



بررسی همزیستی میکوریزائی و باکتری‌های محرک رشد بر ویژگی‌های کمی و کیفی آلوئه‌ورا

شهریار پورعالی*^۱، عبدا... حاتم‌زاده^۲، سید محمدرضا احتشامی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۸/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۲۵

چکیده

اثر قارچ اربوسکولار میکوریزا (AM) گونه *Glomus intraradices* و باکتری‌های محرک رشد گونه *Pseudomonas fluorescens strain 187* , *fluorescens strain 41* بر روی گیاه آلوئه‌ورا (*Aloe vera*) در یک آزمایش گلدانی تحت شرایط گلخانه‌ای مورد مطالعه قرار گرفت. هدف از این مطالعه افزایش کیفیت گیاه آلوئه و متابولیت‌های ثانویه به واسطه کاربرد کودهای زیستی بود. این آزمایش بر پایه طرح آزمایشی بلوک کامل تصادفی با ۸ تیمار و ۳ تکرار صورت گرفت. تیمارها شامل: (۱- گیاه شاهد، ۲- تیمار تلقیح با قارچ اینترادیسز، ۳- تیمار باکتری سودوموناس سویه ۴۱، ۴- تیمار باکتری سودوموناس سویه ۱۸۷، ۵- مخلوط قارچ با باکتری سویه ۴۱، ۶- مخلوط قارچ با باکتری سویه ۱۸۷، ۷- تیمار مخلوط دو باکتری، ۸- تیمار مخلوط هر سه ریزموجودات) بود. تجزیه تحلیل آماری نشان داد که ریزجاندارانی که در این مطالعه آزمایش شدند اثرات معنی‌داری بر شاخص‌هایی نظیر وزن تر و خشک گیاه، وزن تر و خشک ریشه، حجم ریشه، سطح برگ و میزان جذب عناصر NPK گیاه آلوئه‌ورا داشتند. در این مطالعه بیشترین میزان تأثیر تیمارها در تیمارهای مخلوط قارچ میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد حاصل شد. نتایج حاصل از این آزمایش، کاربرد توأم باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریزا را در کشت گیاه آلوئه‌ورا و سایر گیاهان دارویی که افزایش کمیت و کیفیت در آنها در الویت است، پیشنهاد می‌کند.

واژه‌های کلیدی: VAM، PGPR، همزیستی، صفات کمی و کیفی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد باغبانی گرایش گل‌های زینتی دانشگاه گیلان

۲- اعضای هیأت علمی دانشگاه گیلان

* نویسنده مسئول: spouraali@yahoo.com

مقدمه

آلوئه‌ورا *Aloe vera* یک گیاه دارویی سنتی مهم از خانواده سوسن می باشد (Grindlay and Reynolds, 1986). این گیاه، بومی آفریقا است. اکنون در سراسر دنیا به عنوان گیاه زینتی- دارویی مورد کشت و کار قرار می‌گیرد و به عنوان یک گیاه دارویی مهم، بیش از ۲۰۰ ترکیب از آن استخراج شده است (Sarooha et al., 2007). مشتقات فیتواسترولی آلوئه‌ورا می‌تواند از تجمع چربی‌های اضافی داخلی و دیابت جلوگیری کند (Misawa et al., 2008). همچنین برگ‌های آلوئه‌ورا حاوی میزان بالایی از فلاونها در مقایسه با سایر گیاهان دارویی است (Sultana and Anwar, 2008).

یکی از مهم‌ترین روابط همزیستی در عالم حیات که طی دورهٔ تکامل به وجود آمده است، همزیستی میکوریزی است. اکثر گیاهان زراعی و باغی با قارچ میکوریز رابطه همزیستی برقرار می‌کنند و علاوه بر کمک به جذب آب و عناصر غذایی باعث افزایش قدرت تکثیر و نیز بقای آنها می‌گردند (Smith and Read, 2008). در برخی مطالعات مشخص شده است که هیف‌های قارچ میکوریز نقش مهمی در جذب منیزیم و کلسیم دارند، ولی هنوز جزئیات مکانیسم آنها شناخته شده نیست (Karst and Turkington, 2008). هر چند ۸۰٪ از گونه‌های گیاهی با میکوریزا ارتباط همزیستی برقرار می‌کنند، گونه‌های مختلف قارچ، همزیستی متفاوتی با گونه گیاهی دارند که تحت کنترل ژنتیکی است (Kafkas and Ortas, 2009; Feederma et al., 2010). رابطه همزیستی آلوئه‌ورا با قارچ میکوریزا توسط چندین محقق گزارش شده است (Gong et al., 2002; Muthukumar et al., 2006). همزیستی میکوریزا با ریشه آلوئه‌ورا باعث افزایش جذب نیتروژن و فسفر و در نتیجه افزایش رشد قسمت‌های هوایی گیاه می‌گردد (Tawarayaet, 2007). قارچ میکوریزا باعث تجمع متابولیت‌های ثانویه و فنول‌ها در ریشه گیاه میزبان می‌شود (Vierheilig et al., 2003). در رابطه با اثر قارچ میکوریزا بر تجمع مواد فتوشیمیایی فعال در گیاهان دارویی اطلاعات کمی در دسترس است. توسیان و همکاران (Toussaint et al., 2007) گزارش کردند که گیاه ریحان که با قارچ میکوریزا تلقیح شده بود، نسبت به گیاهانی که تلقیح نشده بودند، میزان فنول بیشتری داشتند. جوشی و همکاران (Joshee

2007, et al.) در مطالعه‌ای که بر روی گیاه دارویی - بشقابی (*Scutellaria integrifolia*) انجام دادند، اظهار داشتند که تلقیح ریشه این گیاه با میکوریزا نه تنها در افزایش رشد و تکثیر گیاه خصوصا رشد ریشه موثر بود، بلکه توانایی گیاه را برای رشد در خاک هائی با کمبود فسفر، افزایش داد.

تعداد قابل توجهی از گونه‌های باکتریایی و قارچی خاک دارای روابط کارکردی با گیاهان بوده و اثرات مفیدی بر رشد آنها دارند (Vessey, 2003). برخی از ریزموخودات خاک اثر مثبتی در تحریک رشد گیاه دارند که به آنها ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه اطلاق می‌شود (Saharan and Nehra, 2011). نتایج حاصل از مطالعه عبدالجلیل و همکاران (Abdul Jaleel et al., 2007) حاکی از آنست که تلقیح گیاهچه‌های گیاه دارویی پروانش با باکتری محرک رشد *Pseudomonas fluorescens* سبب افزایش رشد گیاه، عملکرد زیست‌توده و میزان آلکالوئید گیاه در شرایط تنش آب شد. باکتری‌های محرک رشد، اثر معنی‌داری بر افزایش عوامل رشدی نظیر وزن تر و خشک ریشه و برگها، تعداد و طول برگ و ریشه، سطح برگ و میزان جذب فسفر و پتاسیم در گیاه آلوئه‌ورا داشته‌اند (خوشبخت و همکاران، ۱۳۸۹).

کشت گیاهان دارویی و معطر از دیرباز دارای جایگاه ویژه‌ای در نظام‌های سنتی کشاورزی ایران بوده و این نظام‌ها از نظر ایجاد تنوع و پایداری نقش مهمی ایفا کرده‌اند. کشت اکولوژیک گیاهان دارویی کیفیت آنها را تضمین کرده و احتمال اثر منفی روی کیفیت دارویی و عملکرد آنها را نیز کاهش می‌دهد. در رابطه با اثر قارچ میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد بر عکس‌العمل و تجمع مواد در گیاهان دارویی، اطلاعات کمی در دسترس است. آزمایش حاضر با هدف بررسی اثر این ریزجانداران بر رشد و عملکرد کیفی آلوئه‌ورا انجام خواهد گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان در سال ۱۳۹۱ انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی در این تحقیق عبارت بودند از: تیمار بدون کاربرد قارچ و باکتری (شاهد)، تیمار تلقیح با قارچ میکوریزا *Glomus intraradices*، تیمار تلقیح با

نتایج و بحث

سطح برگ

باتوجه به جدول تجزیه واریانس (۱-۳) اثر کودهای زیستی بر میانگین سطح برگ گیاه آلوده ورا در سطح احتمال ۱ درصد، تفاوت معنی داری نشان داد. بر اساس نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها مشخص شد که بیشترین سطح برگ مربوط به تیمارهای، تلفیقی قارچ میکوریزا و سویه-های یک و دو باکتری سودوموناس، تیمار تلفیقی قارچ میکوریزا و باکتری سودوموناس سویه دو، تیمار تلفیقی باکتری سودوموناس سویه یک و سویه دو بود. تیمار باکتری سودوموناس سویه یک و تیمار باکتری سودوموناس سویه دو با تیمار شاهد در یک سطح آماری قرار گرفت و تفاوت معنی‌داری را با شاهد نشان نداد (نمودار ۱-۳).

سازوکارهای متعددی برای توضیح چگونگی تأثیر کودهای زیستی بر رشد و نمو گیاهان شناخته شده است که این سازوکارها را به طور کلی می‌توان شامل دو گروه مستقیم و غیرمستقیم دانست [Zahir et al., 2004]. در حالت مستقیم با استفاده از مکانیزم‌های تثبیت زیستی نیتروژن، افزایش جذب و فراهمی یا محلول کردن عناصر غذایی، تولید هورمون‌های رشد گیاهی، سنتز آنزیم‌های تعدیل‌کننده رشد و توسعه گیاه، تولید انواع ویتامین‌ها، تولید سیدروفورهای کلاته‌کننده آهن و محلول ساختن فسفات باعث تحریک و افزایش رشد گیاهان می‌شوند [Shimon et al., 2004].

از علل افزایش سطح برگ در این مطالعه می‌توان به افزایش جذب فسفر، پتاسیم، نیتروژن و عناصر میکرو در گیاه اشاره کرد که باعث افزایش فتوسنتز و به دنبال آن افزایش شاخص سطح برگ گیاه شد. همچنین عواملی مانند تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش سطح جذب گیاه، و میزان رطوبت قابل دسترسی برای گیاه نیز می‌تواند نسبت داد. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج آزمایش خوشبخت و همکاران [۱۳۹۰] مبنی بر بررسی تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر گیاه آلوده‌ورا مطابقت دارد. همچنین نتیجه این آزمایش، یافته‌های کوچکی و همکاران [۱۳۸۷] را که نشان داد، کاربرد کودهای زیستی نقش مفید و موثری در افزایش سطح برگ گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis*) دارد، را تأیید می‌کند. ثابت شده‌است که کودهای زیستی وقتی به صورت تلفیقی

Pseudomonas fluorescens strain 41 تیمار تلقیح با *Pseudomonas fluorescens* strain 187 تیمار *Pseudomonas fluorescens* strain از 41 و *Glomus intraradices* تیمار تلقیح با ترکیبی از *Glomus intraradices* تیمار تلقیح با ترکیبی از *Pseudomonas fluorescens* strain 187 و *Glomus intraradices* تیمار تلقیح با ترکیبی از *Pseudomonas fluorescens* strain 41 و *Pseudomonas fluorescens* strain 187 تیمار تلقیح با ترکیبی از *Pseudomonas fluorescens* strain 41 و *Glomus intraradices* تیمار تلقیح با ترکیبی از *Pseudomonas fluorescens* strain 187 و *Glomus intraradices*

در ابتدا پاجوش‌های هم‌اندازه انتخاب شدند. برای کاشت پاجوش‌ها از گلدان‌های ۸ کیلوئی که ضد عفونی شده‌اند، استفاده شد. خاک مورد استفاده ترکیب ۱-۲-۱ به ترتیب خاک، کود دامی و ماسه بود. ریزجانداران مورد نظر ابتدا در آزمایشگاه بیولوژی مؤسسه تحقیقات خاک و آب، فرموله و تهیه شدند. جمعیت باکتری‌ها در هر گرم مایه تلقیح، $10^7 \times 9/8$ برآورد شد. ماده حامل نیز پرلیت بود. برای کشت باکتری‌ها از محیط کشت King B استفاده شد. پس از کشت انفرادی باکتری‌ها، پس از ۴۸ ساعت جمعیت آنها به روش Plate Count و بر روی محیط‌های اختصاصی شمارش شد و سپس حجم مساوی از آنها با یکدیگر مخلوط شده و مجدداً جمعیت در محیط کشت، شمارش شده و مایه تلقیح آماده شد. در تیمارهایی که باید تلقیح با قارچ میکوریز انجام می‌شد، قارچ میکوریز از منطقه ریزوسفر در آزمایشگاه میکوریز، ایزوله شده و با پرلیت مخلوط شد.

برای هر تیمار، ۳ گلدان اضافی در نظر گرفته شد تا در مراحل مختلف، نمونه‌برداری از گیاه انجام شود. برداشت پس از ۳ ماه انجام شد. کمیت‌های مورد اندازه‌گیری گیاه شامل تعداد برگ، طول و عرض برگ بالغ، ضخامت برگ بالغ، ارتفاع بوته، حجم و وزن ریشه، وزن تر و خشک بوته، سطح برگ و مواد معدنی بود که در تیمارهای مختلف به طور جداگانه مورد اندازه‌گیری و سپس مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. تجزیه و تحلیل آماری طرح با استفاده از برنامه آماری SAS و مقایسات میانگین نیز با استفاده از آزمون‌های مرتبط انجام شد.

نیترات، آمونیوم، فسفات و پتاسیم در حضور باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریزا می‌تواند علت افزایش رشد رویشی گیاهان باشد [Marty and Ladha, 1987; Lin et al., 1983]. نتایج حاصل از تحقیق حاضر با یافته‌های فوق مطابقت دارد.

میانگین عرض برگ

باتوجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۳-۱) اثر کودهای زیستی بر میانگین عرض برگ بالغ گیاه آلوئه ورا، تفاوت معنی داری نسبت به شاهد نشان نداد ولی دو تیمار قارچ میکوریزا و تیمار تلفیقی میکوریزا، باکتری سودوموناس سویه یک و سویه دو در وضعیت بهتری قرار داشتند.

تعداد برگ در هر گلدان

باتوجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۳-۱) اثر کودهای زیستی بر میانگین تعداد برگ گیاه آلوئه ورا، تفاوت معنی داری نسبت به شاهد نشان نداد، در تیمار ۲ و تیمار ۸ وضعیت بهتری نسبت به گیاه شاهد داشتند. نتیجه این آزمایش با نتایج مطالعه خوشبخت و همکاران [۱۳۸۹] مطابقت دارد، نتایج حاصل از مطالعه تاواریا [Tawaraya, 2007] نشان داد که تعداد برگ و طول برگ‌های گیاه تلقیح شده آلوئه‌ورا با قارچ میکوریزا دارای تفاوت معنی-داری نسبت به شاهد بودند، که با نتیجه این آزمایش مطابقت ندارد.

۳-۱-۵ شاخص تعداد پاجوش در هر گلدان

باتوجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۳-۱) اثر کودهای زیستی بر میانگین تعداد پاجوش در هر گلدان آلوئه‌ورا در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی داری نشان داد. بر اساس نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها مشخص شد که بیشترین افزایش این شاخص مربوط به تیمار تلفیقی میکوریزا و باکتری سودوموناس سویه یک بود و تیمارهای میکوریزا، باکتری سودوموناس سویه دو و تیمار تلفیقی قارچ میکوریزا و سویه دو باکتری سودوموناس بفاوت معنی‌داری را با شاهد نشان داد. تیمار سویه یک باکتری سودوموناس، تیمار تلفیقی سودوموناس یک و دو و تیمار تلفیقی قارچ میکوریزا و سویه‌های یک و دو باکتری سودوموناس نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری نشان نداد (نمودار ۳-۳).

استفاده می‌شوند نسبت به حالتی که به تنهایی به کار برده شده‌اند، تأثیر بیشتری بر گیاه دارد. علاوه بر اثرات انفرادی باکتری‌های محرک رشد، تحریک رشد گیاه می‌تواند به وسیله تلقیح دوگانه با سایر ریزجانداران به واسطه اثرات سینرژیستی^۱ یا تشدیدکنندگی بهبود یابد. تلقیح مرکب ریزوبیوم همراه با آزوسپیریلیوم یا ازتوباکتر منجر به افزایش تولید ماده خشک، عملکرد دانه و میزان نیتروژن بقولات مختلف در مقایسه با تلقیح با ریزوبیوم به تنهایی شده است [Rodelas et al., 1999]. باکتری‌های محرک رشد با تأمین ویتامین‌ها در ریزوسفر به افزایش تأثیر میکوریزا کمک می‌کنند، زیرا این قارچ‌ها به ویتامین‌ها وابسته هستند. بنابراین کاربرد تلفیقی میکوریزا به همراه باکتری‌های محرک رشد تولیدکننده ویتامین منجر به افزایش و بهبود رشد گیاه و در نهایت سطح برگ می‌شود [Banerjee et al., 2006]. در این آزمایش نیز بیشترین میزان سطح برگ مربوط به تیمارهای تلفیقی باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریزا بود که تأیید کننده اثرات سینرژیستی قارچ میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد است.

طول برگ بالغ

باتوجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۳-۱) اثر کودهای زیستی بر میانگین طول برگ گیاه آلوئه ورا در سطح احتمال ۱ درصد، تفاوت معنی داری را نشان داد. بر اساس نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها مشخص شد که بیشترین افزایش طول برگ مربوط به تیمار تلفیقی قارچ میکوریزا و باکتری سودوموناس سویه دوم و سپس تیمار تلفیقی قارچ میکوریزا و سویه‌های یک و دو باکتری سودوموناس بود و سایر تیمارها با شاهد تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (نمودار ۳-۲). میانگین طول برگ‌ها در این پژوهش با کاربرد کودهای زیستی اختلاف فاحشی را نشان داد و نسبت به شاهد، افزایش معنی‌داری داشت. این نتیجه به دست آمده مشابه نتایجی است که توسط حمیدی و همکاران [۱۳۸۸] بر ذرت علوفه ای، و اوکان در سال [۱۹۹۵] در یونجه بدست آمد. این تغییرات مستقیماً به تأثیر مثبت باکتری‌های محرک رشد در جذب مواد معدنی توسط گیاه بستگی دارد. افزایش جذب یون‌هایی نظیر

^۱- Synergism

جدول ۱-۰: تجزیه واریانس تأثیر کودهای زیستی بر سطح برگ بالغ، طول برگ بالغ، عرض برگ بالغ، تعداد برگ، تعداد پاجوش و حجم ریشه در گیاه آلوئه‌ورا

منابع تغییرات (SOV)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)				تعداد پاجوش	حجم ریشه
		سطح برگ	طول برگ بالغ	عرض برگ بالغ	تعداد برگ		
تکرار	۲	۱۲/۳۱ ^{ns}	۲/۳۷ ^{ns}	۰/۶۳ ^{ns}	۰/۵۰ ^{ns}	۰/۲۹ ^{ns}	۷/۰۵ ^{ns}
تیمار	۷	۲۶۱/۶ ^{**}	۰/۶۸ ^{**}	۰/۵۹ ^{**}	۰/۹۹ ^{ns}	۳/۰۴ [*]	۵۳۸/۷۳ ^{**}
خطا	۱۴	۲۱/۹۷	۸/۶۱	۰/۰۸	۰/۸۳	۰/۴۳	۴۱/۳۲
ضریب تغییرات	-	۷/۳۹	۸/۰۶	۵/۶۵	۱۰/۵۸	۱۷/۳۸	۱۰/۵۵

***، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی‌داری

جدول ۲-۰: تجزیه واریانس تأثیر کودهای زیستی بر وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تر و وزن خشک ریشه

منابع تغییرات (SOV)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)			وزن خشک ریشه
		وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر ریشه	
تکرار	۲	۳۵۰/۳۷	۳۱۴/۶۸	۲۰۷/۳۷	۲/۷۷
تیمار	۷	۱۷۲۴۸/۹۲ ^{**}	۶۶/۱۶ ^{ns}	۲۱۲/۷۳ ^{**}	۵/۱۱ [*]
خطا	۱۴	۳۸۲۶/۸۵	۷۰/۶۸	۲۱/۰۴	۱/۶۶
ضریب تغییرات (CV)	-	۹/۹۰	۲۰/۵۵	۱۰/۳	۱۶/۸۶

***، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی‌داری

جدول ۳-۰: جدول تجزیه واریانس کودهای زیستی بر میزان غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، مواد محلول جامد کل در آلوئه‌ورا

منابع تغییرات (SOV)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)		
		نیتروژن	فسفر	پتاسیم
تکرار	۲	۰/۰۰۸۲ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{**}	۰/۰۱ ^{ns}
تیمار	۷	۰/۰۷ ^{**}	۰/۰۱ ^{**}	۰/۳۱ ^{**}
خطا	۱۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۳
ضریب تغییرات (CV)	-	۵/۳۳	۹/۲۷	۹/۷۶

***، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی‌داری

عناصر غذایی آنها بهتر شده و در نتیجه منجر به رشد بهتر شده است.

وزن تر اندام هوایی

باتوجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۳-۲) اثر کودهای زیستی بر میانگین وزن تر اندام هوایی گیاه آلوئه‌ورا، در سطح احتمال ۱ درصد نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نشان داد. اینگونه که از نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها پیداست، تیمار قارچ میکوریزا و تیمار تلفیقی قارچ میکوریزا و باکتری سودوموناس سویه یک و تیمار تلفیقی قارچ میکوریزا و باکتری‌های سویه یک و سویه دو سودوموناس بیشترین تأثیر را بر وزن تر گیاه آلوئه‌ورا در بین تیمارها داشته است و تیمار شاهد نسبت به سایر تیمارها کمترین وزن تر را داشته است (نمودار ۳-۵).

پژوهشگران زیادی تأثیر قارچ‌های میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد را بر میزان وزن تر گیاهان مختلف گزارش کرده‌اند که از آن جمله می‌توان به گزارش‌های سلطانی طولارود و همکاران [۱۳۸۶] در گندم، بانچیو و همکاران [Banchio et al., 2008] در آویشن شیرین، حمیدی و همکاران [۱۳۸۸] در ذرت، رخزادی و همکاران [Rokhzadi et al., 2008] در نخود، خوشبخت و همکاران [۱۳۸۸] در آلوئه‌ورا، اشاره کرد که نتایج حاصل از این آزمایش نتیجه مطالعات فوق را تأیید می‌کند. دلیل این افزایش وزن را به میزان جذب آب و عناصر غذایی نسبت می‌دهند.

وزن خشک ریشه

باتوجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۳-۲)، اثر کودهای زیستی بر میانگین وزن تر ریشه گیاه آلوئه‌ورا، در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. باتوجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها تیمار تلفیقی میکوریزا و باکتری سودوموناس سویه یک بهترین وضعیت را نسبت به سایر

شاید باکتری‌های محرک رشد از طریق تأثیری که بر روی ریشه و طوقه دارند باعث فعال شدن مکانیزم‌هایی می‌شوند که منجر به افزایش تولید پاجوش می‌شود که تاکنون این مکانیزم‌ها ناشناخته‌اند. نتیجه مطالعه تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر تعداد پاجوش در آلوئه‌ورا [خوشبخت و همکاران، ۱۳۸۹] با نتیجه این آزمایش مطابقت نداشت که عوامل مختلفی مانند شرایط آب و هوایی، و عوامل محیطی دیگر بر این مسأله بی‌تأثیر نیست.

حجم ریشه

باتوجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۳-۱) اثر کودهای زیستی بر میانگین حجم ریشه آلوئه‌ورا در سطح احتمال ۱ درصد، تفاوت معنی‌داری نشان داد و نسبت به شاهد در سطح آماری بهتری قرار گرفت. بر اساس نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها مشخص شد که تمامی تیمارها نسبت به شاهد، حجم ریشه بیشتری داشت. بیشترین تأثیر مربوط به تیمار تلفیقی قارچ میکوریزا و باکتری سودوموناس سویه یک بود و سایر تیمارها نیز در سطح آماری برتری نسبت به شاهد قرار داشتند (نمودار ۳-۴). بر اساس نتایج مطالعات بانچیو و همکاران [Banchio et al., 2008] استفاده از این باکتری‌ها باعث افزایش حجم ریشه‌ها گردید که در نهایت جذب آب و مواد معدنی افزایش یافت و سبب افزایش عملکرد گیاه شد. تولید مواد تنظیم‌کننده رشد گیاه مهم‌ترین ساز و کار تأثیر گذاری کودهای زیستی بر رشد و ریخت‌شناسی ریشه محسوب می‌شود که به صورت افزایش سطح ریشه گیاه میزبان بروز می‌کند [Banerjee et al., 2006]. افزایش سطح و حجم ریشه منجر به افزایش دسترسی به آب و املاح غذایی و در نهایت منجر به رشد بیشتر می‌گردد.

افزایش حجم ریشه بیانگر توسعه بیشتر ریشه است که افزایش توان جذب آب و عناصر غذایی بیشتر از حجم وسیع تری از خاک را امکان‌پذیر می‌سازد. بدین ترتیب به نظر می‌رسد که با کاربرد قارچ میکوریزا و PGPR و افزایش حجم ریشه توان و کارایی جذب و مصرف آب و

بارهنگ (*Plantago lanceolata*)، پیاز (*Allium cepa*) و تریتیکاله علوفه‌ای (*Triticum secale*) نیز حاکی از آن بود که همزیستی میکوریزایی موجب بهبود غلظت فسفر و نیتروژن در این گیاهان در مقایسه با شاهد می‌گردد. در مطالعه‌ای دیگر که به‌همین منظور در ذرت صورت گرفت، مشاهده شد که گیاهان تلقیح شده با میکوریزا، برتری محسوسی از نظر ارتفاع گیاهچه و غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم نسبت به شاهد داشتند [wu et al., 2004].

به‌نظر می‌رسد که همزیستی میکوریزایی از طریق بهبود رشد و نمو و متعاقب آن افزایش وزن خشک گیاه، سبب بهبود غلظت نیتروژن در اندام هوایی گیاه آلوئه‌ورا شده است. آریاگادا و همکاران [Arriagada et al., 2007]، در مطالعه خود بر روی اکالیپتوس، افزایش غلظت نیتروژن را به بهبودی که در رشد، نمو و مقدار کلروفیل برگ و متعاقب آن وزن خشک گیاه که در اثر همزیستی میکوریزایی حاصل شده بود، نسبت دادند. محمودی و همکاران [۱۳۸۲]، در مطالعه خود بر روی گیاه پسته اظهار داشتند که افزایش غلظت نیتروژن و تحریک رشد اندام‌های هوایی گیاه با افزایش تغذیه فسفوری همراه است. از این رو تأثیر قارچ میکوریزا بر روی میزان نیتروژن گیاه، احتمالاً به‌طور غیر مستقیم از طریق بهبود وضعیت فسفر گیاه که ناشی از همزیستی میکوریزایی می‌باشد اعمال می‌شود. می‌توان اظهار داشت که مصرف کود فسفات زیستی از طریق بهبودی که در مقدار فسفر و نیز افزایشی که بدنبال آن بر روی رشد و نمو و بیوماس گیاه ایجاد می‌کند، سبب بهبود محسوس غلظت نیتروژن می‌شود. نتیجه این آزمایش با نتیجه مطالعه بررسی تأثیر کودهای زیستی بر جذب عناصر در گیاه آلوئه‌ورا توسط تاواریا [Tawaraya, 2007] مطابقت دارد ولی با نتیجه بررسی خوشبخت و همکاران [۱۳۸۹] مطابقت نمی‌کند.

فسفر

باتوجه به جدول تجزیه واریانس (۳-۳)، اثر کودهای زیستی بر میزان فسفر جذب شده توسط گیاه آلوئه‌ورا، در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. نمودار مقایسه میانگین نشان می‌دهد که بیشترین میزان جذب عنصر فسفر در تیمار تلفیقی قارچ میکوریزا، باکتری سودوموناس سویه یک، باکتری سودوموناس سویه دو و سپس تیمار

تیمارها داشت که دلیل این تفاوت در قسمت بالا توضیح داده شد.

زهیر و همکاران [Zahir et al., 2000]، افزایش حجم و وزن خشک ریشه ذرت را در اثر کاربرد PGPR تولید کننده اکسین گزارش کردند. همچنین بهبود رشد ریشه ذرت و سایر گیاهان به ترتیب در اثر ترشح هورمون‌های اسید جیبرلیک و سیتوکینین به وسیله باکتری آزوسپیریلوم لیپوفوروم و سودوموناس پوتیدا مشخص شده است. پژوهش‌های 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 اسید (ACC) ۲، به وسیله انزیم ACC دی آمیناز ۳ و تولید مواد هورمونی و شبه هورمونی نظیر ایندول بوتیریک اسید، اسید جیبرلیک و غیره در اثر واکنش نیتريت حاصل از تنفس نیتراتی با اسید اسکوربیک مهمترین سازوکارهای این باکتری‌ها محسوب می‌شوند [Zahir et al., 2004].

نیتروژن

باتوجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۳-۳) اثر کودهای زیستی بر میزان نیتروژن جذب شده توسط گیاه آلوئه‌ورا، در سطح احتمال ۱ درصد نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری را نشان داد. نمودار مقایسه میانگین نشان می‌دهد که بیشترین میزان جذب عنصر نیتروژن در تیمار تلفیقی سودوموناس سویه یک و سودوموناس سویه دو و بعد از آن در تیمار قارچ میکوریزا صورت گرفته است. در پژوهش آریاگادا و همکاران [Arriagada et al., 2007]، که بر روی گیاه دارویی اکالیپتوس (*Eucalyptus glouulus*) انجام شد، مشاهده شد که کاربرد دو گونه از قارچ میکوریزا (*Glomus mosseae*) و (*G. deserticola*) باعث افزایش قابل ملاحظه وزن خشک و غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه در مقایسه با شاهد شد. نتایج تحقیقات لانگ و همکاران [Lang et al., 2003]، ژو و همکاران [Guo et al., 2006] و لستینجی و همکاران [Lestingi et al., 2007] به‌ترتیب بر روی گیاهان

^۱1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid-^۲
^۲ACC deaminase

پتاسیم

باتوجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۳-۳)، اثر کودهای زیستی بر میزان پتاسیم جذب شده توسط گیاه آلوئه ورا، در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. نمودار مقایسه میانگین نشان می‌دهد که بیشترین میزان جذب پتاسیم در تیمار تلفیقی باکتری سودوموناس سویه یک، باکتری سودوموناس سویه دو و تیمار قارچ میکوریزا و تیمار تلفیقی قارچ میکوریزا و باکتری سودوموناس سویه دو بیشترین میزان جذب پتاسیم را داشتند (نمودار ۳-۱۰). نتیجه به دست آمده مشابه نتایجی است که استفاده از کودهای زیستی بر محصولاتی از قبیل گندم توسط مصطفی [Mostafa., 2009] داشت و سبب افزایش جذب غلظت کلسیم، فسفر و پتاسیم در گیاه شد. 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]. ریحانی تبار و همکاران [۱۳۸۱] نیز گزارش کردند که کاربرد باکتری-های سودوموناس در گندم سبب بهبود جذب عناصر آهن و پتاسیم شد. نتایج به دست آمده در این پژوهش با یافته های محققان مذکور مطابقت دارد. همچنین نتیجه این آزمایش با نتایج حاصل از مطالعه خوشبخت و همکاران [۱۳۸۹] در گیاه آلوئه‌ورا مطابقت دارد.

هم‌افزایی منجر به افزایش کیفیت و کمیت در گیاه آلوئه‌ورا شد. در بین تمام صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک اندازه گیری شده تأثیر قارچ میکوریزا نسبت به حالت استفاده جداگانه میکروارگانیسم‌ها اثر قابل قبولی داشت. استفاده از کودهای زیستی بجای کودهای شیمیایی تا حدود زیادی م‌یتواند تأمین کننده سلامت محیط زیست، پایداری منابع تولید و با بهبود کیفیت محصولات در ارتقاء سلامت جامعه تأثیر قابل توجهی داشته باشد.

قارچ میکوریزا به تنهایی و تیمار تلفیقی باکتری سودوموناس سویه یک، باکتری سودوموناس سویه دو صورت گرفته است و تیمار شاهد در پائین‌ترین سطح آماری قرار گرفت (نمودار ۳-۹). باتوجه در میزان جذب عناصر توسط تیمارها می‌توان به اثرات سینرژیستی ریزجانداران پی‌برد. بنابراین به نظر می‌رسد که همزیستی میکوریزیایی از طریق جذب مناسب فسفر و انتقال آن به گیاه و نیز افزایش وزن خشک گیاه موجب بهبود غلظت فسفر می‌شود. همزیستی میکوریزیایی از طریق بهبود گسترش هیف‌های در منافذ خاک، به طور فیزیکی موجب افزایش جذب فسفر در پیکره رویشی گیاه می‌شود و از طرفی باکتری‌های حل‌کننده فسفات، فسفات غیرقابل جذب موجود در خاک را به شکل قابل جذب تبدیل کرده و منجر به افزایش میزان این عنصر در گیاه شده است. یافته‌های تاواربا [Tawaraya, 2007] بر روی آلوئه‌ورا (*Aloe vera*)، راتی و همکاران [Ratti et al., 2001] بر روی علف‌لیمو (*Cymbopogon ƒrvate ƒri*)، سری‌واستاوا و همکاران [Srivastava et al., 2002] بر روی بارهنگ (*Plantago ƒrvate*)، لانگ و همکاران [Lang et al., 2003] بر روی گشنیز (*Coriandrum sativum*) و توسیانت و همکاران [Toussaint et al., 2007] بر روی ریحان (*Ocimum sanctum*) با نتیجه این مطالعه مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

از آنجایی که گیاه آلوئه‌ورا یک گیاه ارزشمند دارویی-زینتی است لذا کاربرد کودهای زیستی جهت افزایش تولید و ماده موثره، بسیار مفید واقع شد. میزان تأثیر کودهای زیستی بر صفات کمی و کیفی آلوئه یکسان نبود و برخی دارای تأثیر بیشتر و برخی تأثیر کمتری داشتند. کاربرد توأم قارچ میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد شدت تأثیر بسیار بیشتری نسبت به کاربرد آنها بر صفات کمی و کیفی آلوئه داشت، در واقع ریزموجودات ها با اثر

منابع

- Abdul Jaleel, C., P. Manivannan, B. Sankar, A. Kishorekumar, R. Gopi, R. Somasundaram and R. Panneerselvam. 2007. *Pseudomonas fluorescens* enhances biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. *Colloids and Surfaces. Biointerfaces*, 60: 7–11.
- Feederemann, N., R. Finlay, T. Boller and M. Elfstrand. 2010. Functional diversity in arbuscular mycorrhiza – the role of gene expression, phosphorous nutrition and symbiotic efficiency. *Fungal ecology* (3): 1-8.
- Gong, M., F. Wang and Y. Chen. 2002. Study on application of arbuscular-mycorrhizas in growing seedlings of Aloe vera. *Zhong-Yao-Cai*, 25(1): 1-3.
- Grindlay, D. and T. Reynolds. 1986. The Aloe vera phenomenon: A review of the properties and modern uses of the leaf parenchyma gel. *J Ethnopharmacol*, 16: 117-151.
- Joshee, N., S.R. Mentreddy and K. Yadav. 2007. Mycorrhizal fungi and growth and development of micropropagated *Scutellaria integrifolia* plants. *Industrial Crops and Products*. 25: 169–177.
- Kafkas, S. and I. Ortas. 2009. Various mycorrhizal fungi enhance dry weights, P and Zn uptake of four *Pistacia* species. *J. Plant Nutr.* 32: 146–159.
- Karst, J.M.D. and R. Turkington. 2008. Ectomycorrhizal colonization and intraspecific variation in growth response of Lodge pole pine. *Plant Ecology*. DOI:10.1007/s 11258-008-9443-9.
- Misawa, E., M. Tanaka, K. Nomaguchi, M. Yamada, T. Toida, M. Takase, K. Iwatsuki and T. Kawada. 2008. Administration of phytosterols isolated from Aloe vera gel reduce visceral fat mass and improve hyperglycemia in Zucker diabetic fatty (ZDF) rats. *Obes. Res. Clin. Pract.*, 2: 239-245.
- Muthukumar, T., M. Senthilkumar, M. Rajangam and K. Udaiyan, 2006. Arbuscular mycorrhizal morphology and dark septate fungal associations in medicinal and aromatic plants of Western Ghats, Southern India. *Mycorrhiza*, 17: 11-24.
- Saharan, B. S. and V. Nehra. 2011. Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review. *Life Sciences and Medicine Research: LSMR-21*: 1-29.
- Saroha, V., N.R. Yadav and R.C. Yadav. 2007. Effect of paclobutrazol, pluronic-F 68 and phloroglucinol on micropropagation of Aloe vera. *Acta Hort.*, (ISHS) 756: 147-154.
- Smith, S. E. and D. Read. 2008. *Mycorrhizas in agriculture, horticulture and forestry. Mycorrhizal Symbiosis* (Third Edition). Pp. 611-636.
- Sultana, B. and F. Anwar. 2008. Flavonols (kaempferol, quercetin, myricetin) contents of selected fruits, vegetables and medicinal plants. *Food Chem.*, 108: 879-884.
- Tawaraya, K., M. TurJaman and H.A. Ekamawanti. 2007. Effect of arbuscular mycorrhizal colonization on nitrogen and phosphorus uptake and growth of Aloe vera . *Hortscience*, 42(7): 1737-1739.
- Toussaint, J.P., F.A. Smith and S.E. Smith. 2007. Arbuscular mycorrhizal fungi can induce the production of phytochemicals in sweet basil irrespective of phosphorus nutrition. *Mycorrhiza*, 17: 291-297.
- Vierheilig H., H. Gagnon, D. Strack and W. Maier. 2000. Accumulation of cyclohexenone derivatives in barley, wheat and maize roots in response to inoculation with different arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycorrhiza*, 9: 291-293.
- Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil*, 255: 571-58

Investigation of Mycorrhizal and Growth Promoting Bacteria Symbiosis on Quantitative and Qualitative indices of *Aloe vera*

Shahryar Pouraali*¹, Abdollah Hatamzadeh², Seyed MohammadReza Ehteshami²

Received: November 3, 2014

Accepted: March 16, 2015

Abstract

The effect of arbuscular mycorrhizal (AM), Species *Glomus intraradices* and plant growth promoting (PGPR), Species *Pseudomonas fluorescens* strain 41 and *Pseudomonas fluorescens* strain 187, On the aloe vera plant in a pot experiment under greenhouse conditions was studied. Main objective of this study was to increase nutritional quality in Aloe vera by applying biofertilizers are mediated by enhanced antioxidant potentials and secondary metabolite accumulation. The experiment, based on randomized complete block design with eight treatments and three replication were performed. Treatments consisted of: 1- Control plants. 2- inoculation with the intraradices. 3- Inoculated with *Pseudomonas* strains 41. 4- Inoculated with *Pseudomonas* strains 187. 5- Combining intraradices and *Pseudomonas* strains 41. 6- Combining intraradices and *Pseudomonas* strains 187. 7- Combining the two strains of *Pseudomonas*. 8- Combining the two strains of *Pseudomonas* and intraradices. Statistical analysis of the data showed that microorganisms were used in this study, had significant effect on indicators such as fresh and dry weight, root dry weight, root volume, leaf uptake NPK, chlorophyll content, total phenol, flavonoids and antioxidant activity of Aloe vera. The results of this study showed that combination application of arbuscular mycorrhiza and plant growth-promoting bacteria is more effective than their own on physiological and morphological characteristics of the aloe vera plant.

Key words: Symbiosis, qualitative and quantitative properties, PGPR, VAM

1: MSc. of Horticulture, Department of Horticulture, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan,

2: Faculty members, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan

*Corresponding author: spouraali@yahoo.com