تأثیر کاربرد باکتری های افزاینده رشد گیاه (PGPR) بر تسهیم ماده خشک و برخی ویژگی های رشد ذرت در شرایط گلخانه

آیدین حمیدی،[۱*] احمد اصغرزاده، رجب چوکان، مجید دهقان شعار، امیر قلاوند و محمد جعفر ملکوتی

عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، کرج؛ hamidi_aidin@yahoo.com

عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج؛ a_asgharzadeh_2000@yahoo.com

عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج؛ r_choukan@yahoo.com

عضو هیأت علمی بازنشسته مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال؛ dehghan12@yahoo.com

عضو هیأت علمی گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران؛ ghalavand_a@yahoo.com

عضو هیأت علمی گروه خاک شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران؛ mjmalakouti@hotmail.com

چکیده

باکتری های افزاینده رشد گیاه به عنوان کودهای بیولوژیک نقش مهمی در مدیریت پایدار بوم نظام های زراعی و افزایش حاصلخیزی و تولید آن ها دارند. به منظور بررسی تأثیر چند گونه بومی از این باکتری ها شامل: *ازتوباکتر کروکوکوم*، *آزوسپیریلوم لیپوفروم*، *آزوسپیریلوم برازیلنس* و *سودوموناس فلورسنس* بر ویژگی های ظاهری مرتبط با رشد رویشی بوته، تسهیم ماده خشک و برخی ویژگی های ریشه دورگ های ساده دیررس ذرت ۷۰۰، ۷۰۴ و یک دورگ امیدبخش (B73×K18)، آزمایشی در شرایط گلخانه اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل تلقیح بذرهای این دورگ ها با تک تک باکتری ها، به صورت دوتایی، سه تایی و عدم تلقیح باکتریایی به عنوان تیمار شاهد بودند. ویژگی های مورد بررسی عبارت بودند از: ارتفاع بوته و بلال، قطر ساقه، تعداد برگ های بوته وبالای بلال، وزن خشک برگ ها، ساقه، گل تاجی و بوته، سطح، حجم،طول و وزن خشک ریشه و نسبت وزن خشک بخش هوایی بوته به وزن خشک ریشه. نتایج بدست آمده مشخص نمود که بجز تعداد برگ های بوته وبالای بلال سایر ویژگی های مورد بررسی تحت تأثیر تیمارهای آزمایش و اثر متقابل آن ها قرارگرفتند. همچنین مشخص گردید که به ترتیب دورگ های ۷۰۴، B73×K18 و ۷۰۰ از لحاظ ویژگی های بررسی شده بیشتر تحت تأثیر تلقیح با باکتری های افزاینده رشد قرار گرفتند و تلقیح با مایه تلقیح تلفیق باکتری های سه جنس بیشترین تأثیر افزایندگی رشد را بر هر سه دورگ نشان داد. کاربرد مایه تلقیح تلفیق باکتری های *ازتوباکتر کروکوکوم* و *سودوموناس فلورسنس* و تیمار تلقیح بذر با هر یک از این دو باکتری، از لحاظ تحریک رشد در مرتبه های بعدی قرار داشتند.

واژه های کلیدی: ذرت (*Zea mays* L.)، ویژگی های بوته و ریشه، *ازتوباکتر کروکوکوم*، *آزوسپیریلوم لیپوفروم*، *آزوسپیریلوم برازیلنس* و *سودوموناس فلورسنس*

مقدمه

ذرت با تولید ۷۰۵ میلیون تن دانه در سال ۲۰۰۴ یکی از مهمترین گیاهان زراعی می باشد که محصول آن

۱- نویسنده مسئول، آدرس: کرج، بلوار نبوت، نبش خیابان کلکسیون، صندوق پستی۱۵۱۶-۳۱۵۳۵

* دریافت: ۸۶/۶/۱۱ و پذیرش: ۸۸/۷/۲۱

Archive of SID

www.SID.ir

به عنوان غذا، علوفه و تولیدات صنعتی مورد استفاده قرار می گیرد (فائو، ۲۰۰۵). در ایران نیز در سال زراعی۸۶-۱۳۸۵ از سطح زیر کشت آن ۳۰۷۰۱۵ هکتار با میزان تولید دانه ۲۳۶۱۲۹۸ تن و عملکرد ۷۶۹۷/۸۶ کیلوگرم در هکتار بوده است (بی نام، ۱۳۸۸). بنابراین تحقیق در مورد بهبود روش های تغذیه ذرت ضرورت دارد. در نظام های کشاورزی پایدار کاربرد کودهای زیستی از اهمیت ویژه ای در افزایش تولید و حفظ حاصلخیزی پایدار خاک برخوردار است(شارما، ۲۰۰۳). اصطلاح کودهای زیستی[1] به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، بقایای گیاهی، کود سبز و غیره همچنین ریز جانداران باکتریایی و قارچی مفید و مواد حاصل از فعالیت آن ها اطلاق شده و باکتری های افزاینده رشد گیاه یا اصطلاحاً (PGPR)[2] از مهمترین کودهای زیستی می باشند (منافی و کلوپر، ۱۹۹۴). این گروه از باکتری ها علاوه بر افزایش فراهمی زیستی عناصر معدنی خاک از طریق تثبیت زیستی نیتروژن، محلول کردن فسفر و پتاسیم و مهار عوامل بیماریزا، با تولید مواد و هورمون های تنظیم کننده رشد گیاه عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می دهند (استورز و کریستی، ۲۰۰۳). همچنین با توجه به تأثیر افزایندگی بر رشد و نمو گیاهان زراعی، این باکتری ها اصطلاحاً باکتری های افزاینده عملکرد نیز نامیده می شوند (وسی، ۲۰۰۳). کاربرد کودهای زیستی به ویژه PGPR مهمترین راهبرد در مدیریت تلفیقی تغذیه گیاهی برای سیستم کشاورزی پایدار با نهاده کافی (AISA)[3] به صورت تلفیق مصرف کودهای شیمیایی با کاربرد باکتری های مذکور می باشد (شارما، ۲۰۰۳). برخی از گونه های جنس *ازتوباکتر*[4]، *آزوسپیریلوم*[5] و *سودوموناس*[6] از مهمترین انواع PGPR فعال در محیط ریشه (رایزوسفر) محسوب می شوند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر خاک با تولید مقادیر ابل ملاحظه مواد و هورمون های تحریک کننده رشد بویژه انواع اکسین، جیبرلین ها و سیتوکینین ها رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می دهند (زهیر و همکاران، ۲۰۰۴).

پژوهش های اخیر مشخص ساخته اند که تولید ایندول استیک اسید و سیتوکینین با استفاده از اسید آمینه تریپتوفان و باز آلی آدنین ترشح شده از ریشه، هیدرولیز پیش ماده اتیلن، ۱- آمینو سیکلو پروپان-۱-کربوکسیلیک(ACC)[7] به وسیله آنزیم ACC دآمیناز[8] و تولید مواد هورمونی و شبه هورمونی نظیر ایندول بوتیریک اسید، اسید جیبرلیک و غیره در اثر واکنش نیتریت حاصل از تنفس نیتراتی با اسید اسکوربیک مهمترین سازوکارهای این باکتری ها محسوب می شوند (زهیر و همکاران، ۲۰۰۴).

تأثیر کاربرد PGPR بر تجمع ماده خشک در اندام های متفاوت گیاهان مختلف توسط پژوهشگران مختلف مورد بررسی قرار گرفته و مشخص گردیده که این باکتری ها از طریق ساز و کارهای فعالیت خویش الگوی تخصیص[9] ماده خشک به اندام های مختلف و در نتیجه رشد و نمو بخش هوایی و ریشه را تحت تأثیر قرار می دهند (باشان و دوبرفسکی، ۱۹۹۶). به طوری که روهیتاشاو-سینگ و همکاران (۱۹۹۳) افزایش وزن خشک برگ های ذرت با تلقیح بذر با باکتری *ازتوباکتر* و کاپولنیک و همکاران (۱۹۸۲) در نتیجه تلقیح بذر با باکتری *آزوسپیریلوم* این اثر تأثیر را مشاهده کردند. همچنین و باشان و دوبروفسکی (۱۹۹۶) افزایش ماده خشک ساقه ذرت را در اثر تلقیح بذر با باکتری *آزوسپیریلوم* گزارش کردند.

ریشه گیاه به عنوان اندام جذب آب و عناصر غذایی از خاک و اندام تولید کننده ترکیبات مختلف از جمله هورمون های رشد، برای رشد و نمو گیاه از اهمیت ویژه ای برخوردار است. بررسی های مختلف اثرات مثبت کاربرد PGPR بر شاخص های رشد ریشه از جمله افزایش سطح کل ریشه، وزن خشک ریشه، طول ریشه، تعداد ریشه های فرعی، تعداد و تراکم تارهای کشنده همچنین افزایش تقسیم سلول های مریستم ریشه و تحریک تراوشات از ریشه گیاهان مختلف را نشان داده اند (پان و همکاران، ۱۹۹۹). زهیر و همکاران (۲۰۰۰) افزایش طول و وزن خشک ریشه ذرت را در اثر کاوبرد PGPR تولید کننده اکسین، گزارش کردند. فالیک و همکاران (۱۹۸۹) افزایش سطح ریشه ذرت در اثر ترشح اکسین به وسیله باکتری *آزوسپیریلوم برازیلنس* و گونزالس-لوپز و همکاران (۱۹۹۱) افزایش رشد ریشه ذرت در اثر اکسین تولید شده به وسیله باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* را مشاهده کردند. همچنین بهبود رشد ریشه ذرت و سایر گیاهان زراعی به ترتیب در اثر ترشح هورمون های اسید جیبرلیک و سیتوکینین به وسیله باکتری *آزوسپیریلوم لیپوفروم* و *سودوموناس پوتیدا* مشخص گردیده است (هال و همکاران ۱۹۹۳ و فالچیری و همکاران، ۱۹۹۳).

1- Biofertilizers
2- Plant Growth Promoting Rhizobacteria
3- Adequate Input Sustainable Agriculture
4- *Azotobacter* spp.
5- *Azospirillum* spp.
6- *Pseudomonas* spp.
7- 1-aminocyclopopane-1-caboxylic acid
8- ACC deaminase
9- Partitioning

Archive of SID

www.SID.ir

هدف از اجرای این پژوهش بررسی تأثیر کاربرد کودهای زیستی PGPR شامل سویه های خالص باکتری های *ازتوباکتر کروکوکوم*، *آزوسپیریلوم لیپوفروم*، *آزوسپیریلوم برازیلنس* و *سودوموناس فلورسنس* از طریق تلقیح بذر بر تسهیم ماده خشک و برخی ویژگی های ظاهری بوته و شاخص های ریشه دورگ های دیررس ذرت در شرایط گلخانه بود.

مواد و روشها

این پژوهش در سال۱۳۸۴ در محل آزمایشگاه مرکزی تجزیه بذر مؤسسه تحقیقات ثبت وگواهی بذر و نهال و گلخانه بخش تحقیقات ژنتیک و ذخایر توارثی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج به اجرا درآمد. به منظور بررسی تیمارهای آزمایش در شرایط کنترل شده و عاری از ریزجانداران[1]، بستر کشت به شرح زیر تهیه گردید. ابتدا ماسه دریا جهت کاهش هدایت الکتریکی آن آبشویی گردید و برای کاهشpH با استفاده از محلول۱۰درصد اسید کلریدیک رقیق (۲۵ درصد) اسیدشویی شد. سپس درون آون با دمای۱۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت استریل شده و به نسبت۵۰ درصد :۵۰ درصد حجمی با پرلیت اسفنجی مخلوط شد.

سپس بذرهای ضد عفونی نشده سه دورگ ساده دیررس ذرت شامل سینگل کراس۷۰۴ (B73×Mo17)، سینگل کراس۷۰۰ (K74/1×K18) و یک دورگ ساده امیدبخش(B73×K18) از بخش تحقیقات ذرت و گیاهان علوفه ای مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه گردیده و بلافاصله قبل از کاشت به وسیله مایه تلقیح مایع خالص سویه ۵ باکتری *ازوتوباکتر کروکوکوم*[2] (Az)، سویه های OF *آزوسپیریلوم لیپوفروم*[3] و۲۱ *آزوسپیریلوم برازیلنس*[4] (As) و *سویه* P۲۱ *سودوموناس فلورسنس*[5] (Ps) به صورت ساده (با یک باکتری) و تلفیقی از دو باکتری و سه باکتری تلقیح شدند. همگی این باکتری ها طبیعی (دست ورزی ژنتیکی نشده) و بومی خاک های کشور بوده و توسط بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب جدا و خالص سازی شده و مایه تلقیح آن ها تهیه شده بود. میزان اتیلن تولید شده بر اساس روش کروماتوگرافی گازی سویه ۵ باکتری *ازوتوباکتر کروکوکوم* که نشانگر فعالیت آنزیم نیتروژناز و تثبیت زیستی نیتروژن می باشد، ۹/۵ نانومول در ۲۴ ساعت بوده و توان تولید اکسین کیفی و نیمه کمی آن به ترتیب++۲۱ میلی گرم در لیتر بودند. همچنین فعالیت آنزیم نیتروژناز سویهOF باکتری *آزوسپریلوم لیپوفروم* و سویه۲۱ *آزوسپیریلوم برازیلنس* ۱۲/۳۶ نانومول در۲۴ ساعت بوده و مقدار اکسین تولید شده در محیط کشت مایع سویهOF باکتری *آزوسپریلوم لیپوفروم*، ۵۴/۲۶ گرم در لیتر بود. همچنین توان حل کنندگی فسفر سویه۲۱ *آزوسپیریلوم برازیلنس* مثبت (Phosphorus solobilization positive) سویهP۲۱ *سودوموناس فلورسنت* نیز دارای توان حل کنندگی فسفر آن در محیط Sperber مثبت و قطر هاله و نسبت قطر هاله به قطر کلونی ان در روز سوم و هفتم پس از کشت به ترتیب ۴ و۱/۴ و ۲ و۴/۴ سانتی متر بودند. توان تولید اکسین کیفی آن+++ و توان تولید اکسین نیمه کمی آن۳۲ میلی گرم در لیتر بود. همچنین سیدروفور مثبت و دارای قطر هاله در ۴۸ ساعت۳ سانتی متر و قطر هاله در ۷۶ ساعت ۳/۹ سانتی متر بوده و نیز از لحاظ تولید اکسین مثبت و میزان اکسین های آن: IAA، ILA و IBA به ترتیب۷۶، ۷۰ و ۴۳ میلی گرم در لیتر و مقدار کل اکسین تولیدی آن ۱۸۹ میلی گرم در لیتر بود. محیط کشت مورد استفاده برای کشت هر سه جنس باکتری Nutrient Broth (Himedia Code MV002) بود (اطلس، ۲۰۰۵).

برای تلقیح بذرها، به ازای۱۰ بذر، میزان هفت میلی لیتر مایه تلقیح (۲۸۰ میلی لیتر برای تلقیح۴۰۰ بذر مورد استفاده در آزمایش) هر باکتری که هر میلی لیتر آن دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود مورد استفاده قرار گرفت (فالچیری و فریونی، ۱۹۹۴). بذرهای مورد استفاده درون ظرف های پتری قرار داده شده و مایه تلقیح به آن ها اضافه شده و بذرها به خوبی با مایه تلقیح آغشته شده و سپس به منظور تلقیح کامل به مدت۳۰ دقیقه درون مایه تلقیح نگهداری شدند. چهار بذر تلقیح شده درون درون هر گلدان با ظرفیت ۱۰ کیلوگرم که حاوی بستر کشت مخلوط ماسه استریل و پرلیت بودند کشت شدند. تیمارهای آزمایش شامل سه دو رگ ساده و تلقیح بذر با تک تک باکتری ها، تلقیح بذر با سه ترکیب باکتریایی دوتایی، تلقیح بذر با ترکیب باکتریایی سه تایی و عدم تلقیح باکتریایی بذر، به عنوان شاهد (جمعاً هشت تیمار) به شرح زیر بودند:Az.۱، As.۲، Ps.۳، Az+As.۴ Az+Ps.۵، As+Ps.۶، Az+As+Ps.۷ و ۸. عدم تلقیح (شاهد).

گلدان های کشت شده در گلخانه با آرایش یک آزمایش دو فاکتوره با ۲۴ تیمار (۳ دورگ ساده × ۸ نوع تلقیح بذر) بر پایه طرح آزمایشی بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار قرار داده شدند. با فرا رسیدن مرحله

1- Gnotobiotic
2- *Azotobacter chroococcum*
3- *Azospirillum lipoferum*
4- *Azospirillum brasilens*
5- *Pseudomonas fluorescens*

Archive of SID

www.SID.ir

چهاربرگی شدن گیاهچه ها، سه گیاهچه حذف و در هر گلدان تنها یکی از آن ها باقی گذاشته شد. در طول دوره اجرای آزمایش به مدت ۹۰ روز (تا مرحله کاکل دهی) دمای گلخانه ۳۰-۲۵ درجه سانتی گراد و طول روز ۱۴-۱۳ ساعت بوده و نور لازم به وسیله لامپ ای ۴۰۰ وات بخار سدیم در حد ۹۰۰۰ لوکس تأمین گردید. همچنین در این مدت نیاز به عناصر غذایی و آب به وسیله تغذیه گلدان ها با محلول مغذی هوگلند اصلاح شده برای تغذیه ذرت (تولنار و میگوس، ۱۹۸۴)، هر هفته دو بار، تأمین شد. با آغاز مرحله کاکل دهی، تعداد برگ های بوته و برگ های بالای بلال شمارش گردیده و ارتفاع بوته و بلال با استفاده از خط کش مدرج با دقت یک میلی متر تعیین شدند. همچنین قطر ساقه به وسیله کولیس با دقت ۰/۰۵ میلی متر اندازه گیری گردید. سپس بوته ها کف بر شده و برگ ها و گل تاجی از ساقه جدا گردیدند. برگ ها، گل تاجی و ساقه با استفاده از آون با دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک گردیده و با ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۱ گرم توزین گردیدند. به منظور بررسی ویژگی های ریشه ابتدا گلدان ها تخلیه شده و ریشه از بستر کشت به دقت جدا شده و شستشو گردیدند. به منظور تعیین حجم ریشه از استوانه مدرج دارای حجم مشخص آب استفاده شد. وزن خشک ریشه ها و بخش هوایی بوته به وسیله آون با دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت و توزین با ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۰۱ گرم تعیین شدند و سپس نسبت وزن خشک بخش هوایی بوته به ریشه مشخص گردید. طول ریشه ها با رابطه زیر برآورد گردید (نیومن، ۱۹۶۶):

(رابطه ۱): [وزن ریشه ها (میلی گرم)] × ۰/۸۹۰ = طول ریشه ها (سانتی متر)

همچنین برای اندازه گیری سطح ریشه ها از رابطه اتکینسون[1] به شرح زیر استفاده گردید (بهن، ۱۹۷۹):

(رابطه۲) : $\{[\text{طول ریشه ها ، سانتی متر}] \times \pi \times [\text{حجم ریشه ها ، سانتی متر مکعب}]\}^{0.5} \times 2$ = سطح ریشه ها

داده های بدست آمده تجزیه و تحلیل واریانس شده و مقایسه میانگین ها به روش دانکن و ضرایب همبستگی ساده بین ویژگی های مورد بررسی تعیین شد. کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار MSTAT_C (Ver. 2.1) انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل واریانس داده های ویژگی های مورد بررسی مشخص ساخت که بجز تعداد برگ های بوته و برگ های بالای بلال سایر ویژگی های مورد بررسی تحت تأثیر تیمارهای آزمایش و اثر متقابل آنها قرار گرفتند (جدول ۲ و۱).

ویژگی های ظاهری بوته

بررسی میانگین های ارتفاع بوته و بلال مشخص ساخت که در هر سه دورگ در اثر تلقیح بذر با باکتری های مورد بررسی ارتفاع بوته و بلال نسبت به شاهد افزایش یافت و بیشترین ارتفاع بوته و بلال برای دو رگ ساده ۷۰۴ و در مرتبه های بعدی به ترتیب دورگ های B73×K18 و۷۰۰ تحت تیمار تلقیح بذر با مجموع باکتری ها مشاهده گردید و بر اثر تلقیح بذر با باکتری های سه جنس ارتفاع بوته و بلال دو رگ۷۰۴ به ترتیب ۲۰/۶۷ و ۳۶/۶۷ درصد نسبت به شاهد (عدم تلقیح) افزایش یافتند (جدول۳). کاپولنیک و همکاران (۱۹۸۲) افزایش ارتفاع بوته ذرت با تلقیح بذر به وسیله باکتری *آزوسپیریلوم* وزهیر و همکاران (۱۹۹۸) افزایش ۸/۵ درصدی ارتفاع بوته ذرت که بذرهای آن با باکتری های *ازتوباکتر و سودوموناس* تلقیح شده بودند را گزارش کردند. نیتو و فرانکنبرگر (۱۹۹۱) نیز مشاهده کردند که ارتفاع بوته و طول میانگره های ساقه ذرت به ترتیب به میزان ۲/۰۷ و۲/۸۲برابر با کاربرد باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* افزایش یافت. همچنین روستا و همکاران (۱۳۷۷) افزایش ارتفاع بوته ذرت دورگ۷۰۴ که بذرهای آن با باکتری های جنس *آزوسپیریلوم* تلقیح شده بود را مشاهده کردند. ارتفاع بوته شاخصی از رشد رویشی محسوب می شود و با توجه به افزایش قابل ملاحظه این ویژگی بر اثر تلقیح بذر با PGPR مشخص می گردد که رشد رویشی دو رگ های مورد بررسی تحت تأثیر کاربرد این باکتری ها قرار گرفته اند.

همچنین قطر ساقه نیز در هر سه دو رگ در اثر تلقیح بذر با باکتری های مورد بررسی نسبت به شاهد (عدم تلقیح) افزایش نشان داد و بیشترین قطر ساقه برای دو رگ ۷۰۴ و در مرتبه های بعدی برای دو رگ B73 × K18 و ۷۰۰ مشاهده شد و قطر ساقه دو رگ ۷۰۴ با تلقیح بذر با باکتری های سه جنس در مقایسه با شاهد ۷/۴۱ درصد افزایش یافت (جدول۳). نیتو و فرانکنبرگر (۱۹۹۱) افزایش۱/۴۶ برابری قطر ساقه ذرت در اثر کاربرد باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* را مشاهده کردند. قطر ساقه نیز معیاری از رشد رویشی است و قطر بیشتر ساقه در استحکام و مقاومت بوته نسبت به خوابیدگی و آفات ساقه خوار ذرت نقش مهمی داشته است. با توجه به

1- Atkinson

Archive of SID

www.SID.ir

افزایش قطر ساقه بر اثر کاربرد PGPR، تأثیر کاربرد باکتری ها در بهبود رشد رویشی مشخص می شود.

تسهیم ماده خشک

بررسی میانگین وزن خشک برگ ها نشان داد که کاربرد مایه تلقیح تلفیقی از باکتری ها بیشترین میزان وزن خشک برگ را به ترتیب در دو رگ ۷۰۴، B73 × K18 و ۷۰۰ تولید نموده و تأثیر کاربرد توأم دو باکتری *ازتوباکتر* و *سودوموناس* از لحاظ افزایش وزن خشک برگ در هر سه دو رگ در مرتبه بعدی قرار داشته است و وزن خشک برگ ها در تیمار تلقیح بذر دو رگ ۷۰۴ نسبت به شاهد نیز ۲۱/۳۱ درصد افزایش نشان داد (جدول۳). روهیتاشاو-سینگ و همکاران (۱۹۹۳) و کاپولنیک و همکاران (۱۹۸۲) نیز افزایش وزن خشک برگ های ذرت در اثر کاربرد باکتری *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* را گزارش نمودند. وزن خشک برگ شاخصی از افزایش رشد رویشی گیاه و نیز معیاری از اندازه و توانایی دستگاه فتوسنتزی است و توسعه آن در افزایش تولید و عملکرد نقش بسزایی دارد. بنابراین، با توجه به افزایش وزن خشک برگ ها با کاربرد PGPR در این آزمایش، افزایش رشد و نمو دورگ های ذرت بررسی شده بر اثر استفاده از این باکتری ها قابل انتظار می باشد.

تغییرات میانگین های وزن خشک ساقه نیز از روندی مشابه وزن خشک برگ ها برخوردار بوده به طوری که بالاترین وزن خشک ساقه در هر سه دو رگ مربوط به تیمار تلقیح بذر با باکتری های سه جنس و کمترین میزان این میانگین مربوط به شاهد (عدم تلقیح بذر) بود و بیشترین افزایش وزن خشک ساقه در مقایسه با شاهد در تیمار تلقیح بذرهای دو رگ ۷۰۴ با باکتری های سه جنس به میزان ۴۰ درصد مشاهده شد (جدول۳). بررسی باشان و دوبروفسکی (۱۹۹۶) مشخص ساخت که با کاربرد باکتری *آزوسپیریلوم* تسهیم ماده خشک به ساقه ذرت افزایش می یابد. افزایش وزن خشک ساقه بیانگر افزایش رشد رویشی است و میزان وزن خشک بالاتر ساقه از نظر تولید علوفه قابل مصرف بیشتر برای دام، استحکام ساقه و ذخیره مواد قابل انتقال برای پر شدن دانه اهمیت دارد. بنابراین افزایش وزن خشک ساقه دو رگ ها بر اثر کاربرد PGPR، علاوه بر افزایش رشد رویشی می تواند بهبود رشد زایشی و عملکرد دانه را نیز به دنبال داشته باشد.

بررسی میانگین وزن خشک گل تاجی نیز مشابه بوده و به طور کلی تیمارهای باکتریایی نسبت به شاهد افزایش قابل ملاحظه وزن خشک گل تاجی را نشان داد و بیشترین افزایش به میزان ۴۰/۶۳ درصد در تیمار تلقیح بذر دو رگ ۷۰۴ با باکتری های سه جنس در مقایسه با شاهد مشاهده شد (جدول۳). گل تاجی ذرت اندام مهم زایشی است و رشد بیشتر آن می تواند معیاری از گرده افشانی موفقیت آمیز و تلقیح بهتر بلال باشد که از طریق افزایش تعداد دانه در بلال به افزایش عملکرد دانه منجر می شود. بدین لحاظ تأثیر PGPR بر افزایش وزن خشک گل تاجی در این آزمایش بیانگر احتمال افزایش عملکرد دانه است.

همچنین با تلقیح باکتریایی بذر هر سه دو رگ افزایش وزن خشک بوته (بیوماس) نسبت به شاهد (عدم تلقیح بذر) مشاهده گردید و از لحاظ ترتیب بالاترین وزن خشک بوته به ترتیب تیمارهای کاربرد توأم همه باکتری ها، دو باکتری *ازتوباکتر* و *سودوموناس*، *ازتوباکتر* و *سودوموناس* هر یک به تنهایی قرار داشتند به طوری که افزایش ۲۹/۶ درصدی وزن خشک بوته در دو رگ ۷۰۴ که بذرهای آن با باکتری های سه جنس تلقیح شده بود به عنوان بیشترین میزان افزایش مشاهده شد (جدول۳). نیتو و فرانکنبرگر (۱۹۹۱) پنج برابر شدن وزن خشک بخش هوایی بوته ذرت بوته با کاربرد باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* را مشاهده کردند. وزن خشک بوته معیاری از رشد رویشی بوده و با افزایش وزن خشک بوته بر اثر کاربرد PGPR، رشد رویشی دو رگهای ذرت مورد بررسی افزایش قابل ملاحظه ای را نشان داد.

ویژگی های ریشه

سطح ریشه در هر سه دو رگ در تیمار تلقیح بذر با باکتری های سه جنس از بیشترین میزان برخوردار بوده و دو رگ ۷۰۴ نسبت به سایر دو رگ ها سطح ریشه بیشتری داشت، به طوری که نسبت به شاهد۲۶ درصد افزایش نشان داد (جدول۴). فالیک و همکاران (۱۹۸۹) افزایش تعداد و تراکم تارهای مویین ریشه و در نتیجه سطح کل ریشه ذرت با تلقیح این بذر با باکتری *آزوسپیریلوم* مشاهده کردند. همچنین روستا و همکاران (۱۳۷۷) افزایش انبوهی تارهای مویین ریشه ذرت دو رگ ۷۰۴ در اثر تلقیح بذر با باکتری *آزوسپیریلوم* را گزارش کردند. سطح افزون تر ریشه مهمترین عامل در افزایش توانایی گیاه برای جذب آب و تحمل نسبت به تنش خشکی است و با توجه به تأثیر افزاینده کاربرد PGPR بر افزایش سطح ریشه دو رگهای ذرت مورد بررسی در این آزمایش به نظر می رسد که کاربرد این باکتری ها اثر قابل توجهی در توان جذب

Archive of SID

www.SID.ir

آب و در نتیجه تحمل نسبت به تنش خشکی و نیز کارایی بیشتر در مصرف آب دارد.

افزایش میزان حجم ریشه در تیمارهای باکتریایی هر سه دو رگ نسبت به شاهد قابل ملاحظه بوده و از روندی مشابه سطح ریشه برخوردار بود به گونه ای که بر اثر تلقیح بذر دو رگ ۷۰۴ با باکتری های سه جنس در مقایسه با شاهد حجم ریشه ۵۲/۶۳ درصد افزایش یافت (جدول۴). روستا و همکاران (۱۳۷۷) افزایش انشعابات ریشه ذرت دو رگ ۷۰۴ در اثر تلقیح بذر با باکتری *آزوسپیریلوم* را گزارش نمودند. افزایش حجم ریشه بیانگر توسعه بیشتر ریشه است که افزایش توان جذب آب و عناصر غذایی بیشتر از حجم وسیع تری از خاک را امکان پذیر می سازد. بدین ترتیب به نظر می رسد که با کاربرد PGPR در این آزمایش و افزایش حجم ریشه دو رگ های مورد بررسی توان و کارایی جذب و مصرف آب و عناصر غذایی آنها بهتر شده و در نتیجه رشد و نمو بهبود یافته است.

طول ریشه نیز در اثر تلقیح باکتریایی بذر هر سه دو رگ افزایش یافته به طوری که بیشترین طول ریشه مربوط به تیمار تلقیح با همه باکتری ها بود و بیشترین طول ریشه به میزان ۴۴۱۲/۱۷۵ سانتی متر مربوط به تیمار تلقیح بذرهای دو رگ ۷۰۴ با باکتری های سه جنس بود که افزایش طول ریشه به میزان ۴۸ درصد در مقایسه با شاهد را سبب شد (جدول۴). فالیک و همکاران (۱۹۸۹) افزایش طول ریشه ذرت با تلقیح بذر با باکتری *آزوسپیریلوم* را مشاهده کردند. همچنین زهیر و همکاران (۲۰۰۰) افزایش طول ریشه ذرت در اثر ترشح اکسین به وسیله PGPR را گزارش کردند. افزایش طول ریشه شاخصی از افزایش رشد ریشه است و با افزایش طول ریشه توانایی نفوذ ریشه به عمق بیشتر خاک و نیز نفوذ بیشتر ریشه در حجم بیشتری از خاک فراهم می شود و بدین ترتیب جذب بیشتر آب امکان پذیر می گردد. به نظر می رسد که افزایش طول ریشه های دو رگ های مورد مطالعه در این پژوهش در اثر کاربرد PGPR در افزایش قابلیت جذب و مصرف بهتر آب و عناصر غذایی مؤثر بوده که به نوبه خود در بهبود رشد و نمو اثر مثبت دارد.

وزن خشک ریشه نیز با تلقیح بذر با PGPR در هر سه دو رگ نسبت به شاهد افزایش نشان داده و تیمار تلقیح بذر با هر سه باکتری دارای بیشترین تأثیر در افزایش وزن خشک ریشه بوده و بالاترین وزن خشک ریشه مربوط به دو رگ ۷۰۴ بود که نسبت به شاهد ۱۲ درصد افزایش داشت (جدول۴). نیتو و فرانکنبرگر (۱۹۹۱) افزایش ۵/۶ برابری وزن خشک ریشه ذرت در اثر کاربرد باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم را مشاهده نمودند*. بررسی های ریبائودو و همکاران (۱۹۹۸) و جاکاد و همکاران (۱۹۹۹) نیز افزایش وزن خشک ریشه ذرت با تلقیح بذر با باکتری *آزوسپیریلوم* را نشان دادند. همچنین جاوید و همکاران (۱۹۹۸) افزایش ۶۸/۴ درصدی وزن خشک ریشه ذرت در اثر تلقیح بذر با PGPR را نشان دادند. گونزالس-لوپز و همکاران (۱۹۹۱) تولید سیتوکینین و ایندول استیک اسید به وسیله باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم* وفالچیری و همکاران (۱۹۹۳) تولید اسیدجیبرلیک توسط باکتری *آزوسپیریلوم لیپوفروم* را عامل افزایش رشد ریشه ذرت دانستند. گلیک و همکاران (۱۹۹۴) نیز کاهش فعالیت آنزیم ACC دی آمیناز در اثر فعالیت باکتری *سودوموناس پوتیدا* را عامل افزایش رشد و نمو و توسعه ریشه ذرت معرفی کردند. افزایش وزن خشک ریشه نشان دهنده افزایش رشد ریشه بوده و افزایش رشد ریشه تأثیر بسزایی در جذب و تغذیه بهتر گیاه دارد. از این رو، به نظر می رسد که با به کارگیری PGPR رشد ریشه دو رگ های مورد بررسی افزایش داشته است که به تبع آن جذب آب و عناصر غذایی نیز بهتر شده است.

نسبت وزن خشک بخش هوایی بوته به وزن خشک ریشه نیز تحت تأثیر کاربرد PGPR قرار گرفته و در این مورد نیز تلفیق همه باکتری ها در هر سه دو رگ بیشترین تأثیر را بر این نسبت داشته و دو رگ ۷۰۴ دارای بالاترین نسبت بود که در مقایسه با شاهد ۲۸/۱۶ درصد کاهش داشت (جدول ۴). باشان و دوبروفسکی (۱۹۹۶) تغییر نسبت وزن خشک بخش هوایی بوته به ریشه به نفع افزایش رشد ریشه ذرت با تلقیح بذر با باکتری *آزوسپیریلوم* را گزارش کردند. همچنین جاوید و همکاران (۱۹۹۸) افزایش ۴۲/۶ درصدی وزن خشک بخش هوایی بوته ذرت و افزایش ۶۸/۴ درصدی وزن خشک ریشه با تلقیح بذر با PGPR را گزارش کردند.

تولید مواد تنظیم کننده رشد گیاه مهمترین ساز و کار تأثیر گذاری PGPR بر رشد و ریخت شناسی ریشه محسوب می شود که به صورت افزایش سطح ریشه گیاه میزبان بروز می کند (بانرجی و همکاران، ۲۰۰۶) و میزان سطح ریشه به عنوان عامل اصلی مؤثر بر قابلیت جذب عناصر غذایی را مطرح شده است (باربر و کوشمن، ۱۹۸۱) و در نتیجه افزایش جذب عناصر غذایی و آب از خاک

Archive of SID

www.SID.ir

و رشد بیشتر گیاه ناشی از آن می باشد (وسی، ۲۰۰۳). هابل و همکاران (۱۹۷۹) تولید اسید ۳-ایندول استیک، جیبرلین ها و سیتوکینین توسط *آزوسپیریلوم* را با روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC)[1] مشخص و اثر تحریک کننده ریشه زایی در ارزن مرواریدی و سورگوم این مواد و اثر مشابه ایجاد شده با کاربرد مواد تنظیم کننده رشد مصنوعی را گزارش نمودند. تأثیر مواد تنظیم کننده رشد تولید شده به وسیله PGPR بر رشد ریشه از طریق پارامترهایی بروز می کند که مهمترین آن ها افزایش وزن ریشه، افزایش انشعابات ریشه، کاهش ضخامت ریشه و افزایش تارهای مویین سطح ریشه می باشند که از میان آن ها افزایش وزن ریشه در اثر کاربرد PGPR عمومی تر می باشد (وسی و باس، ۲۰۰۲). البته چنان که وزن ریشه افزایش نیابد یا افزایش آن قابل ملاحظه نباشد، افزایش طول ویژه ریشه[2] (طول ریشه به ازای هر واحد وزن ریشه) که معیاری از سطح ریشه بیشتر و در نتیجه حجم بیشتری از خاک که به وسیله ریشه برای جذب عناصر غذایی جستجو می شود می باشد، افزایش می یابد. برای مثال مولا و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که سویه Sp7 *آزوسپیریلوم برازیلنس* موجب افزایش ۶۳ درصدی وزن خشک ریشه سویا گردید و این در حالی بود که وزن ویژه ریشه را بیش از شش برابر و طول ریشه را بیش از ۱۰ برابر افزایش داد. اسید ۳-ایندول استیک مؤثرترین ترکیب تأثیر گذار بر آغازش[3] ریشه، تقسیم و رشد سلول است (ویوانکو و فلورس، ۲۰۰۰) که اثر آن عمدتاً به صورت افزایش طول ریشه بروز می کند (پاتن و گلیک، ۲۰۰۲). شواهد قانع کننده برای ترشح آنزیم ACC دی آمیناز توسط PGPR که با تحریک رشد از طریق اثر بازدارندگی بر تولید اتیلن گیاهان میزبان سبب افزایش طول ریشه آن ها می شوند توسط Burd و همکاران (۱۹۹۸)، گلیکو همکاران (۱۹۹۸) و گلیک وگریچکو (۲۰۰۱) ارائه شده اند. مطالعه و بررسی در رابطه با تولید سیتوکینین و اسید جیبرلیک و سایر مواد تنظیم کننده رشد گیاه که به تازگی کشف شده اند مانند براسینواستروئیدها[4] و تریانکونتانول[5] توسط PGPR زمینه نوین پژوهشی است و منابع در دسترس اندکی در مورد بررسی تأثیر تولید این مواد به وسیله PGPR بر رشد گیاهان وجود دارند (بانرجی و همکاران، ۲۰۰۶). علاوه بر تأثیر غیر مستقیم PGPR از طریق تولید مواد تنظیم کننده رشد گیاه بر رشد ریشه، شواهدی دال بر این که این باکتری ها به طور مستقیم تنفس ریشه و در نتیجه افزایش رشد ریشه را سبب می گردند وجود دارند. به طوری که افزایش میزان تنفس ریشه برخی گونه های گیاهی در اثر تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم* گزارش گردیده است (ساریگ و همکاران، ۱۹۹۲ و ودروایز و همکاران، ۱۹۹۹). فیلیپ و همکاران (۱۹۹۹) کشف کردند که آزاد شدن لومی کروم[6]، ترکیب حاصل از تجزیه ریبوفلاوین، از باکتری *سینورایزوبیوم ملیلوتی*[7] سبب افزایش سرعت تنفس ریشه یونجه شده که این افزایش تنفس ریشه موجب افزایش جبرانی جذب و تحلیل کربن در بخش هوایی بوته و در نتیجه افزایش ۸ درصدی رشد گیاه می گردد.

بنابراین و با توجه به این نتایج مشخص می گردد که با کاربرد PGPR بکار برده شده در این پژوهش تسهیم ماده خشک بوته و ویژگی های ظاهری بوته مرتبط با رشد رویشی، همچنین ویژگی های رشد ریشه در هر سه دو رگ را تحت تأثیر قرار داده و به ترتیب دو رگ های ۷۰۴ ، B73×K18 و ۷۰۰ بیشتر تحت تأثیر تحریک کننده رشد آن ها قرار گرفتند و دو رگ ۷۰۴ دارای پایین ترین نسبت وزن خشک بخش هوایی بوته به ریشه بود که در مقایسه با شاهد ۲۸ درصد کاهش داشت. همچنین به ترتیب تلفیق باکتری های *ازتوباکتر کروکوکوم* + *آزوسپیریلیوم لیپوفروم* + *آزوسپیریلوم برازیلنس* + *سودوموناس فلورسنس* و *ازتوباکتر کروکوکوم* + *سودوموناس فلورسنس* و نیز باکتری های *ازتوباکتر کروکوکوم* و *سودوموناس فلورسنس* به تنهایی بیشترین تأثیر تحریک کنندگی رشد را بر ویژگی های مورد بررسی در این پژوهش بر هر سه دو رگ داشته اند. بر این مبنا، PGPR مورد استفاده در این پژوهش با افزایش نسبت ریشه به بخش هوایی دو رگ های مورد مطالعه، که بیانگر تسهیم بیشتر ماده خشک به ریشه است موجب افزایش رشد به نفع ریشه گردیده اند که در بهبود جذب آب و عناصر غذایی و به تبع آن افزایش تولید و عملکرد اثر قابل ملاحظه ای دارند.

بررسی ضرایب همبستگی ساده بین ویژگی های ظاهری بوته، تسهیم ماده خشک و ویژگی های ریشه مشخص ساخت که بین وزن خشک بوته با سطح، حجم، طول، وزن خشک و نسبت وزن خشک بخش هوایی بوته به وزن خشک ریشه، همچنین بین سطح ریشه با وزن خشک برگ، ساقه و نیز بین

1- High Performance Liquid Chromatograghy
2- Specific root length
3- Initiation
4- Brassinostroids
5- Triacontanol
6- Lumichrome
7- *Sinorhyzobium meliloti*

Archive of SID

www.SID.ir

حجم ریشه با طول ریشه و وزن خشک ساقه و سطح ریشه همبستگی مثبت و بین نسبت وزن خشک بوته به وزن خشک ریشه با طول و وزن خشک ریشه همبستگی منفی وجود داشت (جدول ۵).

به طورکلی با توجه به همبستگی ویژگی های ریشه با ویژگی های ظاهری بوته و ماده خشک بوته و تسهیم آن می توان چنین نتیجه گیری نمود که PGPR مورد بررسی در این پژوهش احتمالاً با ساز و کار تولید هورمون های گیاهی تحریک کننده رشد سبب افزایش رشد و نمو و تجمع ماده خشک بخش هوایی بوته شده و با افزایش رشد و نمو و توسعه ریشه در اثر ترشح مواد تحریک کننده رشد به وسیله این باکتری ها، جذب آب و عناصر غذایی افزایش یافته و در نتیجه موجب افزایش رشد بوته دو رگ های مورد مطالعه گردیده اند.

همچنین نتایج به دست آمده از این پژوهش وجود تفاوت بین دو رگ های مورد بررسی از لحاظ پاسخ به کاربرد PGPR را مشخص ساخت. برای توجیه این موضوع می توان چنین بیان داشت که احتمالاً دو رگ های مورد بررسی از لحاظ میزان و نوع ترکیبات موجود در مواد مترشحه از ریشه که نقش مهمی در برقراری و پایداری رابطه متقابل بین گیاه و PGPR بر عهده دارند با یکدیگر متفاوت اند. در این رابطه می توان به مشاهدات نیتو و فرانکنبرگر (۱۹۹۱) اشاره کرد که گزارش نمودند کاربرد ترکیبی از سویه تولید کننده سیتوکینین باکتری *ازتوباکتر کروکوکوم*، آدنین (ADE)[1] و ایزوپنتیل الکل (IA)[2] نسبت به کاربرد تک تک این ترکیبات و باکتری به تنهایی بر افزایش وزن خشک بخش هوایی بوته و ریشه و نیز ارتفاع ساقه، فاصله میانگره های ساقه در طی رشد رویشی ذرت در شرایط گلخانه مؤثرتر بوده است.

بنابراین احتمالاً تفاوت میان دو رگ های مورد بررسی از لحاظ وجود چنین ترکیبات یا ترکیبات مشابه در ترشحات ریشه که سبب تفاوت تأثیر PGPR بر رشد و نمو کل بوته از جمله سیستم ریشه گردیده را علت تفاوت پاسخ دو رگ های مورد بررسی نسبت به کاربرد PGPR به کار رفته در این پژوهش دانست.

بدین ترتیب و با توجه به برخورداری PGPR مورد بررسی در این آزمایش از قابلیت تولید مواد تحریک کننده رشد گیاه چنین به نظر می رسد که عمدتاً از طریق تأثیر این مواد بر تغییر الگوی تسهیم ماده خشک به نحوی که الگوی رشد گیاه به سمت ایجاد ریشه های بزرگتر، پرانشعاب تر و در نتیجه ریشه های دارای سطح بیشتر تغییر می کند سبب تحریک رشد گیاه میزبان می گردند (باشان و دوبروفسکی، ۱۹۹۶).

با توجه به نتایج بدست آمده از پژوهش و بحث و تفسیر آن ها مشخص گردید که در اثر ساز و کارهای احتمالی، رابطه متقابل هم افزایی[3] بین PGPR و دو رگ های ذرت بوجود آمده و روابط مثبت بین گیاه ذرت و این باکتری ها تقویت گردیده که منجر به افزایش رشد رویشی بوته و بهبود رشد ریشه شده است.

1- Adenine
2- Isopentil Alcohol
3- Synergistic

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- خلاصه تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تسهیم ماده خشک و برخی ویژگی های ظاهری بوته در شرایط گلخانه

منابع تغییرات	درجات آزادی d.f.	میانگین مربعات							
		ارتفاع بوته	ارتفاع بلال	قطر ساقه	تعداد برگهای بوته	تعداد برگهای بالای بلال	وزن خشک برگ ها	وزن خشک ساقه	وزن خشک گل تاجی	وزن خشک بوته
تکرار	۳	۱۷۶/۴۷۲^{ns}	۲۳۵/۶۴۹*	۰/۹۷۷^{ns}	۰/۶۲۲^{ns}	۰/۰۶۹^{ns}	۱/۸۴۶^{ns}	۶/۹۳۵*	۰/۱۱۸^{ns}	۰/۹۵۶^{ns}
دورگ ها	۲	۲۸۲/۲۶۰**	۵۰۴/۸۷۵**	۴/۷۲۰*	۰/۰۹۳^{ns}	۰/۰۳۱^{ns}	۷/۸۲۱*	۳۲/۶۱۲**	۲/۱۳۴**	۶۹/۷۰۱**
PGPR	۷	۵۵۰/۲۶۲**	۵۶۸/۷۱۳**	۶/۹۰۷*	۰/۷۸۴^{ns}	۱/۱۱۳^{ns}	۴/۲۳۳*	۳۱/۷۶۲**	۲/۰۷۷**	۷۹/۲۷۲**
دورگها× PGPR	۱۴	۲۳۱/۲۸۴**	۴۳۶/۲۰۸**	۷/۱۳۶*	/۷۱۳^{ns}	۱/۸۰۵^{ns}	۶/۵۰۴*	۵۶/۵۷۶**	۲/۱۷۳**	۷۶/۳۸۳**
اشتباه آزمایشی	۶۹	۴۶۰/۲۸۴	۱۳۸/۴۴۶	۱/۹۰۳	۰/۶۶۵	۰/۵۱۱	۰/۵۵۱	۱۰/۴۲۵	۰/۱۳۸	۶۲/۳۹۳
کل	۹۵									
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۲۵	۵/۷۵	۷/۳۴	۵/۰۱	۲/۰۵	۸/۳۲	۸/۴۲	۵/۶۶	۳/۱۲

ns غیر معنی دار ،* و**به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و۱درصد.

جدول ۲- خلاصه تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ویژگی های ریشه و نسبت وزن خشک بوته به ریشه

منابع تغییرات	درجات آزادی.d.f	میانگین مربعات				
		سطح ریشه	حجم ریشه	طول ریشه	وزن خشک ریشه	نسبت وزن خشک بوته به ریشه
تکرار	۳	۱۷۵۴۹/۸۶۸^{ns}	۲۹۶/۹۰۳*	۳۱۹۷۰۸۷/۱۱۱*	۱/۰۴۱^{ns}	۱/۲۸۹^{ns}
دورگ ها	۲	۱۵۶۵۲۰/۷۵۱*	۵۷۰/۵۹۴**	۳۲۳۵۲۲۲/۱۸۰*	۲/۲۴۹*	۲/۰۱۴*
PGPR	۷	۴۱۵۵۰۲/۲۰۶**	۴۱۰/۸۰۴**	۳۱۵۰۴۱۲/۱۰۵*	۳/۲۰۵*	۴/۲۱۶*
دورگ ها × PGPR	۱۴	۵۳۵۲۵۷/۲۴۰**	۵۶۲/۹۸۷**	۳۴۹۲۹۸۷/۸۸۲*	۴/۴۰۴**	۷/۱۹۱**
اشتباه آزمایشی	۶۹	۱۴۶۲۷۹/۴۷۶	۱۷۲/۱۳۵	۱۴۵۱۵۹۱/۹۰۸	۰/۸۱۸	۰/۹۳۹
کل	۹۵					
ضریب تغییرات(درصد)		۴/۹۰	۳/۱۹	۴/۳۰	۶/۱۴	۸/۲۰

ns غیر معنی دار ، * و **به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱درصد.

جدول۳- مقایسه میانگین های اثر متقابل دورگ ها و PGPR بر ویژگی های ظاهری بوته و تسهیم ماده خشک بوته در شرایط گلخانه

تیمار		ویژگی ها						
		ارتفاع بوته (سانتی متر)	ارتفاع بلال (سانتی متر)	قطر ساقه (میلی متر)	وزن خشک برگ ها (گرم)	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن خشک گل تاجی (گرم)	وزن خشک بوته (گرم)
دورگ۷۰۴	شاهد (عدم تلقیح)	۱۶۹/۰۰u	۶۱/۷۵u	۱۶/۶۵o	۱۶/۴۹q	۱۸/۱۲۸r	۱/۴۰۳q	۳۶/۷۰۴u
	Az	۱۸۵/۷۵g	۷۹/۷۵f	۱۸/۱۲۵f	۱۸/۲۷۸f	۲۴/۷۳۳f	۱/۸۳۲f	۴۵/۸۰۸g
	As	۱۷۱/۵۰s	۶۹/۵۰r	۱۷/۳۷۵m	۱۷/۰۱n	۱۹/۴۱۸p	۱/۵۱۵o	۳۸/۲۵r
	Ps	۱۸۰/۷۵j	۷۸/۰۰i	۱۷/۸۰h	۱۷/۹۴i	۲۱/۹۹۸h	۱/۷۱۵h	۴۱/۷۶۶j
	Az+As	۱۷۸/۵۰m	۷۴/۵۰l	۱۷/۶۷۵j	۱۷/۴۵k	۲۱/۱۴j	۱/۶۷۲i	۴۰/۴۴۱m
	Az+Ps	۱۹۰/۲۵d	۸۵/۲۵d	۱۸/۸۰c	۱۹/۳۰c	۲۸/۹۷c	۲/۰۷۰d	۴۸/۰۰۷d
	As+Ps	۱۷۵/۰۰p	۶۶/۲۵o	۱۷/۵۲۵k	۱۷/۲۴l	۲۰/۱۸۸m	۱/۶۰۲l	۳۹/۶۶۵o

Archive of SID

www.SID.ir

	Az+As+Ps	۲۰۰/۰۰a	۹۷/۵۰a	۱۹/۵۷۵a	۲۰/۹۵۵a	۳۰/۲۲۵a	۲/۳۶۳a	۵۲/۱۴۷a
	شاهد (عدم تلقیح)	۱۵۵/۲۵w	۵۳/۵۰w	۱۶/۲۵q	۱۵/۹۴۷r	۱۷/۶۶۸t	۱/۳۴۵s	۳۵/۴۲۱w
	Az	۱۷۴/۰۰i	۷۸/۲۵h	۱۷/۸۲۵h	۱۸/۰۵h	۲۴/۴۵۵g	۱/۷۶۰g	۴۴/۵۴۳i
	As	۱۵۹/۰۰u	۶۶/۰۰t	۱۷/۰۰n	۱۶/۷۹۷p	۱۸/۲۵۷q	۱/۴۳۲p	۳۶/۸۶۳s
دورگ۷۰۰	Ps	۱۶۹/۵۰l	۷۵/۲۵k	۱۷/۷۲۵i	۱۷/۴۸k	۲۱/۱۰۰j	۱/۷۰۳i	۴۰/۵۱۲l
	Az+As	۱۶۸/۲۵o	۷۲/۷۵n	۱۷/۵۵k	۱۷/۲۹۷l	۲۰/۴۷۵l	۱/۶۳۳j	۴۰/۰۷n
	Az+Ps	۱۷۶/۲۵f	۸۱/۲۵e	۱۸/۲۵e	۱۸/۳۳۸e	۲۶/۹۰۷e	۲/۰۵۳e	۴۷/۰۰f
	As+Ps	۱۶۲/۰۰r	۷۲/۷۵q	۱۷/۴۰l	۱۷/۱۱۲m	۱۹/۴۹۰o	۱/۵۲۰n	۳۸/۷۱۲q
	Az+As+Ps	۱۸۴/۰۰c	۹۱/۲۵c	۱۸/۸۲۵b	۱۹/۳۲۵c	۲۹/۲۵۷b	۲/۱۰۵c	۴۹/۳۴۳c
	شاهد (عدم تلقیح)	۱۶۸/۲۵v	۵۷/۷۵v	۱۶/۵۰p	۱۶/۴۵q	۱۷/۹۶۳s	۱/۳۹۷r	۳۶/۳۷۶v
	Az	۱۸۴/۲۵h	۹۷/۲۵g	۱۷/۹۲۵g	۱۸/۱۳۵g	۲۴/۵۷۷f	۱/۷۹۵g	۴۵/۱۰۴h
دورگ	As	۱۶۹/۷۵t	۶۶/۲۵s	۱۷/۰۰n	۱۶/۸۴o	۱۹/۳۷۰p	۱/۴۷۰p	۳۷/۴۷t
B73×K18	Ps	۱۷۹/۵k	۷۶/۲۵j	۱۷/۷۵i	۱۷/۷۳j	۲۱/۳۶۲i	۱/۷۱۰h	۴۱/۲۴۱k
	Az+As	۱۷۸/۲۵n	۷۴/۲۵m	۱۷/۶۵j	۱۷/۴۱۵k	۲۰/۸۱۵k	۱/۶۳۸k	۴۰/۲۸m
	Az+Ps	۱۸۶/۲۵e	۸۲/۵e	۱۸/۳۵d	۱۸/۷۳۲d	۲۸/۱۸۵d	۲/۰۵۸e	۴۷/۹۵۸e
	As+Ps	۱۷۲/۰۰q	۶۹/۵p	۱۷/۴۲۵l	۱۷/۱۷۸m	۲۰/۰۹۳m	۱/۵۵۷m	۳۹/۰۴۲p
	Az+As+Ps	۱۹۴/۰۰b	۹۳/۲۵b	۱۸/۸۵b	۱۹/۷۱b	۲۹/۴۱۰b	۲/۲۲۲b	۵۰/۲۷b

در هر ستون میانگین هایی که حداقل دریک حرف یکسان باشند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی دار ندارند.

جدول۴- مقایسه میانگین های اثر متقابل دو رگ ها و PGPR بر ویژگی های ریشه در شرایط گلخانه

		ویژگی ها				
	تیمار	سطح ریشه (سانتی متر مربع)	حجم ریشه (سانتی متر مکعب)	طول ریشه (میلی متر)	وزن خشک ریشه (گرم)	نسبت وزن خشک بوته به ریشه
	شاهد(عدم تلقیح)	۱۴۰۱/۵۳v	۳۵/۷۵۰r	۲۲۷۸/۴۰۰v	۲۲/۳۳۰p	۵/۹۳۲r
	Az	۱۷۵۹/۶۸۸g	۵۴/۷۵۰f	۳۰۸۸/۳۰۰g	۲۳/۲۶۰f	۶/۸۹۵f
	As	۱۴۲۷/۱۶۳s	۴۳/۷۵۰o	۲۳۳۶/۲۵۰s	۲۲/۶۴۳m	۶/۱۵۵o
دورگ۷۰۴	Ps	۱۶۴۶/۹۲۵j	۵۲/۵۰۰h	۲۸۲۱/۲۰۰j	۲۳/۱۷۰g	۶/۷۹h
	Az+As	۱۳۶۸/۸۷۹m	۴۹/۷۵۰j	۲۶۰۷/۷۰۰m	۲۳/۰۱۲i	۶/۶۴۵k
	Az+Ps	۱۸۳۸/۳۶۸d	۵۹/۷۵۰d	۳۶۶۴/۵۷۵d	۲۴/۱۱۷d	۷/۶۵۰c
	As+Ps	۱۵۳۲/۵۷۹p	۴۷/۵۰۰l	۲۴۹۸/۶۷۵p	۲۲/۸۶۵k	۶/۳۸۵m
	Az+As+Ps	۱۸۸۷/۴۸۵a	۷۹/۲۵a	۴۴۱۲/۱۷۵a	۲۵/۴۹۸a	۸/۲۵۸a
	شاهد(عدم تلقیح)	۱۱۴۵/۸۸۵x	۲۹/۰۰۰t	۱۸۸۲/۳۵۰w	۲۲/۱۳۳r	۵/۱۵۵u
	Az	۱۵۹۰/۷۱i	۵۲/۷۵۰h	۲۸۴۱/۳۲۵i	۲۳/۱۹۰g	۶/۸۵۰g
	As	۱۱۶۱/۵۳۵u	۳۶/۷۵۰q	۲۰۳۷/۷۰۰u	۲۲/۴۶۸o	۵/۹۵۰q
دورگ۷۰۴	Ps	۱۴۷۰/۴۲۶l	۵۱/۰۰۰i	۲۷۲۱/۱۷۵l	۲۳/۱۰۵h	۶/۶۷۵j
	Az+As	۱۵۴۵/۸۳o	۴۸/۷۵۰k	۲۵۴۹/۸۵۰o	۲۲/۹۱۰j	۶/۳۹۵l
	Az+Ps	۱۶۳۰/۹۱۳f	۵۸/۰۰۰e	۳۲۸۶/۳۲۵f	۲۳/۶۹۲e	۷/۰۵۳e
	As+Ps	۱۳۴۸/۲۹r	۴۴/۲۵۰n	۲۴۱۸/۵۷۵r	۲۲/۷۱۸m	۶/۲۴۰o
	Az+As+Ps	۱۷۵۹/۶۶۳c	۶۴/۰۰۰c	۳۷۶۹/۱۵۰c	۲۴/۷۸۵c	۷/۷۹۸b
	شاهد(عدم تلقیح)	۱۱۶۰/۲۷۵w	۳۲/۷۵۰s	۲۰۷۳/۷۰۰u	۲۲/۲۰۸q	۵/۹۱۸t
	Az	۱۶۹۱/۳۴۰h	۵۳/۵۰۰g	۲۹۰۱/۴۰۰h	۲۳/۲۱۵f	۶/۸۶۰g
	As	۱۲۷۹/۸۱۸t	۳۹/۵۰۰p	۲۲۷۸/۴۰۰t	۲۲/۵۶۰n	۶/۰۸۰p
دورگ	Ps	۱۶۱۹/۳۹۱k	۵۱/۵۰۰i	۲۷۶۳/۴۵۰k	۲۳/۱۱۵h	۶/۷۴۳i
B73×K18	Az+As	۱۴۶۰/۵۶۸n	۴۹/۵۰۰j	۲۵۸۹/۹۰۰n	۲۲/۹۲۰j	۶/۴۱۰l
	Az+Ps	۱۷۱۲/۰۰۵e	۵۸/۵۰۰e	۳۶۳۱/۲۰۰e	۲۴/۰۷۵d	۷/۲۲۸d
	As+Ps	۱۴۳۹/۷۰۵q	۴۶/۷۵۰m	۲۴۴۷/۵۰۰q	۲۲/۸۰۸l	۶/۳۵۲n
	Az+As+Ps	۱۸۷۷/۷۴۸b	۶۸/۰۰۰b	۳۸۱۳/۶۵b	۲۴/۹۵۸b	۸/۲۵۷a

* در هر ستون میانگین هایی که حداقل در یک حرف یکسان باشند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی دار ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۵- ضرایب همبستگی ساده بین تسهیم ماده خشک و برخی ویژگی های ریشه و بوته در شرایط گلخانه

ویژگی ها	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۱. ارتفاع بوته	۱											
۲. ارتفاع بلال	۰/۴۶۰**	۱										
۳. قطر ساقه	۰/۲۲۰*	۰/۰۹۵ns	۱									
۴. وزن خشک برگ	۰/۳۲۶**	۰/۱۱۸ns	۰/۳۲۸**	۱								
۵. وزن خشک ساقه	۰/۳۹۱**	۰/۹۷ns	۰/۲۸۵**	۰/۵۲۳**	۱							
۶. وزن خشک گل تاجی	۰/۴۱۵**	۰/۱۲۴ns	۰/۰۲۵ns	۰/۳۸۰**	۰/۶۵۶**	۱						
۷. وزن خشک بوته	۰/۴۱۰**	۰/۰۹۲ns	۰/۲۷۰**	۰/۵۷۷**	۰/۷۶۷**	۰/۴۷۹**	۱					
۸. سطح ریشه	۰/۱۳۵ns	۰/۰۵۸ns	۰/۰۵۳ns	۰/۳۴۶**	۰/۴۴۶**	۰/۱۵۹ns	۰/۵۹۰**	۱				
۹. حجم ریشه	۰/۱۵۱ns	۰/۰۸۸ns	۰/۰۸۶ns	۰/۱۴۷ns	۰/۴۳۸**	۰/۲۰۹*	۰/۴۰۷**	۰/۴۹۲**	۱			
۱۰طول ریشه	۰/۴۱۴**	۰/۱۵۴ns	۰/۴۱۲**	۰/۵۴۷**	۰/۷۲۷**	۰/۴۸۳**	۰/۵۷۰**	۰/۴۲۳**	۰/۴۱۳**	۱		
۱۱. وزن خشک ریشه	۰/۳۷۸**	۰/۱۳۷ns	۰/۳۳۶**	۰/۴۴۶**	۰/۷۴۳**	۰/۵۱۵**	۰/۵۱۴**	۰/۴۰۳**	۰/۳۷۳**	۰/۹۰۹**	۱	
۱۲. نسبت وزن خشک بوته به ریشه	۰/۰۴۳ns	۰/۰۶۵ns	-۰/۱۵۳ns	۰/۰۵۶ns	۰/۱۲۵ns	۰/۱۴۵ns	۰/۲۰۶*	۰/۱۲۰ns	-۰/۰۰۹ns	-۰/۳۶۳**	-۰/۲۹۴**	۱

ns غیر معنی دار ،* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

فهرست منابع:

۱. بی‌نام، ۱۳۸۸. آمار نامه کشاورزی، جلد اول: محصولات زراعی وباغی(۸۶-۱۳۸۵). نشریه شماره ۸۸/۰۹ دفتر آمار و فن‌آوری اطلاعات معاونت برنامه‌ریزی و اقتصاد وزارت جهاد کشاورزی، تهران.

۲. روستا،م.ج، صالح راستین ،ن. و مظاهری اسدی ،م.۱۳۷۷.بررسی وفعالیت *آزوسپیریلوم* در برخی از خاک های ایران. مجله علوم کشاورزی ایران. ۲۹۸-۲۸۵ :۲۹.

3. Atlas, R.M. 2005. Media for environmental microbiology. 2nd. Ed. Published by Taylor and Francis.USA.
4. Anonymus, 2008. Agricuture statistics, first volume-horticultural and field crops, 2005-6 crop year. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Programing and economics deputy, Statistics and information technology office, no. 85/09.
5. Banerjee, M.R., L. Yesmin, and J.K.Vessey. 2006. Plant-growth-promoting rhizobacteria as biofertilizers and biopesticides, pp.137-181.in: Handbook of microbial biofertilizers. Ed., Rai, M.K., Food Production Press, U.S.A.
6. Barber, S.A., and J.H.Cushman. 1981. Nitrogen uptake model for agronomic crops., pp. 382-409. in: Modeling waste water renovation-land treatment. Ed., Iskander, I.K., Wiely-Interscience, New York.
7. Bashan, Y., and J.G. Dubrovsky. 1996. *Azospirillum* spp. Participation dry matter partitioning in grasses at the whole plant level. Biology and Fertility of Soils, 23: 435-440.
8. Bohn, W. 1979. Methods of studying root systems. Ecological Studies, 33:188. Springer-Verlag, Berlin.
9. Burd, G.I., D.G., Dixon, and B.R.Glick. 1998. A plant growth-promoting bacterium that decreases nickel toxity in seedlings. Applied and Environmental Microbiology, 64:3663-3668.
10. Fallik, E., Y. Okon, E., Epstin, A., Goldman, and M. Fischer. 1989. Identification and quantification of IAA and IBA in *Azospirillum braziliens* inoculated maize roots.Soil Biol. Bioch. 21: 147-153.

Archive of SID

www.SID.ir

11. FAO, 2005. 20 selected indicators of food and agriculture development in asia-pacific region (1994-2004). FAO, Rome, Italy.
12. Fulchieri, M. and L.Frioni. 1994. *Azospirillum* inoculation on maize (*Zea mays* L.):effect on yield in a field experiment in central Argentina.Soil Biol. Bioch. 26:921-923.
13. Glick, B.R., C.B., Jacobsen, M.M.K. Schwartze, and Pasternak, J.J. 1994. 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase mutants of plant growth promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2 do not stimulate canola root elongation.Canadian J. Microbiol. 40:911-915.
14. Gonzalez-Lopez,J., M.V., Martinez-Toledo, S. Riena, and V. Salmeron, 1991. Root exudates of maize and production of auxin, gibberellins,cytokinin,amino acids and vitamins by *Azotobacter chroococcum* in chemically-defiend mediated dialyzed-soil media. Technol. Environ. Chem. 33: 69-78.
15. Grichko, V.P., and B.R. Glick. 2001. Amelioration of flooding stress by ACC deaminase-containing plant growth-promoting bacteria. Plant Physiol. Bioch. 39:11-17.
16. Hall, J.A., D., Pierson, S. Ghosh, and B.R. Glick, 1996. Root elongation in various agronomic crops by the plant growth promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2. Isr. J. Plant Sci. 44: 37-42.
17. Hubbel, D.H., T.M., Tien, M.H., Gaskins, and J., Lee. 1979. Physilogical intractions in the *Azospirillum*-grass root association, pp.1-6. in:Associative N2 – fixation. Eds., Vose, P.B. and Ruschel, A.P. CRC Press, Boca Raton. FL.
18. Jacoud,C., D., Faure, P. Wadoux, and R. Bally. 1999. Initiation of root groth simulation by *Azospirillum lipoferum* CRT1 during maize seed germination.Can. J. Microbiol. 45:339-342.
19. Javed, M., M., Arshad, and K., Ali. 1998. Evaluation of rhizobacteria for their growth promoting activity in maize. Pak. J. Soil Sci. 14: 36-42.
20. Manaffee, W.F. and J.W., Kloepper. 1994. Applications of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture. In: Soil biota management in sustainable farming systems, C.E., Pankburst, B.M.,Doube, V.V.S.R., Gupta, and P.R., Grace, eds. Pp:23-31 CSLRO, pub. East Melbourne, Australia.
21. Kapulnik, Y., S. Sarig, A. Nur, Y. Okon, and Y., Henis. 1982. The effect of *Azospirillum* inoculation on growth and yield of corn. Isr. J. Bot. 31:247-255.
22. Molla, A.H., Z.H., Shamsuddin, M.S., Halimi, M., Morziah, and A.B., Puteh. 2001. Potential for enhancement of root growth and nodulation of soybean co-inoculated with *Azospirillum* and *Bradyrhizobium* in laboratory system. Ann. Microbiol. 33:457-463.
23. Newman, E.I.1966. Amethod of estimating the total lengh of root in asampel.Journal of Appl. Ecol. 3:139-145.
24. Nieto, K.F. and W.T.(Jr.), Frankenberger. 1991. Influence of adenine, isopentyl alcohol and *Azotobacter chroococcum* on the vegetative growth of *Zea mays*. Plant Soil. 135:213- 221.
25. Pan,B., Y.M., Bai, S. Leibovitch, and D.L. Smith. 1999.Plant growth promoting rhizobacteria and kinetin as ways to promot corn growth and and yield in a short growing season area.Eropean Journal of Agronomy, 11:179-186.
26. Patten, C.L. and B.R. Glick. 2002. Role of *Pseudomonas putida* indolacetic acid in development of the host plant root system. Appl. Environ. Microbiol. 38: 3795-3801.
27. Phillip, D.A., C.M., Joseph, G.P., Yang, E., Martinez-Romero, J.R. Sanborn, and H. Volpin. 1999. Identification of lumichrome as a *Sinorrhizobioum* enhancer of alfalfa root respiration and shoot growth. Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 96: 12275-12280.

Archive of SID

www.SID.ir

28. Ribaudo, C.M., A.N., Paccusse, D.P., Rondanini, J.A., Curu, and A.A. Fraschina. 1998. *Azospirillum*- maize association: effects on dry matter yield and nirte reductuse activity. Agricultura Tropica et Subripica, 31: 61-70.
29. Rohitashav-Singh, Sood, B.K., V.K. Sharma, and R.Singh, 1993. Response of forage maize (*Zea mays* L.) to *Azotobacter* inoculation and nitrogen. Ind. J. Agron. 38: 555-558.
30. Sarig, S., Y., Okon, and A. Blum. 1992. Effect of *Azospirillum brasilense* inoculation on growth dynamics and hydraulics conductivity of *Sorghum bicolor* roots. J. Plant Nut. 15:805-819.
31. Sharma, A.K. 2003. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India.
32. Sturz, A.V. and B.R. Christie. 2003. Beneficial microbial alleloplathies in the root zone: the management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. Soil Tillage Res. 72: 107-123.
33. Tollenaar, M and W. Migus. 1984. Dry matter accumulation of maize growth hydroponically under controlled-environment and field conditions. Can. J. Plant Sci. 64: 475-485.
34. Vedderweiss, D., E., Jukervitch, S., Burdman, D. Weiss, and Y. Okon. 1999. Root growth respiration and beta-glocosidase activity in maize (*Zea mays* L.) and common bean(*Phaseolus vulgaris*) inoculated with *Azospirillum brasilense*. Symbiosis, 26:367-377.
35. Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant Soil. 255: 271- 586.
36. Vessey, J.K. and T.J. Buss. 2002. *Bacillus cereus* UW85 inoculation effects on growth, nodulation, and N accumulation in grain legumes. Controlled-environment studies. Can. J. Plant Sci. 82:282-290.
37. Vivanco, J.M. and H.E. Flores. 2000. Control of root formation by plant growth regulators, pp.1-25. in: Plant growth regulators in agriculture and horticulture. Ed., Basra, A.S., Food Products Press, New York.
38. Zahir, A.Z., M., Arshad, and A. Khalid. 1998a. Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. Pak. J. Soil Sci. 15: 7-11.
39. Zahir, A.Z., S.A., Abbas, A. Khalid, and M. Arshad. 2000. Substrate dependnd microbially derived plant hormones for improving growth of maize seedlings. Pak. J. Biol. Sci. 3:289-291.
40. Zahir, A.Z., M. Arshad, and W.F. Frankenberger (Jr.). 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. Adv. Agron. 81:97-168.

Archive of SID

www.SID.ir