نشریه شمـاره 11، بهار و تابستان 1397، صفحات 64-51

نشریه مدیریت بیابـان

www.isadmc.ir

انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

مقایسه کارایی مایه تلقیح قارچ میکوریزی آربسکولار و ریزوباکتری محرک رشد گیاهی بر غلظت عناصر غذایی و شاخص کیفی نهال‌های استبرق (*Calotropis procera* Ait)

محمد بهمنی جعفرلو[1]، بابک پیله ور[2*]، محمد مدرسی[3]، مهدی محمدی[4]

1. دانشجوی دکتری تخصصی، دانشگاه لرستان، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه جنگل داری، خرم آباد، ایران.
2. دانشیار دانشگاه لرستان، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه جنگل داری، خرم آباد، ایران.
3. استادیار دانشگاه خلیج فارس ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه اصلاح نباتات، بوشهر، ایران.
4. استادیار دانشگاه خلیج فارس، پژوهشکده خلیج فارس، گروه بیوتکنولوژی، بوشهر، ایران.

* نویسنده مسئول: Pilehvar.B@Lu.ac.ir

تاریخ دریافت: 1396/05/05 **تاریخ پذیرش**: 1397/02/09

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی مقایسهٔ کاربرد مایهٔ تلقیح قارچ میکوریز آربسکولار *Glomus Intraradices* و باکتری محرک رشد *Pseudomonas Putida* بر غلظت عناصر ماکرو و میکرو و شاخص کیفی نهال‌های استبرق در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجامشد. نتایج آزمون تجزیه واریانس یک طرفه نشان داد که متغیرهای مورد سنجش عناصر غذایی و شاخص کیفی نهال به طور معنی داری تحت تاثیر تیمار تلقیح قارچ و باکتری قرار گرفته‌اند. نتایج مقایسهٔ میانگین دانکن نشان داد که غلظت عناصر غذایی تیمار های قارچ از جمله، نیتروژن کل ریشه 26درصد، غلظت آهن در برگ و ریشه 70 و 52 درصد و همچنین غلظت پتاسیم و روی موجود در برگ به ترتیب 5 و 45 درصد نسبت به شاهد، افزایش داشته است. مقایسهٔ میانگین نشان داد که نهال‌های تلقیح یافته با باکتری نسبت به شاهد در غلظت نیتروژن کل، آهن و منگنز موجود در برگ به ترتیب 57، 450 و 225درصد و غلظت آهن و روی موجود در ریشه نیز 58 و 84 درصد افزایش دیده شد. همچنین مقایسه تیمار قارچ با باکتری نیز نشان داد که، غلظت عناصر نیتروژن کل 51 درصد ، پتاسیم 48 درصد، آهن450 درصد و روی 31 درصد در برگ و نیتروژن و پتاسیم موجود در ریشه نیز 48 و 300 درصد افزایش داشته است. در ارتباط با شاخص کیفی، نهال‌های تلقیح شده با باکتری با مقدار عددی 0/85 بالاترین شاخص را نشان دادند که در مقایسه با شاهد با افزایش 66 درصدی همراه بوده است. نتایج تحقیق حاکی از این است که مایه تلقیح قارچ و باکتری سبب افزایش غلظت عناصر غذایی و شاخص کیفی نهال استبرق شده است. لذا با وجود اختلاف ناچیز بین مایه تلقیح‌ها، استفاده از هر دو نوع مایه تلقیح قارچی و باکتریایی به منظور جایگزین کوددهی در بستر کشت تولید نهال استبرق در نهالستان ها قابل توصیه است.

واژگان کلیدی: گلوموس؛ سودوموناس؛ ماکرو و میکرو المانت؛ کیفیت نهال؛ استبرق

n مقدمه

استبرق با نام علمی *Calotropis Procera* Ait از خانواده *Asclepiadaceae*، درختچه‌ای بیابانی همیشه سبز و چندساله است که گستره زیستی آن در نواحی جغرافیایی گرم بیابانی جنوب غربی آسیا و ناحیه مدیترانه تا سواحل آفریقا و جنوب ایران از جمله سواحل خلیج فارس و دریای عمان، اراضی بیابانی و خشک سیستان و بلوچستان، هرمزگان، بوشهر و خوزستان می باشد. استبرق دارای ارزش اقتصادی و دارویی ویژه‌ای است که باهدف بازسازی و توسعه رویشگاه‌های مناطق خشک و بیابانی کشت می‌گردد (14). این گیاه در تثبیت ماسه‌های روان ساحلی و همچنین حفاظت آب و خاک در جنوب کشور و حاشیه حوضهٔ خلیج‌فارس قابل استفاده است، به طوری که با توسعه کشت وسیع و مکانیزه این گیاه ارزشمند، می‌توان صنعت بزرگی از جمله نساجی را متحول ساخت. در حالی که متاسفانه در ایران از این مهم غفلت شده است (4). با اینکه این گیاه در شرایط رویشگاهی در مناطق خشک و بیابانی جنوب کشور بذر زیادی تولید می‌کند اما در عرصه‌های طبیعی با پراکنش کمی مواجه است، بنابراین به نظر می‌رسد که این درختچه بیابانی با مشکل استقرار در مراحل اولیه رشد درگیر باشد. از این رو رهیافت‌های زیست‌فناوری (بیوتکنولوژیک) که در سال‌های اخیربرای توانمند سازی گیاهان و افزایش مقاومت تنش‌های زیستی و محیطی مورد توجه محققان قرار گرفته است، استفاده از قارچ‌های میکوریز و باکتری‌های محرک رشد گیاهی می‌باشد (4).

قارچ میکوریز آربسکولار (AMF[1]) رایج‌ترین همزیستی میکوریزی است که تقریباً در تمامی جوامع گیاهی از عرصه منابع طبیعی تا اراضی کشاورزی حضوری چشمگیر و گسترده دارد. این قارچ‌ها از انواع بیوتروف‌های اجباری هستند که تأثیر زیادی بر نحوه تکامل سیستم ریشه‌ای گیاهان دارند. به‌طوری‌که اندام خاصی به نام آربسکول را در پوست و ریشه گیاه میزبان به وجود می‌آورند تا محل تبادل عناصر غذایی بین دو گونه همزیست گیاه و قارچ باشند. اندام خاص دیگری به نام وزیکول که در واقع محتوی مواد غذایی است، و در ذخیره‌سازی و کلونیزاسیون ساختن گیاه میزبان نقش دارد (27). قارچ‌های میکوریز به طور گسترده‌ای در بوم‌نظام‌های خاکی توزیع شده‌اند که بیانگر نقش مهم و مفید قارچ‌ها در بهبود تغذیه خاک و افزایش عملکرد گیاهان مناطق خشک و بیابانی است (16). همچنین با بهبود توانایی گیاه در جذب عناصر غذایی (3)، کمک به تعادل یونی (13)، موجب بهبود رشد گیاه می‌شوند. این واکنش‌های مثبت ایجاد شده در همزیستی میکوریزا به افزایش جذب یون‌های کم تحرک خاک از قبیل فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، گوگرد، آهن، روی، مس و منگنز توسط قارچ میکوریز آربسکولار و انتقال آن‌ها به گیاه میزبان نسبت می‌دهند (18). این همزیستی موجب افزایش جذب و انتقال عناصر متحرک نظیر نیتروژن معدنی به ویژه در شرایط سخت محیطی در بیابان‌ها می‌شود (19). باکتری هایی که در ریزوسفر گیاه هستند و توسط سازوکارهایی ویژه موجب افزایش رشد گیاه می‌شوند که به عنوان باکتری محرک رشد گیاه (PGPR[2]) تلقی می‌شوند (8). مزایای تلقیح گیاهان با این باکتری‌ها شامل افزایش شاخص‌های مختلفی شامل سرعت جوانه‌زنی، رشد ریشه، میزان تولید در واحد سطح، کنترل عوامل بیماری‌زا، افزایش سطح برگ، افزایش محتوی کلروفیل، وزن ریشه و اندام هوایی، افزایش فعالیت میکروبی خاک و دسترسی عناصر غذایی برای گیاه می‌باشند (5). در بین باکتری‌های محرک رشد گیاه، باکتری‌های جنس سودوموناس به دلیل توزیع گسترده در خاک، توانایی کلونیزاسیون ساختن ریزوسفر بسیاری از گیاهان و تولید طیف متنوعی از متابولیت‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. این باکتری ها موجب تولید طیف وسیعی از صفات محرک رشد گیاهی مانند اکسین، آنزیم ACC دآمیناز، سیدروفور[3]، سالیسیلیک اسید[4] و حل‌کنندگی فسفات می‌باشند (21 و 27). از بین گونه‌های مختلف جنس سودوموناس، گونه *Putida* و*flurescent* نقش بسیار مهمی در جذب عناصر غذایی مثل فسفر و افزایش رشد دارند. امروزه تلقیح گیاهان با PGPRها یک

[1] Arbuscular Mycorrhizal Fungus
[2] Plant Growth Promotion Rhizobacteria
[3] Siderophore
[4] Salicylic Acid

دارایی مهم برای کشاورزی بیولوژیک است. این بیوتکنولوژی دوستدار محیط زیست[5] نیز مورد توجه، به‌عنوان رهیافتی برای کاهش استفاده از کود شیمیایی مطرح می‌باشند. از این رو، استفاده از میکروارگانیسم‌های مفید از جمله، AMF ها و PGPR ها بر عناصر غذایی، رشد و توسعه گیاهان مؤثر هستند (15). شاخص کیفی[6] دیکسون و همکاران (1960)، یکی از روش هایی است که جهت بررسی کارایی رشد نهال با استفاده از مشخصه های ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی، ریشه و قطر یقه نهال ها در شرایط مختلف محیطی به کار گرفته می شود. شاخص کیفی می تواند به عنوان معیار قابل قبول در انتخاب و تولید نهال‌های با کیفیت بالا باشد (6). در این پژوهش به برخی مطالعات پیرامون کاربرد این میکروارگانیسم‌ها بر روی گیاهان اشاره می شود.

مطالعه اثرات قارچ میکوریز آربسکولار بر روی نهال *Vigna unguiculata* و *Abelmoschus esculentus* نشان داد که در نهال تلقیح شده با قارچ میکوریز، غلظت نیتروژن و فسفر در مقایسه با نهال بدون تلقیح افزایش داشته است (2). همچنین نتایج پژوهش تلقیح قارچ میکوریز بر نهال *Catharanthus roseus* L. نشان داد که صفات بیوشیمی گیاه ازجمله کلروفیل a، b و کل، قندهای محلول نیز به شدت تحت تأثیر قارچ *Glomus aggregatum* واقع شده است (25).علاوه براین تلقیح *Pseudomonas fluorescens* روی نهال‌های کاج حلب (*Pinus halepensis*) موجب بهبود رشد و جذب نیتروژن گردیده است و غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، کلسیم و منیزیم در گیاه افزایش یافته است (10). طی بررسی Dominguez و همکاران (2012) اثرات ترکیبی باکتری *Pseudomonas fluorescens* و میکوریز *Tuber melanosporum* بر کیفیت نهال کاج (*Pinus halepensis*) دریافتند که تلقیح موجب بهبود رشد و جذب عناصر غذایی نهال شده است (11).

نتایج یافته‌های پژوهش‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که قارچ‌های میکوریز و باکتری‌های محرک سبب افزایش شاخص‌های رشد و عملکرد گیاهان با سازکارهای مختلف فیزیولوژیک و بیوشیمیایی از جمله تسهیل در جذب و دسترسی گیاه به عناصر غذایی و جذب آب می‌گردد. از این رو پژوهش حاضر با هدف مقایسه استفاده از این نوع مایه تلقیح ها بر وضعیت عناصر غذایی و شاخص کیفی نهال‌های استبرق صورت پذیرفته است.

n مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری بذر

نمونه‌های بذر استبرق در مرداد ماه سال 1391 از رویشگاه‌های واقع در شهرستان تنگستان از توابع استان بوشهر با عرض جغرافیایی 3213206 متر شمالی و طول جغرافیایی 523703 متر شرقی در سیستم UTM[7] و ارتفاع از سطح دریا 58 متر از پایه های با تاج گسترده و سالم استبرق توسط مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی بوشهر جمع آوری شدند. بذر تهیه شده را ابتدا با به روش دستی تمیز کرده و در ادامه با قارچ‌کش کربوکسین تیرام با غلظت 2 درصد استریل شدند.

تلقیح میکروبی

در شرایط استریل لامینار، ابتدا بذور استریل شده با صمغ عربی 20 درصد آغشته شدند. در ادامه بذرها در ظرف حاوی مایه تلقیح میکوریز *Glomus Intraradices* با جمعیت 250 پروپاگول در گرم و باکتری *Pseudomonas putida* سویه 169 با جمعیت $3/6\times10^9$ کلنی سلول در میلی‌لیتر به مدت 30 دقیقه بذر مال شدند (17). قابل ذکر است که مایه‌های تلقیح قارچ و باکتری از بخش تخصصی بیولوژی خاک موسسه تحقیقات خاک و آب کشور واقع در مشکین دشت کرج تهیه شده است.

کشت نهال

بذرهای تلقیح یافته در عمق 0/5 تا 1 سانتی‌متری بستر خاک گلدان سطلی با حجم 4 کیلویی در شرایط گلخانه‌ای داربستی با مشخصات حداکثر دمای 30 و حداقل دمای 18 درجه سانتی‌گراد، حداکثر رطوبت نسبی 50 و حداقل رطوبت 32 درصد، کشت شدند (جدول 1). آبیاری نهال ها با لحاظ کردن ظرفیت زراعی مرجع خاک

[5] Ecological Friend
[6] Quality Index
[7] Universal Transverse Mercator

یا 100 درصد صورت گرفتند. به طوری که هر سه روز یک بار گلدان ها را با ترازوی دیجیتال توزین کرده و با اضافه نمودن آب به ظرفیت مرجع رسانده شده‌اند.

جدول 1. مشخصه‌های اندازه‌گیری شده فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده شده در گلدان نهال‌ها

پارامترهای مورد سنجش	مقادیر	واحد اندازه‌گیری
شن	50	(%)
رس	20	(%)
سیلت	30	(%)
pH	7/71	--
هدایت الکتریکی	0/328	(µs/m)
کربن آلی	1/33	(%)
نیتروژن کل	1/13	(%)
فسفر	0/2	(ppm)
پتاسیم	9	(ppm)
آهن	0/13	(ppm)
منگنز	0/02	(ppm)
روی	0/08	(ppm)

اندازه گیری عناصر غذایی

برای اندازه‌گیری غلظت نیتروژن کل، ابتدا 0/5 گرم از وزن خشک برگ و ریشه را در لوله‌های مخصوص ریخته و یک عدد قرص کاتالیزور به همراه 10 میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ به آن اضافه شد. لوله‌ها به مدت 3 تا 4 ساعت در دمای 400 درجه سانتی‌گراد داخل کوره هضم قرار داده شدند. پس از سرد شدن لوله‌ها حاوی نمونه به هرکدام 10 میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. در پایان با استفاده از دستگاه کجلدال غلظت نیتروژن کل نمونه‌ها قرائت گردید (29) به‌منظور سنجش غلظت سایر عناصر ماکرو و میکرو از جمله پتاسیم، آهن، منگنز و روی، 1 گرم از وزن خشک بافت گیاه برگ و ریشه را در لوله‌های مخصوص هضم ریخته و 10 میلی‌لیتر اسید نیتریک به آن اضافه کرده و به مدت 3 تا 4 ساعت در دمای 150 درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و پس از سرد شدن، نمونه‌ها صاف و به حجم بالون ژوژه 25 میلی‌لیتر رسانده شد و با دستگاه جذب اتمیک قرائت غلظت نمونه‌ها انجام شد. با استفاده از منحنی استاندارد مربوط به هر عنصر مقادیر هر عنصر تعیین گردید (29).

اندازه گیری شاخص کیفی نهال:

پس از پنج ماه از رشد نهال در شرایط گلخانه، اقدام به برداشت و اندازه گیری شاخص‌های مورفولوژی نهال ها شد. در آغاز ارتفاع با خط کش با دقت سانتی متر و سپس قطر یقه نهال با کولیس با دقت میلی متر اندازه گیری شدند و در ادامه وزن خشک اندام هوایی و ریشه نهال ها با استفاده از آون در دمای 70 درجه سانتی گراد و به مدت زمان 48 ساعت اندازه گیری شدند. با مشخص شدن پارامترهای مورفولوژیک، شاخص کیفی نهال‌ها با استفاده از رابطه 1، به صورت زیر محاسبه شده‌اند (9).

رابطه 1: QI[8] مخفف شاخص کیفی نهال، TDW[9] مخفف وزن خشک کل نهال، H[10] مخفف ارتفاع نهال، RCD[11] مخفف قطر یقه ریشه، SDW[12] مخفف وزن خشک اندام هوایی و RDW[13] مخفف وزن خشک ریشه می باشد.

رابطه 1:

$$QI = \frac{TDW(gr)}{\frac{H(cm)}{RCD(mm)} + \frac{SDW(gr)}{RDW(gr)}}$$

در پایان تجزیه آماری این پژوهش در قالب طرح ساده کاملاً تصادفی با سه تکرار صورت گرفته و تجزیه‌وتحلیل

[8] Quality Index
[9] Total Dry Weight
[10] Height
[11] Root Collar Diameter
[12] Shoot Dry Weight
[13] Root Diameter Weight

داده‌ها از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه[1] و هم چنین مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

n نتایج

جدول2. میانگین مربعات کاربرد مایه تلقیح قارچ و باکتری بر غلظت عناصر غذایی برگ و ریشه نهال استبرق

منابع تغییر	درجه آزادی	نیتروژن کل برگ (%)	نیتروژن کل ریشه (%)	پتاسیم برگ (gr/kg)	پتاسیم ریشه (gr/kg)	آهن برگ (g/kg)
مایه تلقیح	2	3/398**	0/166*	55/12**	46/34**	0/022**
اشتباه آزمایشی	6	0/330	0/027	0/006	2/77	0/00
کل	8					
منابع تغییر	درجه آزادی	آهن ریشه (gr/kg)	منگنز برگ (gr/kg)	منگنز ریشه (gr/kg)	روی برگ (gr/kg)	روی ریشه (gr/kg)
مایه تلقیح	2	6/0**	0/013**	0/00*	0/00**	0/003ns
اشتباه آزمایشی	6	0/002	0/001	0/001	0/00	0/001
کل	8					

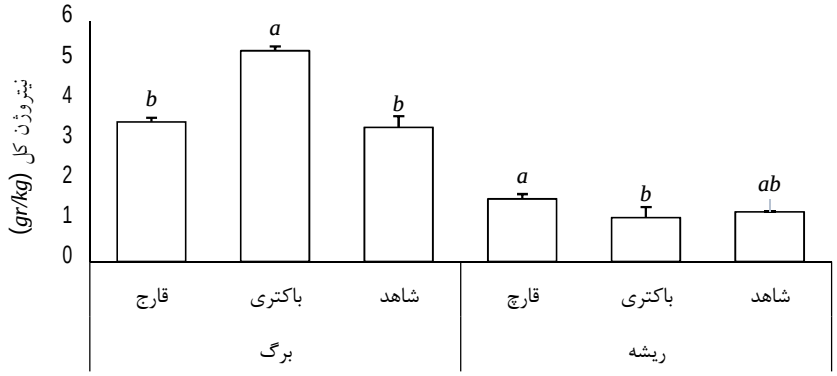
علامت‌های **، * و *ns* به ترتیب بیانگر سطح معنی‌داری 1 درصد، 5 درصد و غیر معنی‌دار می‌باشد

نیتروژن کل

نتایج تجزیه واریانس یک طرفه نشان داد که تیمارهای قارچ و باکتری بر غلظت نیتروژن کل موجود در برگ و ریشه نهال‌ها در سطح آماری 1 و 5 درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول 2).

آزمون مقایسه میانگین دانکن نشان داد که نیتروژن در برگ گیاه تلقیح شده با قارچ در مقایسه با شاهد ، 3 درصد افزایش داشته است. درحالی‌که مقادیر نیتروژن در ریشه نهال‌های تلقیح شده با قارچ میکوریزی 26 درصد افزایش مشاهده شد. بنابراین نتایج آزمون دانکن اشاره به این دارد که مقادیر تجمع نیتروژن در برگ نهال‌های تلقیح شده در مقایسه با ریشه 126 درصد افزایش داشته است (شکل1). غلظت این عنصر در برگ نهال‌های باکتریایی در مقایسه با نهال شاهد بیشتر بوده است که مقدار آن 5/25 گرم در کیلوگرم است که 57 درصد نسبت به شاهد افزایش داشته است. غلظت نیتروژن در ریشه نهال‌های تلقیح شده و نشده تفاوتی ندارند به طوری که غلظت نیتروژن آن‌ها در مقایسه با برگ کمتر می‌باشد. قابل‌ذکر است که غلظت نیتروژن در برگ نهال‌های آلوده به باکتری نسبت ریشه آن ها 378 درصد افزایش داشته است (شکل1). میزان غلظت نیتروژن در برگ نهال‌های آلوده به باکتری در مقایسه با تلقیح قارچ بیشتر بوده است. به طوری که غلظت آن در برگ نهال‌های باکتریایی و قارچی به ترتیب 5/25 و 3/47 گرم در کیلوگرم می‌باشد که بیانگر افزایش 51 درصد غلظت نیتروژن در برگ نهال‌های آلوده به باکتری نسبت به نهال قارچی است (شکل7-الف). در حالی که غلظت نیتروژن در ریشه نهال‌های آلوده به قارچ در مقایسه با باکتری بیشتر می‌باشد. میزان غلظت آن‌ها به ترتیب در قارچ و باکتری برابر است با 1/55 و 1/09 گرم در کیلوگرم است که افزایش 48 درصدی را در نهال‌های تیمار شده به قارچ را نشان می‌دهد. به طوری که برگ نهال قارچی و باکتری نسبت به ریشه به ترتیب 133 و 378 درصد افزایش در غلظت نیتروژن داشته‌اند (شکل1).

[1] One Way Anova

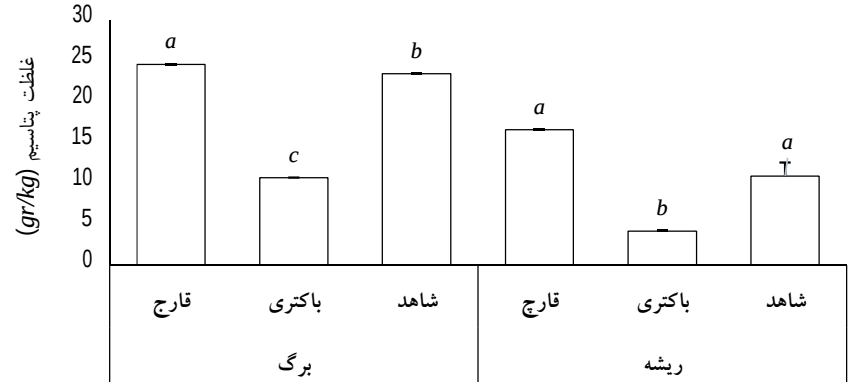


شکل 1. مقایسه میانگین مقادیر غلظت نیتروژن موجود در برگ و ریشه نهال‌های تلقیح شده با قارچ و باکتری (حروف مختلف بر روی نمودارها بیانگر تفاوت معنی‌دار میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن است. ±SE)

پتاسیم

نتایج تجزیه واریانس یک طرفه نشان داد که تیمارهای قارچ و باکتری بر غلظت پتاسیم موجود در برگ و ریشه نهال‌ها در سطح آماری 1 درصد معنی‌دار است (جدول 2).

آزمون مقایس دانکن در سطح آماری 1 و 5 درصد، تأثیری بر غلظت پتاسیم در برگ و ریشه نهال‌های تلقیح شده با قارچ و شاهد نشان نداد ولی نهال‌های آلوده به قارچ در مقایسه با شاهد از مقادیر غلظت بالاتری برخوردار بودند. به این صورت که غلظت پتاسیم در برگ نهال قارچی تقریباً 5 درصد نسبت تلقیح نشده افزایش داشت. در ریشهٔ نهال‌های تیمار در مقایسه با شاهد، 2/5 درصد افزایش داشته است (شکل2). آزمون مقایسه میانگین دانکن نشان داد که غلظت پتاسیم برگ نهال‌های تیمارشده به باکتری نسبت به شاهد کمتر است که مقادیر آن‌ها به ترتیب 16/59 و 23/43 گرم در کیلوگرم می‌باشد همچنین در ریشه نهال‌ها نیز مقادیر پتاسیم نهال‌های تیمار نسبت به شاهد کمتر بود که به ترتیب 4/15 و 10/89 گرم در کیلوگرم است. مقدار غلظت پتاسیم در برگ نهال‌های آلوده به باکتری در مقایسه با ریشه آن‌ها 298 درصد بیشتر است (شکل2). آزمون دانکن نشان داد که پتاسیم در نهال‌های تلقیح شده قارچی در مقایسه با نهال‌های تلقیح شده با باکتری بالاتر است که این غلظت در قارچ و باکتری برابر با 24/57 و 16/6 گرم در کیلوگرم است. بنابراین پتاسیم در برگ نهال‌های قارچی نسبت به نهال‌های باکتریایی، افزایش 48 درصدی داشته است. در ریشه نهال‌های تلقیح شده با قارچ نیز در مقایسه با باکتری، غلظت پتاسیم بیشتر است. به طوری که نهال قارچی با افزایش 300 درصدی نسبت به باکتری همراه بوده است (شکل2).



شکل 2. مقایسهٔ میانگین مقادیر غلظت پتاسیم موجود در برگ و ریشه نهال‌های تلقیح شده با قارچ و باکتری (حروف مختلف بر روی نمودارها بیانگر تفاوت معنی‌دار میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن است. ±SE)

آهن

نتایج تجزیه واریانس یک طرفه نشان داد که تیمارهای قارچ و باکتری بر غلظت آهن موجود در برگ و ریشه نهال‌ها در سطح آماری 1 درصد معنی‌دار است (جدول 2).

نتایج مقایسهٔ میانگین دانکن بیانگر این است که غلظت آهن موجود در برگ نهال‌های قارچی با مقدار 0/087 گرم در کیلوگرم در مقایسه با شاهد بیشتر است، که به عبارتی نسبت به شاهد،70 درصد افزایش داشته است. غلظت این عنصر در ریشهٔ نهال‌های تیمارشده به قارچ به مقدار 6/73 گرم در کیلوگرم می‌باشد که در مقایسه با شاهد 52 درصد افزایش داشته است(شکل3).

مقایسهٔ میانگین نشان داد که غلظت آهن در برگ نهال‌های تلقیح شده با باکتری نسبت به عدم تلقیح افزایش چشمگیری داشته است که مقدار آهن در برگ آن برابر است با 5/46 گرم در کیلوگرم است. در ارتباط با ریشه نهال‌های باکتریایی، غلظت آن برابر است با 6/83 گرم در کیلوگرم می‌باشد که نسبت به شاهد 58 درصد افزایش داشته است (شکل3). نتایج مقایسه دانکن نشان داد که غلظت این عنصر در نهال‌های تلقیح شده با باکتری نسبت به نهال قارچی افزایش چشمگیری داشته است که مقدار آن‌ها در نهال‌های باکتریایی و قارچ به ترتیب 4/51 و 0/08 گرم در کیلوگرم است. در ریشه نهال‌های تلقیح شده با باکتری در مقایسه با قارچ، غلظت آهن افزایش داشته است. که این غلظت در باکتری و قارچ به ترتیب 9/86 و 6/66 گرم در کیلوگرم است که می‌توان بیان داشت که نهال‌های باکتریایی، افزایش 48 درصدی را نسبت به نهال‌های قارچی داشته‌اند. قابل ذکر است که غلظت آهن در ریشه نهال‌های آلوده در مقایسه با برگ آن‌ها بیشتر بوده است، که این افزایش در ریشه نهال‌های باکتریایی نسبت به برگ آن برابر با 118 درصد است (شکل3).

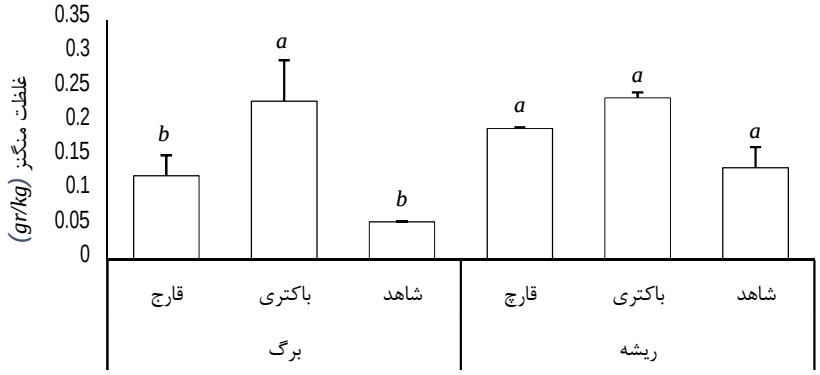
شکل 3. مقایسه میانگین مقادیر غلظت نیتروژن موجود در برگ و ریشه نهال‌های تلقیح شده با قارچ و باکتری(حروف مختلف بر روی نمودارها بیانگر تفاوت معنی‌دار میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن است. SE±)

منگنز

نتایج تجزیه واریانس یک طرفه نشان داد که تیمارهای قارچ و باکتری بر غلظت منگنز موجود در برگ و ریشه نهال‌ها در سطح آماری 1 و 5 درصد معنی‌دار است (جدول 2).

در آزمون دانکن غلظت منگنز در گیاه تلقیح شده به قارچ نسبت به شاهد بیشتر است. به این صورت که منگنز برگ نهال‌های تلقیح شده با مقدار 0/13 گرم در کیلوگرم می‌باشد که نسبت به شاهد 133 درصد افزایش نشان داد. غلظت این عنصر در ریشه نهال قارچی 0/12 گرم در کیلوگرم می‌باشد که نسبت به نهال بدون تلقیح 21 درصد افزایش داشته است (شکل4). در نتایج آزمون دانکن، منگنز برگ نهال‌های باکتریایی در مقایسهٔ با شاهد با مقدار 0/182 گرم در کیلوگرم بوده و این مقدار در برگ نهال‌های آلوده 225 درصد افزایش داشته است. این عنصر در ریشه‌های نهال‌های آلوده و غیر آلوده تفاوتی مشاهده نشده است و مقادیر غلظت آن‌ها به ترتیب برابر با 0/134 و 0/135 گرم در کیلوگرم است (شکل 4). با توجه به عدم تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای قارچ و باکتری در مقایسه میانگین دانکن، اما نهال‌های باکتریایی دارای غلظت

منگنزی بالایی است. غلظت این عنصر به ترتیب در نهال تلقیح شده با قارچ و باکتری برابر با 0/23 و 0/12 گرم در کیلوگرم می‌باشد. در ارتباط با ریشه نهال‌های تیمارشده نیز تفاوتی بین تیمارها مشاهده نشده است (شکل4).



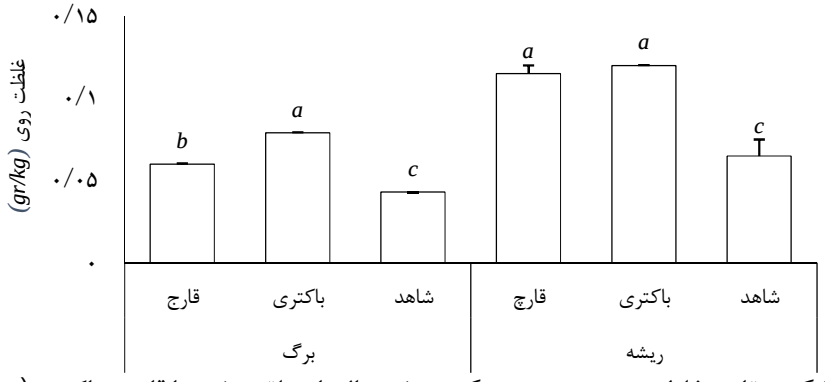
شکل 4. مقایسهٔ میانگین مقادیر غلظت منگنز موجود در برگ و ریشه نهال‌های تلقیح شده با قارچ و باکتری (حروف مختلف بر روی نمودارها بیانگر تفاوت معنی‌دار میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن است. ±SE)

روی

نتایج تجزیه واریانس یک طرفه نشان داد که تیمارهای قارچ و باکتری بر غلظت روی به ترتیب در برگ در سطح آماری 5 درصد معنی‌دار و در ریشه نهال‌ها غیر معنی‌دار می‌باشد (جدول 2).

غلظت این عنصر در آزمون دانکن در برگ نهال‌های میکوریزی نسبت به شاهد با مقادیر 0/06 گرم در کیلوگرم، بالاتر می‌باشد. به عبارتی این عنصر در نهال‌های آلوده 45 درصد در مقایسه با شاهد افزایش داشته است. در ریشه نهال‌های قارچی نیز غلظت روی 0/07 گرم در کیلوگرم می‌باشد که در مقایسه با شاهد 18 درصد افزایش داشته است (شکل5).

نتایج مقایسه میانگین دانکن نشان داد که در غلظت عنصر روی موجود در برگ نهال‌های باکتریایی و شاهد به ترتیب برابر با 0/033 و0/043 گرم در کیلوگرم می‌باشد که این مقادیر تفاوت معنی‌داری نسبت به هم ندارند. به طوری که این عنصر در ریشه نهال تلقیح شده با غلظت 0/12 گرم در کیلوگرم در مقایسه با شاهد بیشتر بوده و این افزایش با 84 درصد همراه بوده است (شکل5). مقایسه میانگین دانکن نشان داد که نهال‌های تیمار شده با باکتری نسبت به نهال‌های تیمار شده با قارچ، با غلظت روی بالایی همراه است. غلظت آن‌ها در برگ نهال‌های باکتریایی و قارچی به ترتیب 0/079 و 0/06 گرم در کیلوگرم است. که در واقع غلظت روی موجود در برگ نهال‌های تلقیح شده با باکتری، افزایش 31 درصدی را در مقایسه با قارچ داشته است. در ارتباط با ریشه نهال‌ها نیز تفاوتی در بین تیمارها دیده نشد، به طوری که غلظت آن‌ها به ترتیب در نهال های تلقیح یافته با باکتری و قارچ برابر با 0/12 و 0/11 گرم در کیلوگرم است (شکل5).



شکل 5. مقایسهٔ میانگین مقادیر غلظت روی موجود در برگ و ریشه نهال‌های تلقیح شده با قارچ و باکتری (حروف مختلف بر روی نمودارها بیانگر تفاوت معنی‌دار میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن است. ±SE)

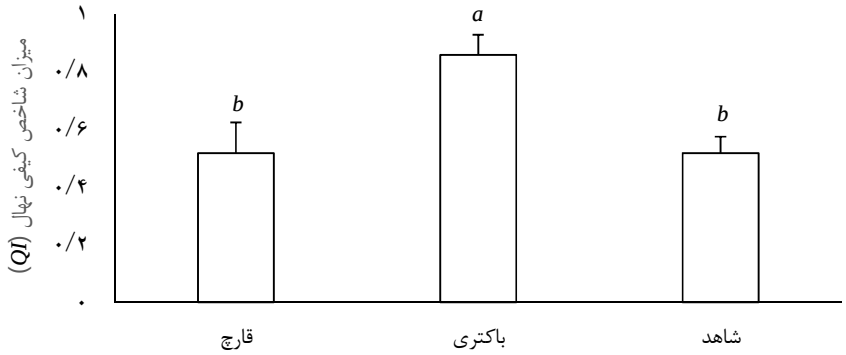
شاخص کیفی نهال

نتایج تجزیه واریانس یک طرفه نشان داد که تیمارهای قارچ و باکتری بر شاخص کیفی نهال‌ها در سطح آماری 5 درصد، معنی‌دار است (جدول 3). در آزمون دانکن، تفاوت معنی داری بین تیمارهای قارچ و شاهد مشاهده نشد، بنابراین مقدار عددی شاخص کیفی در نهال های شاهد و قارچ هر کدام 0/51 می باشد. در مقایسهٔ دانکن نهال های تلقیح شده با باکتری و شاهد اختلاف معنی دار دیده شد که مقدار عددی شاخص کیفی آن‌ها در تیمارهای باکتری و شاهد به ترتیب 0/85 و 0/51 می باشد. مقدار شاخص در نهال های تلقیح شده باکتریایی با افزایش 66 درصدی نسبت به شاهد همراه بوده است. مقایسه دانکن نهال های تلقیح شده با قارچ و باکتری نشان داد که شاخص کیفی نهال ها دارای تفاوت معنی دار است و نهال های تلقیح شده با باکتری نسبت به قارچ با مقدار 0/85 دارای بیشترین شاخص است (شکل 6).

جدول3. تجزیه واریانس کاربرد مایه تلقیح قارچ و باکتری بر شاخص کیفی نهال استبرق

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	آزمون F	*P* Value
مایه تلقیح	2	0/116	18/06	0/003
اشتباه آزمایشی	6	0/006	0/027	
کل	8			

علامت‌های **، * و ns به ترتیب بیانگر سطح معنی‌داری 1 درصد، 5 درصد و غیر معنی‌دار می‌باشد



شکل 6. مقایسهٔ میانگین شاخص کیفی نهال‌های تلقیح شده با قارچ و باکتری (حروف مختلف بر روی نمودارها بیانگر تفاوت معنی‌دار میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن است. ±SE)

n بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعات متعدد، ساز وکارهای مختلفی درزمینهٔ تأثیر قارچ‌های میکوریزی و باکتری‌های محرک رشد بر رشد گیاهان ذکر شده است. یکی از این سازوکارهای مهم، تأثیر آن بر جذب عناصر غذایی از خاک می‌باشد. نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر بیانگر این است که قارچ مورد استفاده قابلیت زیادی در افزایش غلظت عناصر تغذیه‌ای نهال‌های استبرق داشته است. به‌طوری‌که این افزایش را می‌توان در غلظت عناصر مختلف از جمله نیتروژن ریشه، آهن برگ و ریشه، روی برگ و دیگر عناصر نیز مشاهده کرد که بیانگر رابطه همزیستی بسیار بالای این قارچ با نهال‌های استبرق است.

Peymaneh و Zarei (2013) با بررسی اثر قارچ میکوریزی بر روی گیاه نارنج، دریافتند که میزان جذب فسفر، نیتروژن، آهن، منگنز، مس و روی در اندام هوایی نهال نارنج تلقیح شده نسبت به نهال بدون تلقیح بالاتر بوده است. در ارتباط با علل کاهش نیتروژن می‌توان بیان داشت که نیتروژن از عناصر غذایی محلول در آب بوده و

بـه موازات کـاهش رطوبـت خـاک، حجم محلول کاهش می‌یابد که به تبع نیز قابلیت دســـترس خاک نیز کاهش خواهد یافت (22).

افزایش نیتروژن در نهـال‌های میکوریزی آکاســـیا در مقایســه با نهال‌های شـاهد در پژوهش مشابه نیز مشاهده شده است (13). همچنینIsmaiel و همکاران (2014) در گیاه *Vicia faba* تلقیح شـــده با ســـویه‌های مختلف PGPR برافزایش جذب نیتروژن و پتاســـیم در گیاه تلقیح شـــده مشـــاهده کردند. به طوری‌که عامل تولید هورمون‌های گیاهی و تأثیر آن بر رشـد و توسعه سیستم ریشـه‌ای را علل افزایش عملکرد و جذب برخی عناصـر غذایی دانســـته اند. این افزایش جذب عناصـــر غذایی ممکن اسـت در اثر گسـترده شـدن شبکه هیف قارچ در اطراف ریشـــه و توانایی این هیف‌ها در جذب و انتقال عناصـــر با تحرک اندک در خاک و انتقال آن به گیاه میزبان باشد (15).

Dominguez و همکاران (2015) با بررســـی تلقیح ریزوباکتری *Pseudomonas fluorescens* بر بهبود رشـــد نهال کاج حلب (*Pinus halepensis*) پی بردند که تلقیح سبب بهبود رشد و جذب نیتروژن گردیده است. به طوری که افزایش غلظت عناصـر نیتروژن کل، فسـفر، پتاسـیم، آهن، کلســـیم و منیزیم اغلب در تلقیح باکتری همراه با کود دهی رؤیت شده است (10). در پژوهشی دیگر که با هدف بررسی اثر تلقیح قارچ و میکروارگانیسم‌های مفید بر رشـــد و جذب مواد مغذی بر*Eleusine Coracana* انجام شد، جذب فسفر و نیتروژن کل در اندام هوایی افزایش و گیاهان تحت تیمار با تلقیح دوگانه قارچ AMF و PGPR جذب فسـفر بیشـتری در مقایسـه با شـاهد داشـتند و بهره‌گیری از بـاکتری حـل‌کننده فســـفات به‌عنوان ماده تلقیح جذب فسـفر توسـط گیاه و نیز عملکرد محصـول را افزایش می‌دهند (24).

Walpolal و Yoon (2013) اثرات بـاکتری محرک رشـــد و قارچ میکوریز درگیاه اســـتویا بررســـی کردند و دریافتند که محتوای فســـفر با تلقیح قارچ به تنهایی و یا در ترکیب با باکتری افزایش قابل توجهی داشـته اسـت و همچنین گیاهان تلقیح شده با این دو تیمار دارای حداکثر میزان پتاسـیم بودند (30). که پیرو تحقیق ذکر شـده، در مطالعه حاضـر بر روی نهال استبرق نیز غلظت پتاسیم در تیماری های تلقیح شـــده با قارچ و باکتری دارای غلظت بالایی در مقایسـه با تلقیح نشـده بودند. عنصر پتاسیم در خاک به‌صورت یون‌های آزاد و یا متصل به آنیون‌های کانی معدنی یا آلی بوده و در پتانسیل اسمزی سلول‌ها و بافت‌ها دخالت داشـته و فعالیت بسـیاری از آنزیم‌ها وابسته به آن اســـت. غلظت آن در گیاهان و خاک‌های مختلف، متفاوت می‌باشد. علل این کاستی در نهال های شاهد ممکن است به خاطر کاهش قابلیت دســـترســـی به عنصـر در شـرایط رطوبتی ریزوســـفر و از طرفی بـه دلیـل کـاهش تعرق و درنتیجه میزان محلول انتقالی توســـط آوندهای چوبی از ریشه به برگ باشد.

همچنین کـاربرد دو تیمـار قـارچ میکوریز و بـاکتری سـودوموناس در شـرایط گلخانه‌ای در مقایسه با نهال‌های تلقیح نشده نشان داد که قارچ موجب افزایش غلظت روی در برگ شده است درحالی‌که باکتری سودوموناس غلظت روی را در ریشـــه افزایش داده اســـت که این افزایش در شاخص‌های رشد گیاه و جذب عناصر غذایی را می‌توان به تأثیر این سـویه‌ها به عنوان محرک رشـد گیاه نسبت داد، محققـان مختلفی تـأثیر بـاکتری‌هـای محرک رشـــد ریزوســـفری و قارچ میکوریزی بر رشـــد و جذب عناصـــر غـذایـی در گـیـاهـان مـختلف را گزارش کرده‌انـد از جـملـه Rasouli Sedghiani و همکـاران (2011) بـا آزمایش گلخانه‌ای با اســـتفاده از گیاه ذرت با دو تیمار آلودگی روی با سـطوح صفر، 100، 200 و 300 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و تیمار تلقیح میکروبی شـــامل بدون تلقیح، تلقیح بـاکتریـایی، تلقیح میکوریزی و تلقیح توأم بـاکتری و میکوریزی انجـام دادنـد. کـه این تلقیح بـا باکتری‌های محرک رشـــد به طور معنی داری مقدار کل جذب روی توسـط گیاه ذرت را نسـبت به شـرایط بدون تلقیح تا دو برابر افزایش داده‌اند (27). تأثیر باکتری بر جذب روی نیز به نوع گونه گیاه و وضـعیت حاصـلخیزی خاک بسـتگی دارد. توانایی باکتری ها در توسـعه سیستم ریشـــه‌ای و تولید ســـیدروفور دو عامل مؤثر در افزایش جذب روی در نهال تلقیح شـده شـناخته شـده است. در بررسی حاضر بر روی نهال استبرق نیز در شرایط نرمال و

با سویه 169 باکتری سودوموناس، افزایش در غلظت روی در نهال تلقیح شده مشاهده شد.

دراین پژوهش قارچ میکوریز و باکتری سودوموناس سبب افزایش جذب آهن و روی در برگ و ریشه استبرق شده اند، عنصر آهن و منگنز را می‌توان همانند دو عنصر نیتروژن و پتاسیم یک اثر ثانویه از افزایش جذب فسفر، روی و مس و اثر افزایش جذبی این دو عنصر در افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه نسبت داد. طی گزارشی پاسخ گیاه *Trifolium subterraneum* به تلقیح دوگانه قارچ میکوریز و باکتریایی محرک رشد*Pseudomonas Putida* را در افزایش غلظت عناصر آهن، منگنز مس، آلومینیوم، روی، کبالت و نیکل در اندام هوایی گیاه میکوریزی و باکتریایی به طور همزمان مشاهده کرده‌اند (20). افزایش غلظت در عنصر منگنز نهال‌های تلقیح شده از جمله باکتری دیده شد که علل آن را می‌توان به ترکیب تراوه‌های ریشه‌ای و تعادل کاتیونی و آنیونی که به تبع توسعه سیستم ریشه‌ای و رشد نهال اشاره کرد (30).

بنابراین با توجه به سنجش‌های انجام‌شده، تلقیح باکتری سودوموناس غلظت نیتروژن برگ، آهن برگ و ریشه را به طور چشم‌گیری افزایش داده است که تیمار مورد نظر می‌تواند در افزایش عملکرد نهال‌های استبرق مفید باشد در این مورد نتایج متفاوتی در تحقیقات پژوهشگران دیگر دیده شده است از جمله Daghighian و همکاران (2011) به منظور کاربرد باکتری‌های ازتوباکتر، آزوسپریلوم و سودوموناس بر گیاه لوبیا سفید، بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد دانه، درصد نیتروژن و فسفر برگ داشته‌اند (7). توانایی باکتری در توسعه سیستم ریشه‌ای و تولید سیدروفور دو عامل مؤثر در افزایش جذب روی در نهال تلقیح شده است. جذب عناصر غذایی منگنز در نهال باکتریایی در مقایسه با شاهد، افزایش دیده شده است. با بهبود شرایط رشد، افزایش جذب این عنصر مشاهده شده که با توجه به تأثیر سایر عناصر در تعادل کاتیون و آنیون، مقدار و ترکیب ریشه‌ای و متعاقب آن رشد باکتریایی چندان دور از انتظار نبود. همچنین تأثیر باکتری بر توسعه سیستم ریشه‌ای موجب افزایش جذب عناصر غذایی شد.

محققان سیدروفور *Pseudomonas putida* را به‌عنوان منبع آهن در گیاهان تک و دولپه‌ای معرفی کرده اند. به طوری که میزان جذب آهن در ریشه کتان، نارگیل و سورگوم نسبت به اندام هوایی بیشتر بود که با نتایج تحقیق حاضر بر استبرق مطابقت داشت. در ارتباط با افزایش غلظت آهن در نهال های تلقیح شده می توان پدیده تبادل لیگاندی را عامل موثر دانست (28). همچنین تأثیر باکتری بر توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه میزبان و افزایش تراوه‌های ریشه‌ای نیز می‌تواند به عنوان عاملی دیگر در توانایی باکتری در جذب آهن بیان شود. به طوری که تأثیر سویه باکتریایی بر جذب آهن متفاوت است که این اثر ناشی از تفاوت در مقدار و نوع سیدروفورهای ترشح شده توسط سویه‌ها بر می‌گردد. توانایی سیدروفور بستگی به نوع و گونه گیاهی، ترکیب خاک و باکتری تولید کننده سیدروفور دارد. شاخص کیفی نهال های استبرق در شرایط تلقیح با قارچ میکوریز و باکتری محرک رشد، افزایش چشمگیری را در مقایسه با شرایط بدون تلقیح داشته است. به طوری که نهال های تلقیح شده باکتریایی دارای بیشترین تاثیر بود. که این یافته با نتایج Dominguez و همکاران (2015) بر روی کاج حلب همخوانی دارد. با استناد به نتایج این آزمایش و نتایج به‌دست آمده از مطالعات سایر محققان در این زمینه، استفاده از مایه تلقیح قارچ میکوریزی *Intraradices Glomus* و ریزوباکتری *Pseudomonas putida* سویه 169 یک شیوه بسیار مؤثر و کارآمد در افزایش غلظت عناصر در اندام‌های نهال‌های استبرق بوده و می‌توان مایه تلقیح آن‌ها را به منظور تسهیل در روابط تغذیه‌ای و هم‌چنین ارتقاء رشد و عملکرد استبرق با هدف جایگزین کود دهی توصیه نمود. از این رو در تحقیق حاضر با توجه به تأثیرات مطلوب هر یک از مایه ها، هر دو مایه تلقیح میکروبی قابل توصیه و استفاده برای تولید نهال‌های استبرق می‌باشد. لذا پیشنهاد می‌گردد که تحقیقات بیشتری در ارتباط با کاربرد ترکیبی قارچ میکوریز و باکتری محرک رشد بر شاخص های رشد و عملکرد استبرق صورت دهند.

n سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله، از همکاری و حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران معاونت علمی ریاست جمهوری از طرح پژوهشی با شماره96005573 و معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه لرستان، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنند.

n References

1. Ali, B., Sabri, A.N., **&** Hasnain. S. (2010). Rhizobacterial potential to alter auxin content and growth of Vigna radiata. *World Journal of Microbiol Biotechnol*. 26, 1379- 1384.
2. Anitha, R., Jothi, G., Umagowsalya, N., Nagarani, K., Duraikannu, V., **&** Manoharan. P.T. (2014). Studies on the influence of mycorrhiza on the growth and physiology of *Vigna unguiculata* and *Abelmoschus esculentus*. *Toxicological and Environmental Chemistry Journal*, 95(8), 1348-1358.
3. Asghari, H., Marschner, P., Smith, S., **&** Smith. F. (2005).Growth response of *Atriplex nummularia* to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi at different salinity levels. *Plant Soil Journal*, 273, 245-256.
4. Bahmani, M., Jalali, G.H., Asgharzadeh, A., **&** Tabari, M. (2014). Effect of Plant Growth Rhizobacterial Inoculation on Some of Germination and Seed Vigurity Index Triat of *Calotropis procera*. *Soil Biology Journal*, 2(1), 80-86 (in Farsi).
5. Bhatt, P.V., **&** Vyas, B.R.M. (2014). Screening and Characterization of Plant Growth and Health Promoting Rhizobacteria. *International Journal Currently of Microbiol Appied Science*. 3(6), 139-155.
6. Chavan, R.L., Tembhurne, B.V.(2015). Standardization of nursery techniques in *Simarouba gluaca*: bio-diesel species. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 28(2), 235–238.
7. Daghighian, N., Habibi, D., Madani, H., **&** Sajedi, N.A. (2011). The effect of the best method and time consuming PGPR on absorption of nitrogen, phosphorus, potassium and grain yield in beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Ecophysiology of Agronomy Plants*, 3(1), 95-100 (in Farsi).
8. Damodaran, T., Sah, V., Rai, R.B., Sharma, D.K., Mishra, V.K., Jha, S.K., **&** Kannan, R. (2013). Isolation of salt tolerant endophytic and rhizospheric bacteria by natural selection and screening for promising plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) and growth vigour in tomato under sodic environment. *African Journal of Microbiology Research*, 7(44), 5082-5089.
9. Dickson, A., Leaf, A.L., Hosner, J.F.(1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in Nurseries. *The Forestry Chronicle*, 36, 10–13.
10. Dominguez, J.A., Delgado-Alvez, D., Berrocal-Lobo, M., Anriquez, A., **&** Albanesi, A. (2015). Controlled-release fertilizers combined with *Pseudomonas fluorescens* rhizobacteria inoculum improve growth in *Pinus halepensis* seedlings. *IForest Journal*, 8, 12-18.
11. Dominguez, J.A., Martin, A., Anriquez, A., **&** Albanesi. A. (2012). The combined effects of *Pseudomonas fluorescens* and *Tuber melanosporum* on the quality of *Pinus halepensis* seedlings. *Mycorrhiza Journal*, 22 (6), 429-436.
12. Giovannetti, M. **&** Mosse, B. (1980). An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytology journal*, 84:489–500.
13. Giri, B., Kapoor, R., **&** Mukerji. K.G. (2007). Improved tolerance of Acaceanilotica to salt stress yarbuscular mycorrhiza, Glomus fasciculatum maybe partly related to elevated K/Na ratios in root and shoot tissues. *Microbial Ecology Journal*, 54, 753-60.
14. Hindi, S. S. (2013). Calotropis procera: The miracle shrub in the Arabian Peninsula. International *Journal Science and Engineering of Investment*, 2(16), 48-57.
15. Ismaiel, A. A., Hegazy, H., Andand, S., **&** Azb, M. A. (2014). Physiological response of Vicia faba L. to inoculation with Rhizobium and arbuscular mycorrhizal fungi: Comparative study for irrigation with Nile water and wastewater. *Australian Journalof Crop Science*, 8(5), 781-790.

16.Kamal, R., Singh Gusain, Y.Y., **&** Kumar. V. (2014). Interaction and symbiosis of AM fungi, Actinomycetes and Plant Growth Promoting Rhizobacteria with plants: Strategies for the improvement of plants health and defense system. *International Journal Currently of Microbiology Appied Science*, 3 (7), 564-585.

17.Khavazi, K.R.e. & malakouti. j. (2005). Necessity of Industrial production of bio-fertilizer in Iran. Research Institute of Soil and Water, 439 pages (in Farsi).

18.Liu, A., Hamel, C., Hamilton, R.I., Ma, B.L., & Smith. D.L. (2000). Acquisition of Cu, Zn, Mn and Fe by mycorrhizal maize (*Zea mays* L.) grown in soil at different P and micronutrient levels. *Mycorrhizae Journal*, 9, 331-336.

19.Liu, A., Plenchette, C., & Hamel, C. (2007). Soil nutrient and water providers: how arbuscular mycorrhizal mycelia support plant performance in a resource limited world. Pp. 37–66. In: Hamel C and Plenchette C, (Eds.) Mycorrhizae in Crop Production. Haworth Food and Agricultural Products Press.Binghamton. NY.

20.Meyer, J.R **&** Linderman. R.G. (1986). Response of subterranean clover to dual inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and a plant growth-promoting bacterium, Pseudomonas putida. *Soil biology and biochemistry*, 18(2), 185-190.

21.Patten, C., & Glick. B. R. (2002). Regulation of indole acetic acid sigma factor Rpos. *Canadian Journal of Microbiology*, 48, 635-642.

22.Peymaneh, Z., & Zarei. M. (2013). Effect of Mycorrhizal fungi Fungi on the growth and nutrient uptake of orange under water stress. *Soil Biology Journal*, 1(1), 13-24 (in Farsi).

23.Rabie, G.H., & Almadani, A.M. (2005). Role of bioinoculants in development of salt tolerance of *Vicia faba* plants under salinity stress. *African Journal of Biotechnology*, 4(3), 210-222.

24.Rajendran, S., & Chinnavenkataraman, G. (2014). Influence of native arbuscular mycorrhizal fungi on growth, nutrition and phytochemical constituents of *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. *Journal of Coastal Life Medicine*, 2(1), 31-37.

25.Ramakrishnan, K., & Bhuvaneswari, G. (2014). Effect of inoculation of am fungi and beneficial microorganisms on growth and nutrient uptake of *Eleusine coracana* (L.) Gaertn. (Finger millet). *International Letters of Natural Sciences*. 13: 59-69.

26.Rashid, M., Khalil, S., Ayub, N., Alam, S. & Latif, F. (2004). Organic acids productions solubilization by phosphate solubilizing microorganisms (PSM) under in vitro conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7,187-196.

27.Rasouli Sedghiani, M.H., Ferahmelki, T., Besharati, H., & Tavassoli. A. (2011). The impact of growth promoting bacteria and mycorrhizal fungi on growth and Zn uptake by corn in a soil infected by zinc. *Soil and Water Journal*, 21:2, 135-147(in Farsi).

28.Sharma, A. K., & Johri. B. N. (2002). Arbuscular mycorrhizae, interaction in plants, rhizosphere and soils. Oxford and IBH Publishing, New Delhi. Page, 308.

29.Waling I., Vanvark W., Houba V.J.G. **&** Vanderlee J.J. (1989). Soil and plant analysis, a series of syllabi, part 7, plant analysis procedures. Wageningen Agricultural University

30.Walpola1, B. C., &Yoon. M. H. (2013). Phosphate solubilizing bacteria: Assessment of their effect on growth promotion and phosphorous uptake of mung bean (*Vigna radiata* [L.] R. Wilczek). Sciences. Daejeon. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 73(3), 305-764.

No. 11, Spring & Summer, 2018, pp 51-64

Desert Management
www.isadmc.ir

Iranian Scientific Association of Desert Management and Control

Comparison on Efficiency of Arbuscolar Mycorrhizal Fungus and Plant Growth Promotion Rhizobacterium Inoculum on Nutrition Elements Concentration and Seedling Quality Indices of *Calotropis Procera*

M. Bahmani Jafarlou[1], B. Pilehvar[2]*, M. Modarresi[3], M. Mohammadi[4]

1. Ph.D. condidate, Lorestan University, Iran.
2. Associate Professor Lorestan University, Iran.
3. Assistant Professor, Persian Gulf University, Iran.
4. Assistant Professor, Persian Gulf University, Iran.

* Corresponding Author: Pilehvar.B@Lu.Ac.Ir

Received date: 18/04/2017 **Accepted date: 10/01/2018**

Abstract

Present study was conducted to find out the effect of arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus intraradices* and the plant growth promotion rhizobacterium *Pseudomonas putida* inoculant on the concentration of macro and micro elements and seedling quality indices of *Calotropis procera* seedlings in a completely randomized design with three replications. The results of one way ANOVA showed that measured parameters of nutrients and seedlings quality index have been significantly influenced by the inoculation fungi and bacteria. The Duncan's comparison of mycorrhizal inoculum than control in total root nitrogen concentration was 26%, iron concentration in leaves and root were 70% and 52% as well as potassium and zinc concentration in the leaf as of 5% and 45%, respectively that compared to the control has increased. Mean comparison of Rhizobacterial inoculation with control showed that total nitrogen, iron and manganese concentrations in the leaf were 57%, 450% and 225% respectively, and iron and zinc concentrations in the root increased 58% and 84%, respectively. According to thehe mean comparison of Duncan's, mycorrhizal treatment with Rhizobacterial had increase in total nitrogen, potassium, iron and zinc concentrations in leaf by 51%, 48%, 450% and 31%. Nitrogen and potassium in the root were observed at 48% and 300%, respectively. Comparing seedlings quality indices, inoculated seedlings of the Rhizobacteria with the index of 0.85 were highest rate, which was 66% higher than the control. The results of this study indicated that inoculation of mycorrhizal and Rhizobacterial has increased in nutrient content and quality of seedlings. Despite the slight differences between inoculations, it is recommended to use both types of mycorrhizal and Rhizobacterial inoculum in order to replace the fertilization in the culture media in nursery.

Keywords: *Glomus*; *Pseudomonas*; Macro and Micro Element; Seedling Quality; Milkweed