اثر ریزوباکتریهای محرک رشدگیاهی بر میزان عناصر ماکرو و عملکرد گیاه آلوئه ورا در شرایط گلخانه

تورج خوشبخت*[۱]، فرزانه بهادری[۲]، احمد خلیقی[۳] و محمد معز اردلان [۴]

۱) دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی،گروه باغبانی، تهران، ایران.
۲) مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام، سمنان، ایران.
۳) دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، استادیار گروه علوم باغبانی، تهران، ایران.
۴) دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشیار گروه آب وخاک، تهران، ایران.

مقاله با پایان نامه دانشجویی مرتبط است.
* **نویسنده مسئول مکاتبات** toraj1354k@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۱۷ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۳/۲۱**

چکیده

اثر باکتریهای آزوسپیریلیوم لیپوفروم (*Azospirillum lipoferum*) و سودوموناس پوتیدا (*Pseudomonas putida*) بر گیاه آلوئه ورا (*Aloe vera*) در کشت گلدانی و در شرایط گلخانه ای ارزیابی شد. مطالعه حاضر بر پایه طرح آزمایشی بلوک کامل تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل:(۱-گیاهان شاهد۲-تلقیح با باکتری آزوسپیریلیوم لیپوفرم۳-تلقیح با باکتری سودوموناس پوتیدا۴-تلقیح با مخلوطی از دو باکتری)بودند. تجزیه و تحلیلهای آماری نشان داد که باکتریهای محرک رشد گیاهی که دراین تحقیق آزمایش شدند اثرات معنی داری بر افزایش فاکتورهای رشدی نظیر وزن تر و خشک ریشه و برگها، تعداد و طول برگ و ریشه، سطح برگ و میزان جذب فسفر و پتاسیم در آلوئه ورا داشته اند. بیشترین اختلاف معنی دار در تلقیح باکتری سودوموناس پوتیدا مشاهده شد. این تیمار بطور معنی دار و در حدود ۴۲.۲ درصد نسبت به گیاهان شاهد سبب افزایش عملکرد گردید. نتایج حاصل از این تحقیق نشانگر پتانسیل موجود در کاربرد باکتریهای محرک رشد در تولید گیاه آلوئه ورا است.

واژه های کلیدی: آلوئه ورا، سودوموناس پوتیدا و آزوسپیریلیوم لیپوفروم.

مقدمه

درچند دهه اخیر مصرف نهاده های شیمیایی درکشت های گلخانه ای موجب معضلات زیست محیطی عدیده ای از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصلخیزی خاکها گردیده است (Sharma, 2002). کشاورزی پایدار برپایه مصرف کودهای زیستی با هدف حذف یا تقلیل چشمگیر درمصرف نهاده های شیمیایی، یک راه حل مطلوب جهت غلبه براین مشکلات به شمارمی آید. گیاهان دارویی ازجمله آلو ئه ورا که محصولی کیفی می باشد، گزینه مناسبی برای تولید درسیستم کشاورزی پایدار محسوب می شود و به نظر می رسد که در چنین شرایطی حداکثر رشد و عملکرد از آنها حاصل می گردد (Gupta *et al*., 2002). بررسی های انجام گرفته حاکی از آن است که ساخت مواد موثره درگیاهان دارویی تحت تاثیر ژنوتیپ و عوامل محیطی است (Omidbaigi, 1997). باکتری ها از جنس «آزو سپریلیوم برازیلینس» جزء ارگانیسمهای تثبیت کننده ازت در ریزوسفر هستند. این باکتریها علاوه بر تثبیت ازت، باعث افزایش جذب آب و مواد غذایی توسط ریشه ها و افزایش۷۰ درصدی وزن خشک ریشه ها و در نهایت، باعث افزایش عملکرد محصول می گردند. در آزمایشی که بر روی یونجه انجام شد، باعث رشد یونجه و افزایش میزان جوانه زنی بذر و رشد بوته و جذب عنصرآهن موجود در خاک گردید (Okon and Itzigsohn, 1995). درپژوهشی گندم هایی که با آب شور (آب دریا) آبیاری می گردیدند، از باکتری آزوسپریلیوم برازیلنس Sp-۲۴۸ با سطوح مختلف کود ازته استفاده شد که این باکتری باعث افزایش ارتفاع گیاه (بوته و وزن خشک ریشه) و در نهایت، افزایش عملکرد محصول گردید. همچنین این باکتری باعث کاهش غلظت های نمک سدیم و افزایش غلظت عناصر N-P-K-Ca گردید (Alamri and Mostafa, 2009). از گیا هان دارویی ارزشمند می توان به آلوئه ورا اشاره کرد که از اهمیت زیادی درجهان برخوردار است. این گیاه از جمله مهمترین گیاهان زینتی و دارویی به شمار می آید که استفاده از آن در درمان بیماریهای مختلف، از قدیم الایام مرسوم بوده است و با توجه به شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک کشور می تواند جهت کشت و پرورش انبوه، مورد استفاده قرار گیرد. در تحقیقی به منظور اطلاع از صفات محرک رشد گیاهی سودوموناس های فلورسنت بومی خاک های ایران، از تعداد ۴۰ خاک ریزوسفری گندم تعداد ۲۵ سویه سودوموناس فلورسنت، جداسازی و صفات محرک رشد گیاهی آنها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که کلیه ی سویه های مورد مطالعه توانایی تولیداکسین را دارند (سلطانی طولارود و همکاران، ۱۳۸۶). در پژوهشی تاثیر ریزوباکتریهایی مانند سودوموناس فلورسنس روی آویشن شیرین (*origanam majorana* L.) انجام شد و مشاهده گردیدکه شاخصهایی ازقبیل: چربیهای ضروری و افزایش طول گیاه، وزن شاخساره، تعداد برگها، تعداد گره و وزن خشک ریشه در مقایسه با شاهد تفاوتهای معنی دار را نشان دادند (Banchio *et al*., 2008). در آزمایشی درکشورکوبا اثر کود های بیولوژیک را روی دو گیاه دارویی بابونه و همیشه بهار مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از آن بود که کاربرد این کود ها در

همیشه بهار باعث افزایش عملکرد گل و بهبود کیفیت دارویی شد، در حالیکه در بابونه باعث افزایش عملکردگل شد، اما برکیفیت اثری نداشت (Banerijee *et al*., 2006) و (Sanches Govin *et al*., 2005). مدیریت کود یک عامل اصلی در کشت موفقیت آمیز گیاهان دارویی است (Chatterjee, 2002). به منظور بررسی تاثیر کاربرد باکتری های افزاینده رشد گیاه، ازتوباکترکرووکوکوم، آزوسپیریلوم لیپوفروم، آزوسپیریلوم برازیلنس وسودوموناس فلورسنس بر فنولوژی و عملکرد دانه دورگ های ساده دیررس ذرت ۷۰۰، ۷۰۴ و یک دورگ امید بخش (B۷۳×K۱۸) به مدت دو سال به اجرا گذاشته شد. تیمارهای آزمایش شامل تلقیح بذرهای این دورگ ها با تک تک باکتری ها و تلقیح توام با مایع تلقیح تلفیق دو به دو و سه جنس باکتری و عدم تلقیح باکتریایی به عنوان تیمار شاهد بودند. نتایج به دست آمده نشان داد که استفاده از باکتری های افزاینده رشد گیاه مورد بررسی، فنولوژی دورگ های ذرت را تحت تاثیر قرار داد، به طوری که ظهور برگ ها، گل تاجی، دانه های گرده و کاکل تسریع شده و طول دوره گرده افشانی، کاکل دهی، تطابق گل دهی و پرشدن دانه، افزایش یافت. همچنین مشخص گردید که تلقیح بذر دورگ ها با تلفیقی از هر سه باکتری، بیشترین تاثیر مثبت را برفنولوژی دورگ های ذرت داشته است (حمیدی وهمکاران، ۱۳۸۸). استفاده از باکتری آزوسپیریلیوم برازیلنس بر روی گندم (*Triticum aestivum* L.) باعث افزایش میزان عملکرد محصول و قدرت رشد رویشی (بزرگتر شدن طول خوشه و ریشه ها) و افزایش ماده خشک از ۱۲/۹ درصد به ۲۲ درصد گردید، ضمنا میزان بذرهای برداشت شده گندم از ۱/ ۶ درصد به ۸ درصد رسید و عملکرد محصول به میزان ۲۶۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت (Diaz- Zortia and Fernandez –Canigia, 2008). به منظور بررسی اثر کودهای زیستی برگل دهی، عملکرد بیولوژیک و درصد همزیستی ریشه با قارچ میکوریزا درگیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) آزمایشی با استفاده ازعامل های قارچ میکوریزایی (تلقیح وعدم تلقیح)، کود فسفات زیستی (۳۰،۰و۶۰ کیلوگرم درهکتار) و ورمی کمپوست (۵،۰و۱۰ تن درهکتار) به اجرا درآمد و مقایسه بین این تیمارها با یک تیمار شاهد کود شیمیایی (NPK به میزان۹۰،۶۰ و۹۰ کیلوگرم درهکتار) انجام گرفت. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که کود فسفات زیستی دارای اثر معنی داری بر ویژگی های مورد بررسی دارد به طوری که بیشترین تعداد چتر در بوته و درصد همزیستی ریشه با کاربرد ۶۰ کیلوگرم از آن و بیشترین عملکرد بیولوژیک با کاربرد ۳۰ کیلوگرم از آن بدست آمد (درزی و همکاران، ۱۳۸۷). درتحقیقی تاثیر ریزو باکتری های محرک رشد مانند: ازتوباکترها، آزوسپریلیوم و سودوموناس، در افزایش ماده خشک و عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) انجام شد و مشاهده گردید که استفاده از ترکیب این باکتری ها باعث افزایش تعداد گره ها در گیاه، عملکرد دانه، ماده خشک و عملکرد پروتئین در مقایسه با شاهد می گردد (Rokhzadi *et al*., 2008). آزمایشی که بر روی هلوی *Prunus cerasifera* کلون ۲۱۵Mr.s توسط باکتری آزوسپیریلیوم برازیلینس ۲۴۵sp انجام گردید، مشاهده شد که این باکتری باعث افزایش سیستم تارهای کشنده و وزن ریشه و همچنین باعث افزایش

هورمون IBA و کاهش بیماریهـای ریشـه مـی گـردد (Russo *et al*., 2008). در آزمـایش گلخانـه ای درمصـر روی گیـاه مرزنجوش نشان دادند که کود های بیو لوژیـک شـامل ازتـو بـاکتر، آزوسـپیریلیوم و بـاکتری هـای حـل کننـده فسـفات روی شاخصهای رشدی و میزان اسانس آن اثرات قابل توجهی دارد (Fatma *et al*., 2006).

مواد و روش ها

محل آزمایش در روستای حسن آباد سمنان، درشرایط گلخانه در زمینی به مساحت ۱۰۰۰۰ متر مربع انجـام و نـوع طـرح آماری بکار رفته در این آزمایش طرح بلوک های کاملا تصادفی در سه تکرار بـا چهـار تیمـار کـه از هـر تیمـار شـش مشـاهده (گلدان) اجرا و تیمارها به صورت: تیماراول: کنترل (شاهد)، تیماردوم: کود زیستی «آزوسپیریلیوم لیپـوفروم»، تیمارسـوم: کـود زیستی «سودوموناس پوتیدا»، تیمارچهارم: کودزیستی« تلفیقی سودوموناس و آزوسپیریلیوم» تعیین شدند و به منظـور انـدازه گیری صفات مورفولوژیکی، بعد از تهیه پاجوش های گیاه آلوئـه ورا، گلـدانهای پلاسـتیکی بـه ارتفـاع ۲۲ سـانتیمتر و قطـر۱۶ سانتیمتر به تعداد ۷۲ عدد تهیه و بستر خاک به نسبت ۲۰ درصد خاکبرگ پوسیده، ۲۰ درصد کود حیوانی پوسیده، ۱۰درصد خاک باغچه و ۵۰ درصد ماسه شسته مخلوط و داخل گلدان ها پر شد. سویه ها (Strains) از مرکز تحقیقات منـابع طبیعـی و امور دام استان سمنان تهیه شد و با مقیاس نیم مک فارلند غلظت سنجی شد تا برای تلقیح ریشه ها استفاده گردد. آبیـاری در طول آزمایش در۸۰ درصد ظرفیت زراعی برای همه تیمارها انجام شد. میانگین طول برگها محاسبه شـد. انـدازه گیـری میـزان عنصر نیتروژن برگ از روش کجلدال (Cejeldall)، اندازه گیری میزان عنصر فسفر برگ با دراسـید حـل وشـدت رنـگ واصـل توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Spectophotometer) تعیین گردید و جهت اندازه گیری میزان عنصر پتاسیم بـرگ دراسـید حل وسپس از طریق روش فلم فتومتری (Flam Photometer) اندازگیری گردید، طول ریشه ها (سانتی متـر)= {وزن ریشـه ها (میلی گرم)}× ۰/۸۹۰ و وزن تر ریشه ها و اندام هوایی گیاهان، اندازه گیری و سپس آنها را داخل آون به مدت ۴۸ ساعت با درجـه حـرارت ۸۰ درجـه سـانتی گـراد خشـک گردیـد و بـا تـرازوی حسـاس دیجیتـال انـدازه گیـری و ثبـت گردیـد (Newman, 1966). اندازه گیری میزان سطح برگ ها با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ (ساخت انگلستان) در مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان سمنان انجام گردید. بعد از خارج نمودن گیاهان انتخابی از گلـدان هـا، خـاک اطـراف ریشه ها تمیز و ریشه ها با تیغ قطع شد و تعداد آنها شمارش و میانگین طول ریشه ها (براساس فرمول نیومن) اندازه گیـری و ثبت گردید. وزن تر ریشه ها و اندام هوایی گیاهان اندازه گیری و سپس آنها را داخل آون به مدت ۴۸ ساعت با درجـه حـرارت ۸۰ درجه سانتیگراد خشک گردید و با ترازوی حساس دیجیتال اندازه گیری و ثبت گردید. اندازه گیری میزان سـطح برگهـا بـا استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ (Leaf area meter) (ساخت انگلستان) در مرکز تحقیقـات منـابع طبیعـی و امـور دام

استان سمنان انجام گردید. بعد از نتایج به دست آمده تجزیه و تحلیل آماری با استفاده ازنرم افزارکـامپیوتری MSTAT-C و مقایسه میانگین ها با آزمون چند دامنه ای دانکن و ترسیم گرافها با Excell انجام شد.

نتایج و بحث

وزن تر اندام هوایی و ریشه گیاه

با توجه به جدول تجزیه واریانس ۱، اثرکودهای زیستی بر وزن تر اندام هوایی و ریشه گیاه آلوئـه ورا در سـطح ($P \leq ۰/۰۵$) معنی دار شد و بر اساس نتایج مقایسه ی میانگین ها جدول ۲، وزن تر اندام هـوایی و ریشـه گیـاه در اثـر تیمـار بـا کودهـای بیولوژیک از گیاهان شاهد بیشتر بود و در سطح آماری برتر قرار گرفت.

وزن تر اندام هوایی گیاه

با توجه به جدول تجزیه واریانس ۱، اثر کودهای زیستی بر وزن تر اندام هوایی گیاه آلوئه ورا در سـطح ($P \leq ۰/۰۵$) معنـی دارشد و بر اساس نتایج مقایسه ی میانگین ها جدول۲، وزن تر اندام هوایی گیاه در اثر تیمار با کودهـای بیولوژیـک نسـبت بـه گیاهان شاهد افزایش معنی داری را نشان داد.

وزن تر ریشه گیاه

با توجه به جدول تجزیه واریانس ۱، اثر کودهای زیستی بر وزن تر ریشه گیاه آلوئه ورا در سطح ($P \leq ۰/۰۵$) معنی دار شد و بر اساس نتایج مقایسه ی میانگین ها جدول۲، وزن تر ریشه گیاه در اثر تیمار با کودهای بیولوژیک نسبت به گیاهـان شـاهد افزایش معنی داری را نشان داد.

وزن خشک اندام هوایی

با توجه به جدول تجزیه واریانس ۱، اثر کودهای زیستی بر وزن خشک اندام هوایی گیاه آلوئه ورا معنی دار نشد.

وزن خشک ریشه

با توجه به جدول تجزیه واریانس ۱، اثر کودهای زیستی بر وزن خشک ریشه گیاه آلوئه ورا معنی دار نشد.

میانگین طول برگ ها

باتوجه به جدول تجزیه واریانس ۱، اثر کودهای زیستی بر میانگین طول برگ هـای گیـاه آلوئـه ورا در سـطح ($P \leq ۰/۱۰$) معنی دار شد. براساس نتایج مقایسه ی میانگین ها جدول۲، طول برگ گیاه در اثر تیمار باکودهای بیولوژیک از گیاهان شـاهد بیشتر بود و در سطح آماری برتر قرار گرفت.

میانگین طول ریشه گیاه

با توجه به جدول تجزیه واریانس ۱، اثر کودهای زیستی بر میانگین طول ریشه گیاه آلوئه ورا در سطح ($P \leq ۰/۰۵$) معنی دارشد و براساس نتایج مقایسه ی میانگین ها جدول۲، میانگین طول ریشه گیاه در اثر تیمار با کودهای بیولوژیک در مقایسه با شاهد، افزایش معنی داری را نشان دادند و در سطح آماری برتر قرار گرفتند.

میانگین تعداد برگ گیاه

باتوجه به جدول تجزیه واریانس ۱، اثرکودهای زیستی برمیانگین تعداد برگ گیاه آلوئه ورا معنی دار نشد، اما بر اساس نتایج مقایسه ی میانگین ها جدول ۳ و آزمون دانکن، بیشترین افزایش تعداد برگ در مقایسه با شاهد مربوط به تیمار با باکتری «سودوموناس پوتیدا» بود و تیمارهای دیگر تفاوتی با شاهد نشان ندادند.

میانگین تعداد پاجوش گیاه

باتوجه به جدول تجزیه واریانس ۱، اثر کودهای زیستی بر میانگین تعداد پاجوش گیاه آلوئه ورا معنی دار نشد.

میانگین سطح هربرگ

باتوجه به جدول تجزیه واریانس ۳، اثر کودهای زیستی بر میانگین سطح برگ گیاه آلوئه ورا در سطح ($P \leq ۰/۰۱$) معنی دارشد و بر اساس نتایج مقایسه ی میانگین ها جدول ۴، بیشترین افزایش سطح برگ مربوط به تیمار با باکتری «سودوموناس پوتیدا» و پس از آن به ترتیب مربوط به «تلفیق دوباکتری» و سپس تیمار با باکتری «آزوسپریلیوم لیپوفروم» بود و کمترین سطح برگ مربوط به گیاهان شاهد بود.

میانگین سطح اندام هوایی گیاه درهرتیمار

باتوجه به جدول تجزیه واریانس ۳، اثرکودهای زیستی بر سطح اندام هوایی گیاه آلوئه ورا در سطح ($P \leq ۰/۰۵$) معنی دار شد و براساس نتایج مقایسه ی میانگین ها جدول ۴ همه ی تیمارهای مربوط به کودهای بیولوژیک در مقایسه با شاهد، افزایش معنی داری را نشان دادند، ولی تفاوت معنی داری بین باکتری های به کار رفته با یکدیگر در این صفت مشاهده نشد.

میزان نیتروژن جذب شده توسط گیاه

باتوجه به جدول تجزیه واریانس ۳، اثر کودهای زیستی بر میزان نیتروژن جذب شده توسط گیاه آلوئه ورا معنی دار نشد.

میزان فسفرجذب شده توسط گیاه

با توجه به جدول تجزیه واریانس ۳، اثر کودهای زیستی بر میزان فسفرجذب شده توسط گیاه آلوئه ورا در سطح ($P \leq ۰/۰۱$) معنی دار شد و با توجه به نتایج مقایسه ی میانگین ها جدول۴، بیشترین افزایش میزان فسفر جذب شده مربوط به «سودوموناس پوتیدا» و پس از آن «آزوسپریلیوم لیپوفروم» و «تلفیق دو باکتری» در سطح بعدی قرار گرفتند و تیمار

شاهد، با کمترین میزان فسفرجذب شده پائین ترین سطح را به خود اختصاص داد.

میزان پتاسیم جذب شده توسط گیاه

با توجه به جدول تجزیه واریانس ۳، اثر کودهای زیستی بر میزان پتاسیم جذب شده توسط گیاه آلوئه ورا در سطح ($P \leq ۰/۰۵$) معنی دار شد و با توجه به نتایج مقایسه ی میانگین ها جدول۴، بیشترین افزایش میزان پتاسیم جذب شده مربوط به تیمار با باکتری «سودوموناس پوتیدا» حاصل شد که نسبت به شاهد افزایش معنی داری را نشان داد و در سطح آماری برتر قرار گرفت.

به منظور تولید ارگانیک گیاه آلوئه ورا در شرایط گلخانه ای این پروژه طراحی و اجرا شد. از آنجا که استفاده باکتری های محرک رشد تاکنون بر روی بسیاری از گیاهان زراعی مورد بررسی قرار گرفته و نتایج درخشانی نیز حاصل شده است، اما تحقیقات بر روی گیاهان دارویی و زینتی از جمله آلوئه ورا بسیار کم بوده است.

وزن تراندام هوایی

پژوهش های زیادی با کاربرد دو باکتری «آزوسپریلیوم» و «سودوموناس» بر روی محصولات مختلف ازجمله درگندم توسط سلطانی طولارود و همکاران در سال ۱۳۸۶، درآویشن شیرین توسط Banchio و همکاران در سال ۲۰۰۸، در ذرت ارقام ۷۰۰و۷۰۴ توسط حمیدی و همکاران در سال ۱۳۸۸، درگندم توسط Fernandez –Canigia و Diaz Zortia در سال ۲۰۰۸، در نخود توسط Rokhzadi و همکاران در سال ۲۰۰۸ انجام شد که همگی باعث افزایش عملکرد اندام هوایی در گیاهان گردید. اطلاعات حاصل از این مطالعه نشان داد که وزن تر اندام هوایی گیاه آلوئه ورا در اثر تیمار با باکتریهای «آزوسپریلیوم و سودوموناس» و تلفیق آنها نسبت به شاهد افزایش نشان داد. عملکرد مربوط به «سودوموناس پوتیدا» با ۴۲.۴٪ افزایش، نسبت به شاهد از ۱۸تن به ۲۵.۶۳ تن در هر هزار متر مربع گلخانه و عملکرد برگ با تیمار باکتری «آزوسپریلیوم لیپوفروم» با ۴۲.۱٪ افزایش، نسبت به شاهد از ۱۸تن به ۲۵.۵۸ تن (برگ تر) در هر هزار متر مربع گلخانه و تلفیق دو باکتری با ۳۲.۶٪ افزایش، نسبت به شاهد از ۱۸ تن به ۲۳.۹ تن در هر هزار متر مربع گلخانه ارتقا یافت. بر اساس نتایج مطالعات Banchio و همکاران در سال ۲۰۰۸ استفاده از این باکتریها باعث افزایش حجم ریشه ها گردیده که در نهایت جذب آب و مواد معدنی افزایش یافته و سبب افزایش عملکرد گیاه شد. این پژوهش با مطالعات اشاره شده مطابقت دارد.

جدول۱: تجزیه واریانس اثرکودهای زیستی بر صفات رویشی ومورفولوژیکی گیاه آلوئه ورا (*Aloe vera*)

		میانگین مربعات(MS) برای صفات مورد بررسی								
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر اندام هوایی و ریشه گیاه	وزن تر اندام هوائی	وزن تر ریشه)	وزن خشک اندام هوائی	وزن خشک ریشه	میانگین طول برگ ها	میانگین طول ریشه ها	تعداد برگ	تعداد پاجوش
تکرار	۲	۱۹۰۳۳/۳۳۳	۲۷۱۱/۵۸۳	۱۲۸/۴۳۰	۲۷۲/۰۵۳	۴۹/۶۸۸	۲/۱۴۶	۸۰/۵۸۳	۰/۵۸۳	۵/۶۸۷
تیمار	۳	۵۳۰۶۰۰*	۵۰۶۳۹۷/۵۵۶*	۵۴۲۱/۴۸۲*	۲۴۹۸/۰۱۱ ns	۱۲۸۸/۷۳۸ ns	۱۴۴/۸۳۳ **	۴۶۳/۲۲۲ *	۶/۳۰۶ ns	۰/۳۰۷ ns
خطا	۶	۸۹۵۰۰	۶۹۳۰۵/۴۷۲	۷۹۷/۱۲۱	۶۷۴/۱۱۶	۴۲۵/۲۲۲	۶/۷۲۹	۸۸/۱۳۹	۲/۱۳۹	۱/۱۸۷

جدول۲: مقایسه میانگین اثر تیمارها بر صفات رویشی ومورفولوژیکی گیاه آلوئه ورا(*Aloe vera*)

نوع تیمارها	وزن تر اندام هوایی وریشه گیاه (گرم)	وزن تر اندام هوائی (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	میانگین طول برگ ها (سانتیمتر)	میانگین طول ریشه ها (سانتیمتر)
کنترل یا شاهد	۱۳۱۰ b	۱۱۹۱ b	۶۷/ ۰۹۰ b	۳۴/۵۰۰ b	۱۸/۳۳۳ b
آزوسپیریلیوم	۲۲۱۳/ ۳۳۳ a	۲۰۵۸/۳۳۳ a	۱۱۷/۲۱۰ ab	۴۸ a	۳۴/۶۶۷ ab
سودوموناس	۲۱۸۰ a	۲۰۶۶/۶۶۷ a	۱۴۳/۰۵۳ a	۴۹/۵۰۰ a	۴۰ a
تلفیق آزوسپیریلیوم وسودوموناس	۱۹۹۰ a	۱۷۶۶/ ۶۶۷ a	۱۶۶/۱۳۳ a	۴۷/۳۳۳ a	۴۷/۶۶۷ a

جدول۳: تجزیه وا ریانس اثرکودهای زیستی بر صفات رویشی ومورفولوژیکی گیاه آلوئه ورا (*Aloe vera*)

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین سطح برگ	میانگین سطح اندام هوایی گیاه	نیتروژن جذب شده توسط گیاه	فسفر جذب شده توسط گیاه	پتاسیم جذب شده توسط گیاه
تکرار	۲	۶۷۱/۳۹۶	۷۳۱۱۸/۱۱۰	۰/۱۹۸	۰/۰۰۱	۶/۰۸۵
تیمار	۳	۴۲۷۶/۷۷۸ **	۶۰۵۱۲۹/۰۰۳ *	۰/۲۴۷ns	۰/۰۴۲**	۱۴/۳۳۸*
خطا	۶	۱۴۵/۶۷۴	۸۸۴۳۷/۹۵۷	۰/۱۰۲	۰/۰۰۲	۲/۹۶۰

ns=عدم وجود اختلاف معنی دار،*= معنی دار درسطح ۵٪درصد،**= معنی داردرسطح ۱٪درصد

جدول۴: مقایسه میانگین اثر تیمارها بر صفات رویشی ومورفولوژیکی گیاه آلوئه ورا(*Aloe vera*)

نوع تیمارها	تعداد برگ	میانگین سطح برگ ها (سانتیمتر مربع)	سطح اندام هوائی گیاه (سانتیمتر مربع)	فسفر جذب شده توسط گیاه (گرم در بوته)	پتاسیم جذب شده توسط گیاه (گرم در بوته)
کنترل یا شاهد	۱۴/۶۶۷ b	۱۱۴ c	۱۳۷۹/۴۲۰ b	۰/۱۲۰ c	۴/۳۶۰ b
آزوسپیریلیوم	۱۶/۳۳۳ab	۱۷۴/۶۶۷ b	۲۲۴۴/ ۷۱۷ a	۰/۲۶۰ b	۶/۸۲۳ ab
سودوموناس	۱۸ a	۲۰۲ a	۲۳۲۴/۰۲۳ a	۰/ ۴۱۰ a	۹/۵۵۷ a
تلفیق آزوسپیریلیوم وسودوموناس	۱۵/۳۳۳ ab	۱۸۰/۶۶۷ ab	۲۲۵۶/۰۴۰ a	۰/ ۲۴۰ b	۵/۸۶۶ b

داده های دارای حرف مشترک فاقد اختلاف معنی داربر اساس آزمون دانکن در سطح ۵درصد می باشند.

وزن خشک اندام هوایی

وزن خشک اندام هوایی در این پژوهش با کاربرد کودهای زیستی اختلاف معنی داری را نشان نداد در صورتی که در پژوهش هایی که از باکتری های «آزوسپریلیوم» و «سودوموناس» در محصولات مختلف از قبیل گندم توسط (Alamri و Mostafa در سال ۲۰۰۹، درآویشن شیرین توسط Banchio و همکاران در سال ۲۰۰۸، در نخود توسط Rokhzadi و همکاران در سال ۲۰۰۸، درگندم توسط Fernandez -Canigia و Diaz Zortia در سال ۲۰۰۸ استفاده شد، باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی آنها گردید. با توجه به اینکه وزن تر اندام هوایی دراین گیاه، افزایش چشمگیری داشت و عملکرد ژل در این گیاه بسیار مهم است و از آنجا که ۹۸ درصد ترکیب ژل را آب تشکیل می دهد لذا بیشترین تغییرات در وزن تر مشهود شد و در طول دو دوره رشدی مورد ارزیابی در گیاهان آلوئه ورا دوساله تغییر معنی داری در وزن خشک دیده نشد.

میانگین طول برگ ها

میانگین طول برگ ها در این پژوهش با کاربرد کودهای زیستی اختلاف معنی داری را نشان داد و نسبت به شاهد، افزایش چشمگیری داشت. این نتیجه به دست آمده مشابه نتایجی است که توسط حمیدی وهمکاران در سال ۱۳۸۸، بر روی ذرت علوفه ای ارقام ۷۰۰ و ۷۰۴ و توسط Okon و Itzigsohn در سال ۱۹۹۵ دریونجه انجام شد، این تغییرات مستقیماً به تاثیر مثبت باکتریهای محرک رشد در جذب مواد معدنی توسط گیاه بستگی دارد. افزایش جذب یون هایی نظیر NO^{3-}،NH^{4+}،PO^{-}،K^{+} به واسطه حضور آزوسپیریلوم و سودوموناس می تواند علت اصلی افزایش پارامترهای مربوط به رشد رویشی باشد (Lin *et al*., 1983) و (Marty and Ladha, 1987). نتایج حاصل از تحقیق حاضر با یافته های فوق مطابقت دارد.

میانگین سطح هربرگ و میانگین اندام هوایی گیاه درهرتیمار

در این پژوهش، با کاربردکودهای زیستی «آزوسپریلیوم لیپوفروم» و «سودوموناس پوتیدا» اختلاف معنی داری با شاهد مشاهده گردید و میانگین سطح برگ ها افزایش یافت که از علل آن می توان به افزایش جذب عناصر فسفر و پتاسیم و عناصرمیکرو در گیاه اشاره کرد که باعث افزایش فتوسنتز به دنبال آن افزایش شاخص سطح برگ گیاه و عملکرد محصول شد. بررسی نتایج ۲۰ ساله آزمایشات گلخانه ای و مزرعه ای حاکی از موفقیت ۶۰ تا ۷۰ درصدی باکتری آزوسپیریلوم و سودوموناس و افزایش عملکردی در محدوده بین ۱۰ تا ۳۰ درصد است (Bashan *et al*., 2004). نتایج پژوهش حاضر با یافته های ذکر شده مطابقت دارد.

میانگین وزن تر ریشه و میانگین طول ریشه های آلوئه ورا

وزن تر ریشه و میانگین طول ریشه ها در این پژوهش متأثر از کاربرد کودهای زیستی «آزوسپیریلیوم لیپوفروم» و

«سودوموناس پوتیدا» قرار گرفت (زیادشد) و نتیجه بدست آمده مشابه نتیجه ای که درمحصول هلو توسط Russo و همکاران در سال ۲۰۰۸ انجام شد و مشاهده گردید که استفاده از این باکتری ها باعث افزایش وزن تر ریشه، سیستم تارهـای کشـنده و طول ریشه ها می شود و علت آن افزایش هورمون IBA و IAA درونـی در اثـر تحریـک باکترهـا و ترشـح هورمـونی توسـط باکتریهای مذکور است. بسیاری از مطالعات اثرات مثبت آغشته سازی با آزوسپیریلوم و سـودوموناس را بـر روی شـاخص هـای رشد ریشه به صورت افزایش طول ریشه و تعداد ریشه های فرعی، افزایش تعداد و تراکم تارکشنده و سطح کل ریشـه، افـزایش وزن خشک ریشه، ازدیاد تقسیم سلولی در مریستم ریشه و تحریک تراوشات ریشه گـزارش کردنـد (Arsac *et al*., 1990; Hadas and Okon, 1987 ;Fallik *et al*., 1998).

وزن خشک ریشه

وزن خشک ریشه در این پژوهش با کاربرد کودهای زیستی اختلاف معنی داری را نشـان نـداد در صـورتی کـه درپـژوهش هایی که از باکتری های «آزوسپریلیوم لیپوفروم» و «سـودوموناس پوتیـدا» در محصـولات مختلـف از قبیـل در گنـدم توسـط (Alamri and Mostafa, 2009)، درآویشـن شـیرین توسـط Banchio و همکـاران در سـال ۲۰۰۸، در نخـود توسـط Rokhzadi و همکاران در سال ۲۰۰۸ درگندم توسط Canigia-Fernandez و Diaz Zortia در سال ۲۰۰۸ انجام شده است، باعث افزایش وزن خشک ریشه و حتی دانه ی آنها گردید. با توجه به اینکه وزن تر ریشه در این گیاه، افزایش چشمگیری داشت ولی وزن خشک ریشه نسبت به شاهد، اختلاف فاحشی را نشان نداد. علی رغم یافته های متعدد در افزایش رشـد ریشـه در اثر کاربرد کودهای زیستی تحقیقات دیگری به طور واضح کاهش در بیوماس و حجم ریشـه را علیـرغم افـزایش در شـاخص های رشد ساقه گزارش کرده اند (Bashan, 1986; Kucey,1988). احتمالاً علت تناقضات اشاره شده در منـابع بـرای اثـر باکتری بر شاخص های رشد ریشه، سویه باکتری، غلظت مایه تلقیح یا ژنوتیپ ارقام مورد کشت بوده است.

میانگین میزان نیتروژن جذب شده توسط گیاه

درطرحی که توسط Okon و Itzigsohn در سال ۱۹۹۵ در یونجه انجام شد، باعث افـزایش آب و مـواد غـذایی بیشـتر و تثبیت نیتروژن گردید. در صورتیکه میانگین میزان نیتروژن جذب شده توسط گیاه برخلاف تحقیق فوق اخـتلاف معنـی داری مشاهده نشد. دلیل این امر را می توان عدم کمبود نیتروژن در گیاهان مورد آزمایش دانست.

میانگین میزان فسفروپتاسیم جذب شده توسط گیاه

در پژوهش حاضر بیشترین افزایش میزان فسفر جذب شده مربوط بـه «سـودوموناس پوتیـدا» و پـس از آن «آزوسـپریلیوم لیپوفروم» و «تلفیق دو باکتری» در سطح بعدی قرار گرفتند و تیمار شاهد، با کمترین میزان فسـفر جـذب شـده پـائین تـرین سطح را به خود اختصاص داد. نتیجه به دست آمده مشابه نتایجی است که استفاده از کودهای زیستی بر محصـولاتی از قبیـل

گندم توسط Alamri و Mostafa در سال ۲۰۰۹ داشت و سبب افزایش جذب غلظت کلسیم و فسفر و پتاسیم در گیاه شد، این طرح مشابه آزمایشی که در گلخانه ای واقع در مصر روی گیاه مرزنجوش انجام شد و مشاهده گردید که استفاده از کود های بیولوژیک مانند ازتوباکتر، آزوسپیریلیوم و سودوموناس باعث حل شدن فسفات می گردند که این موضوع باعث افزایش شاخصهای رشدی و میزان اسانس در این گیاه شده است (Fatma *et al*., 2006). در طرحی مشابه که بر روی گندم با استفاده از باکتری سودوموناس انجام شد ملاحظه گردید که این باکتری خاصیت حل کنندگی فسفات نامحلول معدنی را داشتند (سلطانی طولارود و همکاران، ۱۳۸۶). در تحقیقی دیگر که با استفاده از باکتری آزوسپریلیوم انجام شد مشاهده گردید که این باکتری باعث افزایش جذب عناصر NPK شد (Askary *et al*., 2009). نتایج این طرح مشابه طرح تحقیقاتی که ریحانی تبار و همکاران در سال ۱۳۸۱ نیز گزارش کردند که کاربرد باکتری های سودوموناس در گندم سبب بهبود جذب عناصر آهن و پتاسیم شد. نتایج بدست آمده در این پژوهش با یافته های محققان مذکور مطابقت دارد.

نتیجه گیری

گیاهان برای رشد و تولید محصول نیاز به انواع عناصر غذایی دارند که عمدتاً از طریق خاک و همچنین کودهای شیمیایی در اختیار آنها قرار می گیرد. در قرن اخیر کودهای شیمیایی نقش اساسی در تولید محصولات کشاورزی داشته اند و درحال حاضر نیز یکی از مهمترین نهاده های کشاورزی محسوب می شوند، اما یکی از مهمترین تغییرات اساسی که در سیاستهای تولید غذا و همچنین در تحقیقات کشاورزی بوجود آمده این است که برخلاف گذشته افزایش تولید و رساندن آن به بالاترین سطح ممکن بعنوان تنها هدف محسوب نمی شود، بلکه امروزه تلاش برای دستیابی به افزایش محصول برمبنای اصول و اهداف کشاورزی پایدار و اکولوژیک برنامه ریزی می شود (ریحانی تبار وهمکاران، ۱۳۸۱). به منظور تولید ارگانیک گیاه آلوئه ورا در شرایط گلخانه ای این پروژه طراحی و اجرا شد. استفاده از باکتری های محرک رشد تا کنون بر روی بسیاری از گیاهان زراعی مورد بررسی قرار گرفته و نتایج درخشانی نیز حاصل شده است، اما تحقیقات بر روی گیاهان دارویی و زینتی ازجمله آلوئه ورا بسیارکم بوده است. اطلاعات حاصل پژوهش حاضر نشان داد که وزن تر اندام هوایی گیاه آلوئه ورا در اثر تیمار با باکتریهای «آزوسپریلیوم و سودوموناس» و تلفیق آنها نسبت به شاهد افزایش نشان داد. عملکرد مربوط به «سودوموناس پوتیدا» با ۴۲.۴٪ افزایش، نسبت به شاهد از ۱۸ تن به ۲۵.۶۳ تن در هر هزار متر مربع گلخانه و عملکرد برگ تر باتیمار باکتری «آزوسپریلیوم لیپوفروم» با ۴۲.۱٪ افزایش، نسبت به شاهد از ۱۸تن به ۲۵.۵۸ تن (برگ تر) در هر هزار متر مربع گلخانه و تلفیق دو باکتری با ۳۲.۶٪ افزایش، نسبت به شاهد از ۱۸تن به ۲۳.۹ تن در هر هزار متر مربع گلخانه ارتقا یافت. اثرات مثبت آغشته سازی با آزوسپیریلوم و سودوموناس را بر روی شاخص های رشد ریشه به صورت افزایش طول ریشه و افزایش وزن تر ریشه مشاهده

شد. در این پژوهش بیشترین افزایش میزان فسفر جذب شده مربوط به «سودوموناس پوتیدا» و پس از آن «آزوسپریلیوم لیپوفروم» و «تلفیق دو باکتری» درسطح بعدی قرار گرفتند و تیمار شاهد، با کمترین میزان فسفر جذب شده پائین ترین سطح را به خود اختصاص داد. بهبود عملکرد و تغذیه گیاهان آلوئه ورا دوساله با تراکم (۳/۳ بوته در هر متر مربع) در شرایط گلخانه ای با کاربرد کودهای بیولوژیک مثبت ارزیابی شد، استفاده از کودی که حاوی باکتری «سودوموناس پوتیدا» درشرایط گلخانه ای بود، باعث کاهش آلودگی و بیماری و افزایش تعدادی از شاخص های رشدی و تغذیه ای مورد ارزیابی شد، بنابراین این کود درکشت های گلخانه ای قابل توصیه می باشد.

منابع

- **سلطانی طولارود، ع.، صالح راستین، ن.، خاوازی، ک.، اسدیرحمانی، ه. و عباس زاده دهجی، پ.، ۱۳۸۶.** جداسازی و بررسی صفات محرک رشد گیاهی(PGP) برخی از سودوموناس های فلورسنت بومی خاکهای ایران، کرج، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی آب و خاک گروه مهندس علوم خاک، ۲۱(۲)، صفحه۲۷۷-۲۸۹.
- **ریحانی تبار، ع.، صالح راستین، ن.، علیخانی، ح. و محمدی، م.، ۱۳۸۱.** اثرات کاربرد سویه های بومی پسودوموناس فلورسنس بر مقدار جذب عناصر غذایی در گندم، مجله علوم کشاورزی ایران، جلد۳۳، شماره۴، (۷۷۱-۷۸۰).
- **حمیدی، آ.، چوکان، ر.، اصغرزاده، ا.، دهقان شعار، م.، قلاوند، ا. و ملکوتی، م.ح.، ۱۳۸۸.** اثراستفاده از باکتری های افزاینده رشدگیاه (PGPR) برفنولوژی دورگ های دیر رس ذرت (*Zea mays* L.)، مجله علوم زراعی ایران، جلد۳، صفحه۲۴۹-۲۷۰.
- **درزی، م.، قلاوند، ا. و رجالی، ف.، ۱۳۸۷.** بررسی اثر کاربرد میکوریزا، ورمی کمپوست و کود فسفات زیستی برگلدهی، عملکرد بیولوژیک همزیستی ریشه در گیاه دارویی رازیانه. مجله علوم زراعی ایران. جلددهم، شماره، ۱ (۸۸-۱۰۹).
- **Arsac, J.F., Lamothe, C., Mulard, D. and Fages, J., 1990.** Growth enhancement of maize through *Azospirillum lipoferum* inoculation:effect of plant genotype and bacterial concentration.Agronomie.10:649-654.
- **Alamri, S.A. and Mostafa, Y.S., 2009.** Effect of nitrogen supply and *Azospirillum brasilense* Sp-248 on the response of wheat to seawater irrigation, Advances in Environmental Research,6:391-399.

-**Askary, M., Mostajeran, A., Amooaghaei, R. and Mostajeran, M., 2009**. Influence of the Co-inoculation *Azospirillum brasilense* and Rhizobium meliloti plus2,4-D on Grain Yield and N,P,K Content of *Triticum aestivum* (Cv.Baccros and Mahdavi), 5(3):296-307.

-**Bashan, Y., 1986.**Significance of tining and level of inoculation with rhizosphere bacteria on wheat plants. Soil Biol.Biochem.18:297-301.

-**Banerijee, M., Yesmin, R.L. and Vessey, J.K., 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.

-**Bashan, Y., Holguin, G. and de-Bashan, L.E., 2004.** *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). Can. J. Microbiol. 50 (8): 521-577.

-**Banchio, E., Bogino, PC., Zygadlo, J. and Giordano, W., 2008.** Plant growth promoting rhizobacteria improve growth and essential oil yield in *Organum majorana*L.,36:766-771.

-**Chatterjee, S.K., 2002.** Cultivation of Medicinal and Aromatic Plants in India a Commercial Approach. Proceedings of an International Conference on MAP, Acta Horticulture (ISHS), 576: 191-202.

-**Diaz-Zortia, M. and Fernandez-Canigia, M.V., 2008.** Field performance of a liquid formulation of *Azospirillum brasilense* on dryland wheat productivity,European journal of soil Biology,45:3-11.

-**Fallik, E., Okon, Y. and Fischer, M., 1988.** Growth response of maize roots to *Azospirillum* inoculation:effect of soil organic matter content, number of rhizosphere bacteria and timing of inoculation. Soil Biol. Biochem.20:45-49.

-**Fatma, E.M., El-Zamik, I., Tomade, T., El-Hadidy, H.I., Abd El-Fattah, L. and Seham Salem, H., 2006.** Efficiency of biofertilizers,organic and in organic amendments app. lication on growth and essential oil (*Majorana hortensis* L) plants grown in sandy and calcareous. Agric. Microbiology Dept.,Faculty of Agric., Zagazig University and Soil Fertility and Microbiology Dept., Desert Research Center, Cairo. Egypt.

-**Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M. and kumar, S., 2002.** Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal(VAM) fungus *Glomus fasiculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*)under field conditions.Bioresource Technol. 81: 77-79.

-Kucey, R.M.N., 1988. Alteration of size of wheat root systems and nitrogen fixation by associative nitrogen-fixing bacteria measured under field conditions.Can.J.Microb.34:735-739.

-Lin, W., Okon, Y. and Hardy, R.W.F., 1983. Enhanced mineral uptake by *Zea mays* and Sorghum bicolor roots inoculated with *Azosprillum brasilenes*. Appl. Environ. Microbiol. 45:1775-1779.

-Marty, M.G. and Ladha, J.K., 1987. Differential colonization of *Azospirillum lipoferum* on roots of two varieties of rice Oryzea sativa.Biol.Fertill.Soils.4:3-7.

-Newman, E.I., 1966. A method of estimating the total length of root in a sample, J. Appl. Ecol.3:139-145.

-Rokhzadi, A., Asgharzadeh, A., Darvish, F. and Nour-Mohammadi GandMajidi, E., 2008. Influence of plant Growth-Promoting Rhizobateria on Dry Matter Accumulation and Yield of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Field Conditions,3(2):253-257.

-Russo, A., Vettori, L., Felici, C., Fiaschi, G., Morini, S. and Toffanin, A., 2008. Enhanced micropropagation response and biocontrol effect of *Azosprillum brasilense* Sp245 on *Prunus cerasifera* L. clone Mr. S2/5 plants.134:312-319.

- Okon, Y. and Itzigsohn, R., 1995. The development of *Azospirillum* as a commercial inoculaant for improving crop yields,Biotechnology Advances,Vol.13,No.3,pp.415-424.

- Omidbaigi, R., 1997. Approaches to production and processing of medicinal plants. Tarrahane Nashr. 424 pp.

- Sharma, A.K., 2002. A handbook of organic farming. Agrobios, India. 627 pp.

-Sanches Govin, E., Rodrigues Gonzales, H. and Carballo Guerra, C., 2005. Ifluencia de los abonos organicos y biofertilizantes en la calidad de las especies medicinales *calendula officinalis*.1.y *Matricaria recutita* L. Revista Cubana de Plantas Medicinales.10(1):1.