محصول زراعی کشور محسوب می‌گردد. افزایش این محصول در گرو بکارگیری بهینه نهاده‌های کشاورزی از جمله کود می‌باشد. کودهای شیمیایی در ایران نیز از مهمترین نهاده‌های کشاورزی بحساب می‌آیند. استفاده از کودهای شیمیایی علیرغم هزینه زیاد، بازدهی کم و خطر آلودگی‌های زیست محیطی مانند آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی را در پی دارند. به علاوه فشردگی خاک‌ها، کاهش دیگر خصوصیات فیزیکی مثبت در خاک‌ها، کاهش کیفیت محصولات کشاورزی و بطورکلی کاهش باروری خاک‌ها از نتایج نامطلوب مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی می‌باشند (۱). از آنجا که مدیریت کود از عوامل اصلی در نیل به کشاورزی پایدار محسوب می‌گردد، لذا جایگزینی تدریجی کودهای شیمیایی خصوصاً کودهای نیتروژنی و فسفاتی با کودهای بیولوژیک به دلیل مزایای نسبی کودهای بیولوژیک و به علاوه ارزانی آن امری کاملاً اجتناب ناپذیر است. با اینکه بیش از یک قرن است که از شناخت نقش مفید ریزوبیوم‌ها در تثبیت نیتروژن مولکولی می‌گذرد ولی متأسفانه از توانایی‌های این گروه از باکتری‌های خاکزی، به جز در محدوده گیاهان لگوم استفاده عملی زیادی نشده است. بررسی اثرات مفید بین باکتری‌های ریزوبیا وگیاهان غیر لگوم بطوروسیعی در حال توسعه است. اکثر مطالعات نشان می‌دهد که این باکتریها می‌توانند اثرات مثبت و اقتصادی برروی محصولات غیرلگوم مانند ذرت، گندم و برنج داشته باشند. در سالهای اخیر به دلیل توانایی‌های ذاتی با ارزش که در بسیاری از این باکتری‌ها شناسایی شده است، این گروه(ریزوبیا) در زمره ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) قرار داده شده اند و امکان کاربرد گسترده آن‌ها برای انواع گیاهان زراعی مورد توجه و تأکید قرار گرفته است. از جمله فعالیت‌های مفید این باکتری‌ها که می‌توانند در تشدید رشد گیاهان مختلف مؤثر واقع شوند، می‌توان به تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه بویژه اکسین‌ها (IAA و ترکیبات مشابه آن) توسط سویه‌های مختلف ریزوبیومی اشاره داشت. باکتریهای ریزوبیومی این عمل را از طریق تولید و ترشح تنظیم کننده‌های رشد (Plant Groth Regulators)(PGRs) مثل اکسین، جیبرلین و سیتوکینین و یا از طریق فراهم نمودن عناصر غذایی موردنیاز گیاه از جمله فسفر و یا نیتروژن انجام می‌دهند (۱۱، ۱۵). از مهمترین این مواد، ترکیباتی با ساختمانی هورمونی هستند که از جمله می‌توان به گروه اکسین‌ها اشاره کرد.

اکسین‌ها در اوایل قرن بیستم به عنوان مواد تنظیم‌گر رشد گیاه شناخته شده اند. ایندول-۳-استیک اسید (IAA) یک اکسین طبیعی دارای اثرات فیزیولوژی گسترده ای می‌باشد(۱۸،۲۴). تخمین زده شده است که ۸۰ درصد از باکتری ریزوسفری توان تولید IAA را دارند و یکی از مهمترین راه‌هایی که این باکتری‌ها بر رشد و نمو گیاه اثر می‌گذارند از طریق سنتزفیتوهورمون ایندولی (IAA) می‌باشد. این هورمون باعث توسعه سیستم ریشه ای گیاه و بدنبال آن

Archive of SID

www.SID.ir

افزایش جذب عناصر غذایی توسط آن می‌گردد. این باکتری‌ها غالباً جهت تولید اکسین از اسید آمینه تریپتوفان به عنوان پیش نیاز استفاده می‌کنند (۴، ۲۴). ریزموجودات خاک قادرند پس از اضافه کردن L-TRP به خاک تولید IAA کنند که IAA می‌تواند باعث افزایش رشد و نمو گیاه گردد. تولید اکسین با اضافه کردن L-TRP به محیط کشت باکتری افزایش میابد (۱۹). که این اکسین تولید شده اثر چشمگیری بر رشد گیاه دارد (۲۰). Zahir و همکاران نشان دادند که افزودن L-TRP به عنوان پیش نیاز تولید اکسین بطور چشمگیری باعث افزایش تولید اکسین در سویه‌ها گردید ه است (۲۶). لازم به ذکر است که L-TRP وقتی بر رشد گیاه اثر دارد که در غلظت کم اعمال گردد (۷). زیادی اکسین می‌تواند اثر بازدارندگی بر شاخص‌های رشد مخصوصاً ریشه داشته باشد و موجب کاهش عملکرد شود (۲۳). تولید اکسین با تغییر شرایط محیطی تغییر پیدا میکند(۱۸). نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که اضافه کردن مقدار زیاد L-TRP باعث بهبود عملکرد نمی‌گردد. به عنوان مثال اضافه کردن مقدار زیاد L-TRP باعث کاهش چشمگیر ۱۲ درصد عملکرد نسبت به شاهد شده است (۱۴). این ماده می‌تواند در نتیجه فعالیت باکتری‌های مفید خاکزی به IAA تبدیل شود. IAA سنتز شده توسط باکتری‌ها علاوه بر رشد ریشه در برخی از موارد از طریق تحریک آنزیم ACC سنتتاز و افزایش سنتز ماده ACC که پیش نیاز اتیلن است می‌تواند نتیجه عکس را به دنبال داشته باشد. اتیلن مازاد تولید شده که اصطلاحاً اتیلن تنشی نامیده می‌شود باعث کاهش دوره رویشی و نهایتاً عملکرد می‌گردد (۱۲). یکی از راه‌های پایین آوردن سطح اتیلن در گیاه جلوگیری از تولیدآن توسط بازدارنده‌های تولید اتیلن می‌باشد. Belimov و همکاران گزارش نمودند یون‌های نقره (Ag) می‌توانند از طریق ممانعت از بیوسنتز اتیلن تنشی موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه گردند(۵). Anderi و همکاران نیزگزارش کردند که یون‌های نقره از طریق ممانعت از بیوسنتز اتیلن تنشی باعث افزایش طول ساقه تا ۲۵ درصد نسبت به شاهد شده‌اند(۲، ۲۱). لذا این فرضیه تقویت می‌شود که باکتریهای ریزوبیومی مولد فیتوهورمون‌های ایندولی (IAA) از طریق رشد طولی ریشه‌ها و نهایتا" افزایش سیستم ریشه ای گیاه گندم بتوانند سطح تماس ریشه گیاه با خاک و در نهایت سطح جذب عناصر غذایی را به گونه ای افزایش دهند که از آن‌ها به عنوان جایگزین کودهای شیمیایی (در خاک‌های نسبتاً حاصلخیز) ویا حداقل مکمل کودهای شیمیایی (در خاک‌های نسبتاً فقیر) استفاده نمود. هدف از این تحقیق ارزیابی اثرات کاربرد سویه‌های ریزوبیومی برتر مولد IAA بر شاخص‌های رشد گیاه گندم همچنین بررسی اثر عوامل بازدارنده شیمیایی (Ag) در بیوسنتز اتیلن تنشی و نهایتاً تأثیر این عوامل بر روی شاخص‌های رشد و عملکرد گیاه گندم بوده که امری کاملاً ضروری به نظر می‌رسید.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی مایه تلقیح باکتری

بر اساس نتایج بدست آمده از آزمون تعیین توان تولید کمی وکیفی IAA و آزمون درون شیشه ای ارزیابی اثرات کاربرد سویه‌های ریزوبیومی برتر مولد IAA بر روی شاخص‌های رشد گیاه گندم در این تحقیق تعداد ۵ جدایه باکتری ریزوبیومی متعلق به جنس‌های Bradyrhizobium, Sinorhizobium , Mesorhizobium , Rhizobium با توان‌های مختلف تولیدIAA انتخاب و در این آزمون به عنوان تیمارهای ریزوبیومی PGPR مورد استفاده قرار گرفتند. جدول ۱ مشخصات باکتریهای مورد استفاده در این تحقیق را نشان می‌دهد.

برای انجام این آزمون ابتدا مایه تلقیح کشت تازهٔ هر جدایه باکتری به روش زیر تهیه گردید:

ارلن‌های شیشه‌ای ۱۰۰ میلی‌لیتری انتخاب و آماده شدند. درون هر ظرف ارلن مقدار ۲۰ ml محیط کشت[1] YMB ریخته شد و ارلن‌ها در دمای ۱۲۱ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ دقیقه درون اتوکلاو استریل شدند. پس از سرد شدن ارلن‌ها، محیط کشت مایع درون هر ظرف توسط یک لوپ از نمونه باکتری ریزوبیومی تلقیح گردید و کشت‌ها به مدت ۷۲ ساعت (برای باکتری‌های تند رشد) تا ۱۲۰ ساعت (برای انواع کند رشد) در دمای حدود ۲۸ درجه سانتیگراد بر روی بهم‌زن دورانی با سرعت چرخش ۱۲۰ دور در دقیقه هوادهی و خوابانده شدند. پس از رشد کافی باکتری درون محیط کشت YMB، ابتدا جمعیت تقریبی سوسپانسیون کشت تازه هر سویه با استفاده از روش مک فارلند در حد $2/4\times10^9$ cfu ml^{-1} تنظیم گردید. به این ترتیب امکان برداشت و کاربرد تعداد یکسان سلول ریزوبیومی زنده برای انجام این آزمون فراهم گردید.

آماده‌سازی و جوانه دار کردن بذرهای گندم

بذور سالم و یکنواخت گندم پیشتاز به مقدار کافی و بصورت دستی جدا گردیدند. جهت ضدعفونی سطحی بذرها به مدت ۳۰ ثانیه در اتانل ۹۵ درصد و سپس به مدت ۳ دقیقه در محلول کلرور جیوه (۰/۲ درصد) قرار داده شدند. جهت رفع اثرات سمی کلرید جیوه، بذرهای ضدعفونی شده حداقل ۸ بار با آب مقطر استریل شستشو و به منظور جوانه زنی در ظروف پتری حاوی (آب مقطر و محلول ۱۰ و ۱۰۰ میکرولیتر سولفات نقره (Ag_2SO_4) به فاصله کافی از هم، توزیع و درون انکوباتور با دمای ۲۸ درجه سانتیگراد قرار داده شدند. هنگامی که طول همه ریشه‌چه‌ها به ۰/۵ سانتیمتر رسید در شرایط استریل، گیاهک‌ها به درون گلدان‌های مورداستفاده انتقال داده شدند.

انتخاب خاک

به دلیل اینکه در این مرحله نیاز به خاکی با جمعیت بسیار کم باکتری و درصد کم NPK بود، از یک خاک فقیر از اراضی اطراف کرج که چندین سال به صورت آیش باقی مانده بود اقدام به نمونه‌برداری شد. نمونه‌های تهیه شده در کیسه‌های نایلونی ریخته و به آزمایشگاه منتقل گردید. نمونه خاک پس از هوا خشک شدن از الک ۴ میلی متری عبور داده شد و سپس بطور یکنواخت مخلوط گردید. از مخلوط یکنواخت شده مجدداً یک نمونه خاک انتخاب و از نظر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی معمول مورد آزمایش قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها از روش‌های متداول در آزمایشگاه خاکشناسی استفاده گردید. نتایج درجدول شماره ۲ نشان داده شده است.

آماده کردن گلدان‌ها

در این آزمون از گلدان‌های پلاستیکی به ارتفاع ۳۰ با قطر دهانه ۲۵ سانتی متر استفاده شده است. گلدان‌ها پس از شستشو با مایع ظرفشویی با محلول ۲٪ هیپوکلریت سدیم به مدت ۱۵ دقیقه ضدعفونی و سپس بخوبی آبکشی شدند. وزن هر گلدان خالی ۵۰ گرم بود. پس از گذاشتن زهکش در ته گلدان‌ها و ریختن ۲۰۰ گرم مخلوط شن ۲ میلی لیتر و پرلیت A به هر گلدان دقیقاً ۳ کیلوگرم خاک الک شده (با الک ۴ میلی‌لیتر) اضافه شد.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱- مشخصات باکتریهای انتخاب شده در گروههای مختلف از نظر تولید IAA

class III (توان تولید متوسط)			class II (توان تولید بالا)			class I(توان تولیدخیلی بالا)		
۱۰۰-۱۵۰ ppm(IAA)			۱۵۰-۲۰۰ ppm(IAA)			۲۰۰ ppm(IAA)		
غلظت (ppm)	cod bac		غلظت (ppm)	cod bac		غلظت (ppm)	cod bac	
۱۴۰/۶۹۵۱	۳۳۶Rlv	R۴	۱۸۹/۱۹۲۱	۲۸۴Rlp	R۲	۲۴۰/۴۷۰۳	۲۹۷Rlp	R۱
۱۳۸/۸۶۵۷	۴۹۴Rlv	R۵	۱۷۸/۹۳۱۶	۲۵۴Rlp	R۳			

کاشت گیاه گندم و مایه زنی آن

گندم بهاره رقم پیشتاز در این آزمون مورد استفاده قرار گرفت. از سویه‌های برتر انتخاب شده در محیط YMB مایه تلقیح تهیه گردید. بذرهای گندم با روشی که قبلاً شرح داده شد ضدعفونی سطحی و جوانه‌دار(با نقره و بدون نقره) شدند. در هر گلدان تعداد ۵ گیاهک در عمق ۲ سانتیمتر خاک با فواصل مساوی کاشته شد و هر گیاهک با یک میلی لیتر از مایه تلقیح (۷۲ تا ۱۲۰ساعته) که از نظر غلظت (تعداد باکتری در هر میلی لیتر) با استفاده از روش مک فارلند یکنواخت شده بودند تلقیح گردید(۱۳).بعد از بیرون آمدن گیاهک از خاک، تعداد نشاهای گندم در هر گلدان به ۳ عدد کاهش داده شد. سپس تریپتوفان به مقدار ۰/۱ گرم به ازای هرکیلوگرم خاک در آب مقطر حل و به هر گلدان اضافه شد. گلدان‌ها در اتاق رشد با شدت نور ۱۰۰۰۰ لوکس و دمای حداکثر ۲۸-۲۷ و دمای حداقل ۱۹-۱۸ درجه سانتیگراد با دوره ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی به مدت ۳ ماه نگهداری شدند. تمامی گلدان‌ها روزانه و بصورت وزنی با آب مقطر آبیاری شدند. مقدار نیتروژن بکار رفته در تمامی گلدان‌ها (از جمله گلدان‌های کنترل مثبت) معادل ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار بود که طی سه نوبت (زمان کاشت، پایان ماه‌های اول و دوم پس از کشت) بصورت محلول همراه آب آبیاری به خاک گلدان‌ها افزوده گردید. برای تأمین نیاز پتاسیم و فسفر گیاهان، معادل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و سوپرفسفات مصرف شد. این مقدار کود پتاسیمی و فسفر طی دو نوبت (زمان کاشت و پایان ماه اول) به همراه آب آبیاری به خاک گلدان‌ها اضافه گردید. همچنین در یک نوبت ml۲۰۰ محلول غذایی هوگلند به خاک گلدان‌ها داده شد تا نیاز گیاهان گندم به عناصر کم مصرف تا حدودی مرتفع شود. پس از ۱۰۰ روز برداشت گیاهان آزمایش انجام شد. این آزمون با استفاده از آزمایش فاکتوریل بصورت بلوک‌های کاملاً تصادفی در چهار تکرار بر روی خاک غیراستریل با بافت لوم شنی و PH تقریباً خنثی و میزان پایین نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل جذب در درون گلخانه انجام گرفت.

تیمارهای آزمایش شامل:

۱ - پنج سطح سویه‌های ریزوبیومی (R۱، R۲، R۳، R۴ و R۵) + یک شاهد فاقد باکتری (Ro)

۲ - سه سطح نقره(Ag۱۰۰ µM، Ag۱۰ µM و Ag۰)

۳ - دو سطح ال-تریپتوفان (L۱= (۰/۱ g/kg) و L۰)

اثر تیمارهای مختلف بر شاخص‌های مهم گیاهی شامل طول ساقه، وزن ریشه، وزن ساقه، وزن سنبله، تعداد سنبله اندازه‌گیری و ثبت شد به علاوه اندام‌های هوایی گیاه مورد تجزیه‌های شیمیایی قرار گرفته و غلظت P، N و K در بخش هوایی گیاه بطور جداگانه اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

جدول شماره۳ تجزیه واریانس ارتفاع بوته، وزن ساقه، وزن ریشه، وزن سنبله، طول سنبله، تعداد سنبله و مقدار کل جذب N، P و K در گیاه را نشان می‌دهد طبق جدول مذکور اثر بلوک در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است. به علاوه اینکه اثر تیمارهای اصلی(سویه‌های ریزوبیومی، سطوح نقره و سطوح تریپتوفان) و اثرات متقابل تیمارها (ریزوبیوم × سطوح ال-تریپتوفان، وریزوبیوم× سطوح نقره و سطوح نقره ×سطوح ال-تریپتوفان) نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است. با توجه به این که اثرات متقابل تیمارها معنی‌دار شده است بنابراین برای خلاصه کردن نتایج ازاثرات اصلی تیمار صرفنظر

جدول ۲- برخی از خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک مورد استفاده در این تحقیق

خصوصیت	بافت	PH	(٪)N	Available P (mg/kg)	Available P (mg/kg)	CEC (cm mol+/kg)
مقدار	Sandy loam	۷/۱(۱:۱)	۰/۰۷	۹	۷۵	۵/۶

Archive of SID
www.SID.ir

می‌شـود.جدول شماره ۴ مقایسه میانگین ارتفاع بوته، وزن ساقه، وزن ریشه، وزن سـنبله، طول سنبله، تعداد سنبله و مقدار کل جذب N، P و K در گیاه در اثرات متقابل تیمارهای مختلف سویه‌های ریزوبیومی محرک رشد گیاه و سـطوح نقره به روش آزمون چند دامن‌های دانکن (در سـطح ۵ درصد) را نشـان می‌دهد. بر این اساس، کاربرد توام سویه‌های ریزوبیومی و نقره نسبت به کاربرد سویه‌های ریزوبیومی بدون نقره و یا شاهد (Ag۰R۰) سبب افزایش در ارتفاع بوته، وزن ساقه، وزن ریشه، وزن سنبله، طول سنبله، تعداد سنبله و مقدار کل جذب N، P و K در گیاه گردیده است که در برخی موارد معنی‌دار ودر برخی موارد دیگر معنی‌دار نبوده اسـت.این پدیده نشان می‌دهد که نقره توانسته است اثرات اتیلن تنشی را کاهش دهد.

جدول شـماره ۵ مقایسـه میانگین ارتفاع بوته، وزن ساقه، وزن ریشه، وزن سـنبله، طول سـنبله، تعداد سـنبله و مقدار کل جذب N، P و K در گیاه در اثرات متقابل تیمارهای مختلف سـویه‌های ریزوبیومی محرک رشد گیاه و سـطوح تریپتوفان به روش آزمون چند دامن‌های دانکن (در سـطح ۵ درصد) را نشان می‌دهد. بر این اساس، کاربرد توام سویه‌های ریزوبیومی و تریپتوفان نسبت به کاربرد سویه‌های ریزوبیومی بدون تریپتوفان و یا شاهد (L۰R۰) سـبب افزایش معنی‌داری در ارتفاع بوته، وزن سـاقه، وزن ریشه، وزن سنبله، طول سنبله، تعداد سنبله و مقدار کل جذب N، P و K در گیاه گردیده اسـت. این نتایج نشـان می‌دهد که تریپتوفان توانسته است باعث تولید اکسین ودر نتیجه افزایش رشد بیشتر شاخص‌های رشد گیاه گردد.

جدول شـماره ۶ مقایسه ارتفاع بوته، وزن ساقه، وزن ریشه، وزن سنبله، طول سـنبله، تعداد سـنبله و مقدار کل جذب N، P و K در گیـاه در اثرات متقابل سـطوح نقره و تریپتوفان به روش آزمـون چند دامن‌های دانکن (در سـطح ۵ درصد) را نشان می‌دهد. بر این اساس، کاربرد توام نقره و تریپتوفان نسبت به کاربرد تریپتوفان و نقره به تنهایی و شاهد (Ag۰L۰) سبب افزایش معنی‌داری در شـاخص‌های رشد گیاه گردیده است. همچنین حداکثر ارتفاع بوته، وزن ساقه، وزن ریشه، وزن سنبله، طول سنبله، تعداد سنبله و مقدار کل جـذب N، P و K در گیاه در تیمار سـویه‌های ریزوبیومی با توان تولیدخیلی بـالا (۲۰۰ ppm<)، تولید بالا (۲۰۰-۱۵۰ ppm)، و به دنبال آن توان تولید متوسـط (۱۵۰-۱۰۰ ppm) مشاهده گردید. بطوری که مشـاهده می‌شود اختلاف معنیداری بین تیمارهای مختلف دیده می‌شود.

نتایج حاصل از این آزمون نشـان می‌دهد که تیمارهای مختلف سـویه‌های ریزوبیومی و سطحهای مختلف نقره و تریپتوفان موجب افزایش شاخص‌های رشد گیاه گندم شده اند همچنین نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر روی شاخص‌های مهم گیاه گندم و نتایج حاصل از مقایسه میانگین سطح‌های مختلف نقره و تریپتوفان نشان می‌دهد که نقره توانسته کنترل کننده اثرات سوءاتیلن تنشی باشد (جدول ۴). تیمارهای ریزوبیومی با توان تولید بالا و خیلی بالا بیشترین اثر بر شاخص‌های رشد را داشته اند و بدنبال آن تیمارهای با توان متوسط اثرات تحریک کننده‌ای متوسط تا بالایی بر شاخص‌های رشد داشته اند بطوری که مشاهده می‌شود (جدول شماره ۴) ۱۰۰µM نقره توانسته است اثرات اتیلنی تنشی تولید شده را در این آزمون کاهش دهد همانطور که گفته شد مقدار زیاد اکسین موجب سنتز ACC سنتاز می‌شود که از طریق افزایش سنتز ACC تولید اتیلن افزایش پیدا میکند(۲۳،۱۲). بعضی از نتایج حاصل از آزمون درون شیشه‌ای نشان می‌داد که مقدار ۱۰ µM نقره نتوانسته است اثرات اتیلن تنشی را کاهش دهد ولی در این آزمون توانسته است اثرات اتیلن تنشی را تا حدودی کاهش دهد. باید گفته شود که تولید اتیلن در شرایط محیطی مختلف متفاوت است. تولید اتیلن در شرایطی مانند تاریکی، دمای نسبتاً بالا ۲۸ درجه سانتیگراد و فضای محدودتر و حالت غرقابی افزایش پیدا می‌کند. این شرایط تقریباً در آزمون درون شیشه‌ای وجود داشته است(۵). بنابراین احتمال می‌رود که در آزمون درون شیشه‌ای اتیلن بیشتری با این شرایط تولید شده باشد و ۱۰ µM نقره نتوانسته باشد اثرات اتیلن را کاهش دهد. گزارشـاتی وجود دارد که نشان می‌دهد توانایی بیوسنتز اکسین نیز به سطوح حاصل‌خیزی عناصر غذائی و مقدار مواد آلی خاک بستگی دارد(۲۵). نتایج بدست آمده از این آزمون نشان می‌دهد که تیمارهای مختلف سویه‌های ریزوبیومی با سطحهای نقره و L-TRP باعث افزایش طول ساقه (۱۰٪)،وزن ساقه (۳۴٪)، وزن ریشه (۳۷٪)، طول سنبله (۲۰٪)، وزن سنبله (۳۹٪)، مقـدار جذب N (۵۰٪)، مقدار جـذب P (۵۱٪) و مقدار جذب K (۵۲٪) گردیده‌اند. همچنین نقره هم توانسته است شاخص‌های رشد را تا ۴-۱۹٪ افزایش دهد. دوبل و همکاران (۲۰۰۰) اثر تلقیح *Azospirillum brasilense* را بر روی رشد گندم بهاره ارزیابی کردند آن‌ها مشاهده کردند که گیاهان تلقیح شده، جوانه زنی بهتر، گلدهی زودهنگام، افزایش وزن خشک سیستم ریشه‌ای و قسمت‌های هوایی نسبت به شاهد داشت(۹،۱۰). بطور مشابه افزایش ارتفاع گیاه، وزن خشک گیاه و عملکرد دانه‌های گیاهان مختلف در پاسخ به تلقیح PGPR توسط Chen و همکاران (۱۹۹۴)، خالد و همکاران (۱۹۹۷)، بیس و همکاران گزارش شده است (۶). نتایج دیگر نشان می‌دهد که دانه‌های تلقیح شده شلغم روغنی با سویه‌های مختلف ریزوباکتری‌ها بطور چشـمگیری طول گیاه (تا ۵۶/۵ درصد)، قطر ساقه (تا ۱۱ درصد)، تعداد شاخه (تا ۳۵/۷ درصـد) تعداد غلاف (تا ۲۶/۷ درصد)، وزن هـزار دانه تا ۲۳/۹ درصد، عملکرد گیاه ۴۵/۵ درصد، مقدار روغن (تا ۵۰/۶ درصد) را نسبت به گیاه شاهد افزایش دادند. افزایش چشمگیری در شاخص‌های رشد محصولات دیگری مثل گندم، ذرت، سیب زمینی در نتیجه تلقیح با PGPR گزارش شـده است(۱۶). Tien و همکاران نشان دادند که فیتوهورمون ایندولی IAA تولید شده توسط Azospirillum باعث افزایش چشمگیر سیستم ریشـه‌ای گیاه ارزن گردیده است. گزارش شده است که تلقیح جوانه‌های گندم با *Azospirillum brasilense* موجب افزایش تعداد ریشه‌های جانبی شده است(۲۵). همچنین گزارشاتی وجود دارد که نشان می‌دهد تلقیح جوانه‌های کلزا با *Pseudomonas putida* با توان تولید سـطح پایین باعث ۲-۳ برابر افزایش در طول ریشه‌های ۲-۱۲ جوانه شده است. نتایج مختلف دیگری نشان می‌دهد که Ag توانسته است بیومس ریشه و سـاقه شلغم روغنی را تا ۲۵ درصد افزایش دهد(۲، ۲۱).

نتایج کلی

مهمترین مکانیسـم تحریک رشـد گیاه توسط سـویه‌های ریزوبیومی، تولید فیتوهورمون ایندولی (IAA) می‌باشد که نتیجه آن رشد بهتر ریشه، و در پی آن افزایش جذب آب و عناصر غذایی (N و K، P) و در نتیجه، افزایش رشد گیاه می‌باشد (۱۵، ۲۲).

تولید اکسین توسـط انواع PGPR مانند سویه‌های ریزوبیومی می‌تواند اثرات تحریک کنندگی و یا بازدارندگی بر رشد گیاه داشته باشد که بستگی به غلظت IAA تولیدی دارد(۱۵،۱۷).

نقره و بازدارنده‌های شـیمیایی مشـابه اگر به مقدار مناسـب استفاده شوند می‌توانند تا حدی از تولید اتیلن تنشی جلوگیری کنند (۵، ۲۱).

و در آخـر اینکه باکتری‌های ریزوبیومی بومی برخی از خاک‌های ایران که دارای ویژگیهای محرک رشد گیاه هستند می‌توانند بر روی شاخص‌های رشد گیاه غیرلگوم گندم اثرات مثبت و مفید داشته باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف نقره و سویه‌های ریزوبیومی با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن (۵٪)

نقره × سویه های ریزوبیومی		وزن ساقه(gr)	وزن ریشه(gr)	طول ساقه(cm)	وزن سنبله(gr)	طول سنبله(cm)	تعداد سنبله	مقدار کل N در گیاه ٪	مقدار کل P در گیاه ٪	مقدار کل K در گیاه ٪
Ag۱۰۰	R۱	۱/۶۶A	۱/۰۸ A	۶۱/۱۵ A	/۵۶A	۷/۱۱A	۳A	۱/۰۷A	/۳۲۷ A	۵/۶۰ A
	R۲	۱/۹۵A	۱/۰۷ A	۶۳/۵۱A	/۵۵AB	۷/۲۳A	۳A	۱/۰۲A	/۳۲۵ A	۵/۵۱A
	R۳	۱/۹۵A	۱/۰۷ A	۶۳/۵۳ A	/۵۵AB	۷/۱۲A	۳A	۱/۰۰۱A	/۳۲۳A	۵/۵۲A
	R۴	۱/۱۸AB	/۹۱B	۶۲/۳۱A	/۵۱BC	۶/۹B	۲B	۳/۱۱۹B	/۲۷۵B	۱/۷۷B
	R۵	۱/۱۷AB	/۹۱B	۶۱/۲۵ B	/۵BCD	۷/۸B	۲B	۳/۳۷۱B	/۲۷۲BC	۱/۷۲B
	R۰	۱/۰۸DE	/۶۷C	۵۸F	/۳۱HIJ	۵/۹GHI	۱C	۲/۰۸ FG	/۱۵H	۳/۰۷E
Ag۱۰۰	R۱	۱/۱۷AB	/۹۱B	۶۱/۲۱B	/۱۹CD	۷/۸B	۲ B	۳/۳۱B	/۲۷۱BC	۱/۷۲B
	R۲	۱/۱BC	/۹۰B	۶۱/۱۹B	/۱۵ DE	۶/۱C	۲ B	۳/۱۲B	/۲۴۱ CD	۱/۱۵B
	R۳	۱/۱BC	/۹۰B	۶۰/۶۲B	/۱۵DEF	۶/۱ CD	۲ B	۳/۱۲B	/۲۲۷DE	۱/۲۹B
	R۴	۱/۲BCD	/۸۸B	۶۰/۶۱B	/۱۲EFG	۶/۲DE	۲ B	۲/۷۲C	/۹۱۲EF	۳/۸۶C
	R۵	۱/۲۹BCD	/۸۷B	۶۰/۳۹B	/۱۲EFG	۶/۲E	۲ B	۲/۷۱C	/۹۱۱EF	۳/۸۶C
	R۰	۱/۰۷DE	/۶۶C	۵۷/۸۶F	/۳۱J	۵/۹HI	۲ B	۲/۰۳G	۱/۷۱HI	۳/۰۷E
Ag۰	R۱	۱/۱۹CDE	/۸۷B	۶۰/۱۶C	/۱FGH	۶/۲EF	۲ B	۲/۵۱CD	/۱۸۵ FG	۳/۸۸CD
	R۲	۱/۱۸CDE	/۷۱C	۵۹/۹C	/۳۹GHI	۶/۲EF	۲B	۲/۸CD	/۱۸۲ FG	۳/۵۱CD
	R۳	۱/۱۸CDE	/۷۲C	۵۹/۸۹C	/۳۹GHI	۶/۱EFG	۲B	۲/۱۵CDE	/۱۸۱FG	۳/۵۱CD
	R۴	۱/۱۵ DE	/۷۲C	۵۸/۹۲E	/۳۸GHI	۶/۱EFGH	۲ B	۲/۲۱DEF	/۱۷۲GH	۳/۳۶DE
	R۵	۱/۱۱DE	C/۹۷	۵۸/۸۸E	/۳۰HIJ	۵/۹FGHI	۲ B	۲/۱۱EFG	/۱۱GH	۳/۰۷E
	R۰	/۹۸E	/۵۶D	۵۷/۳۱F	/۳J	۵/۷I	۱C	۱/۶۷H	/۱۱۹I	۲/۵۰F

ای دانکن(۵٪)

جدول۳- تجزیه واریانس مربوط به اثرات کلی سویه های مختلف ریزوبیومی و سطوح مختلف نقره و تریپتوفان بر روی شاخص های مهم گیاهی گندم

(میانگین مربعات)

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن ساقه(gr)	وزن ریشه (gr)	طول ساقه (cm)	وزن سنبله (gr)	طول سنبله(cm)	تعداد سنبله	مقدار کل N در گیاه(%)	مقدار کل P در گیاه(%)	مقدار کل K در گیاه(%)
بلوک	۳	۳/۵۲۵**	۲/۸۰۳**	۶۸۹/۸۰۹**	/۵۰۲**	۲۶/۲۲۲**	۱۰/۰۰۷**	۵۱/۲۰۷**	/۳۵۵**	۸۷/۷۸۲**
سویه های ریزوبیومی	۵	۱/۱۳۳**	/۳۶۹**	۹۵/۷۸۲**	/۱۵۸**	۶/۵۸۱**	۲/۹۲۶**	۱۳/۲۶۵**	/۱۰۷**	۲۱/۸۹۹**
سطوح نقره	۲	/۱۱۶**	/۰۱۲**	۱۱/۹۳۵**	/۰۱۸**	۷/۱۲**	۱/۲۰۳**	۱/۲۰۳**	/۰۱۱e	۲/۳۱۵e
سطوح ال-تریپتوفان	۱	/۲۹۰**	/۳۶۹**	۶۹/۷۲۲**	/۰۹۷**	۳/۲۸۲**	۱/۵۶۳**	۶/۵۵۹**	/۰۵۶**	۱۰/۹۹۵e
ریزوبیوم × سطوح ال-تریپتوفان	۱۰	/۱۰۶**	/۰۷۵**	۱/۸۵۲**	/۰۱۵**	/۲۹۱**	/۰۷۹**	۱/۲۱۶e	/۰۰۹e	۲/۳۱۵**
ریزوبیوم× سطوح نقره	۵	/۰۲۸**	/۰۲**	/۷۵۷**	/۰۰۳**	/۱۰۹e	/۲۵۲**	/۳۰۵e	/۰۰۲e	/۵۸۹e
سطوح نقره× سطوح ال-تریپتوفان	۲	/۱۱۳**	/۰۵۲**	/۲۷۱**	/۰۱۵**	/۴۷۰**	۱/۲۷۱**	۱/۳۲۲**	/۰۱**	۲/۵۲۷**
ریزوبیوم× سطوح نقره× سطوح ال-تریپتوفان	۱۰	/۰۳۰ns	/۰۳ns	/۲۹۸ns	/۰۰۳ns	/۱۸۵ns	/۴۶۲ns	/۳۷۳ns	/۰۰۳ns	/۶۱۳ns
اشتباه آزمایش	۱۰۵	/۰۴۲	/۰۵	۱۱/۳۰۷	/۰۱۲	/۳۷۳	/۳۵	/۵۴۱	/۰۰۲	/۸۷۱
ضریب تغییرات(٪)		۱۱/۴۷	۱۱/۳۲	۵/۵۶	۱۲/۵۹	۹/۴۳	۱۶/۱۵	۸/۵۹	۹/۷۹	۶/۴۵

** معنی داری در سطح ۱ درصد، ns معنی دار نیست

www.SID.ir

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف تریپتوفان و نقره با استفاده از آزمون با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن (٪۵)

سطوح فاکتورتریپتوفان × سطوح فاکتور نقره		وزن ساقه(gr)	وزن ریشه(gr)	طول ساقه(cm)	تعداد سنبله	طول سنبله(cm)	وزن سنبله(gr)	مقدار کل N در گیاه٪	مقدار کل P در گیاه٪	مقدار کل K در گیاه٪
L۱	Ag۱۰۰	۱/۴۲ A	/۹۹۶A	۶۱/۷A	۳A	۷/۲ A	/۴۸۹A	۳/۴۸۴A	/۲۶۹A	۴/۶۲۲A
	Ag۱۰	۱/۴۲ A	/۹۱۲B	۶۱/۲۲ B	۲B	۶/۹B	/۴۶۲ B	۳/۲۲۸B	/۳۶۸ A	۴/۴۰۲B
	Ag.	۱/۲۲C	/۷۶D	۵۹/۶۵D	۱B	۶/۴ C	/۴۱۱ E	۲/۲۵۵E	/۱۱۹D	۳/۲۸۸E
L۰	Ag۱۰۰	/۲۸B	/۸۲۷C	۶۰/۶۹C	۲B	۶/۲ C	/۴۲۲C	۲//۶۹C	/۳۲۸ B	۳/۸۱۱C
	Ag۱۰	۱/۲۸ B	/۸۲۷C	۶۰/۲۷C	۲C	۶/۱ C	/۴۱۹D	۲/۴۸۸ D	/۲۱۲C	۳/۶۰۷ D
	Ag.	۱/۱D	/۶۸E	۵۹/۴۱ D	۱C	۵/۲ D	/۴۱۱ E	۱/۵۲F	/۱۱۹D	۲/۹۸۲ F

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف تریپتوفان و سویه‌های ریزوبیومی با استفاده از آزمون چنددانه‌ای دانکن (٪۵)

سطوح فاکتورتریپتوفان × سویه های ریزوبیومی		وزن ساقه(gr)	وزن ریشه(gr)	طول ساقه(cm)	وزن سنبله(gr)	طول سنبله(cm)	تعداد سنبله	مقدار کل N در گیاه ٪	مقدار کل P در گیاه ٪	مقدار کل K در گیاه ٪
L۱	R۱	۱/۶۶A	۱/۰۷A	۶۴/۶۵A	/۵۶A	۷/۴A	۳A	۴/۰۸ A	/۳۳۱A	۵/۶۰A
	R۲	۱/۶۵A	A۱/۰۷	۶۲/۳۶AB	/۵۵۵A	۷/۱ AB	۳A	۳/۹۸A	/۳۱۹A	۵/۶A
	R۳	۱/۴۸AB	/۹۴۸B	۶۲/۳۳ AB	/۵۱۶B	۶/۹ BC	۳A	۳/۴۲B	/۲۷۶B	۴/۷۸B
	R۴	۱/۴۸AB	/۹۴B	۶۱/۵۶BC	/۴۹۸B	۶/۸C	۳A	۳/۳۹B	/۲۶۹B	۴/۷۸B
	R۵	۱/۴۷AB	/۹۱۲B	۶۰/۷۵BCD	/۴۹۸B	۶/۷C	۲B	۳/۳۷B	/۲۶۹B	۴/۶۹B
	R۰	۱/۱۱D	/۶۶D	۵۸/۵۵DE	/۳۵۲E	۵/۹FG	۱C	۲/۱۴۲E	/۱۵۸D	۳/۰۷E
L۰	R۱	۱/۳۵BC	/۹۰۵B	۶۰/۷BCD	/۴۴۷C	۵/۴D	۲B	۲/۹۲C	/۲۲۱C	۴/۱۲C
	R۲	۱/۱۸CD	/۹۰۳B	۶۰/۵۲BCD	/۴۰۴D	۶/۲DE	۲B	۲/۴۹D	/۱۸۵D	۳/۶۱D
	R۳	۱/۱۸CD	/۷۸۸C	۵۹/۵۵CDE	/۳۹۲D	۶/۱EF	۲B	۲/۴۶D	/۱۸۱D	۳/۴۹DE
	R۴	۱/۱۵CD	/۷۲۲CD	۵۹/۳۸CDE	/۳۷۱E	۶/۱EF	۲B	۲/۳۲DE	/۱۷۰D	۳/۳۵DE
	R۵	۱/۱۳CD	/۷۱۵D	۵۸/۶۸DE	/۳۶۲E	۶EF	۲B	۲/۱۹۷DE	/۱۶۲D	۳/۲۶DE
	R۰	/۹۸D	/۵۶۹E	۵۷/۰۴E	/۳۰۶F	۵/۷ G	۱C	۱/۶۶F	/۱۱۶E	۲/۰۵F

در زراعت و باغبانی
www.SID.ir

پاورقی

1- Yeast extract Mannitol Broth (YMB)

منابع مورد استفاده

۱ - صالح راستین، ن. ۱۳۸۱؛ کودهای بیولوژیک. ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور (مجموعه مقالات). تدوین کنندگان: کاظم خاوازی- محمد جعفر ملکوتی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

2- Andrei, A., Belimov, V., and Vitaley, V. Stepanek. 2001; Characterization of plant growth promoting rhizobacteria isoluted frem polluted soils and containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase. Can. J. Microbia 47: 642-652.

3- Arshad M, Frankenberger WT Jr.1998; Plant growth substances in the rhizosphere: Microbial production and functions. Adv Agron 62: 46-151.

4- Asghar, H. N., Zahir, Z. A. and Arshad, M. 2004; Screening rhizobacteria for improving the growth, yeild, and oil content of canola (*Brassica nappus* L.) Australian Journal of Agricultura Research. 55: 187-194.

5- Belimov, A. A., Satronova, V. I., lergeyera, T. A., Egorova, T. N., matvegeva, V. A., Stepnok, V. V., Tsyganov, V. E.,... and Tikhonovich, I. A. 2001; Characterization of plant growth promoting rhizobacteria isolated from polluted soils and containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase. Can. J. Microbiol. 47: 642-652.

6- Biswas, J. C., Ladha, J. K., Dazzo, F. B., Yanni, Y. G. and Rolfe, B. G. 2000b. Rhizobial inoculation influences seedling vigor and yield of rice. Agronomy Journal. 92: 880-886.

7- Casero, P. J. and Bennett, M. 2001; Auxine transport promotes arabidopsis lateral root initiation. Plant cell. 13: 843-852.

8- Chen, YP., Lia, S., and Kloepper, JW. 1994; The use of yield increasing bacteria as plant growth promoting rhizobacteria in chinese agricalture. In: Gupta VK, Utkhede R(eds) Managment of soil-born diseases. M/nayosa, New Delhi.

9- Dobbelaere, S., Croonenborghs, A. and vanderleyden, J. 1999; Phytostimulatory effect of *Azospirillum brasilense* wild by pe and mutant strains altered in IAA production on wheat. Plant and soil. 212: 155-164.

10- Dobbelaere, S., Croonenborghs, A., placek, D. and Vanderleyden, J. 2000; Increased nitrogen uptake by cereals upon inoculation with wild type and genetically modified Azospirillum strains. Pland and soil. 92.

11- Frankenberger, W. T. Chang, A. C. and Arshad, M. 1990; Response of Raphanus sativa to the auxin precursor, L-trypto phan applied to soil. Pland and soil. 129: 235-241.

12- Glick, B. R., Perose, D. M., and Li, J. 1998; A model for the lowering of plant ethylene concentrations by plant growth promoting bacteria. J. Theor. Biol. 190: 63-68.

13- James, G. and Sherman, N. 1998; Microbiology: A laboratory manual. Rockland community community college, state university of new york. Page 451.

14- Kapulnik, Y. 1991; Plant-Growth-promoting Rhizobacteria, In: plant Roots, the Hidden Half, waisel, Y. et al. (Eds) Marcel Dekker, New youk. 717-729.

15- Khalid A, Arshad M, Zahir ZA, Khaliq A. 1997; Potential of plant growth promoting rhizobacteria for enhancing wheat (*Triticum aestivum* L.) yield. J Anim Plant Sci 7: 53-56.

16- Khalid, A., Arshad, M. and Zahir, Z. A. 2004; Screening plant growth-promoting rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. Jourual of Applied microbiology. 96: 473-780.

17- Kravchenko, L.V., Leonova, E.I., Tikhonovich, I.A.1994; Effect of root exudates of non-legume plants on the response of auxin production by associated diazotrophs. Microb. Releases, 2:267-271.

18- Leinhos, V. 1994; Effects of pH and glucose on auxine production by phosphate-solubilizing rhizobacteria in vitro. Microbiological Research. 194: 135-138.

19- Martens, D. A. and Frankenberger W. T. 1992; Stability of microbial-produce auxins derived from L-tryptophan added to soil. Plant and soil. 263-270.

20- Martens, D. A. and Frankenberger, W. T. 1994; Assimilation of exogenous 2-C-indole-3-acetic acide and 3-C-tryptophan exposed to the roots of three wheat varities. Plant and soil. 166: 281-290.

21- Mathesius, Khalid, Arshad U. et al. 1998; Auxin transport inhibition precedes root nodule formation in white clover roots and is regulated by flavonoids and derives of chitin oligosaccharides. Plant J.14: 23-34.

22- Neeru, N., Vivek, k., Rishi, k. and Wolfgancy, M. 2000; Effect of P-solubilizing Azotobacter chroococcum on N, P, K uptake in p-responsive genotypes grown under greenhouse condition. J. Plant Nutr. Soil SCI. 163: 393-398 Pak J Biol Sci 3: 289-291.

23- Riov, J. and Yang, S.F. 1989; Ethylene and auxin – ethylene interaction in adventitious root formation in mung bean (Vigna radiata) cuttings. J. Plant Growth Regul. 8: 131-141.

24- Sarwar, M. and Frankenberger, W. T.1994; Influence of L-Tryptophan and auxins applied to the rhizosphere on the vegetative growth of Zea mays L. Plant and Soil.160: 97-104.

25- Tien, TM. Gaskins, MH. And Hubbell, DH. 1979; Plant growth substances produced by Azospirillum brasilence and their effect on the growth of pearl millet (pennisetum americamum L.). Appl Environ Microbiol. 37: 1016-1024.

26- Zahir ZA, Abbas SA, Khalid M, Arshad M, 2000 Substrate dependent microbially derived plant hormones for improving growth of maize seedlings. Pak J Biol Sci 3: 289-291.

Archive of SID

www.SID.ir