Research Article

ISSN (E): 2588-526X

Agricultural Engineering., 45(3) (2022) 225-246
DOI: 10.22055/AGEN.2023.42179.1647

ISSN (P): 2588-5944

Application effect of bagasse biochar and Arbuscular mychorrhizal fungi in commercial propagation of *Sansevieria trifaciata* variateis

P. Khajeh[1] and M. Taghizadeh[2*]

1. Msc., Horticultural science, Faculty of agricultural and natural resources, Arak University, Arak, Iran.
2. Associate professor, Horticultural science, Faculty of agricultural and natural resources, Arak University, Arak, Iran.

Received: 4 November 2022 Accepted: 5 December 2022

Abstract

Introduction: Sansevieria trifasciata is a perennial plant from the liliaceae family, which originates from tropical and semi-tropical regions of the world. *Sansevieria trifasciata* variateis are the most popular ornamental indoor plants due to having types with striped leaves. Nowadays, conventional propagation methods are not adequate to meet the marketable requests of *Sansevieria trifasciata* due to the slow growth of cutting. So, it is conceivable to use rooting and growth stimulator agents. This study aimed to investigate the effects of arbuscular mycorrhiza and biochar application on some morphophysiological parameters in *Sansevieria trifasciata* var. cuttings.

Materials and Methods: This research was conducted in the greenhouse of the faculty of agriculture and environmental science of Arak University with controlled conditions of 25 ◦C, 70% humidity and 10,000 lux of light. The effect of biochar application (5 and 10%) and arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus etunicatum*, *Glomus intraradices*, *Glomus mossea*) (6 and 12%) was investigated on propagation and growth of *Sansevieria trifaciata* var. Laurentii and *Sansevieria trifaciata* var. Moonshine cutting. The experiment was conducted as factorial in a completely randomized design at three replicates. The leaf cutting with V-shape end were kept on the lab condition for two days to callus initiation of wound surface. Subsequiently, healed cutting were cultured in pots that were containing cocopeat-perlite and different treatments of arbuscular mycorrhiza and biochar. Morphological and physiological traits were measuremed after 8 months of cultivation, which were included rooting and bud stimulation time, roots number and length, length of the longest root, buds number, length, anddiameter, the amount of cutting rot, the number of leaves, the size of callus based on the rating of 1 to 3, fresh weight (FW) of roots and leaves, the dry weight (DW) of roots and leaves, relative water content (RWC), electrolyte leakage, chlorophyll pigment. Arbuscular mycorrhizal root colonization was determinded by grid-line intersect method.

Results and Discussion: The results showed that the application of 10% biochar in culture bed had an increasing effect on leaf number, root biomass percentage, root colonization percentage and leaf dry weight of both cultivars but also caused to increase the decay rate of the cuttings of these two cultivars. Application of 6% arbuscular mycorrhizal fingi increased the number of buds, root colonization and bud motivation time, and led to decrease leaf biomass and cuttings rot percentage. The root colonization decreased at lower application level of arbuscular mycorrhizal fungi and biochar. The maximum root colonization (80%) was observed in the culture medium

© 2022 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

with 10% biochar and 12% arbuscular mycorrhiza. The application of the arbuscular mycorrhizal fungi in the medium of *Sansevieria trifaciata* cuttings directed to an increase in the biomass compared to the control. The amount of leaf electrolyte leakage was higher (28.37%) by application of 10% biochar in the culture bed compared with the cuttings treated with 5% biochar and control.
Plants from the cuttings grown in the bed containing 10% biochar and 6% mycorrhizal inoculum had the highest number of leaves (2.83) and leaf electrolyte leakage was higher in 5% biochar compared to compared to other treatments. The total chlorophyll content of the leaf in both cultivars increased significantly with the application of different concentrations of biochar compared to the control. Biochar application stimulated plant growth.
Conclusion: Biochar and arbuscular mycorrhizal fungi by establishing a symbiotic relationship between fungus and root could stimulate rooting growth. These treatments had an effect on the root growth of *Sansevieria trifaciata* cultivars. Root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi was depended on the variety of plant. The applied treatments showed more impact on morphological and physiological traits in *Sansevieria trifaciata* var. Moonshine than that in *Sansevieria trifaciata* var. Laurentii cultivar. The rotting of *Sansevieria trifaciata* var. Laurentii cuttings was more than that of the *Sansevieria trifaciata* var. Moonshine. The best treatment for *Sansevieria trifaciata* variateis cuttings was application of 5% biochar and 6% arbuscular mycorrhiza and cultured in cocopeat-perlite bed.

Keywords: Biochar, rooting, ornamental plant, mycorrhiza, cutting.

مقاله پژوهشی

اثر کاربرد بیوچار نیشکر و قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در ازدیاد تجاری ارقام سانسوریا (*Sansevieria trifaciata*)

پریسا خواجه[۱] و مینا تقی‌زاده[۲*]

۱- کارشناس ارشد، علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و محیط زیست، دانشگاه اراک، اراک، ایران

۲- دانشیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و محیط زیست، دانشگاه اراک، اراک، ایران

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۱۳

پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۰۹/۱۴

کلمات کلیدی:

بیوچار،

ریشه‌زایی،

قلمه،

گیاهان زینتی،

میکوریز

* عهده دار مکاتبات

Email: m-taghizadeh@araku.ac.ir

چکیده

استفاده از محرک‌های ریشه‌زایی پیامدهای اقتصادی مثبتی برای پرورش-دهندگان گیاهان دارد، زیرا استفاده از آنها می‌تواند سبب کاهش هزینه‌ها و بهبود عملکرد گیاهان شود. با توجه به سرعت رشد کند سانسوریا، این گیاه نیازمند محرک‌های رشد برای به صرفه بودن تولید تجاری آن است. در این پژوهش کاربرد بیوچار نیشکر (۵ و ۱۰ درصد) و مخلوط سه گونه قارچ‌های میکوریز آربوسکولار (٦ و ۱۲ درصد) با هدف افزایش سرعت ازدیاد دو رقم سانسوریا (شمشیری ابلق و نقره‌ای) از هر واحد قلمه به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. ۸ ماه پس از کشت، صفاتی مانند زمان ریشه‌زایی، تعداد و طول ریشه، طول بلندترین ریشه، زمان انگیزش جوانه، تعداد پاجوش، طول و قطر پاجوش، میزان پوسیدگی قلمه، تعداد برگ، اندازه کالوس، وزن تر ریشه و برگ، وزن خشک ریشه و برگ، میزان کلونیزاسیون ریشه توسط قارچ‌های میکوریز آربوسکولار، محتوای نسبی آب، نشت الکترولیت برگ، رنگیزه کلروفیل و درصد زیست توده اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد کاربرد ۱۰ درصد بیوچار در بستر کشت سانسوریا اثر افزایشی بر بیشتر صفات هر دو رقم داشت؛ اما میزان پوسیدگی این دو رقم را نیز افزایش داد. بهترین تیمار برای قلمه-های شمشیری ابلق و سانسوریا نقره‌ای ۵ درصد بیوچار و ٦ درصد مخلوط قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بود. رقم نقره‌ای در بیشتر صفات نسبت به شمشیری ابلق موفق‌تر عمل کرد. با کاربرد ۱۰ درصد بیوچار و ۱۲ درصد مخلوط قارچ‌های میکوریز آربوسکولار، ۸۰ درصد کلونیزاسیون مشاهده شد که نشان‌دهنده برهمکنش موفق قارچ با بیوچار در ازدیاد سانسوریا می‌باشد.

مقدمه

باتوجه به اهمیت ازدیادگیاهان، مدیریت روش های ازدیاد، انتخاب بهترین روش ازدیاد و تسریع ریشه‌زایی آنان نقش مهمی در افزایش تولید و کاهش هزینه‌ها دارد (۲۰). گیاهان به روش‌های مختلفی ازدیاد می‌شوند، اما ازدیاد از طریق قلمه از بهترین روش‌های غیرجنسی برای بسیاری از گونه‌های گیاهی می‌باشد زیرا در این روش در گیاهان تولید شده یکنواختی بیشتری وجود دارد، تقریباً تغییر ژنتیکی ایجاد نمی‌شود و کاملاً شبیه گیاه مادری هستند (۲۴). قارچ های میکوریز آربوسکولار (AM)[1] به وجود آورنده گسترده‌ترین نوع رابطه همزیستی در طبیعت می‌باشند که با ۸۵ درصد گیاهان رابطه همزیستی ایجاد می‌کنند (۱۱و ۱۷). این قارچ‌ها سطح جذب ناحیه ریشه‌ها را به میزان زیادی افزایش می‌دهند و بدین وسیله توانایی گیاهان را برای استفاده از منابع خاکی بهبود می‌بخشند (۱۱). کاربرد قارچ AM در صنعت گل‌کاری می‌تواند سبب رشد و عملکرد بهتر محصول شود، زیرا همزیستی سبب افزایش چرخه مواد مغذی، ریشه‌زایی بهتر، استقرار گیاه، رشد رویشی، تسریع جوانه‌زدن و گل‌دهی می‌شود. توانایی گیاه را برای مقاومت در برابر خشکی، تنش شوری و آفات تقویت می‌کند (۲۹). بیوچار[2] محصول جامد غنی از کربن است که از گرمادهی زیست توده‌هایی مانند چوب، کود دامی یا برگ در یک محفظه دربسته، در شرایط بدون اکسیژن یا اکسیژن محدود حاصل می‌شود (۱۹). این ماده با داشتن تخلخل و سطح ویژه بالا (۳۴) می‌تواند اثرات معنی-داری بر رطوبت خاک و پویایی عناصر غذایی داشته باشد (۳۱ و ۳۲). افزودن بیوچار به خاک با توجه به نقشی که کربن در فرآیندهای شیمیایی، زیستی و فیزیکی خاک ایفا می‌کند، مهم است. از دیگر اثرات سودمند کاربرد بیوچار در خاک‌های کشاورزی می‌توان به افزایش مواد آلی، بهبود نگهداری آب در خاک، افزایش ظرفیت تبادلی کاتیونی و تعامل با چرخه مواد غذایی خاک از طریق تعدیل pH خاک وکاهش شستشوی عناصر غذایی می‌توان اشاره کرد (۲۳). بیوچار می‌تواند محیط مناسبی برای ریزجانداران خاک فراهم کند. منافذ بیوچار ممکن است به‌عنوان یک پناهگاه برای ریزجانداران عمل کند (۳۶). ترکیب بیوچار با خاک، به‌طور مثبتی بر جمعیت میکروبی خاک تاثیر می گذارد. به‌این‌گونه که ریزمنافذ بیوچار به طور قابل‌توجهی بر جمعیت ریزجانداران از طریق محافظت در برابر شکارچیان ریزجانوران و در اختیار قرار دادن منبع غذایی به‌شکل ترکیبات آلی جذب‌شده نقش دارد (۱۳).

استفاده از قارچ‌های میکوریز آربوسکولار پیامدهای اقتصادی مثبتی برای پرورش‌دهندگان گیاهان دارد، زیرا می‌تواند سبب کاهش هزینه‌های کوددهی و بهبود عملکرد یا جنبه تجاری گیاهان شود. پژوهشی به‌منظور تعیین بهترین بستر ازدیاد گیاه شعله جنگل[3] و پیچک فیکوس پومیلا[4] که گیاهان زینتی سخت ریشه‌زا هستند انجام شد. این مطالعه نشان داد که تیمار مخلوط خاک و بیوچار (۲: ۱) از نظر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بهترین بستر بود و بیشترین تعداد برگ و قلمه‌های ریشه‌دار در فیکوس پومیلا را تولید کرد (۲). آزمایشی برای بررسی اثر دو نوع کود اصلاحی بیوچار و نیتروژن در مقادیر مختلف بر ویژگی‌های مورفولوژیکی گل داوودی[5] انجام شد. نتایج نشان داد کاربرد بیوچار به‌میزان ۳ درصد، ارتفاع گیاه، وزن تر گیاه، تعداد برگ گیاه، قطر ساقه، قطر گل و تعداد جوانه گل در بوته را به‌طور قابل توجهی افزایش می‌دهد (۵). در پژوهشی اثر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار (Endorize-TA AMF) بر توسعه و گلدهی گل جعفری[6] رقم " Yellow Boy " و گل سلوی قرمز[7] مورد بررسی قرار گرفت. گیاهان تیمار-شده با قارچ میکوریز آربوسکولار در جعفری گل آذین بیشتری تولید کردند. تعداد جوانه‌های گل سلوی به کمک همزیستی با قارچ‌ها، بیشتر بودند و گل آذین بزرگتر بود.

1- Arbuscular mycorrhiza
2- Biochar
3- Ixora coccinea
4- Ficus pumila
5-Chrysanthemum coronarium.L
6- Tagetes patula L.
7-*Salvia splendens* Buc'hoz ex Etl. 'Saluti Red

تحت تیمار با میکوریز آربوسکولار ارقام هر دو گونه از شاخص سبزینگی بیشتری برخوردار بودند (۲۶). پژوهشی با هدف بررسی تاثیر قارچ‌های همزیست میکوریز (*Glomus etunicatum, Glomus intraradices, Glomus mossea*) و کود بیوچار بر صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گل رز[1] شاخه بریده انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد میکوریز و ۲۰ گرم بیوچار در بستر هیدروپونیک رز، در بهبود صفات کمی و کیفی این گل شاخه بریده موثراست (۷). در پژوهشی اسکاگل[2] (۲۰۰۱) میزان عملکرد گل رز تلقیح شده با دو رقم قارچ میکوریز آربوسکولار را مورد بررسی قرار داد. گیاهان تلقیح‌شده با *Glomus mosseae* گل‌دهی زودرس داشتند و تعداد گل‌های رقم رز نسبت به ارقام غیرتلقیح، افزایش داشت به‌طوری‌که عملکرد گل در گیاهان تلقیح شده با*G. mosseae* پس از یک ماه بین سی تا پنجاه درصد افزایش یافت (۴۳). تأثیر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در بهبود رشد، عملکرد گل و مقاومت گیاهان کالانکوئه[3] در شرایط تنش شوری مورد بررسی قرار گرفت. استفاده از کلرید سدیم به‌طور قابل توجهی رشد، صفات مربوط به گل، محتوای مواد معدنی و سطح کلونیزاسیون میکوریز در گیاهان میکوریزیی و غیرمیکوریزیی در مقایسه با گیاهان شاهد را در غلظت‌های زیاد کاهش داد. با این‌حال، میزان کاهش در گیاهان تیمار شده با میکوریز برجسته‌تر بود. برگ‌های کالانکوئه در بالاترین سطح شوری نسبت به گیاهان غیر میکوریز به‌طور قابل توجهی دارای کلروفیل بیشتری بودند. گیاهان کالانکوئه میکوریزی شده ازنظر زیست توده، ارتفاع بوته، سطح برگ، عملکرد گل، غلظت عناصرغذایی به‌طور قابل توجهی بالاتر بودند. تلقیح میکوریز شاخص تحمل شوری را به‌طور قابل توجهی در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزی افزایش داد (۱۰). در پژوهشی ریشه‌زایی قلمه های ارقام مختلف رز تحت تاثیر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار قرار گرفت. نتایج نشان داد که هرچند تلقیح میکوریز آرباسکولار به بستر ریشه‌زایی همیشه سبب افزایش ریشه نمی‌شود، ولی در برخی ارقام رز ترکیبی از تلقیح میکوریز آربوسکولار و هورمون‌های ریشه‌زایی می‌تواند شروع ریشه‌زایی را افزایش دهد و به‌طور بالقوه کیفیت ریشه قلمه تولید شده را افزایش دهد (۴۳). در لیسیانتوس سفید[4] رشد و عملکرد تحت تأثیر تلقیح میکوریز آربوسکولار ، به‌ویژه هنگام کاشت و انتقال آن به بستر کشت، قرار گرفت. در گیاهان تلقیح شده، افزایش قابل توجهی در صفات رشد عملکرد از جمله طول ساقه گل، تعداد ساقه‌های گل‌دهنده در هر مترمربع مشاهده شد. همچنین گیاهان تلقیح شده نسبت به قارچ‌های بیماری‌زا، نسبتا مقاوم شدند (۳۵). در مطالعه دیگری مشخص شد که تلقیح میکوریز سبب افزایش تعداد جوانه‌ها و گل‌ها در شمعدانی پیچ[5] در بستر تهیه شده از ذغال سنگ نارس و کمپوست شد (۳۸). در تلقیح گل حنا[6] با میکوریز آربوسکولار افزایش اندازه گل مشاهده شد درحالیکه برای گل شاهپسند[7] تلقیح منجر به افزایش تعداد گل شد (۴۰). در گلایول[8] رشد رویشی و تولید مثل با تلقیح توسط قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در مراحل اولیه رشد مرتبط بود (۲۸) درحالی‌که پیازهای لیلیوم تلقیح شده صفات رشد قابل توجه بیشتری را نشان دادند (۴۷).

سانسوریا با نام علمی *Sansevieria* sp. گیاهی چند ساله از خانواده سوسنیان می‌باشد. گونه‌های سانسوریا به‌دلیل دارا بودن واریته‌هایی با برگ‌های رگه‌دار جزو گیاهان زینتی آپارتمانی قرار دارند (۱۲). برای ازدیاد سانسوریا هم از روش‌های زایشی (بذر) و هم از روش‌های رویشی می‌توان استفاده کرد اما به‌طورکلی ازدیاد این گیاه به‌صورت رویشی انجام می‌شود. از روش‌هایی مانند؛ تقسیم بوته، قلمه های برگ، جدا کردن ریزوم‌ها و کشت بافت (۳۹) جهت ازدیاد این گیاه استفاده می‌شود. استفاده از روش تکثیر

1- Rosa hybrida
2 -Scagel
3- Kalanchoe blossfeldiana Poelin
4- Eustoma grandiflorum
5- Pelargonium peltatum
6- Impatiens hawkeri
7- Verbena
8- Gladiolus grandiflorus

رویشی توسط قلمه برگ و تقسیم بوته متداول‌تر است، اما با این روش میزان گیاهان تولید شده برای تأمین تقاضای تجاری کافی نیست (۲۳). همچنین این روش بسیار آهسته و زمان‌بر است و در زمان مشخصی تنها تعداد محدودی گیاه تکثیر می‌شود (۴۵). با توجه به سرعت رشد کند سانسوریا و پوسیدگی قلمه در طی ازدیاد رویشی این گیاه نیازمند محرک‌های رشد برای به صرفه بودن تولید تجاری آن است. از این رو، استفاده از مواد تحریکی مانند بیوچار و میکوریز در بستر ریشه‌زایی قلمه سانسوریا می‌تواند سرعت رشد و ازدیاد آن را افزایش دهد. بنابراین در این پژوهش سطوح مختلف بیوچار و میکوریز به‌عنوان یک ماده محرک ریشه‌زایی با هدف افزایش سرعت ازدیاد دو رقم سانسوریا از طریق قلمه و افزایش تعداد گیاهان ازدیاد شده از هر واحد قلمه مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از دو رقم گیاه سانسوریا شامل رقم‌های شمشیری ابلق[1] و سانسوریا نقره‌ای[2] استفاده شد. مواد گیاهی در بهمن سال ۱۳۹۹ از گلخانه‌ای تجاری واقع در شهر محلات خریداری شد و سپس به گلخانه گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشگاه اراک با شرایط کنترل شده دارای دمای ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت ۷۰ درصد و ۱۰ هزار لوکس نور در سال ۱۴۰۰ انتقال داده شدند. پایه‌های گیاهی در شرایط نوری غیر مستقیم، دارای رطوبت نسبی نگهداری شدند و آبیاری تقریبا هر چهار روز یک‌بار انجام شد. کوددهی توسط کود ۲۰-۲۰-۲۰ چهار ماه پس از کشت آغاز و هر ۱۵ روز یکبار تکرار شد. مخلوط قارچ‌های میکوریزی مورد استفاده در این آزمایش شامل سویه‌های *Glomus etunicatum, Glomus intraradices, Glomus mossea* بود که از شرکت دانش بنیان زیست فناور پیشتاز واریان با نام تجاری مایکوروت (حداقل ۱۰۰ اندام فعال در گرم زادمایه قارچ) تهیه شد. مایه تلقیح شامل اسپور، ریشه قارچ و قطعات ریشه کلونیزه با خاک بستر قلمه در زمان کاشت مخلوط شد. بیوچار باگاس نیشکر که در دمای ۵۵۰ درجه‌سانتی‌گراد تهیه شده بود، از شرکت نوآوران زیست بنیان آویسا واقع در شهرستان اهواز خریداری شد. برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی بیوچار مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۱ ذکر شده است. برگ‌های سالم از گیاه مادری انتخاب شد و توسط تیغ تمیز به‌صورت ۷ برش زده شدند. قلمه‌ها به‌مدت دو روز روی سطح استریل و در هوای آزاد به‌منظور تشکیل کالوس در محل برش قرار گرفتند. جهت آماده سازی تیمارهای مدنظر، بیوچار در دو سطح (۵ و ۱۰ درصد) و میکوریز در دو سطح (۶ و ۱۲ درصد) وزنی/ وزنی در بستر کشت مخلوط مساوی کوکوپیت و پرلیت در آزمایشگاه آماده و گلدان‌ها به میزان ۱۲۰ گرم از این مخلوط پر شدند. قلمه‌ها پس از انگیزش کالوس در انتهای آنها در گلدان‌ها کشت شدند. ابتدا آبیاری هر سه روز یکبار و پس از ریشه‌زایی هر دو روز یک‌بار انجام شد. زمان اندازه‌گیری صفات ۹ ماه پس از کشت با برداشت گیاهان مورد بررسی قرار گرفتند. صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی از جمله زمان ریشه‌زایی (تعداد روز از زمان کشت قلمه تا ظهور اولین ریشه)، تعداد ریشه، طول ریشه (سانتی‌متر)، طول بلندترین ریشه (سانتی‌متر)، زمان انگیزش جوانه (تعداد روز از زمان کشت قلمه تا انگیزش اولین کالوس و یا جوانه)، تعداد پاجوش، طول پاجوش (سانتی-متر)، قطر پاجوش (میلی‌متر)، میزان پوسیدگی قلمه (بر مبنای آب‌گزیدگی و نرم شدن بافت)، تعداد برگ، اندازه کالوس بر اساس رتبه‌بندی ۱ تا ۳ (۱:زیر ۳ میلی‌متر، ۲: بین ۳ تا ۷میلی‌متر، ۳: بیشتر ۷ میلی متر)، وزن تر ریشه و برگ ، وزن خشک ریشه و برگ، درصد کلونیزاسیون ریشه‌های گیاه توسط قارچ میکوریز (۳۰) و(۲۱) ، محتوای نسبی آب (۱۴)[3]، نشت الکترولیت[4] (۴۲) و رنگیزه کلروفیل (۹) و درصد زیست توده اندازه‌گیری و ثبت شدند.

1- Sansevieria trifaciata var. Laurentii
2-Sansevieria trifaciata var. Moonshine
3- Relaticte water content(RWC)
4- Electrolyte lealage

جدول (۱) برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی بیوچار باگاس نیشکر مورد استفاده در این تحقیق
Table (1) Some physiochemical properties of experimental sugarcane bagasse biochar

physiochemical chracteristics	Macro elements	Micro elemnts	Other elements
pH: 7.55 پ هاش	Carbone (%):69.65 کربن	Fe(mg/kg):1245 آهن	Cd(mg/kg):0.35 کادمیوم
EC (dS^{-1}):0.84 هدایت الکتریکی	N (%):0.279 نیتروژن	Zn(mg/kg):45 روی	Pb(mg/kg):1.75 سرب
CEC(cmol/kg):36.3 ظرفیت تبادل کاتیونی	O (%):19.51 اکسیژن	Cl(mg/kg):88 کلر	Sulfate(mg/kg):301 سولفات
Density(g/cm^2):0.13 تراکم	H (%):3.38 هیدروژن	Na(mg/kg):284 سدیم	Bicarbonate(mg/kg):38 بی‌کربنات
Specific surface (m^2/kg):164 سطح ویژه	K(mg/kg):2568 پتاسیم		Stabilized carbon:53.4 کربن تثبیت شده
Ash (%):5.6 خاکستر	P(mg/kg):459 فسفر		
Volatile compounds (%):31.2 ترکیبات فرار	Ca(mg/kg):1752 کلسیم		
Humidity (%):9.8 رطوبت	Mg(mg/kg):412 منیزیم		
O/C:0.281 نسبت اکسیژن/کربن			
C/N:249.319 نسبت کربن/نیتروژن			
O/H:5.78 نسبت اکسیژن/هیدروژن			

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار و دو مشاهده در هر تکرار اجرا شد. آزمایش شامل ۳ فاکتور، نوع رقم (سانسوریا نقره‌ای و شمشیری ابلق)، بیوچار (دو سطح ۵ و ۱۰ درصد) و میکوریز آربوسکولار (دو سطح ۶ و ۱۲ درصد) بود در این آزمایش جهت مقایسه میزان کلونیزاسیون قارچ و سایر صفات، گلدان‌هایی دارای بستر کشت کوکوپیت - پرلیت (بدون بیوچار و میکوریز) قرار داده شد و قلمه‌های رقم نقره‌ای و شمشیری ابلق به روش ذکر شده در آن‌ها کشت شدند (شاهد). آنالیز داده‌های حاصل از پژوهش با استفاده از نرم - افزار SAS صورت گرفت. آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسه میانگین و تعیین معنی‌دار بودن تفاوت آماری در تیمارها در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر ساده بیوچار بر طول ریشه، تعداد جوانه، تعداد برگ و نشت الکترولیت اثر معنی‌داری داشت. اثر ساده میکوریز فقط بر زیست توده اندام هوایی معنی‌دار بود. اثر ساده رقم بر صفات زمان انگیزش ریشه و جوانه، طول جوانه، تعداد و طول ریشه، پوسیدگی قلمه، قطر جوانه، تعداد برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی، زیست توده کل و محتوای آب نسبی برگ اثر معنی‌داری داشت. اثر دوگانه رقم و بیوچار بر تعداد برگ، زیست توده ریشه و کلونیزاسیون ریشه معنی‌دار بود. اثر دوگانه میکوریز و رقم بر صفات تعداد برگ، زیست توده اندام هوایی و ریشه معنی‌دار بود. اثر دوگانه بیوچار و میکوریز بر زمان انگیزش جوانه، تعداد جوانه، پوسیدگی قلمه، تعداد برگ، زیست توده ریشه و کلونیزاسیون ریشه

معنی‌دار بود. اثر سه‌گانه بیوچار، میکوریز فقط بر صفات پوسیدگی قلمه معنی‌دار بود (جدول ۲).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین کاربرد مخلوط قارچ-های میکوریز آربوسکولار در بستر کشت قلمه‌های سانسوریا سبب افزایش میزان زیست توده را نسبت به شاهد منجر شد. بیشترین میزان زیست‌توده برگ در گیاهان تکثیر شده (۵/۴۳ درصد) در تیمار ۱۲ درصد مشاهده شد (شکل ۱).

کاربرد بیوچار به‌میزان ۱۰ درصد در بستر ریشه‌زایی قلمه‌های سانسوریا نقره‌ای و شمشیری ابلق اثر بهتری بر طول بلندترین ریشه قلمه‌های سانسوریا نسبت به بستر دارای ۵ درصد بیوچار و شاهد داشت. همچنین کاربرد ۱۰ درصد بیوچار در بستر ریشه‌زایی بیشترین تعداد برگ (۲/۵) و تعداد جوانه‌ها (۱/۹۱) ۸ ماه پس از کشت این قلمه‌ها نسبت به ۵ درصد و شاهد داشت. با کاربرد ۱۰ درصد بیوچار در بستر کشت، میزان نشت الکترولیت برگ (۲۸/۳۷ درصد) نسبت به گیاهان حاصل از قلمه‌های تیمار شده در سطح ۵ درصد بیوچار و شاهد بیشتر بود (جدول ۳).

نتایج نشان داد قلمه‌های کشت شده در بستر دارای ۵ درصد بیوچار و ۶ درصد مایه تلقیح میکوریزی دارای کمترین میزان پوسیدگی قلمه (صفر درصد) در بین تیمارها بودند. بیشترین میزان پوسیدگی قلمه (۵۰ درصد) در قلمه‌های کشت شده در بستر دارای ۱۰ درصد بیوچار و ۶ درصد مایه تلقیح میکوریزی رخ داد. همچنین پاجوش‌های حاصل از قلمه‌های کشت شده در بستر دارای ۱۰ درصد بیوچار و ۶ درصد مایه تلقیح میکوریزی دارای بیشترین تعداد برگ (۲/۸۳) بودند که نسبت به حاصل از قلمه‌های کشت شده در بستر شاهد در حدود دو برابر بود. ریشه‌ی قلمه‌های کشت شده در بستر ۱۰ درصد بیوچار به‌همراه ۱۲ درصد مایه تلقیح میکوریزی دارای بیشترین درصد زیست‌توده (۲۲/۵ درصد) و کمترین میزان زیست توده (۱/۵۱ درصد) در شاهد مشاهده شد. همچنین بیشترین درصد کلونیزاسیون ریشه (۸۳ درصد) مربوط به قلمه‌های کشت شده در بستر دارای ۱۰ درصد بیوچار و ۱۲درصد مایه تلقیح میکوریزی به‌دست آمد. کاهش میزان کاربرد مایه تلقیح میکوریزی و بیوچار در بستر کشت سبب کاهش میزان کلونیزاسیون ریشه شد به‌گونه‌ایکه در صورت عدم وجود این دو کود زیستی، هیچگونه کلونی پس از رنگ آمیزی مشاهده نشد (جدول ۴ و شکل ۲).

جدول (۲) تجزیه واریانس اثر کاربرد بیوچار، میکوریز و رقم بر صفات مورفوفیزیولوژیکی سانسوریا

Table (2) Analysis of variance effect of biochar, mycorrhiza application and variety on morphophysiological traits of sansevieria

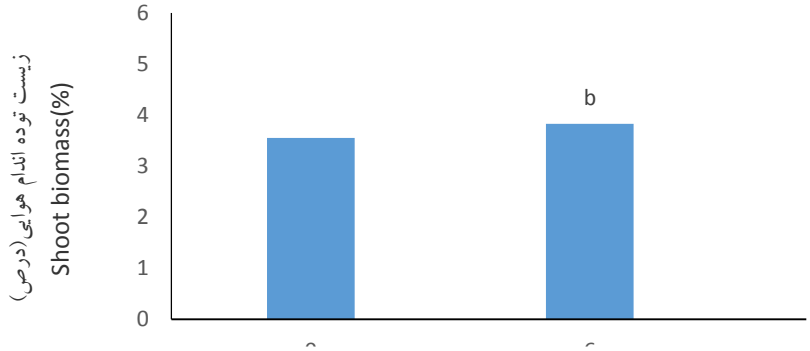
میانگین مربعات Mean of squares										
منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	زمان انگیزش ریشه Root initiation	تعداد ریشه Root number	طول ریشه Root length	طول بلندترین ریشه length of longest root	زمان انگیزش جوانه Bud initiation	اندازه کالوس Callus diameter	تعداد جوانه Buds number	طول جوانه Shoot length	پوسیدگی قلمه Rotting cuttings
بیوچار Biochar	1	9.37^{ns}	0.18 ^{ns}	0.61^{ns}	7.93**	7.95^{ns}	0.22 ^{ns}	0.20*	0.24 ^{ns}	10.29 ^{ns}
میکوریز AM	1	30.37^{ns}	0.22 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.32 ^{ns}	1.45^{ns}	0.27 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.35 ^{ns}
رقم Variety	1	459.37**	1.64*	2.50**	0.73 ^{ns}	46.9**	0.09 ^{ns}	0.03 ^{ns}	5.88**	92.63**
بیوچار × رقم Biochar× Variety	1	45.37^{ns}	1.34 ^{ns}	0.61 ^{ns}	1.92^{ns}	7.36 ^{ns}	0 ^{ns}	0.02^{ns}	0.26 ^{ns}	0.35 ^{ns}
میکوریز × رقم AM× Variety	1	30.37^{ns}	0.34 ^{ns}	0.33 ^{ns}	0.13^{ns}	3.40 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.51 ^{ns}	4.06 ^{ns}
بیوچار× میکوریز Biochar× AM	1	30.37^{ns}	1.20 ^{ns}	0.02^{ns}	0.13^{ns}	20.01*	0.01 ^{ns}	0.23*	0.10 ^{ns}	92.63**
بیوچار×میکوریز×رقم Biochar× AM×Variety	1	84.37^{ns}	0.03 ^{ns}	0.31^{ns}	0.32^{ns}	2.27 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.40 ^{ns}	49.17**
خطا Error	16	31.12	0.34	0.18	0.67	3.78	0.08	0.04	0.65	4.12
ضریب تغییرات CV		20.95	15.63	22.37	27.15	17.55	22.18	13.78	18.2	33.64

ns: No significant, *: significant at P<0.05, **: significant at P<0.01

ادامه جدول (۲) تجزیه واریانس اثر کاربرد بیوچار، میکوریز و رقم ...

Table (2) Analysis of variance effect of biochar, mycorrhiza application and variety…

میانگین مربعات Mean of squares															
منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	قطر جوانه Shoot diameter	تعداد برگ Leaf number	وزن تر اندام هوایی Shoot FW	وزن خشک اندام هوایی Shoot DW	وزن تر ریشه Root FW	وزن خشک ریشه Root DW	زیست توده اندام هوایی Shoot biomass	زیست توده ریشه Root biomass	زیست توده کل Total biomass	محتوای نسبی آب برگ Shoot RWC	محتوای نسبی آب ریشه Root RWC	نشت الکترولیت Electrolyte leakage	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کلونیزاسیون ریشه Root colonization
بیوچار Biochar	1	0.001 ns	2.66*	0.02 ns	0 ns	0 ns	6.20 ns	0.0 ns	0.27 ns	0.3 ns	1.43 ns	16 ns	17.65*	0.53 ns	6.77 ns
میکوریز AM	1	0.002 ns	0.016 ns	0.14 ns	0 ns	0 ns	4.13 ns	1.38*	0.34 ns	0.0 ns	30.3 ns	40 ns	4.36 ns	0.21 ns	7.06 ns
رقم Variety	1	0.06**	2.66*	0.26*	0.001*	0 ns	1.48 ns	0.89ns	4.03 ns	3.31*	32.66*	9 ns	3.37 ns	0.58 ns	4.89 ns
بیوچار × رقم Biochar× Variety	1	0 ns	0.66 ns	0.08 ns	0.002*	0 ns	5.61 ns	0.9 ns	13.76*	0 ns	2.76 ns	0.2 ns	1.79 ns	0.97*	0.39 ns
میکوریز × رقم AM× Variety	1	0.02 ns	4.16**	0.00 ns	0 ns	0 ns	9.55 ns	1.55*	14.28*	0.2 ns	24.7 ns	4.4 ns	4.26 ns	0.14 ns	5.92 ns
بیوچار× میکوریز Biochar× AM	1	0.006 ns	1.50*	0.04 ns	0 ns	0 ns	8.68 ns	0 ns	35.58**	0.7 ns	4.43 ns	6.1 ns	1.38 ns	0.34 ns	35.32**
بیوچار×میکوریز×رقم Biochar× AM×Variety	1	0.002 ns	0.16 ns	0.01 ns	0 ns	0 ns	4.42 ns	0.0 ns	2.08 ns	0.7 ns	6.37 ns	0.0 ns	5.09 ns	0.09 ns	1.59 ns
خطا Error	16	0.005	0.33	0.04	0 ns	0	0	0.23	2.56	0.41	6.77	9.75	3.38	0.21	3.44
ضریب تغییرات CV		8.77	26.64	17.21	2.39	0.60	0.21	8.64	6.75	31.48	30.59	22.24	22.79	32.39	27.27



شکل (۱) اثر کاربرد میکوریز بر زیست توده اندام هوایی سانسوریا

Figure (1) The effect of mycorrhizal application on the leaf biomass of sansevieria

جدول (۳) مقایسه میانگین اثر بیوچار بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی سانسوریا. در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

Table (3) Mean comparison of the effect of biochar on some morphophysiological traits of sansevieria. In each column, means with the same letters are not significantly different (Duncan, $p < 0.05$).

بیوچار Biochar (%)	طول بلندترین ریشه پس از ۸ ماه The length of longest root after 8 months (cm)	تعداد برگ Leaf number	تعداد جوانه پس از ۸ ماه Buds number after 8 months	نشت الکترولیت(%) Electrolyte leakage
0	2.3	1.33	1	14.9
5	2.45[b]	1.83[b]	1.41[b]	15.28[a]
10	3.60[a]	2.5[a]	1.91[a]	28.37[b]

جدول (٤) اثر متقابل کاربرد بیوچار و میکوریز بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی قلمه سانسوریا. در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

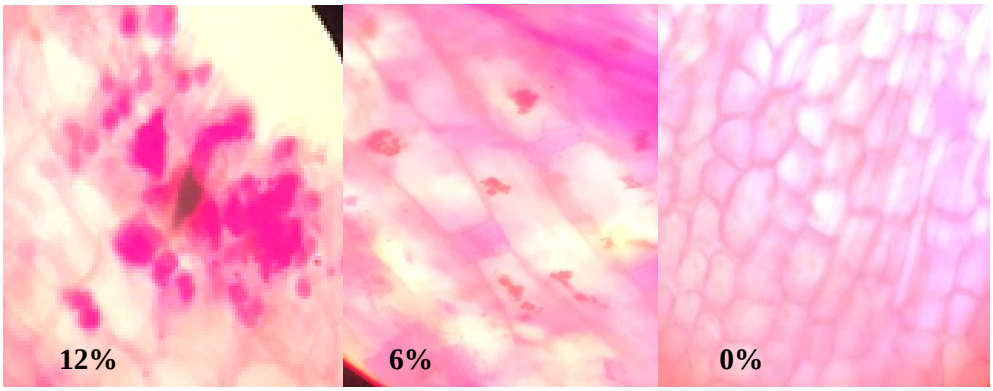
Table (4) Interaction effect of biochar and mycorrhiza application on some morphophysiological traits of sansevieria. In each column, means with the same letters are not significantly different (Duncan, $p < 0.05$).

بیوچار Biochar(%)	میکوریز آربوسکولار AM(%)	پوسیدگی قلمه Rotting cuttings (%)	تعداد برگ Leaf number	زیست توده ریشه Root biomass (%)	کلونیزاسیون ریشه Root colonization (%)
0	0	16.6	1.33	1.51	0
5	6	0[a]	1.66[d]	16.67[b]	48[b]
	12	33.3[c]	2[c]	2.44[d]	41[c]
10	6	50[d]	2.83[a]	2.57[c]	30.83[d]
	12	8.33[b]	2.16[b]	22.5[a]	83[a]

نتایج نشان داد که قلمه‌های رقم سانسوریا نقره‌ای در حضور ۵ درصد بیوچار در بستر ریشه‌زایی، بیشترین وزن خشک برگ (۰/۰۷ گرم) را داشتند. رقم شمشیری ابلق نیز در حضور ۵ درصد بیوچار دارای کمترین مقدار وزن خشک برگ (۰/۰۲ گرم) بود. کاربرد ۱۰ درصد بیوچار در بستر ریشه‌زایی قلمه‌های رقم سانسوریا نقره‌ای و شمشیری ابلق سبب افزایش وزن خشک برگ در هر دو رقم نسبت به عدم کاربرد بیوچار شد. بیشترین درصد زیست توده ریشه در رقم نقره‌ای کشت شده در بستر دارای ۱۰ درصد بیوچار (۲۱/۳۷ درصد) و کمترین درصد زیست توده ریشه در رقم شمشیری ابلق کشت شده در بستر دارای ۱۰ درصد بیوچار (۳/۵۷ درصد) مشاهده شد که در همه تیمارهای به‌کار رفته بیوچار در دو رقم، میزان زیست توده ریشه بیشتر نسبت به شاهد بود. محتوای کلروفیل کل برگ در هر دو رقم با کاربرد غلظت‌های مختلف بیوچار در بستر کشت نسبت به شاهد افزایش قابل توجهی داشت. به‌گونه‌ای که بیشترین میزان کلروفیل (۲/۴۳ میلی‌گرم بر گرم) در قلمه‌های رقم نقره‌ای با کاربرد ۵ درصد بیوچار در بستر کشت مشاهده شد. کمترین میزان رنگیزه‌ی کلروفیل (۰/۴۴ میلی‌گرم بر گرم) هم مربوط به رقم شمشیری ابلق کشت شده در بستر کشت دارای ۵ درصد بیوچار بود (جدول ۵).

کاربرد قارچ میکوریز آربوسکولار در خاک اثر قابل توجهی در کاهش زمان انگیزش جوانه هوایی در قلمه‌های هر دو رقم داشت. به‌گونه‌ایکه کوتاه‌ترین زمان انگیزش جوانه، با کاربرد ۶ درصد مایه تلقیح میکوریزی در بستر ریشه‌زایی رقم شمشیری ابلق (۸۲/۸ روز) مشاهده شد که با توجه به این نتایج می‌توان گفت کاربرد ۶ درصد میکوریز آرباسکولار سبب کاهش مدت زمان انگیزش جوانه و کاربرد ۱۲ درصد مایه تلقیح میکوریزی سبب افزایش مدت زمان انگیزش جوانه قلمه‌های سانسوریا شد. استفاده از ۶ درصد مایه تلقیح میکوریزی در بستر کشت سبب افزایش معنی‌دار تعداد جوانه ۸ ماه پس از کشت (۲) در قلمه‌های رقم شمشیری ابلق شد در حالی‌که کمترین تعداد جوانه در قلمه‌های رقم شمشیری ابلق با کاربرد ۱۲ درصد مایه تلقیح میکوریزی (۱/۳۳) مشاهده شد و با این وجود بازهم این میزان انگیزش جوانه از شاهد بیشتر بود. استفاده از ۱۲ درصد مایه تلقیح میکوریزی در بستر کشت اثر معنی‌داری بر تعداد برگ رقم نقره‌ای داشت، بدین صورت‌که بیشترین تعداد برگ را جوانه قلمه‌های رقم نقره‌ای در تیمار ۱۲ درصد مایه تلقیح میکوریزی (۲/۸۳) داشت. کمترین تعداد برگ نیز مربوط به جوانه رقم شمشیری ابلق کشت شده در بستر دارای ۱۲ درصد میکوریز (۱/۳۳) بود. در بیشتر تیمارها، نسبت به شاهد برگ بیشتری تولید شد (جدول ۶).

در نتایج اثر سه‌گانه بیوچار، مایه تلقیح میکوریزی و نوع رقم بر صفت پوسیدگی قلمه مشاهده شد، کمترین درصد پوسیدگی قلمه‌های رقم نقره‌ای و شمشیری ابلق در بستر دارای ۵ درصد بیوچار و ۶ درصد مایه تلقیح میکوریزی و رقم نقره‌ای در بستر دارای ۱۰ درصد بیوچار و ۱۲ درصد مایه تلقیح میکوریزی (عدم پوسیدگی) مشاهده شد. بیشترین درصد پوسیدگی قلمه هم مربوط به رقم شمشیری ابلق در حضور ۱۰ درصد بیوچار و ۶ درصد میکوریز (۸۳/۳۳ درصد) بود (جدول ۷).



شکل (۲) کلونیزاسیون ریشه سانسوریا توسط قارچ میکوریز آرباسکولار (نقاط صورتی تیره) در سلول‌های ریشه رنگ-آمیزی‌شده در تیمارهای صفر، ٦و ۱۲ قارچ میکوریز آربوسکولار (بزرگنمایی 40X)

Figure (2) Arbuscular mycorrhiza colonization of sansevieria's root (dark pink dots) in the stained root of at 0, 6 and 12 treatments of Arbuscular Mycorrhiza fungi (magnification 40X)

جدول (۵) اثر متقابل کاربرد بیوچار و رقم بر برخی صفات مورفو- فیزیولوژیکی سانسوریا. در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

Table (5) Interaction effect of biochar application and variety on some morpho-physiological traits of sansevieria. In each column, means with the same letters are not significantly different (Duncan, p < 0.05).

بیوچار Biochar (%)	رقم سانسوریا Sansevieria variety	وزن خشک برگ Shoot dry weight(g)	زیست توده ریشه Root biomass (%)	کلروفیل کل total (mg/g) Chlorophyll
0	نقره‌ای	0.016	0	0.39
	شمشیری ابلق	0.026	3.03	0.22
5	نقره ای	0.07[a]	5.53 [c]	2.43 [a]
	شمشیری ابلق	0.02 [d]	13.89 [b]	0.44 [d]
10	نقره ای	0.052[c]	21.37 [a]	2 [c]
	شمشیری ابلق	0.054 [b]	3.57 [d]	2.34 [b]

جدول (٦) اثر متقابل کاربرد میکوریز و رقم بر برخی صفات مورفولوژیکی سانسوریا. در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

Table (6) Interaction effect of mycorrhizal application and variety on some morphological traits of sansevieria. In each column, means with the same letters are not significantly different (Duncan, p < 0.05).

میکوریز آربوسکولار(درصد) AM(%)	رقم سانسوریا Sansevieria variety	انگیزش جوانه Bud stimulation (days)	تعداد جوانه ۸ ماه پس از کشت Bud number after 8 months	تعداد برگ Leaf number
0	نقره ای	171.6	1	1.33
	شمشیری ابلق	188.3	1	1.33
6	نقره ای	111[b]	1.5 [c]	2.16 [c]
	شمشیری ابلق	82.8 [a]	2 [a]	2.33[b]
12	نقره ای	131.7 [c]	1.83 [b]	2.83 [a]
	شمشیری ابلق	189 [d]	1.33 [d]	1.33 [d]

جدول (۷) اثر متقابل کاربرد بیوچار، میکوریز و رقم بر پوسیدگی قلمه سانسوریا. در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

Table (7) The mutual effect of biochar, mycorrhiza and variety on the rotting of sansevieria. In each column, means with the same letters are not significantly different (Duncan, $p < 0.05$).

بیوچار (درصد) Biochar(%)	میکوریز آربوسکولار (درصد) AM(%)	رقم Variety	پوسیدگی قلمه Decaying cuttings (%)
0	0	نقره ای	33.33
	0	شمشیری ابلق	0
5	6	نقره ای	0 [a]
		شمشیری ابلق	0 [a]
	12	نقره ای	0 [a]
		شمشیری ابلق	66.67 [c]
10	6	نقره ای	16.67 [b]
		شمشیری ابلق	83.33 [d]
	12	نقره ای	0[a]
		شمشیری ابلق	16.67 [b]

زمان انگیزش، تعداد و طول ریشه

در این پژوهش قلمه‌های رقم نقره‌ای ریشه‌زایی سریع‌تری نسبت به رقم شمشیری ابلق داشتند. پژوهش ادریسی و همکاران[1] (۲۰۱۷) که نشان‌دهنده اثر معنی‌دار نوع پایه بر افزایش سرعت ریشه‌زایی پایه نسترن[2] نسبت به پایه اینرمیس[3] در تکثیر گل رز، اهمیت انتخاب نوع پایه را نشان داد (۲۱). احمدی[4] (۲۰۱۲) طی مطالعه و پژوهشی که بر مطالعه ریشه‌زایی و رشد قلمه در برخی ژنوتیپ‌های رز متحمل و حساس به اتیلن انجام داد، این نتیجه را بیان کرد که ریشه‌زایی ژنوتیپ‌های مختلف تحت تأثیر میزان حساسیت آن‌ها به اتیلن نبوده است بلکه ژنوتیپ‌های مختلف هر رقم سرعت ریشه‌زایی را کنترل کردند و این نکته موضوع اثر پایه، رقم و واریته گیاه بر زمان ریشه‌زایی گیاه را تایید می‌کند (۳). نتایج این آزمایش نشان داد که تعداد ریشه‌های رقم نقره‌ای نسبت به تعداد ریشه‌های رقم شمشیری ابلق بیشتر بود. همچنین طول ریشه‌های رقم نقره‌ای از رقم شمشیری ابلق بلندتر بود. ادریسی و همکاران (۲۰۱۷) نیز در پژوهشی که بر تکثیر رز به روش پیوندی روی دو نوع رقم نسترن و اینرمیس به‌عنوان پایه انجام دادند، مشاهده کردند طول ریشه، تعداد ریشه و درصد ریشه‌زایی در پایه نسترن بهتر از اینرمیس بود و بیان شد که در قلمه‌هایی با سرعت ریشه‌زایی بیشتر تعداد ریشه تشکیل شده نیز بیشتر بوده است (۲۱). تعداد ریشه، طول ریشه به‌میزان کافی مواد غذایی موجود در گیاه و تغذیه بهینه پایه‌های مادری نیز بستگی دارد (۲۶). همچنین مشخص شد که افزایش طول ریشه تحت تاثیر کاربرد ۱۰ درصد بیوچار قرار گرفت. در پژوهشی که یشیواس و همکاران[5] (۲۰۱۵) بر اثر بیوچار بر صفات ریشه انجام دادند مشخص شد کاربرد بیوچار سبب افزایش طول ریشه و تعداد ریشه قلمه‌های رز شد (۴۹). نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد بیوچار با اصلاح بستر کشت و اثر مثبتی که بر رشد ریشه دارد. این امر احتمالا به سبب این است که سطوح

1- Edrisi *et al.*
2- Rosa canina L.
3- Rosa canina Inermis
4 - Ahmadi
5- Yeshiwas *et al.*

تبادلی بیوچار دارای عناصر غذایی مختلف است و یکی از عواملی بوده که توانسته ریشه گیاه را به سمت خود جلب کند (۴۱).

زمان انگیزش و تعداد جوانه

با توجه به نتایج این آزمایش جوانه‌های رقم شمشیری ابلق کشت شده در بستر دارای ۶ درصد مایه تلقیح میکوریزی در زمان کوتاه‌تری نمایان شدند. زمان انگیزش جوانه‌های رقم سانسوریا نقره‌ای و شمشیری ابلق تحت تاثیر متقابل کاربرد قارچ میکوریز آربوسکولار و نوع رقم قرار گرفته بود. همان‌طور که کولاتی[1] (۲۰۱۰) بیان کرده است کاربرد میکوریز آربوسکولار در بستر گیاهان زینتی از طریق همزیستی افزایش چرخه مواد غذایی می‌تواند سبب افزایش رشد و عملکرد محصول، ریشه‌زایی بهتر، استقرار بهتر گیاه، رشد رویشی و نیز تسریع در جوانه زدن و گلدهی شود (۲۹) اما در پژوهش پیش‌رو، افزایش میزان کاربرد مایه تلقیح میکوریزی بیشتر از ۶ درصد سبب افزایش مدت زمان لازم برای انگیزش جوانه در قلمه‌های کشت شده شد. مایه‌زنی خاک با میکوریز سبب افزایش غلظت فسفر در گیاه با جذب بیشتر این عنصر توسط گیاه می‌شود. تخمین زده شده که میکوریز تا ۸۰ درصد فراهمی فسفر را برای گیاه افزایش می‌دهد (۱۱). بنابراین احتمال می‌رود کاربرد بیشتر میکوریز آربسکولار با جذب بیشتر فسفر، سبب تحریک رشد ریشه نسبت به اندام هوایی و تاخیر در انگیزش جوانه‌های ساقه شده است. طبق نتایج این آزمایش اثر بیوچار بر قلمه‌های سانسوریا به‌گونه‌ای بود که با کاربرد میزان ۱۰ درصد بیوچار، دارای بیشترین تعداد جوانه بودند. در مطالعه‌ای که توسط پرنر و همکاران[2] (۲۰۰۷) بر اثر تلقیح گیاه شمعدانی پیچ[3] با قارچ میکوریز صورت گرفت مشخص شد که میکوریزسیون این گیاه سبب افزایش تعداد جوانه‌ها شده بوده است (۳۸) و یا در پژوهشی دیگر نیز میکوریزسیون گل سلوی سبب افزایش تعداد جوانه‌ها شد که با نتایج مثبت قارچ میکوریز آربوسکولار مشابهت داشت (۲۷). نتایج این آزمایش نشان داد با افزایش غلظت بیوچار و کاهش میزان مصرف قارچ میکوریز آربوسکولار در بستر کشت، تعداد جوانه-های سانسوریا شمشیری ابلق و نقره‌ای افزایش یافت؛که می‌توان نتیجه گرفت به‌طور کلی افزودن بیوچار سبب افزایش تعداد جوانه می‌شود اما تاثیر افزایشی یا کاهشی میزان مصرف میکوریز آربوسکولار بستگی به رقم گیاه مورد بررسی دارد. در گیاه سانسوریا و به‌ویژه رقم نقره‌ای و ابلق، افزایش میزان مصرف قارچ میکوریز آربوسکولار (بیشتر از ۶ درصد) در بستر کشت کاهش تعداد جوانه در قلمه‌های کشت شده را به‌دنبال داشت. دلیل این امر احتمالا تحریک رشد توسط میکوریز آربوسکولار به سود اندام‌های ریشه تا اندام هوایی بوده است.

قطر، طول جوانه و تعداد برگ

در این پژوهش بیشترین قطر جوانه مربوط به جوانه-های رقم نقره‌ای بود. نتایج این آزمایش نشان از عدم تاثیر کاربرد بیوچار و میکوریز آربوسکولار بر طول و قطر جوانه‌های حاصل از قلمه‌های سانسوریا نقره‌ای و شمشیری ابلق و وزن تر برگ داشت و این صفات تحت تاثیر اثر ساده نوع رقم قرار گرفت. با توجه نتایج پژوهش امینی و همکاران[4] (۲۰۱۸) که بیان کردند منشاء قلمه بر تمامی صفات جوانه‌زنی (درصد سبز شدن، سرعت جوانه‌زنی و قدرت جوانه‌زنی) تأثیر داشت (۶) و احتمالا ذخیره مواد غذایی در قلمه‌های حاصل از پاجوش بیشتر است می‌توان نتیجه گرفت که میزان ذخیره پایه مادری و صفات ژنتیکی می‌تواند بر صفات جوانه‌ها مانند قطر جوانه تاثیرگذار باشد. همچنین با توجه به معنی‌دار شدن اثر نوع رقم بر طول جوانه، جوانه‌های رقم نقره‌ای بلندترین طول را نسبت به جوانه‌های رقم شمشیری ابلق داشتند. در پژوهش ادزراکو و همکاران[5] (۲۰۱۷) کاربرد بیوچار سبب افزایش تعداد برگ فیکوس پومیلا شد که به‌دلیل اصلاح ویژگی

1- Koltai
2- Perner *et al.*
3- *Pelargonium peltatum* L'Her.
4- Amini *et al.*
5- Adzraku *et al.*

ها فیزیکی و شیمیایی بستر توسط بیوچار بود (۲). همچنین در پژوهشی علی و امجید (۲۰۱۷)[1] کاربرد ۳ درصد بیوچار سبب افزایش تعداد برگ در گیاه داوودی شد (۵). در آزمایشی عرب و همکاران[2] (۲۰۱۸) کاربرد میکوریز آربوسکولار افزایش تعداد برگ رز را نشان داد (۸). در این پژوهش افزایش میزان مصرف بیوچار (۱۲درصد) و کاهش میزان مصرف میکوریز آربوسکولار (تا ۶ درصد) در بسترکشت قلمه‌های سانسوریا سبب افزایش تعداد برگ جوانه‌های این ارقام شد. با توجه نتایج سایر تحقیقات تاثیر افزایش بیوچار نسبت به تاثیر کاهش میکوریز آربوسکولار و نوع رقم که سبب افزایش تعداد برگ شده بود محسوس‌تر بود و این تاثیر احتمالا به‌دلیل اصلاح بستر، جذب بهتر آب و مواد غذایی (۱۱)، بهبود صفات رویشی و تهویه کافی بوده است. علاوه براین نوع ژنوتیپ و ویژگی‌های پایه مادری از نظر تعداد برگ، سرعت رشد بیشتر رقم نقره‌ای نسبت به رقم شمشیری ابلق نیز قطعا تاثیرگذار بود.

وزن تر و خشک برگ

وزن تر برگ از صفاتی است که می‌تواند تا حدودی نشان دهنده میزان کیفیت گیاه، سلامت و قدرت ریشه‌ها در جذب و نگهداری آب و کیفیت برگ‌ها از جنبه قدرت انتقال شیره‌ی گیاهی باشد. در این پژوهش بیشترین وزن تر ریشه مربوط به رقم نقره‌ای بود. با توجه به تعداد بیشتر ریشه‌ها، و بلند بودن طول ریشه و قطر بیشتر جوانه-های رقم نقره‌ای قطعا جذب آب و مواد غذایی بیشتر بوده و سبب عملکرد بهتر قلمه و جوانه‌های این رقم شد. همچنین از آنجا که مشخص شد تعداد ریشه رقم نقره‌ای بیشتر بوده است، پس در جذب مواد غذایی نیز بهتر عمل کرده و سبب بهبود عملکرد و صفات مورفولوژیکی و صفات فیزیولوژیکی جوانه شده است. عرب بفرانی و همکاران[3] (۲۰۲۰) پس از بررسی اثر بیوچار بر ویژگی‌های رشدی گیاه گلرنگ بیان کردند که مصرف بیوچار سبب بهبود وزن تر و خشک گیاه شد که احتمالاً به‌دلیل بهبود وضعیت خاک توسط بیوچار، بهبود وضعیت عناصر ضروری برای گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم بوده است که در نهایت سبب بهبود شاخص‌های رشدی گیاه شده است (۷). از نتایج این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت افزایش میزان مصرف بیوچار تا ۱۰ درصد در بستر کشت که سبب افزایش نسبی وزن خشک برگ سانسوریا نقره‌ای و شمشیری ابلق شد احتمالا به دلیل اصلاح وضعیت بستر کشت توسط بیوچار و بهبود جذب عناصر بوده است.

درصد پوسیدگی قلمه

نتایج این تحقیق نشان داد که میزان پوسیدگی رقم شمشیری ابلق از رقم سانسوریا نقره‌ای بیشتر بود و کمترین درصد پوسیدگی در رقم نقره‌ای کشت شده در بستر دارای ۱۰ درصد بیوچار و ۱۲ درصد مایه تلقیح میکوریزی مشاهده شد. تجربیات گلکاران نشان داده است که میزان پوسیدگی قلمه و آلودگی ارقام ابلق سانسوریا نسبت به سایر ارقام بیشتر است. عرب و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند کاربرد میکوریز و ۲۰ گرم بیوچار در بستر هیدروپونیک رز، در بهبود صفات کمی و کیفی این گل شاخه بریده موثر بوده است (۸) که همسو با نتایج این پژوهش می‌باشد. از فواید کاربرد میکوریز آربوسکولار در بستر می‌توان به ایجاد گیاهان سالم که خود سبب کاهش کاربرد سموم دفع آفات می‌شوند، ریشه‌زایی و گیرایی بهتر در پیوند که سبب کاهش از دست دادن نهال و گیاهچه می‌شود، رشد سریع‌تر و کوتاه شدن چرخه رشد و رشد رویشی بهتر اشاره کرد (۱۸) که همه این موارد منجربه زنده‌مانی بیشتر قلمه می‌شوند. بر اساس گزارش موجود این نوع قارچ‌ها از گیاهان در برابر پاتوژن‌های ریشه از طریق ترشحات ترکیبات محلول در آب مانند اسیدهای آمینه، اسیدهای آلی و ترکیبات فنلی در ریشه حفاظت می‌کنند (۱۱). متسوبارا و همکاران[4] (۲۰۰۲) مشاهده کردند بیوچار از طریق اصلاح خاک اثر سرکوبگرانه‌ای بر پاتوژن‌های

1 - Ali and Mjeed
2 - Arab *et al.*
3- Arab Bafrani *et al.*
4- Matsubara *et al.*

بیماری‌زا دارد (۳۴). بنابراین با توجه به خصوصیات رقم شمشیری ابلق، فواید و تاثیر مثبت کاربرد بیوچار و میکوریز آربوسکولار می‌توان نتیجه گرفت، افزایش غلظت بیوچار و میکوریز آربوسکولار در بستر کشت قلمه‌های سانسوریا سبب کاهش میزان پوسیدگی قلمه‌ها می‌شود.

زیست‌توده ریشه و برگ و کل

زیست‌توده ریشه گیاهان یکی از شاخص‌های مهم فیزیولوژیکی است که در این آزمایش بیشترین درصد زیست‌توده ریشه در بستر دارای ۱۰ درصد بیوچار و ۱۲ درصد میکوریز آربوسکولار مشاهده شد. زینگ و همکاران[1] (۲۰۱۷) شاهد افزایش زیست‌توده ریشه به‌سبب کاربرد بیوچار بودند (۴۸). بیوچار نسبت به میکوریز آربوسکولار تاثیر بیشتری بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ریشه داشته است و با توجه به پژوهش‌های قبل و نتایج کریسان و همکاران[2] (۲۰۱۷) می‌توان این‌گونه برداشت کرد که تاثیر مثبت میکوریز آربوسکولار بیشتر بر رشد رویشی بخش‌های هوایی است (۱۸). نتایج این تحقیق نشان داد که میزان ۶ درصد مایه تلقیح میکوریزی در بستر کشت سبب افزایش درصد زیست‌توده برگ شد. در پژوهشی اسرار و همکاران[3] (۲۰۱۴) گزارش کردند که قارچ میکوریز آربوسکولار سبب افزایش میزان زیست‌توده برگ در گل کالانکوئه شد (۱۰). همچنین در شمعدانی و آهار مکزیکی میکوریزیی شده در بستر پیت، میزان وزن خشک اندام هوایی و ریشه بیشتر از گیاهان غیر میکوریزیی بود (۱۸)که نتایج آنها همسو با نتایج این پژوهش می‌باشد. در این پژوهش قلمه‌های رقم سانسوریا نقره‌ای دارای بیشترین درصد زیست توده کل بودند.کارتر و همکاران[4] (۲۰۱۳) گزارش کردند کاربرد بیوچار تولید شده از پوسته برنج، سبب افزایش زیست‌توده کل گیاهی شد (۱۵). زیست توده کل علاوه بر شرایط محیطی، بستر کشت و آثاری که بیوچار و میکوریزر آربوسکولار بر قلمه‌ها گذاشته‌اند، به ژنوتیپ و میزان تغذیه بهینه گیاه مادری، سرعت رشد و عملکرد ارقام نیز بستگی دارد. در پژوهشی مشابه برهمکنش قارچ میکوریزی و بیوچار حاصل شاخ و برگ هرس شده درختان پسته بر افزایش زیست توده ریشه گل نرگس مثبت بود. بیوچار مقدار آب قابل دسترس گیاه را افزایش می‌دهد. همچنین، افزایش در میزان رشد در حضور بیوچار می‌تواند به‌دلیل افزایش جذب مواد غذایی و غلظت عناصر غذایی در محلول خاک باشد که ناشی از تعدیل pH خاک و یا افزایش کربن آلی خاک می‌باشد. از آن‌رو که استفاده از بیوچار سبب تغییر تخلخل خاک، نگهداری رطوبت و نیتروژن خاک می‌شود و از این طریق محیط مناسب و نیز انرژی و غذای لازم را برای ریزموجودات خاک فراهم می کند، بنابراین در تغییر جامعه میکروبی خاک نقش دارد (۱۶و۱۹)

محتوای نسبی آب برگ و نشت الکترولیت

یکی از شاخص‌های مهم برای گیاهان آپارتمانی و مقاوم به کم آبی میزان پتانسیل نگهداری آب توسط بافت و سلول‌های گیاه است. در این آزمایش مشخص شد که سانسوریا نقره‌ای دارای بیشترین محتوای نسبی آب برگ نسبت به رقم شمشیری ابلق بود. سیلوا و همکاران[5] (۲۰۰۷) اظهار داشتند که محتوای آب نسبی جذب آب به‌وسیله بافت‌ها و سلول‌ها را نشان می‌دهد (۴۶). همچنین گزارش داده‌اند که گیاهان متحمل به خشکی با جذب آب از پروتوپلاست، آب بیشتری را در خود نگهداری می‌کنند، بنابراین این گیاهان دارای مقدار بالاتری محتوای آب نسبی می‌باشند. سیرام و همکاران[6] (۲۰۰۱) بیان کردند میزان نشت الکترولیت نشان‌دهنده میزان مقاومت غشاء سلولی گیاه در برابر تنش خشکی و یا تنش گرمایی می‌باشد. میزان پایداری غشاء سلولی به‌خوبی با تحمل سایر فرآیندهای گیاهی از جمله فتوسنتز مرتبط است و به‌عنوان شاخصی از تحمل به تنش‌ها ارائه شده است (۴۲). نتایج این آزمایش نشان داد که کاربرد بیوچار به‌میزان ۱۰ درصد در بستر کشت قلمه‌های سانسوریا نقره‌ای و شمشیری ابلق اثری مثبت در میزان افزایش نشت الکترولیت قلمه‌ها گذاشت.

1- Xiang *et al.*
2- Crisan *et al.*
3- Asrar *et al.*
4- Carter *et al.*
5- Silva *et al.*
6- Sairam *et al.*

بالعکس در پژوهشی که عباس نسب و همکاران[1] (۲۰۰۱) انجام دادند کاربرد بیوچار اثر معنی‌داری بر نشت الکترولیت علف پشمکی نداشت (۱).

محتوای رنگیزه کلروفیل

بیشترین میزان کلروفیل را رقم نقره‌ای تیمار شده با ۵ درصد بیوچار مشاهده شد. در پژوهشی عرب بفرانی و همکاران (۲۰۲۰) کاربرد بیوچار سبب افزایش میزان کلروفیل برگ گلرنگ شد (۷) که با نتایج این آزمایش همسو می‌باشد. با توجه به‌این موارد می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد بیوچار در بستر کشت به‌طور کلی سبب افزایش میزان کلروفیل برگ می‌شود اما نوع و رقم گیاه است که میزان این افزایش را تعیین می‌کند.

کلونیزاسیون ریشه

میزان کلونیزاسیون ریشه توسط قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بستگی به رقم گیاه داشت. نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین درصد کلونیزاسیون ریشه در بستر کشت دارای ۱۰ درصد بیوچار و ۱۲ درصد میکوریز مشاهده شد. مولر و همکاران[2] (۲۰۰۱) طی پژوهشی که بر میزان عملکرد گل رز تلقیح‌شده با دو گونه متفاوت قارچ میکوریزربوسکولار انجام دادند شاهد افزایش درصد کلونیزاسیون ریشه گل‌های رز در ارقام تلقیح شده بودند (۳۶).

همچنین سیدمحمدی و همکاران[3] (۲۰۱۷) تاثیر مثبت قارچ میکوریز آربوسکولار بر افزایش میزان کلونیزاسیون ریشه گیاه استویا را گزارش دادند (۴۴). در سوسن شرقی تلقیح شده با قارچ *Glomus etunicatum* تغییرات معنی‌داری در درصد کلونیزاسیون ریشه مشاهده شد (۴). بررسی نتایج این آزمایش و پژوهش‌های قبلی نشان داد که افزایش میزان مصرف بیوچار و مایه تلقیح میکوریزی در بسترکشت سبب افزایش میزان کلونیزاسیون ریشه شده است که می‌تواند به‌علت بهبود وضعیت بستر کشت باشد.

نتیجه‌گیری

کاربرد ۱۰ درصد بیوچار در بستر کشت قلمه‌های سانسوریا نقره‌ای و شمشیری ابلق اثر افزایشی بر بیشتر صفات هر دو رقم داشت؛ اما میزان پوسیدگی قلمه‌های این دو رقم را نیز افزایش داد. بهترین تیمار برای قلمه‌های شمشیری ابلق و سانسوریا نقره‌ای ۵ درصد بیوچار و ۶ درصد مایه تلقیح میکوریز آربوسکولار بود. رقم نقره‌ای در بیشتر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی نسبت به رقم شمشیری ابلق موفق‌تر عمل کرد. پوسیدگی قلمه‌های شمشیری ابلق بیشتر از رقم نقره‌ای بود. به‌طور کلی نتایج کاربرد این عوامل تحریک‌کننده زیستی در بستر کشت ازدیاد این گیاه مثبت بود.

سپاس‌گزاری

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی دانشجویی و با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه اراک انجام گرفت که بدین‌وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه اراک تشکر می‌شود.

1- Abbasnasa *et al.*
2- Muller *et al.*
3- Seyed-Mohammadi *et al.*

References

1. Abbasnasab, Z., and Abedi, M. 2021. Effect of biochar on some morphological and physiological traits in Medicago sativa and Bromus tomentellus. Journal of Plant Process and Function, 10(41), 145-156. In Persian

2. Adzraku, H. V., Tandoh, P. K., and Zurei, L. H. 2017. Use of biochar as media for propagation of some difficult-to-root ornamental plants. Environment, Earth and Ecology, 1(2).

3. Ahmadi, N. 2012. An investigation on rooting and growth of stem cuttings of rose genotypes show high and low sensitivity to exogenous ethylene treatment. Journal of Crops Improvement, 14(1), 1-11.

4. Alavi, M. A., Hatamzadeh, A., and Ehteshami, S. M. (2014). Effect of bulb inoculation with four species mycorrhizal fungi on quantitative and qualitative yield of two lily species. Iranian Journal of Seed Science and Research, 1(2).

5. Ali, M. A., and Mjeed, A. J. 2017. Biochar and Nitrogen Fertilizers Effects on Growth and Flowering of Garland Chrysanthemum (Chrysanthemum Coronarium L.) Plant. Kurdistan Journal of Applied Research, 2(1), 8-14.

6. Amini, A., Tabari, M., Hosseini. S.M. and Yousefzadeh, H. 2018. Influence of cutting source and hormone on germination stimulation in woody cutting of large-leaf linden. Journal of Natural Ecosystems of Iran, 9. (3):21-33. In Persian

7. Arab Bafrani, Z., Ghanei-Bafghi, M. J., and Shirmardi, M. 2020. Effect of wood residues of pistachio biochar on growth characteristics of Safflower. Journal of Soil Management and Sustainable Production, 10(3), 73-94. In Persian

8. Arab, M.A., Taghizadeh M. and Solgi, M. 2018. The effect of symbiosis of arbuscular mycorrhizal fungus and biochar fertilizer on rose yield. Thesis for the degree of (MSc), Arak Faculty of Agriculture and Natural Resources. In Persian

9. Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology, 24(1), 1.

10. Asrar, A.A., Abdel-Fattah, G.M., Elhindi, K.M., and Abdel-Salam, E.M. 2014. The impact of arbuscular mychorrhizal fungi in improving growth, flower yield and tolerance of kalanchoe (Kalanchoe blossfeldiana Poelin) plants grown in NaCl-stress conditions. Journal of Food, Agriculture and Environment, 12(1), 105-112.

11. Boostani, H.R., Chorom, M., Moezzi, A.A., and Enayatizamir, N. 2014. Mechanisms of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and mycorrhizae fungi to enhancement of plant growth under salinity stress: A review. Scientific Journal of Biological Sciences, 3(11), 98-107.

12. Bos, J. J. 1998. Dracaenaceae. In Flowering Plants, Monocotyledons. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 238-241.

13. Briggs, C., Breiner, J.M., Graham, R.C. 2012. Physical and Chemical Properties of Pinus ponderosa Charcoal: Implications for Soil Modification. Soil Science, 177, 263-268.

14. Busse M. D., Fiddler G. O., and Ratcliff A. W. 2004. Ectomycorrhizal formation in herbicide treated soils of differing clay and organic matter content. Water, Air, and Soil Pollution, 152: 23-34

15. Carter, S., Shackley, S., Sohi, S., Suy, T. B., and Haefele, S. 2013. The impact of biochar application on soil properties and plant growth of pot grown lettuce (Lactuca sativa) and cabbage (Brassica chinensis). Agronomy, 3(2), 404-418.

16. Chen, H., Ma, J., Wei, J., Gong, X., Yu, X., Guo, H., and Zhao, Y. 2018. Biochar increases plant growth and alters microbial communities via regulating the moisture and temperature of green roof substrates. Science of the Total Environment, 63(5), 333 –342.

17. Chen, J., Wang, W., Fang, J., and Varahramyan, K. 2004. Variable-focusing microlens with microfluidic chip. Journal of Micromechanics and Microengineering, 14(5), 675.

18. Crisan, I., Vidican, R., and Stoian, V. 2017. Utilization of arbuscular mycorrhizae in the cultivation of ornamental plants. Research Journal of Agricultural Science, 49(4), 392-397.

19. Dehestani-Ardakani, M., Khosravi, N., Shirmardi, M., Gholamnezhad, J., and Naserinasab, F. 2021. The effect of biofertilizers and biochar on morphological and physiological properties of Narcissus cv. 'Shahla' (Narcissus tazetta L. cv. 'Shahla'). Journal of Soil and Plant Intraction, 12 (1), 79-93. In Persian

20. Dewayne, L. I., and T. H. Yeagar. 1991. Propagation of Landscape Plants. University of Florida, Florida Cooperative Extension Service. Circular 579, March, 14p.

21. Edrisi, B., Arabi, A., and Azimi, M. H. 2017. The Importance of Rootstocks and Rooting Media on Vegetative Propagation of Roses in Stenting Method. Flower and Ornamental Plants, 2(1), 25-34. In Persian

22. Giovannettti, M., and Mosse, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytologist. 84: 489-500.

23. Glaser, B., Lehmann, J., and Zech, W. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal–a review. Biology and Fertility of Soils, 35(4), 219-230.

24. Hartmann, H.T., Kes ter, F.T. and Daviesand, R.L. 2002. Plant propagation principle andpractices. Prentice Hall. 879 P.

25. Jalili Marandi, R. 2007. Plant growth. Academic Center for Education, Culture and Research West Azerbaijan unit. P: 496.4: 219-221.

26. Janowska, B., and Andrzejak, R. 2017. Effect of mycorrhizal inoculation on development and flowering of Tagetes patula L.'Yellow Boy'and Salvia splendens Buc'hoz ex Etl.'Saluti Red'. Acta Agrobotanica, 70(2).

27. Janowska, B., Rybus-Zajac, M., Horojdko, M., Andrzejak, R., and Siejak, D. 2016. The effect of mycorrhization on the growth, flowering, content of chloroplast pigments, saccharides and protein in the leaves of Sinningia speciosa (Lodd.) Hiern. Acta Agrophysica, 23(2).

28. Javaid, A. R. S. H. A. D., and Riaz, T. A. R. I. Q. 2008. Mycorrhizal colonization in different varieties of gladiolus and its relation with plant vegetative and reproductive growth. International Journal of Agriculture and Biology, 10(3), 278-282.

29. Koltai, H. 2010. Mycorrhiza in floriculture: difficulties and opportunities. Symbiosis, 52(2), 55-63.

30. Kormanik, P.P., and McGraw, A.C. 1982. Quantification of vesicular arbuscular mycorrhizae in plant roots. P 37-45, In: N.C. Schenck (Ed.), Methods and Principles of Mycorrhizal Research. The American Phytopathological Society, St. Paul.

31. Lehmann, J., and Joseph, S. 2009. Biochar for environmental management: science and technology. First ed. Earthscan, London.

32. Lehmann, J., Pereira da Silva, J., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W., and Glaser, B. 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. Plant and Soil, 249(2), 343-357.

33. Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Kinyangi, J., Grossman, J., O'Neill, B. J. O. J. F. J. J. E. G., Skjemstad, J.O., Thies, J., Luizão, F.J., Petersen, J., and Neves, E. G. 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. Soil science society of America journal, 70(5), 1719-1730.

34. Matsubara, Y., Hasegawa, N., and Fukui, H. 2002. Incidence of Fusarium root rot in asparagus seedlings infected with arbuscular mycorrhizal fungus as affected by several soil amendments. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 71(3), 370-374.

35. Meir, D., Pivonia, S., Levita, R., Dori, I., and Ganot, L. 2010. Application of mycorrhizae to ornamental horticultural crops: lisianthus (Eustoma gradiflorum) as a test case. Spanish Journal of Agricultural Research, (1), 5-10.

36. Mia, S., Dijkstra, F. A., and Singh, B. 2017. Aging induced changes in biochar's functionality and adsorption behavior for phosphate and ammonium. Environmental Science and Technology, 51(15), 8359-8367.

37. Muller, R., Stummann, B. M., and Andersen, A. S. 2001. Comparison of postharvest properties of closely related miniature rose cultivars (Rosa hybrida L.). Scientia Horticulturae, 91(3-4), 325-337.

38. Perner, H., Schwarz, D., Bruns, C., Mäder, P., and George, E. 2007. Effect of arbuscular mycorrhizal colonization and two levels of compost supply on nutrient uptake and flowering of pelargonium plants. Mycorrhiza, 17(5), 469-474.

39. Purwanto, A.W. 2006. Sansevieria: Flora Cantik Penyerap Racun. Yogyakarta: KanisiusHartmann HT, Kes ter FT and Daviesand, R.L. 2002). Plant Propagation Principle Andpractices. Prentice Hall. P 879.

40. Puschel, D., Rydlová, J., and Vosátka, M. 2014. Can mycorrhizal inoculation stimulate the growth and flowering of peat-grown ornamental plants under standard or reduced watering?. Applied Soil Ecology, 80, 93-99.

41. Rezaee, Z., Norouzi Masir, M., and Moezzi, A. 2021. Effect of compost and biochar of bagasses on zinc uptake and growth indices of Wheat under greenhouse condition. Agricultural Engineering, 44(2), 255-274. In Persian

42. Sairam, R. K., and Srivastava, G. C. 2001. Water stress tolerance of wheat (Triticum aestivum L.): variations in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotypes. Journal of Agronomy and Crop Science, 186(1), 63-70.

43. Scagel, C. F. 2001. Cultivar specific effects of mycorrhizal fungi on the rooting of miniature rose cuttings. Journal of Environmental Horticulture, 19(1), 15-20.

44. Seyed-Mohammadi, N., Barmaki, M. and Davari, M. 2017. The effect of mycorrhizal fungi cultivation and symbiosis on leaf yield, percentage root colonization and some characteristics of stevia roots in soilless cultivation system. Agricultural knowledge and sustainable production.29 (2):189-204.

45. Shahzad, A., Ahmad, N., Rather, M. A., Husain, M. K., and Anis, M. 2009. Improved shoot regeneration system through leaf derived callus and nodule culture of Sansevieria cylindrica. Biologia plantarum, 53(4), 745-749.

46. Silva, M. D. A., Jifon, J. L., Da Silva, J. A., and Sharma, V. 2007. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. Brazilian Journal of Plant Physiology, 19, 193-201.

47. Varshney, A., Sharma, M. P., Adholeya, A., Dhawan, V., and Srivastava, P. S. 2002. Enhanced growth of micropropagated bulblets of Lilium sp. inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi at different P fertility levels in an alfisol. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 77(3), 258-263.

48. Xiang, Y., Deng, Q., Duan, H., and Guo, Y. 2017. Effects of biochar application on root traits: a meta-analysis. GCB Bioenergy, 9(10), 1563-1572.

49. Yeshiwas, T., Alemayehu, M., and Alemayehu, G. 2015. Effects of indole butyric acid (IBA) and stem cuttings on growth of stenting-Propagated rose in Bahir Dar, Ethiopia. World Journal of Agricultural Sciences, 11(4), 191-197.