ارزیابی استفاده از تیوباسیلوس با گوگرد و اسید هیومیک بر برخی ویژگی‌های سلولی درخت ماگنولیا در خاک آهکی

آرزو شعاع‌داودلی[۱] و الهام مطلبی[۲*]

۱- کارشناسی‌ارشد، گروه علوم باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران، arezooshoa@gmail.com

*۲- استادیار، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران، e27_motallebi@yahoo.com

*نویسنده مسئول: الهام مطلبی

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۸

Evaluation of the Use of Thiobacillus with Sulfur and Humic Acid on Some Cell Properties of Magnolia Tree in Calcareous Soil

Arezou Shoa Davodli[1] and Elham Moltallebi[2*]

1- M.Sc, Department of Holticultuer, Garmsar, Islamic Azad University, Garmsar, Iran, arezooshoa@gmail.com

2*- Assistant Professor, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran, e27_motallebi@yahoo.com

*Corresponding author: Elham Motallebi

Received: November 2019 Accepted: December 2019

چکیده

به منظور بررسی برخی ویژگی های رشدی درخت ماگنولیا در خاک‌های آهکی و تأثیر کاربرد اسید هیومیک و تیوباسیلوس همراه با گوگرد بر آن، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٤ تیمار در ۳ تکرار و هر تکرار با ۲ درخت انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل خاک باغچه، اسید هیومیک با منشاء آلی(ذغال سنگ) واسید هیومیک با منشاء گیاهی(چغندر قند) هر کدام به میزان ۳۵۰۰ گرم در هکتار و نیز ۵۰۰ گرم تیوباسیلوس همراه با ۲۵ کیلوگرم گوگرد پودری در هر هکتار بود. صفات مورد آزمایش شامل شاخص ثبات غشاء سلول و محتوای آب نسبی در برگ بودند. براساس نتایج این مطالعه با اعمال تیمارهای اسید هیومیک و تیوباسلوس همراه با گوگرد، شاخص ثبات غشاء سلولی کاهش و محتوای آب نسبی برگ درخت افزایش یافت. در حالی که بین درختان تیمار شده به لحاظ محتوای آب نسبی برگ ماگنولیا تفاوتی مشاهده نشد. همچنین با کاهش شاخص ثبات غشاء سلول ناشی از کاربرد تیمارها، محتوای آب نسبی برگ افزایش یافت.. همچنین مشاهده شد که تیمار تیوباسیلوس همراه با گوگرد مؤثرترین تیمار در ویژگی های مورد نظر بود و بنابراین می‌توان در خاک‌های آهکی کاربرد تیوباسیلوس با گوگرد پودری را برای کشت و نگهداری ماگنولیا توصیه نمود.

کلمات کلیدی: اسید هیومیک، تیوباسیلوس، درخت ماگنولیا، گوگرد.

Abstract

In order to investigate the effects of humic acid and application of Tiobacillus fertilizer on better absorption of elements from limy soil and growth and development in Magnolia tree, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with 4 treatments, each with 3 replications. Treatments included Loamy soil, organic humic acid (coal) and humic acid of vegetable origin (sugar beet) and Tiobacillus fertilizer with sulfur. The traits tested included Index of cell membrance stability and Relative water content of leaves. According to the results of this study, with the application of humic acid and Thiobacillus treatment with sulfur, the relative permeability of the membrane decreased and the relative humidity of the leaf of the tree increased. It was also observed that Thiobacillus treatment with sulfur was the most effective treatment in the desired traits and therefore in calcareous soils the application of Thiobacillus with sulfur powder could be recommended for cultivation and maintenance of Magnolia.

Keywords: Humic Acid, Magnolia, Sulfur, Thiobaccelus.

فصلنامه زیست شناسی سلولی و مولکولی گیاهی

سال ۱۳۹۸، دوره ١٤، شماره ۳، صص ٦٢-٥٥

مقدمه و کلیات

درکشور ایران بدلیل خشک و نیمه‌خشک بودن و وجود خاک‌های آهکی تولید محصول در سطح بازدهی مطلوب، همواره با مشکلاتی مواجه بوده است. بخش مهمی از این مشکلات از آنجا ناشی می‌شود که در این خاک‌ها به علت وجود pH بالا و غلظت زیاد یون کلسیم، عناصر غذایی که قابلیت جذب آن‌ها وابسته به pH است(آهن، روی، مس و ...) به صورت ترکیب‌های نامحلول و غیرقابل استفاده برای گیاهان در می‌آیند. از طرفی افزودن این عناصر به خاک از طریق کودهای شیمیایی مشکلات و آلودگی‌های زیست محیطی را به دنبال خواهد داشت (Sameni and Kasaraian, 2004). با توجه به مطالب مذکور کاهش pH خاک(حتی به طور موضعی) مؤثرترین راه برای مقابله با این مشکل در خاک‌های آهکی و قلیایی به نظر می‌رسد. استفاده از گوگرد برای کاهش pH خاک‌های قلیایی و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی وابسته به pH خاک همواره مورد توجه قرار گرفته است. ذبیحی و نوری‌حسینی(۱۳۹۶) در مقاله‌ای با عنوان ضرورت مصرف گوگرد در خاک‌های آهکی و شور- سدیمی استان خراسان رضوی به منظور افزایش عملکرد گیاهان بیان کردند که گوگرد از عناصر ضروری برای رشد گیاهان عالی است. حضور گوگرد در ساختمان بتامین، بیوتین، اسیدهای آمینه گوگردار، موجب نقش کلیدی این عنصر در فعال کردن بسیاری از آنزیم‌ها، پروتئین‌سازی و تعدیل سمیت بعضی عناصر سنگین در گیاهان شده است. گوگرد علاوه بر نقش تغذیه‌ای برای گیاهان، بعنوان یک ماده اصلاحی در خاک‌های آهکی، سدیمی و شور و سدیمی جهت بهبود برخی خصوصیات فیزیک و شیمیایی خاک مطرح می‌باشد. با این وجود مشکل عمده‌ای که بعد از مصرف گوگرد در خاک‌های زراعی مطرح است، اکسیداسیون آن می‌باشد. این عمل، با کمک باکتری‌های تیوباسیلوس که در شرایط هوازی در خاک زندگی می‌کنند، امکانپذیر است. این باکتری‌ها در شرایط مطلوب مخصوصاً مواد آلی بالا و رطوبت مناسب قادر به رشد و تکثیر بوده و در نتیجه موجب افزایش اکسیداسیون بیولوژیکی گوگرد می‌شوند (Besharati *et al*., 2007). سیاحی و سوری(۱۳۹۷) به منظور ارزیابی کارآمدی مقادیر مختلف گوگرد به منظور اصلاح خاک‌های آهکی در حضور باکتری اکسید کننده گوگرد پژوهشی انجام دادند. بدین منظور تعداد ۱۵ ستون حاوی یک خاک آهکی شامل چهار تیمار گوگرد و یک شاهد فاقد گوگرد هر یک با سه تکرار ساخته و با باکتری *Thiobacillus thioparus* تلقیح و سپس هر دو هفته یک‌بار به مدت شش ماه تحت آبشویی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که آبشویی سولفات حاصل از اکسیداسیون گوگرد از دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به بالا شدت گرفت و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به اوج خود رسید. همچنین تجزیه آماری در ستون‌های تیمار شده با گوگرد وجود روابط مثبت و معنی‌دار میان دما و سولفات آبشویی شده از یک سو و منفی و معنی‌دار میان دما و pH از سوی دیگر را تأیید نمود. از سوی دیگر خاک‌های آهکی بی‌اندازه از مواد آلی فقیر هستند و یکی از نقایص این خاک‌ها کمبود مواد آلی و هوموس است که با اضافه نمودن مواد آلی از جمله اسید هیومیک می‌توان از نقش مضر آهک جلوگیری نمود(Dialami and Mohebbi, 2010). اسید هومیک می‌تواند بطور مستقیم اثرات مثبتی بر رشد گیاه بگذارد. رشد قسمت هوایی و ریشه گیاه توسط اسید هومیک تحریک می‌شود، ولی اثر آن بر روی ریشه برجسته‌تر است. حجم ریشه را افزایش داده و باعث اثربخشی

سیستم ریشه شده که احتمالاً دلیل افزایش محصول می‌باشد. اسید هومیک جذب نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و فسفر را توسط گیاه افزایش می‌دهد. کاربرد اسید هومیک کلروز گیاهان را بهبود می‌بخشد که احتمالاً نتیجه‌ای است از توانایی اسید هومیک برای نگهداری آهن خاک به فرمی که قابل جذب و سوخت و ساز باشد. این پدیده می‌تواند در خاک‌های قلیایی و آهکی مؤثر باشد که معمولاً کمبود آهن قابل جذب و مواد آلی را دارند. اسید هیومیک متابولیسم ثانویه گیاه را با افزایش جذب CO_2، سنتز ATP و تأثیر بر فتوسنتز راه می‌اندازند(Yang *et al*., 2004). اسید هیومیک یک محرک زیستی است و می‌تواند برای چمن، درختان، درختچه‌ها، بوته‌ها، باغچه‌ها و حتی گیاهان آپارتمانی استفاده شود. اسید هیومیک یک اسید ضعیف آلی با قابلیت‌های بسیار زیاد است که کمک فراوانی به جذب این عناصر به گیاه کرده، از آب‌شویی و از دست رفتن آن‌ها جلوگیری می‌کند. به همین علت مصرف کودهای شیمیایی در خاک را می‌تواند به نصف کاهش دهد، در حالی که نتیجه بهتری برای کشاورز به بار آورده و در عین حال، تا حد زیادی از هزینه‌ی سرسام آور خرید کودهای شیمیایی و مسمومیت و سفتی خاک بکاهد (Sharif *et al*., 2002). اسید هیومیک فعالیت‌های میکروبی را توسط فراهم کردن میکروب‌های بومی با یک منبع کربن برای غذا تحریک می‌کند بنابراین رشد و فعالیتشان بیشتر می‌شود. میکروب‌های خاک مسئول محلول سازی مواد غذایی حیاتی مثل فسفر هستند که می‌تواند توسط اسید هیومیک جذب شده و سپس قابل دسترس برای گیاه شود. علاوه بر این، میکروب‌ها مسئول ادامه توسعه هوموس در خاک هستند که آن را می‌شکنند و مواد آلی را بطور کامل تجزیه نمی‌کنند. این تولید درجا هوموس بطور طبیعی ادامه می‌یابد و به اسید هیومیک پایه و فوایدش اضافه می‌شود (Nikbakht *et al*., 2008). رضوی‌نسب و همکاران(۱۳۹۶) به اثر مواد اصلاحی آلی، شیمیایی و اسید هیومیک بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک نهال‌های پسته در شرایط مزرعه پرداختند. نتایج نشان داد که کاربرد کمپوست و گچ باعث بهبود برخی ویژگی‌های مورفولوژیک گیاه می‌گردد، درحالی که کاربرد گوگرد و مصرف خاکی اسید هیومیک بیشتر بر ویژگی‌های فیزیولوژیک اثر فزاینده دارد. بهترین برهمکنش مواد آلی و شیمیایی مؤثر بر ویژگی‌های مورفولوژیک به ترکیب گچ و کود گاوی و در ویژگی‌های فیزیولوژیک به ترکیب گوگرد و کمپوست تعلق گرفت. بهترین برهمکنش مواد اصلاحی شیمیایی و اسید هیومیک نیز از همراهی گوگرد و مصرف خاکی اسید هیومیک بدست آمد که این برهمکنش باعث افزایش برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گردید. در این پژوهش که بر روی درخت ماگنولیا صورت گرفته است، تلاش شده با استفاده از گوگرد همراه باکتری‌های جنس تیوباسیلوس و اسید هیومیک که از روش‌های مهم و پرکاربرد اصلاح وضعیت حاصلخیزی خاک‌های آهکی می‌باشد با تغییر pH خاک و اسیدی شدن آن به حداکثر عملکرد و رشد این گیاه رسید.

فرآیند پژوهش

به منظور بررسی اثرات اسید هیومیک و کاربرد کود تیوباسیلوس بر برخی ویژگی های رشدی درخت ماگنولیا در یک خاک آهکی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ٤ تیمار، هر تیمار در ۳ تکرار و هر تکرار با ۲ درخت انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل خاک باغچه، اسیدهیومیک با منشاء آلی(ذغال سنگ)،

اسیدهیومیک با منشاء گیاهی(چغندر قند) و کود تیوباسیلوس با گوگرد بود که در محدوده ای از بوستان باغ رز با ۲٤ اصله درخت به اجرا در آمد. بوته‌های مورد نظر از نظر سن (بین ۸ تا ۹ سال) و وضعیت رشد آنها یکسان و مناسب بودند. قبل از انجام تیمارها، نمونه خاک جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی از اعماق ۳۰-۰ و ٦۰-۳۰ تهیه شد که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است. سپس تیمارهای اسید هیومیک به میزان ۳۵۰۰ گرم در هکتار بعد از تبدیل به سطح مورد نظر به همراه دو آبیاری اعمال شد. همچنین گوگرد پودری پس از مخلوط شدن با مایه تلقیح تیوباسیلوس(مخلوط کردن ۵۰۰ گرم مایه تلقیح با ۲۵ کیلوگرم گوگرد پودری) به عنوان آخرین تیمار مورد استفاده قرار گرفت. دوره آبیاری با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه مورد آزمایش بین ۵ تا ۷ روز بود. صفات مورد ارزیابی شامل محتوای آب نسبی برگ به روش Ritchie و **همکاران (1990)** و شاخص ثبات غشاء سلول، به روش Singh و همکاران(2008) بود. داده‌های حاصل از آزمایش وارد نرم‌افزارExcel شد. سپس آنالیز داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SPSS انجام و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱٪ و ۵٪ ارزیابی شد. رسم نمودارها نیز با استفاده نرم‌افزار Excel انجام شد.

جدول ۱: نتایج آزمون خاک بستر

EC (دسی زیمنس)	PH	ماده آلی (درصد)	آهک (درصد)	نیتروژن (Mg. kg)	فسفر (Mg. kg)	پتاسیم (Mg. kg)
۲	۷/٤	۱/۲	۱/٤	۰/۱۱	۵	۲۲۰

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثرات تیمار اسید هیومیک و تیوباسیلوس بر محتوای آب نسبی برگ درخت ماگنولیا دارای اختلاف معنی-داری($P\leq$۰/۵۱) بود(جدول۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بین رطوبت نسبی برگ درخت شاهد با درختان تیمار شده اسید هیومیک و تیوباسیلوس تفاوت وجود داشت. به گونه‌ای که با کاربرد تیمارهای مذکور، رطوبت نسبی برگ درخت افزایش یافت. در حالی که بین درختان تیمار شده به لحاظ رطوبت نسبی برگ ماگنولیا تفاوتی مشاهده نشد(نمودار ۱). همچنین نتایج نشان داد که اثر تیمارهای مورد بررسی بر شاخص ثبات غشاء سلول در سطح احتمال یک درصد دارای اختلاف معنی‌داری بود(جدول۲). براساس نمودار ۲ مشاهده شد که با اعمال تیمارهای اسید هیومیک و تیوباسلوس، شاخص ثبات غشاء سلول کاهش یافت. در حالی که بین تیمارهای اسید هیومیک گیاهی و آلی تفاوت معنی‌داری نشان داد به گونه‌ای که بیشترین کاهش شاخص ثبات غشاء سلول مربوط تیمار اسید هیومیک گیاهی بود. همچنین گزارش شد که کمترین مقدار شاخص ثبات غشاء سلول مربوط به تیمار تیوباسلوس همراه گوگرد به دست آمد(نمودار ٤-۵). در جدول ۳ همبستگی بین صفات ارزیابی شده، ارائه شده است. همانطور که در جدول نمایان است بین شاخص ثبات غشاء سلول با محتوای آب نسبی برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح ۵٪ وجود دارد. بر اساس نتایج این مطالعه با اعمال تیمارهای اسید هیومیک و تیوباسلوس همراه با گوگرد، شاخص ثبات غشاء سلولی کاهش و محتوای آب نسبی برگ درخت افزایش یافت. در حالی که بین درختان تیمار شده به لحاظ محتوای آب نسبی

برگ ماگنولیا تفاوتی مشاهده نشد. همچنین با کاهش شاخص ثبات غشاء سلول ناشی از کاربرد تیمارها، محتوای آب نسبی برگ افزایش یافت. اسید هیومیک به ویژه در آزاد سازی مواد غذایی در خاک مفید است، به طوری که آنها را در دسترس گیاه قرار می‌دهد(Sharif *et al.*, 2002). ظاهراً مواد هیومیکی با وزن مولکولی پایین با قرار گرفتن در شاخص ثبات غشاء سلولی نه تنها جذب یکسری از عناصر را بهبود می‌بخشند بلکه به حفظ و پایداری غشاهای سلولی نیز کمک می‌کنند. این توانایی بخصوص برای کلسیم وجود دارد که با افزایش جذب کلسیم در تیمارهای اسید هیومیک الی و گیاهی موجب استحکام دیواره سلولی می‌گردد. بنابراین اسید هیومیک ممکن است اثر متقابلی با ساختار فسفولیپیدهای غشاءهای سلولی داشته و به عنوان حاملی برای عناصر غذایی عمل نماید(Khaled and Fawy, 2011). در حالی که در اغلب خاک‌های کشور به علت وجود pH بالا و غلظت زیاد یون کلسیم، عناصر غذایی که قابلیت جذب آنها وابسته به pH است(آهن، روی، مس و ...) به صورت ترکیب‌های نامحلول و غیرقابل استفاده برای گیاهان در می‌آیند و از طرفی افزودن این عناصر به خاک از طریق کودهای شیمیایی آلودگی‌های زیست محیطی را به دنبال خواهد داشت(سامانی و کسریان، ۲۰۰٤)، استفاده از گوگرد برای کاهشpH خاک‌های قلیایی و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی وابسته به pH خاک همواره مورد توجه قرار گرفته است. با این وجود مشکل عمده‌ای که بعد از مصرف گوگرد در خاک‌های زراعی مطرح است، اکسیداسیون آن می‌باشد. این عمل، با کمک باکتری‌های تیوباسیلوس که در شرایط هوازی در خاک زندگی می‌کنند، امکانپذیر است. این باکتری‌ها در شرایط مطلوب مخصوصاً مواد آلی بالا و رطوبت مناسب قادر به رشد و تکثیر بوده و در نتیجه باعث افزایش اکسیداسیون بیولوژیکی گوگرد می‌شوند (Besharati *et al.*, 2007). که عوامل ذکر شده دلایل اصلی بهبود شرایط رطوبتی درخت مورد مطالعه و سبب کاش نشت الکترونیکی برگ شده است که با بررسی نتایج جدول همبستگی (٤-۲) صفات کاهش نفوذپذیری نسبی غشاء ناشی از افزایش گوگرد برگ درخت ماگنولیا نیز ثابت کرده کرد ($R= -۰/۵۸^{*}$) که با پژوهش‌های دیلمقانی و همکاران(۱۳۹۰) و تدین و همکاران(۱۳۹۲) منطبق بود.

جدول۲: تجزیه واریانس

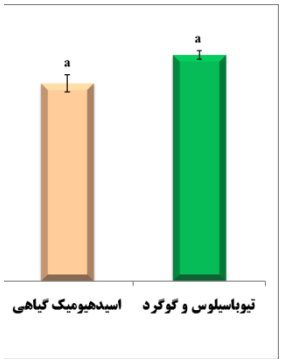
منبع تغییرات	میانگین مربعات		
	درجه آزادی	محتوای آب نسبی برگ	شاخص ثبات غشاء سلول
بلوک	۲	٤/۰۸ ^{ns}	۱۳۰*
تیمار	۳	۳٤/۲۲*	٤۹/۱۹۰**
اشتباه آزمایشی	٦	۷/۸	۱/۷۷
ضریب تغییرات(٪)	---	۱٤/۳	۱۳/۹

**، *، ns به ترتیب، معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیرمعنی‌دار

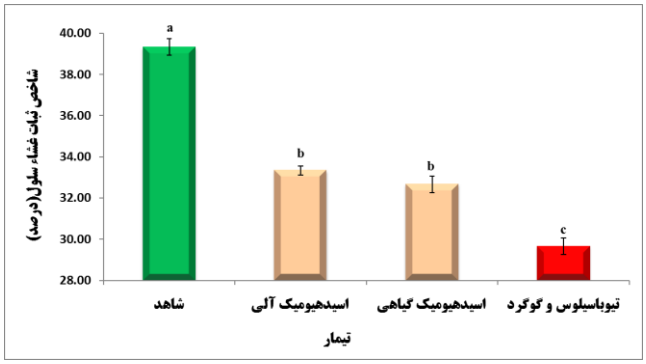
جدول ۳: همبستگی بین صفات مورد ارزیابی

	محتوای آب نسبی برگ	شاخص ثبات غشاء سلول
محتوای آب نسبی برگ	۱	
شاخص ثبات غشاء سلول	+۰/۵٤*	۱

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد



نمودار۱: تأثیر اسیدهیومیک و تیوباسیلوس همراه با گوگرد بر محتوای آب نسبی برگ ماگنولیا



نمودار۲: تأثیر اسید هیومیک و تیوباسیلوس همراه با گوگرد بر شاخص ثبات غشاء سلول ماگنولیا

نتیجه‌گیری کلی

کمبود مواد آلی در خاک‌های زراعی از یک طرف و استفاده از کودهای شیمیایی به مقدار زیاد و به کارگیری بی‌رویه آفت کش‌های شیمیایی باعث کاهش بخش آلی خاک و آلودگی روزافزون آب، هوا و خاک می‌شود. کمبود عناصر کم مصرف کاتیونی مورد استفاده گیاهان در خاک‌های آهکی ناشی از مقدار کم آن‌ها در خاک نمی‌باشد، بلکه حلالیت بسیار کم این عناصر سبب غلظت ناچیز آن‌ها در محلول خاک می شود. در این راستا براساس نتایج این مطالعه می‌توان با استفاده از کاربرد اسید هیومیک و تیوباسیلوس همراه با گوگرد سبب بهبود شرایط خاک و افزایش عملکرد درختان شد. براساس نتایج این مطالعه با اعمال تیمارهای اسید هیومیک و تیوباسلوس همراه با گوگرد، شاخص ثبات غشاء سلول کاهش و رطوبت نسبی برگ درخت افزایش یافت. ظاهراً مواد هیومیکی با وزن مولکولی پایین با قرار گرفتن در غشای سلولی نه تنها جذب یکسری از عناصر را بهبود می‌بخشند بلکه به حفظ و پایداری غشاهای سلولی نیز کمک می‌کنند. این توانایی بخصوص برای کلسیم وجود دارد که با افزایش جذب کلسیم در تیمارهای اسید هیومیک الی و گیاهی موجب استحکام دیواره سلولی می‌گردد. بنابراین اسید هیومیک ممکن است اثر متقابلی با ساختار فسفولیپیدهای غشاءهای سلولی داشته و به عنوان حاملی برای عناصر غذایی عمل نماید. البته باید بـه ایـن نکتـه توجـه گردد که در شرایط تیمار تیوباسیلوس همراه با گوگرد شرط اصلی اثربخشی

گوگرد، سرعت مناسب اکسایش آن به وسیله باکتری مذکور در خاک است به نحوی که طی دوره رویشی گیاه، با خاصیت اسیدزایی و کاهش pH، قابلیت فراهمی عناصر غذایی نیز بهبود یافته و موجب افزایش ویژگی های رشدی درخت ماگنولیا شد.

منابع

۱) بشارتی، ح. خسروی، ه. مستشاری، م. میرزاشاهی، ک. قادری، ج و. ح، ذبیحی. ۱۳۹۵. بررسی اثر تیوباسیلوس، گوگرد و فسفر بر شاخص‌های رشد ذرت(*Zea mays* L.) در برخی مناطق ایران. دوره ٤، شماره ۱، صفحه ۱۰۳-۱۱۳.

۲) تدین، م س. معافپوریان، غ ر و. ن، مفتون‌آزاد. ۱۳۹۲. بررسی اثر ترکیبات آمینواسیدی، اسید و استروئیدی در انگور دیم خلیلی. نشریه علوم باغبانی ۲۸(٤)، ٥۲٤-٥۳٤.

۳) دیالمی، ح و. ع ح، محبی. ۱۳۸۹. اثر کاربرد گوگرد به همراه مایه تلقیح تیوباسیلوس و کود دامی بر میزان عناصر غذایی برگ و شاخص‌های رشد رویشی نهال‌های خرما رقم برحی. نشریه علوم باغبانی، ۲٤(۲).

٤) دیلمقانی، م ر. همتی، س و. ل، ناصری. ۱۳۹۰. اثر کاربرد گوگرد روی pH خاک و جذب فسفر، آهن و روی در درختان سیب. دوفصلنامه دارای رتبه علمی - پژوهشی(کشاورزی). ۲(۱).

٥) ذبیحی،ح ر و. م، نوری حسینی. ۱۳۹٦. ضرورت مصرف گوگرد در خاک‌های آهکی و شور- سدیمی استان خراسان رضوی به منظور افزایش عملکرد گیاهان ۲ دوره ۱، ٥، شماره ۱، صفحه ٤۳-٥۰.

٦) رضوی نسب، ف. آستارایی،ع ر و. ا، تاج آبادی پور. ۱۳۹٦. اثر مواد اصلاحی آلی، شیمیایی و اسید هیومیک بر برخی ویژگی‌های مورفو فیزیولوژیک نهال‌های پسته در شرایط مزرعه. مهندسی زراعی، ٤۰(۱)، ۱۰۷-۱۲٤.

۷) سیاحی، ا و. ب، سوری. ۱۳۹۷. ارزیابی کاربرد توأم گوگرد پودری و *Thioparus Thiobacillus* به منظور اصلاح خاک‌های آهکی غرب ایران تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ٥۰، شماره ۳، مرداد ۱۳۹۸، صفحه ۷٥۳-۷٦۲ .

8) Besharati, H. 2016. Evaluation of sulfur application and Thiobacillus on yield and nutrients uptake of corn and some physical and chemical characteristics of soil. Final Reports of Project No. 9352-93009.

9) Besharaty, H., Atashnama, K. and Hatami, S. 2007. Biosuper as a PHosPHate fertilizer in a calcareous soil with low available PHosPHorus. African Journal of Biotechnology, 6(11): 1325 -1329.

10) Dialami, H., and Mohebbi, A H. 2010. Effect of sulfur application with Thiobacillus inoculation and cow manure on leaf nutrients and growth indices of date seedlings var. Barahi. Horticultural Sciences 24(2): 189-194.

11) Freitas, M S M., Martins, M A. and VieiraI, J C. 2004. Yield and quality of essential oils of Mentha arvensis in response to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 9: 887-894.

12) Fujiu, C., Dao, Y., and Quing Sheng, W. 2000. Physiological effects of humic acid on drought resistance of wheat (in Chinese). Yingyong Shengtai Xuebao 6: 363-367.

13) Khaled, H. and Fawy, H. 2011. Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth and soil properties under conditions of salinity. Soil and Water Research 6 (1): 21–29.

14) Koocheki, A., Jahan, M. and Nassiri Mahallati, M. 2008. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and free-living nitrogen-fixing bacteria on growth characteristic of corn (*Zea mays* L.) under organic and conventional cropping systems. 2nd conference of the international society of organic agriculture research (ISOFAR). Modena. Italia.

15) Nikbakht, A., Mohsen, B., Mesbah, Y P ., Xia, L., Ancheng, M. and E, Nemat. 2008. Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake, and postharvest life of gerbera. Journal of Plant Nutrition. 31: 2155–2167.

16) Pasandidah, M., Nourgholipor, F., and Besharati, H. 2010. Comparing effects of treated rock.

17) Ritchie, S. W., and Nguyen, H. T. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science, 30: 105-111.

18) Sameni, A M. and Kasaraian, A. 2004. Effect of agricultura; sulfur on characteristics of different calcareous soils

from dry region of Iran. I. disintegration rate of agricultural sulfur and its effects on chemical properties of the soils. Soil Science and Plant Analysis, 35(9): 1219 -1234.
19) Sharif, M., R A, Khattak. and M S, Sarir. 2002. Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plants. Plant Analysis. 33: 3567–3580.
20) Singh, A.J., Kumar and Kumar, P. 2008. Effect of plant growth regulators and sucrose on post-harvest physiology, membrane stability and vase life of cut spikes of Gladiolus. Plant Growth Regul. 55: 221-229.
21) Yang, C M., C W. Ming, Y F. Lu, I F. Chang. and C H. Chou. 2004. Humic substances affect the activity of chloroPHylls. Journal of Chemical Ecology. 30: 5. 1057- 1058.