

بررسی تاثیرات خاکستر آتشفشانی کوه دماوند بر شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی لوبیا

رقیه حیدری^۱، رامین عزتی^۱ و محمدعلی زاهد^۲

^۱گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه خوارزمی، تهران؛ ^۲گروه علوم سلولی و مولکولی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه خوارزمی، تهران
مسئول مکاتبات: رقیه حیدری، std_Roghayehheydari71@khu.ac.ir

چکیده. مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر خاکستر آتشفشانی دماوند بر شاخص‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی لوبیا به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان وزن خشک برگ در تیمار ۱۰۰ میلی گرم در لیتر خاکستر آتشفشانی (۰/۰۰۹۹ گرم) مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد بهینه محتوای قند محلول در غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر خاکستر آتشفشانی به میزان ۰/۶۵۰ میلی گرم بر گرم وزن خشک برگ (mg/g D.W.) به دست آمد. بیشترین محتوای پروتئین و بهینه فعالیت آنزیم پراکسیداز به ترتیب با مقدار ۰/۶۸۰ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ (mg/g F.W.) و ۰/۰۸۲ تغییرات واحد جذب در طول موج ۴۷۰ نانو متر بر میلی گرم بر پروتئین (A470/mg/protein) مشاهده شد. بنابراین می‌توان ادعا کرد که خاکستر آتشفشانی ممکن است موجب افزایش رشد گیاه و بیوسنتز ترکیبات آلی مانند آهن و آلومینیوم گردد.

واژه‌های کلیدی. باقلانیان، تیماردهی، ویژگی‌های مورفولوژی، قند محلول، پروتئین کل

The effects of Damavand volcanic ash on some morphological and physiological characteristics of *Phaseolus vulgaris*Roghayeh Heydari¹, Ramin Ezzati¹ & Mohammad Ali Zahed²

¹Department of Plant Sciences, Faculty of Biological Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran; ²Department of Cell and Molecular Sciences

Correspondent author: Roghayeh Heydari, std_Roghayehheydari71@khu.ac.ir

Abstract. The purpose of this study was to investigate the effect of Damavand volcanic ash on the morphological and physiological characteristics of beans as a factorial experiment in a completely randomized design. The results showed that the highest dry leaf weight was observed in 100 mg/L treatment per liter of volcanic ash (0.0099 g). The results also showed that the optimal sugar content of the soluble sugar at 100 mg/L of volcanic ash was 0.650 (mg/g D.W.). The highest protein content and optimal peroxidase activity were observed with 0.68 (mg/g F.W.) and 0.082 (A470/mg/protein), respectively. Therefore, it can be argued that volcanic ash may increase plant growth and biosynthesis of organic compounds such as iron and aluminum.

Keywords. Fabaceae, treatments, growth characteristics, soluble sugar, total protein

مقدمه

ماگما جز فراوان‌ترین مواد آتشفشانی است و اصطلاحی کلی برای توصیف قطعاتی از سنگ‌های آتشفشانی و گدازه‌هایی با اندازه‌های مختلف خارج شده از دهانه آتشفشان‌ها محسوب می‌گردد (Kaya et al., 2002). خاکستر آتشفشانی یکی از مهم‌ترین اجزای تشکیل‌دهنده ماگما با اندازه ذرات کمتر از ۲ میلی‌متر است که قطعات مواد معدنی، لیتیک و خرده‌شیشه را شامل می‌شود. خاک‌های آتشفشانی دارای برخی ویژگی‌های منحصر به فرد شامل رنگ تیره خاک، پایداری بسیار زیاد، چگالی پایین و ظرفیت بالای نگهداری آب هستند (Ping et al., 1989). خاک‌های آتشفشانی جوان دارای مقدار زیادی ماکرو پور یا روزه‌های بزرگ در اندازه‌های بیشتر از ۱۰۰ میکرومتر و نیز مقدار کمتری از میکرو پور در اندازه بیشتر از ۰/۴ میکرومتر و مزوپور در اندازه بین ۰/۴ تا ۶ میکرومتر هستند. زیاد بودن منافذ ماکرو پور به ظرفیت بالای نگهداری آب در خاک‌های آتشفشانی کمک می‌کند (Nanzyo, 2007). از آنجایی که خاک‌های آتشفشانی دارای مواد آلی یا آلفان با ساختارهای توخالی، کروی و با اندازه ۰/۳ تا ۰/۵ میکرون هستند، قادرند به عبور آب از بین منافذ خود کمک کنند. به همین جهت پیشنهاد شده است علاوه بر تیماردهی گیاهان با خاکستر آتشفشانی (به صورت اسپری برگ) می‌توان به عنوان بستری برای رشد گیاهان نیز به شمار آیند (Parfit & Wilson, 2008). خاک‌های آتشفشانی چندین خاصیت مهم دارند که آن‌ها را جهت استفاده به عنوان کود مغذی برای گیاهان مناسب ساخته است: (۱) از نظر مورفولوژیکی این خاک مخلوطی مرکب از ترکیبات شامل بازالت و اندزیت است، (۲) به دلیل دارا بودن عناصر مغذی می‌تواند در جهت تأمین رشد ریشه نقش به سزایی ایفا کند، (۳) این خاک از نظر ترکیبات آپاتیت یا کلسیم فسفات نسبتاً غنی است و (۴) خاک‌های آتشفشانی قابلیت دسترسی گیاهان به آب را افزایش می‌دهند.

با توجه به موارد ذکر شده در صورتی که این خاک‌ها به عنوان بستری برای گیاهان مورد استفاده قرار گیرند می‌توانند محیطی مناسب را برای ریشه‌ها حتی در عمق‌های زیاد نیز فراهم کنند. همچنین مقدار زیادی از آب و مواد مغذی را در اختیار گیاهان قرار دهند (Otsuka et al., 1988).

در دهه گذشته مصرف کودهای شیمیایی، اثرات و پیامدهای زیست‌محیطی نامطلوبی نظیر آلودگی خاک و همچنین مشکلاتی را برای سلامت انسان‌ها به همراه داشته است. در حال حاضر مصرف کودهای شیمیایی در ایران بالاتر از مصرف جهانی (۱۰۱ کیلوگرم در هکتار) و معادل میانگین مصرف در کشورهای توسعه‌یافته است (۱۱۰ کیلوگرم در هکتار)، اما عمدتاً به دلیل عدم آگاهی کشاورزان، فقدان شناخت کافی نیاز کودی گیاهان زراعی و نیز عدم رعایت

تعادل بین عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف، تولید در واحد سطح بسیار کمتر از کشورهای توسعه‌یافته است (Savci, 2012). هرچند استفاده از کودهای معدنی سریع‌ترین راه برای تأمین حاصلخیزی خاک محسوب می‌شوند لیکن می‌توان هزینه‌های زیاد مصرف کود و آلودگی‌های محیط‌زیست را از معایب آن برشمرد. بنابراین به نظر می‌رسد که استفاده از منابع طبیعی نه تنها مشکلات آلودگی زیست‌محیطی را به دنبال ندارد، بلکه از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه است (Laegreid et al., 1999). افزایش روزافزون تولیدات و مشکلات به وجود آمده ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی ضرورت استفاده از روش‌های پیشرفته‌تری از جمله محلول‌پاشی را بیشتر نمایان می‌سازد. تغذیه برگ یکی از روش‌های مطلوب در کشاورزی است که علاوه بر بهبود عملکرد گیاهان، تا حد زیادی کاهش مصرف کودهای شیمیایی و خطرات زیست‌محیطی ناشی از آن‌ها را به دنبال دارد، از سویی دسترسی آسان گیاهان به عناصر غذایی را تسهیل نموده و از تجمع بیش از حد عناصر در خاک‌ها جلوگیری می‌کند (Sultana et al., 2018).

مطالعات گسترده‌ای در ارتباط با جذب عناصر غذایی از طریق محلول پاشی انجام شده است و نشان داده شده است که گیاهان دارای پتانسیل بالقوه‌ای در جهت جذب عناصر غذایی از طریق برگ‌ها و اندام‌های هوایی هستند (Bukovac & Wittwer, 1957)، به‌طوری‌که با این روش جذب عناصر غذایی در حدود ۹۵ درصد بوده در صورتی که جذب از طریق ریشه وابسته به شرایط شیمیایی و فیزیکی خاک متغیر و حدود ۱۰ درصد گزارش شده است (Cifuentes et al., 2010).

خاک‌های آتشفشانی دارای کاتیون‌های مختلفی از جمله سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و همچنین دارای آنیون‌های متنوعی شامل کلر، سولفات و فلورید هستند که نقش به‌سزایی در حاصلخیزی خاک‌های کشاورزی دارند (Chakraborty et al., 2015). خاکستر آتشفشانی می‌تواند به عنوان کود طبیعی برای گیاهان مورد استفاده قرار گیرد (Nakagawa & Ohba, 2003).

لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) یکی از مهم‌ترین منابع تأمین‌کننده پروتئین به‌شمار می‌رود و قسمت عمده‌ای از زنجیره غذایی مردم جهان به‌خصوص آسیا و آمریکای جنوبی را شامل می‌شود (Celmeli et al., 2018). دانه لوبیا طیف وسیعی از ترکیبات مانند مواد معدنی، ویتامین‌ها، پروتئین‌ها و دیگر ترکیبات شیمیایی را دارا است. طی ۱۵ سال گذشته، پیشرفت‌های فراوانی در زمینه شناسایی خصوصیات کمی و مطالعه ژنتیک پروتئین‌های عمده ذخیره‌ای لوبیای زراعی و خویشاوندان وحشی آن صورت گرفته است. گیاه لوبیا به دلایل مختلفی از جمله توانایی رشد در سیستم‌های مختلف کشت و توانایی تثبیت ازت، امکان کاربرد در

کشاورزی پایدار، کم بودن میزان مواد غیرمغذی، فقدان کلسترول در آن و دارا بودن مقادیر قابل توجهی از برخی مواد معدنی، اسیدهای چرب، هیدرات‌های کربن، اسیدآمینه‌های ضروری و میزان کالری زیاد نسبت به سایر باقلائیان در زنجیره غذایی نقش به‌سزایی دارد (Augustin et al., 1981).

اطلاعات دقیقی در زمینه مطالعه تأثیرات خاکستر آتشفشانی بر خصوصیات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی گیاهان به‌خصوص در شرایط آزمایشگاهی محدود بوده و بیشتر مطالعات به تأثیرات مخرب خاکستر آتشفشانی بر محیط‌زیست را مدنظر داشته‌اند. بدین منظور بررسی تأثیرات خاکستر آتشفشانی بر فاکتورهای رشدی و فیزیولوژیکی گیاه لوبیا در شرایط آزمایشگاهی یکی از مهم‌ترین اهداف این مقاله بوده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر خاکستر آتشفشانی دماوند بر شاخص‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی گیاه لوبیا آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۹ تیمار و ۳ تکرار انجام شد. در ابتدا نمونه بذره‌های سالم گیاه لوبیا از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر و نهال تهیه گردید. تعدادی از بذره‌های سالم برای کاشت انتخاب شدند که به‌منظور ضدعفونی سطحی از محلول هیپوکلریت سدیم ۲ درصد استفاده شد. جهت کشت نمونه بذره‌های استریل شده از گلدان‌های حاوی پرلیت با قطر ۱۴ سانتی‌متر استفاده گردید. نحوه جمع‌آوری خاکستر آتشفشانی به‌صورت روش مرکب (Carter & Gregorich, 1998) تا عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک و حتی‌الامکان نمونه‌برداری از مناطق دست‌نخورده صورت گرفت. همچنین تیمارهای مختلف مطابق با جدول ۲ بر اساس دارا بودن غلظت‌های مختلف از عناصر موجود مورد استفاده قرار گرفت. در ادامه نمونه‌های شاهد توسط محلول هوگلند مورد تیماردهی قرار گرفتند. تیمارها به‌صورت تغذیه برگی (اسپری به اندام‌های هوایی از جمله برگ) طی یک دوره ۲۸ روزه انجام شد. سنجش‌های موردبررسی در این مطالعه شامل اندازه‌گیری pH خاکستر آتشفشانی و خاک دماوند، اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (EC) خاک، آنالیز شیمیایی خاک دماوند و خاکستر آتشفشانی به روش XRF سنجش‌های مورفولوژیکی (وزن خشک برگ سوم)، سنجش‌های فیزیولوژیکی (میزان قند محلول، محتوی پروتئین کل و فعالیت آنزیم پراکسیداز) بود. نتایج حاصل توسط برنامه آماری SPSS تجزیه و تحلیل و میانگین‌ها با آزمون دانکن با سطح اطمینان ≥ 0.05 مقایسه شدند.

اندازه‌گیری هدایت الکتریکی و pH خاک

هدایت الکتریکی خاک‌های دماوند و خاکستر آتشفشانی با استفاده از دستگاه هدایت سنج الکتریکی و توسط روش ارائه‌شده

(Bohn et al., 1979) انجام شد ضرورت اندازه‌گیری pH خاک به این دلیل است که نقش تعیین‌کننده‌ای در ارتباط باقابلیت جذب عناصر خاک توسط گیاه را دارد (Al-Busaidi et al., 2005). اسیدیته خاک‌های مورد مطالعه با استفاده از دستگاه pH متر به روش الکتریکی تعیین شد.

آماده‌سازی محلول هوگلند

جهت تهیه محلول غذایی هوگلند از روش ارائه‌شده توسط هوگلند و آرنون (Hogland & Arnon, 1950) استفاده شد.

سنجش میزان قند محلول و پروتئین کل

برای اندازه‌گیری این شاخص از روش فنل سولفوریک استفاده شد. این روش مبتنی بر آب‌گیری کربوهیدرات محلول است و با تشکیل ترکیب فورفورال که با فنل تولید کمپلکس رنگی می‌دهد، مورد ارزیابی قرار گرفت. برای ارزیابی کربوهیدرات محلول، ابتدا با استفاده از نیتروژن مایع نمونه‌های برگی آسیاب شد. در ادامه با استفاده از ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۰۱ گرم) ۳۰ میلی‌گرم پودر برگ توزین و به آن ۱ میلی‌لیتر محلول اتانول ۸۰ درصد اضافه گردید. مخلوط حاصل بعد از ورتکس و هموژنیزه شدن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. جداسازی عصاره رویی توسط دستگاه سانتریفوژ با سرعت ۷۰۰۰ دور در دقیقه در مدت‌زمان ۱۰ دقیقه انجام پذیرفت. برای استخراج بهتر کربوهیدرات مجدداً طی دو مرحله دیگر به نمونه‌های برگ موجود در انتهای تیوب، ۱ میلی‌لیتر محلول اتانول ۸۰ درصد اضافه و بعد از ورتکس، اقدام به سانتریفوژ و جداسازی محلول رویی گردید. این محلول حاصل از سه مرحله استخراج باهم مخلوط و برای بررسی کربوهیدرات محلول به کار گرفته شد. در ادامه ۱ میلی‌لیتر عصاره استخراجی (حاوی کربوهیدرات) به‌اضافه ۱ میلی‌لیتر محلول فنل ۵ درصد و ۴ میلی‌لیتر محلول اسیدسولفوریک غلیظ ۹۸ درصد مخلوط و برای انجام فرایند شیمیایی و ظهور رنگ به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق قرار داده شد. با محلول ۸۰ درصد اتانول (به‌عنوان بلانک) جذب دستگاه اسپکتروفتومتر (نانو دراپ) در طول موج ۴۹۰ نانومتر صفر و سپس با بررسی میزان تغییر رنگ محلول واکنش، مقدار کربوهیدرات نمونه‌های تحت تیمار و شاهد مورد ارزیابی قرار گرفت (Kennedy et al., 1998). برای اندازه‌گیری پروتئین کل از روش بردفورد (Bradford, 1976) استفاده شد. مبنای این روش بر اساس پیوند کووالانسی برلیانت بلو G-250 با پروتئین و تغییر جذب از ۶۴۵ به ۵۹۵ نانومتر است. نمونه برگی پودر شده در نیتروژن مایع به مقدار ۱۰۰ میلی‌گرم با ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۰۱ گرم) توزین و به تیوب ۲ میلی‌لیتر منتقل شد سپس ۲ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم با غلظت ۵۰ mM با pH برابر ۶/۸ به آن اضافه شد. جداسازی عصاره رویی توسط

اتم را آزاد می‌کند و فضاهای خالی در پوسته الکترونی اتم‌ها ایجاد می‌شود که این فضاهای خالی معمولاً با الکترون‌هایی با سطح انرژی بالاتر پر می‌شوند. در اثر گذار الکترون از سطح انرژی بالاتر به سطح انرژی پایین‌تر، اشعه ایکس ثانویه (فلورسانس) تولید می‌گردد که مشخصه عنصرهای موجود در نمونه است و به این ترتیب شناسایی عناصر مختلف صورت می‌گیرد. به‌طور کلی جهت بررسی ترکیب شیمیایی خاک مورد مطالعه و تعیین مقادیر عناصر اصلی موجود در آن تعداد سه آنالیز XRF توسط دستگاه XRF زیمنس مدل 303-SRF بر روی نمونه‌ها با استفاده از روش "Smykatz, 1974" انجام شد. نتایج حاصل از این سنجش در جدول ۱ آمده است.

نتایج

هدایت الکتریکی و pH خاک

هدایت الکتریکی (EC) نشان‌دهنده شوری خاک است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، خاکستر آتشفشانی با مقدار EC ۲/۵۱ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر ($\mu\text{Siemens/cm}$) نسبت به خاک منطقه دماوند با مقدار EC ۱/۳۶ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر شورتر است. نتایج حاصل از اندازه‌گیری pH خاک‌های موردنظر نشان‌دهنده این است که خاک دماوند با pH ۵/۲۹ نسبت به خاکستر آتشفشانی منطقه دماوند با pH ۷/۱۵ اسیدی‌تر است.

آنالیز ترکیبات غذایی هوگلند

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل محلول غذایی هوگلند نشان می‌دهد که بیشترین مقدار از عناصر موجود در هوگلند مربوط به پتاسیم با مقدار ۳۲۲ میلی مولار بود در حالی که کمترین آن را عنصر مس با مقدار ۰/۰۳ میلی مولار به خود اختصاص داد.

تجزیه و تحلیل شیمیایی خاک دماوند و خاکستر آتشفشانی به روش XRF

نتایج آنالیز خاک دماوند و خاکستر آتشفشانی حاکی از آن است که در بیشتر عناصر تفاوت چشمگیری مشاهده نمی‌شود. این در حالی است که از بین عناصر در هر دو خاک دماوند و خاکستر آتشفشانی تفاوت قابل توجهی بین عنصر آهن مشاهده می‌شود. از آنجایی که در این مطالعه تیمارهای مختلف مورد بررسی قرار گرفت، بدین منظور غلظت‌های مختلف هر یک از عناصر در خاک دماوند و خاکستر آتشفشانی (جدول ۲) در تیمارهای مختلف بررسی شد.

وزن خشک برگ سوم گیاه لوبیا تحت تیمارهای خاک دماوند و خاکستر آتشفشانی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که به‌کارگیری غلظت‌های مختلف خاکستر آتشفشانی نسبت به تیمارهای خاک

دستگاه سانتیفریوژ با سرعت ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس انجام گردید.

روش تهیه معرف برادفورد: ۲۵ میلی گرم کوماسی برلیانت بلو در ۱۲/۵ میلی لیتر اتانول ۹۶ درصد حل شد. سپس ۲۵ میلی لیتر اسید اورتوفسفریک ۸۵ درصد به آن اضافه و در نهایت حجم کل با آب مقطر به ۲۵۰ میلی لیتر رسانده شد و معرف در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شد. معرف برادفورد را پس از تهیه باید به خوبی مخلوط و با کاغذ صافی صاف کرد، سپس در فویل پیچید و در جای تاریک در یخچال نگهداری نمود. پس از جداسازی محلول رویی، در تیوب نمونه ۷۵۰ میکرو لیتر معرف برادفورد به اضافه ۲۰۰ میکرو لیتر آب مقطر به اضافه ۵۰ میکرو لیتر عصاره پروتئینی نمونه گیاهی مخلوط گردید. با محلول ۷۵۰ میکرو لیتر معرف برادفورد به اضافه ۲۰۰ میکرو لیتر آب مقطر به اضافه ۵۰ میکرو لیتر بافر فسفات (به عنوان بلانک) جذب دستگاه اسپکتروفتومتر (نانو دراپ) در طول موج ۵۹۵ نانومتر صفر و سپس با بررسی میزان تغییر رنگ محلول واکنش، مقدار پروتئین نمونه‌های تحت تیمار و شاهد مورد ارزیابی قرار گرفت (Bradford, 1976).

سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز

برای استخراج POD در دمای ۴ درجه سلسیوس از بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی مولار با pH برابر با ۷ شامل ۰/۵ میلی مولار EDTA استفاده شد. سه میلی لیتر مخلوط واکنش شامل ۲۷۵۰ میکرو لیتر بافر فسفات ۲۵ میلی مولار با pH برابر با ۶/۸، ۱۰۰ میکرو لیتر گایاکول ۲۵ میلی مولار، ۱۰۰ میکرو لیتر آب اکسیژنه ۴۰ میلی مولار، عصاره آنزیمی ۵۰ میکرو لیتر، تهیه می‌شود و سپس فعالیت آنزیم پرکسیداز محلول، در طول موج ۴۷۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری می‌شود. محلول بلانک حاوی ۲۸۰۰ میکرو لیتر بافر فسفات ۲۵ میلی مولار با pH برابر با ۶/۸، ۱۰۰ میکرو لیتر گایاکول ۲۰ میلی مولار و ۱۰۰ میکرو لیتر آب مقطر است. تغییرات جذب نور در طول موج ۴۷۰ نانومتر به مدت ۳ دقیقه پس از اضافه کردن آب اکسیژنه اندازه‌گیری شد و برای محاسبه فعالیت آنزیم به کار گرفته شد. فعالیت آنزیم برحسب تغییرات واحد جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر در دقیقه به ازای هر میلی گرم وزن تازه بر پروتئین محاسبه گردید (Chance & Maehly, 1955).

تجزیه و تحلیل شیمیایی خاکستر آتشفشانی و خاک دماوند

روش XRF یکی از متداول‌ترین روش‌های تجزیه‌ای است که برای تعیین عناصر اصلی و فرعی در نمونه‌های سنگی از آن استفاده می‌شود در XRF، اشعه ایکس اولیه در لوله تنگستن-مولیبدن یا کروم تولید می‌شود. اشعه ایکس خروجی از لوله در اثر برخورد با نمونه و بمباران آن، الکترون‌های مدارهای داخلی

پروتئین کل برگ لوبیا نشان می‌دهد که اختلاف معنی داری در سطح احتمال ≥ 0.05 بین تیمارهای خاکستر آتشفشانی و تیمارهای خاک دماوند و شاهد وجود دارد. بر اساس شکل ۲ مقدار بهینه پروتئین در تیمار ۱۰۰ میلی گرم در لیتر خاکستر آتشفشانی و کمترین میزان آن در نمونه شاهد مشاهده می‌شود.

سنجش آنزیم پراکسیداز

نتایج حاصل از واریانس داده‌های سنجش آنزیم پراکسیداز برگ گیاه لوبیا نشان می‌دهد که به کارگیری غلظت‌های مختلف خاکستر آتشفشانی نسبت به خاک دماوند و شاهد دارای اثرات معنی داری در سطح احتمال ≥ 0.05 است. با توجه به شکل ۳ بیشترین مقدار آنزیم مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی گرم در لیتر خاکستر آتشفشانی مشاهده شد، در حالی که کمترین میزان آنزیم در نمونه شاهد به دست آمد.

دماوند و شاهد اثرات معنی داری بر وزن خشک برگ لوبیا در سطح احتمال ≥ 0.05 داشته است. بر اساس نتایج به دست آمده بیشترین وزن خشک مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی گرم در لیتر خاکستر آتشفشانی و کمترین آن مربوط به نمونه شاهد بود (شکل ۱).

سنجش میزان قند محلول و پروتئین کل

به طور کلی نتایج داده‌های حاصل از آزمایش نشان می‌دهد که به کارگیری غلظت‌های مختلف خاکستر آتشفشانی به صورت اسپری برگی نسبت به تیمارهای خاک دماوند و شاهد اثرات معنی داری بر میزان قند محلول برگ لوبیا در سطح احتمال ≥ 0.05 دارد. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که بین تیمار ۱۰۰ میلی گرم در لیتر خاکستر آتشفشانی با نمونه شاهد تفاوت معنی داری وجود دارد. نتایج نشان داد در تیمار ۱۰۰ میلی گرم در لیتر خاکستر آتشفشانی بیشترین میزان قند محلول و همچنین کمترین میزان قند محلول در نمونه شاهد مشاهده شد (شکل ۲). همچنین سنجش میزان

جدول ۱- آنالیز ترکیبات معدنی خاکستر آتشفشانی و خاک دماوند به روش XRF.

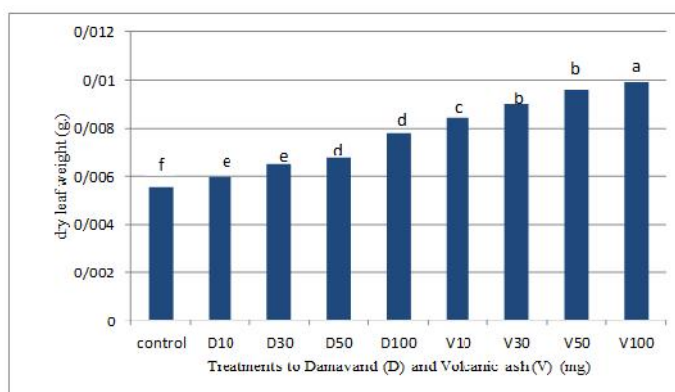
Table 1. The analysis of minerals components of volcanic ash and Damavand soil by XRF method.

Elements	Volcanic ash (%)	Damavand soil (%)
SiO ₂	34.5	21.86
Al ₂ O ₃	7.87	4.57
BaO	0.23	0.05
CaO	18.52	19.93
Fe ₂ O ₃	29.35	3.76
K ₂ O	0.75	1.41
MgO	3	3.67
MnO	0.09	0.15
Na ₂ O	1.58	1.68
P ₂ O ₅	0.1	0.19
SO ₃	0.63	1.48
Ti ₂ O	0.33	0.52
Cr ₂ O ₃	0.05	0.04
LoI	18.86	24.68
Sr	0.08	0.1

جدول ۲- بررسی میزان غلظت هریک از عناصر در تیمارهای خاکستر آتشفشانی و خاک دماوند.

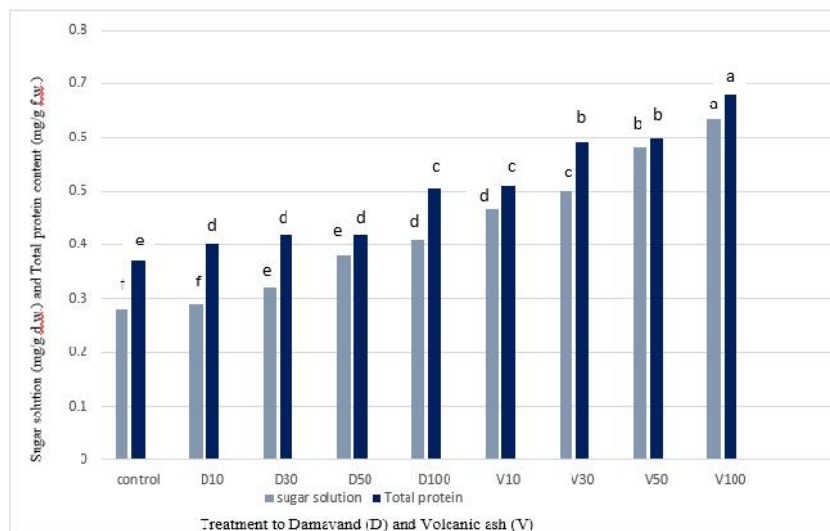
Table 2. The concentration of elements in volcanic ash and Damavand soil.

Elements	Treatments (mg L ⁻¹)							
	V10	V30	V50	V100	D10	D30	D50	D100
SiO ₂	3.4	10.3	17.2	34.5	2.1	6.5	10.9	21.8
Al ₂ O ₃	0.7	2.3	3.9	7.8	0.4	1.3	2.2	4.5
BaO	0.02	0.06	0.1	0.2	0.05	0.01	0.02	0.05
CaO	1.8	5.5	9.2	18.5	19	5.9	9.9	19.9
Fe ₂ O ₃	2.9	8.8	14.6	29.3	3	1.1	1.8	3.7
K ₂ O	0.07	0.22	0.37	0.75	0.14	0.42	0.70	1.41
MgO	0.3	0.9	1.5	3	3	1.1	1.8	3.6
MnO	0.009	0.027	0.045	0.09	0.015	0.045	0.075	0.15
Na ₂ O	0.15	0.47	0.79	0.15	0.16	0.50	0.84	1.68
P ₂ O ₅	0.01	0.03	0.05	0.1	0.019	0.057	0.095	0.19
SO ₃	0.063	0.18	0.31	0.63	0.14	0.44	0.84	1.68
Ti ₂ O	0.033	0.099	0.165	0.33	0.052	0.156	0.26	0.52
Cr ₂ O ₃	0.005	0.015	0.025	0.05	0.004	0.012	0.02	0.04
LoI	1.88	5.65	9.43	18.86	2.46	7.40	12.34	24.68
Sr	0.008	0.024	0.04	0.08	0.01	0.03	0.05	0.1



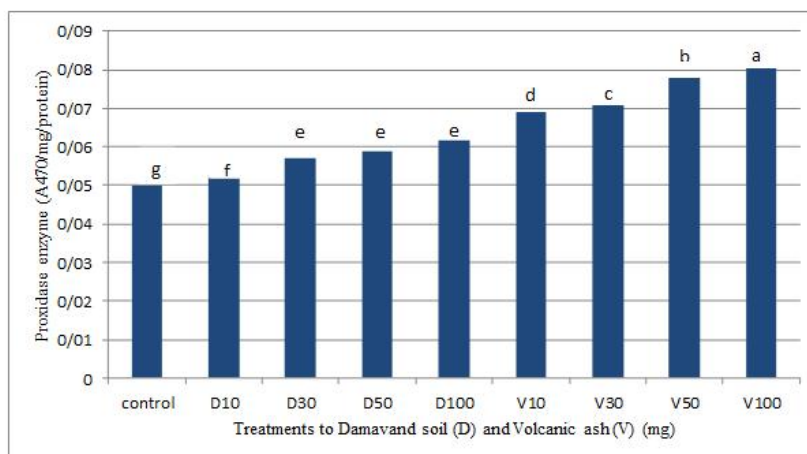
شکل ۱- تغییرات وزن خشک برگ گیاه لوبیا در حضور تیمار اسپری برگ با خاکستر آتشفشانی و خاک دماوند.

Fig. 1. Changes in dry weight of bean leaves in the presence of leaf spray treatment with volcanic ash and damavand soil.



شکل ۲- تغییرات قندمحلول و پروتئین کل برگ گیاه لوبیا در حضور تیمار اسپری برگ با خاکستر آتشفشانی و خاک دماوند.

Fig. 2. Changes in sugar solution and total protein of bean leaves in the presence of leaf spray treatment with volcanic ash and damavand soil.



شکل ۳- تغییرات آنزیم پراکسیداز برگ گیاه لوبیا در حضور تیمار اسپری برگ با خاکستر آتشفشانی و خاک دماوند.

Fig. 3. Changes of peroxidase enzymes in the presence of leaf spray treatment with volcanic ash and damavand soil.

بحث

قندهای محلول موجود در گیاهان شده که این امر مکانیسمی برای تحریک رشد گیاه می‌شود (Maksimovich et al., 2010).

محققان بر این باورند که دیواره سلولی محل اصلی تجمع تعدادی از ایزو آنزیم‌های پراکسیداز است، همچنین مطالعات نشان می‌دهد که ساخت و تراوش پراکسیدازهای آپوپلاستی که از قبل وجود داشتند، می‌توانند از طریق تغییر شرایط محیطی تنظیم شوند (Dat et al., 2000). پراکسیداز به دنبال فعال شدن با پراکسید هیدروژن منجر به اکسیداسیون بسیاری از مواد آروماتیک شامل دی فنل ها، فنل ها و دیگر ترکیبات هتروآروماتیک می‌شود (Klibanov et al., 1983).

براساس آنالیز ترکیبات معدنی موجود در خاکستر آتشفشانی و خاک دماوند مشخص گردید که میزان آهن به مقدار قابل توجهی در هر دو نمونه خاک مورد استفاده دارای اختلاف معنی‌داری است. از آنجایی که آهن یکی از عناصر ضروری و کم‌مصرف گیاه به‌شمار می‌آید کمبود آن سبب تولید ROSها می‌شود و در عملکرد آنزیم‌های موجود در گیاهان تأثیر منفی می‌گذارد. براساس آنالیزهای انجام گرفته خاکستر آتشفشانی دارای مقدار آلومینیوم بیشتری نسبت به خاک دماوند است (جدول ۱). به همین ترتیب کاهش حلالیت آلومینیوم در خاک دماوند سبب کاهش pH خاک و شستشوی یون‌های فلزی قلیایی می‌شود، همچنین افزایش میزان قند محلول وابستگی مستقیمی به موارد ذکر شده باید اشاره کرد که طی مطالعات انجام گرفته سیلیس به‌عنوان یکی از فراوان‌ترین ترکیبات موجود در خاکستر آتشفشانی است که میزان آن نسبت به خاک دماوند بیشتر است. نتایج نشان داد کاهش میزان سیلیس سبب افزایش میزان وزن خشک در گیاهان تحت تیمار خاک دماوند گردید که این نتایج با مطالعات قبلی (Kaya et al., 2002) مطابقت داشت.

نتایج حاصل از جدول ۲ نشان می‌دهد که عناصر موجود در هر دو خاک مورد مطالعه دارای شباهت زیادی است، اما میزان آهن موجود در خاکستر آتشفشانی نسبت به خاک دماوند دارای افزایش قابل توجهی است. از سویی عنصر سیلیس در خاک دماوند و خاکستر آتشفشانی مشاهده شد در صورتی محلول هگلدن عنصر سیلیس مشاهده نشد و می‌توان عنوان کرد که این اختلاف می‌تواند در بسیاری از فاکتورهای رشدی گیاه تأثیرگذار باشد (Rout & Sahoo, 2015). به‌طور کلی در برخی از مطالعات ممکن است گزارش‌هایی مبنی بر مضرات خاکستر آتشفشانی در دست باشد ولی با توجه به مطالعه انجام شده در این پژوهش می‌توان ادعا کرد که خاکستر آتشفشانی در غلظت‌های مطلوبی

پژوهشگران بیان داشتند که انفجارهای آتشفشانی موجب افزایش رشد طولی *Nothofagus pumilio* در نزدیکی آتشفشان شده است، بدین معنی که پس از انفجار در فصل رشد، به‌طور متوسط رشد طولی درختان، دو تا سه برابر بیشتر از حالت عادی مشاهده شد در حالی که تغییرات در رشد شعاعی بعد از فوران نسبتاً کمتر بود (Magnin et al., 2016). خاک‌های نشات گرفته از مواد آتشفشانی دارای قابلیت حاصلخیزی بالایی هستند که این حاصلخیزی ناشی از وجود عناصر پرمصرف، کم‌مصرف و موادمعدنی موجود در آنها است که منجر به تأیید اثرات مثبت خاکستر آتشفشانی بر رشد گیاهان شده است که با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش مطابقت دارد (Martin et al., 2009).

طی چند سال اخیر مطالعات متعددی در ارتباط با تأثیر غلظت‌های مختلف هیدروژن بر میزان جذب عناصر غذایی خاک توسط گیاهان انجام شده است، به‌طوری که هیدروژن رقابت تنگاتنگی با عناصر تغذیه‌ای دارد و با قرار گیری بر روی بارهای منفی سطح ذرات خاک مانع از انتقال عناصر مغذی به گیاه و حلالیت آنها می‌شود. علاوه بر pH خاک، شار و اندازه مولکول‌های مواد مغذی سبب محدودیت دسترسی گیاهان به عناصر تغذیه‌ای می‌گردد (Martin et al., 2009; Blain et al., 2007). به‌طوری کلی یون‌هایی مانند آهن و منگنز به دلیل داشتن ۲ تا ۳ شار مثبت و اندازه مولکولی کم به‌شدت به ذرات خاک متصل می‌شوند و در pHهای بالاتر از ۷، کمتر در دسترس گیاه قرار می‌گیرند. این در حالی است که گوگرد و کاتیون‌های پایه‌ای (منیزیم، کلسیم، پتاسیم و سدیم) دارای اندازه مولکولی زیاد بوده و کمتر به سطح خاک متصل شده و در pHهای ۵ تا ۶/۸ به‌طور آسان‌تری توسط گیاهان استفاده می‌شوند (McCauley et al., 2017).

با توجه به جدول آنالیز عناصر موجود در خاک‌ها (جدول ۲) و همچنین pH قلیایی خاکستر آتشفشانی نسبت به خاک دماوند و نمودارهای رشدی گیاه لوبیا می‌توان این‌گونه استنباط کرد که عناصر مغذی موجود در خاکستر آتشفشانی نسبت به عناصر موجود در خاک دماوند به سهولت بین خاک و گیاهان تبادل پیدا می‌کنند. بررسی‌های انجام شده بر روی میزان قندهای محلول برگ نشان می‌دهد که با افزایش غلظت خاکستر آتشفشانی محتوی قند محلول نیز افزایش می‌یابد، بدین معنی که در غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر خاکستر آتشفشانی میزان قند محلول ۰/۶۵ میلی گرم بر گرم وزن خشک برگ به‌دست آمد. مطالعات نشان داده است که خاکستر آتشفشانی باعث مصرف متابولیکی

REFERENCES

- Al-Busaidi, A., Cookson, P. & Yamamoto, T. 2005. Methods of soil pH determination in calcareous soils: use of electrolyte and suspension effect. Australian Journal of Soil Research 43: 541- 545.
- Augustin, J., Beck, C.B., Kalbfleish, G., Kagel, L.C. & Matthews, R.H. 1981. Variation in the vitamin and mineral content of raw and cooked commercial *Phaseolus vulgaris* classes. Journal of Food Science 46: 1701-1706.
- Blain, S., Qu'equiner, B., Armand, L., Belviso, S., Bombled, B., Bopp, L., Bowie, A., Brunet, C., Brussaard, C., Carlotti, F., Christaki, U., Corbi'ere, A., Durand, I., Ebersbach, F., Fuda, J.-L., Garcia, N., Gerringa, L., Griffiths, B., Guigue, C., Guillerme, C., Jaquet, S., Jeandel, C., Laan, P., Lef'evre, D., Monaco, C. L., Malits, A., Mosseri, J., Obernosterer, I., Park, Y.-H., Picheral, M., Pondaven, P., Remenyi, T., Sandroni, V., Sarthou, G., Savoye, N., Scouarnec, L., Souhaut, M., Thuiller, D., Timmermans, K., Trull, T., Uitz, J., van Beel, P., Veldhuis, M., Vincent, D., Viollier, E., Vong, L. & Wagener, T. 2007. Effect of natural iron fertilization on carbon sequestration on the Southern Ocean. Nature 446: 1070-1074.
- Bohn, H.L., McNeal, B.L. & Connor, G.A. 1979. Soil chemistry. John Wiley & Sons, New York.
- Bukvac, M. & Wittwer, S. 1957. Absorption and mobility of foliar applied nutrients. Plant Physiology 32: 428- 35.
- Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry 72: 248-254.
- Carter, M.R., Angers, D.A. & Kunelius, H.T. 1998. Soil structural and stability, and organic matter under cool season perennial grasses. Soil Science Society of America Journal 58: 1194-1199.
- Celmeli, T., Sari, H., Canci, H., Sari, D., Adak, A., Eker, T. & Toker, C. 2018. The nutritional content of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces in comparison to modern varieties. Agronomy Journal 8: 166.
- Chakraborty, K. & Mistri, B. 2015. Soil fertility and its impact on agricultural productivity: a study in sapar mouza, burdwan-I C.D. Block, West Bengal. International Journal of Humanities & Social Science Studies 2: 196-206.
- Cifuentes, Z., Custardoy, L., Fuente, J., Marquina, C., Lbarra, M., Rubiales, D. & Peres-de-Luque, A. 2010. Absorption and translocation to the aerial part of magnetic carbon-coated nanoparticles through the root of different crop plants. Journal of Nanobiotechnology 8: 26.
- Dat, J., Vandenabeele, S., Vranová, E., Van Montagu, M., Inzé, D. & Van Breusegem, F. 2000. Dual action of active oxygen species during plant stress responses. Cellular and Molecular Life Science 57: 779-795.
- Hoagland, D.R. & Arnon, D. 1950. The water culture method for growing plants without soil. COA, California, 500 pp.
- Kaya, C., Kirnak, H. & Saltali, K. 2002. Supplementary calcium enhances plant growth and
- به‌عنوان کود مغذی برای گیاهان به‌شمار می‌آید. همچنین در ادامه تست‌ها و آنالیزهای انجام‌شده در این مطالعه، به فاکتورهای زایشی گیاهان مختلف تحت تأثیر خاکستر آتشفشانی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی دیگر مانند گلوکاتانیون و آسکوربات و موارد دیگر نیز می‌توان پرداخت.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه خوارزمی برای فراهم کردن تجهیزات و شرایط مناسب برای انجام مراحل تحقیق قدردانی می‌شود.

- (NaCl) salinity. *Scientia Horticulturae* 93: 65-74.
- Kennedy, M.J., Chadwick, O.A., Vitousek, P.M., Derry, L.A. & Hendricks, D.M.** 1998. Replacement of weathering with atmospheric sources of base cations during ecosystem development, Hawaiian Island. *Geology* 26: 1015-8.
- Klibanov, A.M., Tu, T.M. & Scott, K.P.** 1983. Peroxidase catalyzed removal of phenols from coalconversion wastewaters. *Science* 221: 259.
- Kuznetsov, V.V. & Shevyakova, N.I.** 1977. Stress responses of tobacco cells to high temperature and salinity. proline accumulation and phosphohydration of polypeptids. *Physiologia Plantarum* 100: 320-326.
- Laegreid, M., Böckman, O.C. & Kaarstad, O.** 1999. Agriculture, fertilizers and the environment. CABI Publishing in association with Norsk Hydro ASA, 150 pp.
- Maehly, A.C. & Chance, B.** 1954. The assay of catalases and peroxidases. *Methods of Biochemical Analysis* 1: 357-424.
- Magnin, A., Villalba, R., Torres, C.D., Stecconi, M., Passo, A., Sosa, C.M. & Puntieri, J.G.** 2016. Effect of volcanic ash deposition on length and radial growths of a deciduous montane tree (*Nothofagus pumilio*). *Austral Ecology* 42: 103-112.
- Maksimović, I., Putnik-Delić, M., Gani, I., Marić, J. & Ilin, Z.** 2010. Growth, ioncomposition and stomatal conductance of peas exposed to salinity. *Central European Journal of Biology* 5: 682- 691.
- Martin, R.S., Watt, S.F.L., Pyle, D.M., Mathet, T.A., Matthews, N.E., Georg, R.B., Day, J.A., Fairhead, T., Witt, M.L.I. & Quayle, B.M.** 2009. Environmental effects of ash in argentina from the 2008 Chaitén volcanic eruption. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 184: 462-472.
- fruit yield in strawberry cultivars grown at high
- McCauley, A., Jones, C. & Olson kutz, K.** 2017. Soil pH and organic matter. *Journal of Geoscience and Environment Protection* 6: 194-210.
- Nakagawa, M. & Ohba, T.** 2003. Minerals in volcanic ash 1: primary minerals and volcanic glasses. *Enviromental Research* 6: 41-51.
- Nanzyo, M.** 2007. Introduction studies on volcanic ash soils in Japan and international collaboration. *Journal of Integrated Field Science* 4: 71-77.
- Otsuka, H., Briones, A.A., Daquiado, N.P. & Evangelio, F.A.** 1988. Characteristics and genesis of volcanic ash soils in the Philippines. *Technical Bulletin. Tropical Agriculture Research Center: Japan* 24: 1-127.
- Parfitt, A.E. & Wilson, L.** 2008. Fundamentals of physical volcanology. Oxford, UK, Blackwell Publishing, 230 pp.
- Ping, C.L., Shoji, S., Ito, T., Takahashi, T. & Moore, J.P.** 1989. Characteristics and classification of volcanic ash derived soils in Alaska. *Soil Science* 148: 8-28. Rout, R. & Sahoo, S. 2015. Role of iron in plant growth and metabolism. *Reviews in Agricultural Science* 3: 1-24.
- Savci, S.** 2012. An agriculture pollutant: chemical fertilizer. *International Journal of Environmental Science and Development* 3: 77-80.
- Sultana, S., Mohammad Naser, H., Quddus, A. & Shill, N.** 2018. Effect of foliar application of iron and zinc on nutrient uptake and grain yield of wheat under different irrigation regimes. *Bangladesh Journal of Agricultural Research* 43: 395.
- Symkatz, K.W.** 1974. Differential thermal analysis, application and results in mineralogy. Springer Verlag, Berlin, pp: 81-90.

How to cite this article:

Heydari, R., Ezzati, R. & Zahed, M.A. 2020. The effects of Damavand volcanic ash on some morphological and physiological characteristics of *Phaseolus vulgaris*. *Nova Biologica Reperta* 7: 346-354. (In Persian).

حیدری، ر.، عزتی، ر. و زاهد، م.ع. ۱۳۹۹. بررسی تأثیرات خاکستر آتشفشانی کوه دماوند بر شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی لوبیا. یافته‌های نوین در علوم زیستی ۷: ۳۴۶-۳۵۴.