Archive of SID

نشریه علمی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۷ شماره ۳، صفحه ۲۷۱-۲۵۸، (۱۳۹۸)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijfpr.2019.120632
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0883.1398.27.258.77.3.1578.41

تأثیر زئولیت بر آب‌شویی نیترات، پایداری خاکدانه و رویش نهال بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.)

الناز امیراحمدی [۱]، سیدمحمد حجتی [۲*]، پوریا بی‌پروا [۳] و کلودیا کامان [۴]

۱- دانشجوی دکترای جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

پست الکترونیک: s_m_hodjati@yahoo.com

۳- استادیار، گروه علوم پایه، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۴- استاد، گروه تحقیقاتی تغییر اقلیم، دانشکده علوم خاک و تغذیه گیاه، دانشگاه گایزنهایم، گایزنهایم، آلمان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۳۱

چکیده

زئولیت به‌دلیل خواص منحصربه‌فرد برای افزایش پایداری، سلامت و بهره‌وری خاک اهمیت دارد. این ماده اصلاحی موجب بهبود ویژگی‌های خاک، وضعیت تغذیه‌ای و رویشی گیاه می‌شود. در پژوهش پیش‌رو، به‌منظور بررسی اثرات اصلاحی زئولیت از روش گلدانی با نهال‌های بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.) استفاده شد. زئولیت در سطوح صفر (شاهد)، پنج، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی به‌کار برده شد. برای اندازه‌گیری آب‌شویی نیترات از تیمار اوره (به‌عنوان منبع نیتروژن) به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار یا ۰/۵ درصد وزنی استفاده شد. مشخصه‌های رویشی نهال‌ها شامل ارتفاع، قطر یقه، زی‌توده ریشه، ساقه، برگ و کل در انتهای دوره اندازه‌گیری شدند. ویژگی‌های تغذیه‌ای برگ (نیتروژن، فسفر و پتاسیم)، ویژگی‌های خاک (ازت، فسفر، پتاسیم، کربن، اسیدیته، هدایت الکتریکی و درصد رطوبت نسبی) و نمایه‌های پایداری خاکدانه (میانگین وزنی قطر خاکدانه، میانگین هندسی قطر خاکدانه، بعد فراکتال، درصد خاکدانه‌های پایدار در آب، درجه دانه‌بندی و وضعیت دانه‌بندی) بررسی شدند. نتایج نشان داد که استفاده از زئولیت باعث افزایش معنی‌دار رویش قطری و ارتفاعی، زی‌توده و بهبود عناصر تغذیه‌ای خاک و برگ نهال‌های بلندمازو و همچنین بهبود نمایه‌های پایداری خاکدانه شد. یافته‌های پژوهش پیش‌رو حاکی از آن بود که اضافه کردن پنج درصد زئولیت با کاهش آب‌شویی نیترات و افزایش پایداری خاکدانه‌ها، موجب افزایش رویش نهال‌ها می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اصلاح خاک، حاصلخیزی خاک، نهال گلدانی، وضعیت تغذیه‌ای.

مقدمه

یکی از راهکارهای مؤثر برای افزایش بازده کمی و کیفی تولید نهال در نهالستان‌های جنگلی، مدیریت بهینه ترکیب بستر کاشت با استفاده از بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک است (Ahmadloo *et al*., 2009; Paungfoo-Lonhienne *et al*., 2019). امروزه به‌دلیل محدودیت‌های محیط‌زیستی، آلودگی آب‌های زیرزمینی و نیز کاهش حاصلخیزی خاک‌ها ناشی از استفاده درازمدت از کودهای شیمیایی، ضروری است که روش‌های دیگری برای بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک‌ها، افزایش کمیت و کیفیت نهال‌های تولیدی و کاهش آلودگی‌های محیط‌زیستی درنظر گرفته شوند (Ferretti *et al*., 2018). کانی زئولیت یکی از مواد

www.SID.ir

Archive of SID

اصلاح‌کننده‌ای است که می‌تواند برای افزایش عملکرد تولیدی خاک استفاده شود (Eroglu *et al*., 2017; Martelletti *et al*., 2019). زئولیت‌ها شامل گروه وسیعی از آلومینوسیلیکات‌های هیدراته هستند که یک شبکه تتراهدرال از اتم‌های اکسیژن در اطراف اتم‌های سلیسیوم و آلومینیوم دارند. طبیعت متخلخل این کانی باعث افزایش سطح ویژه و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی آن می‌شود که این ویژگی می‌تواند جذب و نگهداری آب و جذب و آزادسازی انتخابی کاتیون‌ها را افزایش دهد و موجب اصلاح خاک شود (Litaor *et al*., 2017). علاوه‌براین، زئولیت‌ها اصلاح‌کننده‌هایی هستند که می‌توانند نقش مؤثری در کاهش آب‌شویی نیترات در خاک ایفا کنند (Malekian *et al*., 2011).

باتوجه به اینکه عناصر تغذیه‌ای به‌تدریج در اختیار گیاه قرار می‌گیرند، بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک موجب افزایش رشد، زی‌توده، زنده‌مانی و بازده نهال می‌شود (Zareian *et al*., 2018). از آنجایی‌که خاک‌ها، مهم‌ترین منبع غذایی گیاهان هستند و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها، نقش مؤثری در استقرار و گسترش نهال‌های جنگلی دارند، به‌کار بردن روش‌های اصلاحی خاک ضروری است. یکی از راه‌های اصلاح خاک، بهبود ساختمان آن است. خاکدانه‌ها، مؤلفه اصلی در شکل‌گیری ساختمان خاک هستند. آن‌ها نقشی مهم در گسترش سیستم ریشه‌ای، چرخه کربن، آب و نیز مقاومت خاک در برابر فرسایش دارند (Litaor *et al*., 2017). از پایداری خاکدانه‌ها به‌عنوان شاخص ارزیابی کیفی ساختمان خاک استفاده می‌شود (Tejada *et al*., 2006).

جمع‌بندی سوابق پژوهش نشان می‌دهد که کاربرد زئولیت، بیشتر مختص اراضی کشاورزی است و استفاده در نهالستان‌های جنگلی، زمینه کاربردی جدیدی برای این ماده است. بنابراین، بررسی اثرات کاربرد آن اهمیت زیادی دارد. پژوهش پیش‌رو با هدف بررسی تأثیر استفاده از زئولیت در حضور و عدم حضور اوره بر آب‌شویی نیترات، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و ویژگی‌های رویشی و تغذیه‌ای نهال‌های یک‌ساله بلندمازو (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.) انجام شد.

مواد و روش‌ها

تهیه و آماده‌سازی نهال‌ها و محل انجام پژوهش

نهال‌های بلندمازو از نهالستان لاجیم سوادکوه تهیه شدند. میانگین قطر و ارتفاع نهال‌ها به‌ترتیب ۰/۹۳ و ۷۰ سانتی‌متر بود. نهال‌ها در اسفندماه ۱۳۹۵ پس از انجام هرس ریشه در گلدان‌های پلاستیکی (سه کیلوگرمی) به‌صورت جداگانه با خاک نهالستان چوب و کاغذ مازندران که از نوع لومی بود، کاشته شدند. گلدان‌ها به دانشکده منابع طبیعی ساری واقع در منطقه میاندرود منتقل شدند. سپس به‌مدت یک فصل رویش (اسفندماه ۱۳۹۵ تا آخر مهرماه ۱۳۹۶) در محوطه دانشکده منابع طبیعی (با طول جغرافیایی ″۳۱ ′۱۱ °۵۳ شرقی و عرض جغرافیایی ″۴۱ ′۳۴ °۳۶ شمالی، ارتفاع از سطح دریا ۱۹۰ متر، متوسط دما ۲۰ درجه سانتیگراد و میانگین بارش سالانه ۷۸۰ میلی‌متر) مستقر شدند (Koocheki *et al*., 2015). گلدان‌ها با حفظ شرایط کاملاً یکسان برای تمام نهال‌ها نگهداری شدند. نهال‌ها با سیستم آبیاری قطره‌ای (به‌منظور دقت بیشتر و حفظ شرایط یکسان) به‌صورت دو تا سه‌بار در هفته (در صورت لزوم با دفعات بیشتر) آبیاری شدند. مشخصات آب استفاده‌شده برای آبیاری در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات آب آبیاری مورداستفاده برای گلدان‌ها (در سه فصل مورد مطالعه)

مشخصات آب آبیاری	بهار	تابستان	پاییز
نیترات (میلی‌گرم بر لیتر)	۴۶/۲۵	۳۹/۶۴	۵۶/۹۵
سختی کل (پی‌پی‌ام)	۴۴۲	۴۵۸	۴۴۶
اسیدیته آب	۷/۰۷	۷/۱۲	۷/۰۲
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۷۷۰	۷۸۶	۷۷۴

www.SID.ir

Archive of SID

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک گلدان‌ها

به‌منظور اجرای پژوهش، ابتدا خاک فاقد اوره (خاک مورد استفاده در نهالستان) تهیه شد. سپس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد (جدول ۲). لازم به ذکر است که بافت خاک استفاده‌شده در گلدان‌ها از نوع لومی بود. برای بررسی اثر زئولیت بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نهال‌های بلندمازو، بافت خاک به‌روش هیدرومتری، درصد رطوبت خاک به‌روش گل اشباع، اسیدیته خاک به‌کمک دستگاه pHمتر، هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه ECمتر و کربن آلی به‌روش والکی بلک اندازه‌گیری شد. نیتروژن خاک با روش کجلدال، فسفر خاک با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر و پتاسیم با استفاده از فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد (Waling *et al*., 1989).

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک گلدان‌ها (ابتدای دوره مورد مطالعه)

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک		نمایه‌های پایداری خاکدانه	
شن (درصد)	۵۰	میانگین وزنی قطر (میلی‌متر)	۰/۴۷
سیلت (درصد)	۳۲	میانگین هندسی قطر (میلی‌متر)	۰/۷۸
رس (درصد)	۱۸	خاکدانه‌های پایدار (درصد)	۵۱/۰۵
کلاس بافت خاک	لومی	بعد فراکتالی	۳/۱۷
اسیدیته	۷/۱۶	درجه دانه‌بندی (درصد)	۷۹/۴۵
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۰/۸۱	وضعیت دانه‌بندی (درصد)	۴۶/۲۶
کربن آلی (درصد)	۶/۵۳		
نیتروژن کل (درصد)	۰/۰۸۲		
فسفر قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۲۹/۱۷		
پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	۵۵۰/۳۹		
رطوبت گل اشباع (درصد)	۵۳/۶۵		

روش اندازه‌گیری نمایه‌های پایداری خاکدانه

روش الک تر رایج‌ترین روش برای اندازه‌گیری توزیع اندازه ذرات خاکدانه‌ها است. در این روش، نمونه خاک پس از توزین بر روی یک سری الک که به‌ترتیب اندازه آن‌ها از بالا به پایین کم می‌شود، قرار می‌گیرد. سپس الک‌ها با سرعت ثابت و برای مدت معین در یک ظرف پر از آب به‌صورت عمودی حرکت می‌کنند. مقدار خاکی که روی هریک از الک‌ها باقی می‌ماند، بیانگر شاخص پایداری ساختمان خاک است. این شاخص برمبنای مشخصه‌های مختلف بیان می‌شود. نمایه‌های میانگین وزنی قطر خاکدانه (MWD)، میانگین هندسی قطر خاکدانه (GMD) و بعد فراکتال (D) از روش سری الک قابل محاسبه هستند. همچنین، به‌منظور اندازه‌گیری نمایه‌های درصد خاکدانه‌های پایدار در آب (WSA)، درجه دانه‌بندی (DOA) و وضعیت دانه‌بندی (SOA) از روش تک‌الکی استفاده شد (Gee & Or, 2002). به‌طور کلی، هرچه MWD، GMD، WSA، DOA و SOA بزرگ‌تر باشند، پایداری نسبی خاکدانه‌ها بیشتر است و خاک ساختمان بهتری دارد. هرچه D بیشتر باشد، تکه‌های خاکدانه بزرگ‌تر و ساختمان خاک ضعیف‌تر است. روابط استفاده‌شده برای محاسبه نمایه‌های پایداری خاکدانه در جدول ۳ ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- نمایه‌های پایداری خاکدانه و رابطه‌های آن‌ها

نمایه	رابطه	توضیحات
میانگین وزنی قطر خاکدانه (MWD)	$MWD=\Sigma_{i=1}^{n} Xi\,Wi$	X: میانگین قطر خاکدانه‌هایی که روی هر الک باقی می‌ماند، Wi: نسبت وزن خاکدانه‌ها در هر الک به وزن کل خاک به‌کار برده شده و n: تعداد الک مورداستفاده
میانگین هندسی قطر خاکدانه (GMD)	$GMD=\exp\left(\frac{\Sigma_{i=1}^{n} Wi \log \bar{X}i}{\Sigma_{i=1}^{n} Wi}\right)$	X: میانگین قطر خاکدانه‌هایی که روی هر الک باقی می‌ماند، Wi: وزن خاکدانه‌ها بر روی الک iام، n: تعداد الک مورداستفاده و $\Sigma_{i=1}^{n} Wi$ وزن کل خاکدانه‌ها
درصد خاکدانه‌های پایدار در آب (WSA)	$WSA=\frac{100(Wsa+Wag)-Wsa}{Ws-Wsa}$	W_{sa}: ذرات شن با قطر بیشتر از ۰/۲۶ میلی‌متر، W_{ag}: وزن خاکدانه‌های پایدار و W_s: وزن نمونه خاک
بعد فراکتال (D)	$D=\frac{\log\left(\frac{wi}{1.63}\times xi^{-3}\right)-b}{\log Xi}$	Wi: وزن خاکدانه‌ها بر روی الک iام، X: قطر الک iام، b: عدد ثابت
درجه دانه‌بندی (DOA)	$DOA=\frac{(Wa0.05<-Wsa)100}{Wp0.05>}$	W_a: وزن خاکدانه‌های بزرگ‌تر از ۰/۰۵ میلی‌متر، W_p: وزن ذرات کوچک‌تر از ۰/۰۵ میلی‌متر (سیلت و رس)، W_{sa}: وزن ذرات شن
وضعیت دانه‌بندی (SOA)	$SOA=\frac{(Wa0.05<-Wsa)100}{Wt}$	Wa: وزن خاکدانه‌های بزرگ‌تر از ۰/۰۵ میلی‌متر، W_{sa}: وزن ذرات شن، W_t: وزن کل خاک

زئولیت

زئولیت استفاده‌شده در این پژوهش از نوع آنزیمیت بود. آنزیمیت (محصول فرآوری‌شده از زئولیت طبیعی)، ساختمانی سه‌بعدی به‌صورت تتراهدرال است که در آن سلیسیوم به‌صورت SiO_4 وجود دارد. از ویژگی‌های ظاهری آنزیمیت می‌توان به کریستاله بودن آن اشاره کرد که بی‌بو است و رنگ سفید متمایل به سبز روشن دارد. ظرفیت جابه‌جایی یونی آن ۱۴۰ تا ۱۶۰ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم است. جرم مخصوص آن بیشتر از یک تا حداکثر ۱/۸۳۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. درصد خلوص آنزیمیت نیز بین ۸۵ تا ۹۵ درصد است.

در این پژوهش، اصلاح‌کننده زئولیت در سطوح صفر (شاهد)، پنج، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی (Saadat & Barani Motlagh, 2013) در حضور و عدم حضور اوره با مقدار ۰/۵ درصد وزنی با چهار تکرار بررسی شد. تیمارهای این پژوهش عبارت بودند از: ۱- شاهد (بدون زئولیت، بدون اوره)، ۲- اوره (بدون زئولیت)، ۳- زئولیت پنج درصد، ۴- زئولیت پنج درصد + اوره، ۵- زئولیت ۱۰ درصد، ۶- زئولیت ۱۰ درصد + اوره، ۷- زئولیت ۱۵ درصد، ۸- زئولیت ۱۵ درصد + اوره. لازم به ذکر است که تعداد نهال‌های مورد استفاده در این پژوهش، ۳۲ اصله بود.

برای اندازه‌گیری مقدار آب‌شویی نیترات از تیمار اوره به اندازه ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار یا ۰/۵ درصد وزنی استفاده شد (Sepaskhah & Yousefi, 2007). برای آماده‌سازی محلول اوره، کود گرانوله اوره در آب مقطر حل شد. سپس محلول تولیدشده به خاک گلدان‌ها اضافه شد. به‌منظور جمع‌آوری زهاب برای برآورد مقدار آب‌شویی نیترات، آبیاری نهال‌های گلدانی ۲۰ درصد بیشتر از مقدار آبیاری معمولی انجام شد. زهاب جمع‌شده در زیرگلدانی‌ها یک ماه پس از استقرار نهال‌ها به‌صورت ماهانه (از اردیبهشت تا شهریور) جمع‌آوری شد و نیترات آن به‌روش اسپکتوفتومتری برآورد شد (Eaton *et al*., 2005). دلیل اندازه‌گیری آب‌شویی پس از ماه دوم جلوگیری از واکنش منفی نهال به تنش حاصل از افزودن اوره در زمان استقرار (فروردین ماه) نهال بود. همچنین، دلیل عدم اندازه‌گیری آبشویی در مهرماه و توقف بررسی این متغیر در انتهای

www.SID.ir

Archive of SID

شهریور شروع فصل بارندگی در مهر ماه و ایجاد خطا در اندازه‌گیری بود.

درنهایت، اثر زئولیت بر ویژگی‌های رویشی نهال‌ها بررسی شد که شامل اندازه‌گیری ارتفاع نهال‌ها از یقه تا جوانه انتهایی نهال با استفاده از متر و اندازه‌گیری قطر یقه با استفاده از کولیس در ابتدا (اواخر اسفند) و انتهای (اواخر مهر) دوره مورد مطالعه بود. زی‌توده ریشه، ساقه، برگ و کل نیز در انتهای دوره مورد مطالعه اندازه‌گیری شد. لازم به‌ذکر است که اندام‌های مختلف نهال به‌مدت ۴۸ ساعت در دستگاه آون در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد خشک شدند و سپس برای تعیین وزن خشک (زی‌توده) توزین شدند (Zareian *et al*., 2018).

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

این پژوهش در قالب فاکتوریل و طرح کامل تصادفی انجام شد. برای هریک از حالت‌های مورد بررسی چهار تکرار درنظر گرفته شد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-سمیرنوف و همگنی واریانس‌ها با آزمون لیون بررسی شد. به‌منظور مقایسه کلی مشخصه‌های مورد بررسی در تیمارهای مختلف از آزمون تجزیه واریانس استفاده شد. همچنین، برای مقایسه‌های چندگانه میانگین‌ها از آزمون دانت (در سطح اطمینان ۹۵ درصد) استفاده شد. برای انجام کلیه آزمون‌های آماری، نسخه ۲۰ نرم‌افزار SPSS به‌کار گرفته شد.

نتایج

مقدار آب‌شویی نیترات از ماه اول تا ماه پنجم در خاک حاوی اوره (فاقد زئولیت) به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمارهای مختلف زئولیت بیشتر بود (جدول ۴). از ماه سوم تا پایان دوره، یک تغییر جزئی در روند نتایج مشاهده شد. به‌طوری‌که پس از ماه سوم درحضور اوره، فقط تیمارهای پنج و ۱۰ درصد زئولیت، میزان آب‌شویی نیترات را نسبت به تیمار اوره به‌طور معنی‌داری کاهش دادند. تیمار زئولیت ۱۵ درصد + اوره، اختلاف معنی‌داری نسبت به تیمار اوره نداشت.

جدول ۴- میانگین (± اشتباه معیار) مقدار نیترات آب‌شویی‌شده

تیمار	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم	ماه چهارم	ماه پنجم
شاهد	۸/۱۲±۰/۶۴^{b}	۷/۶۷±۰/۲۷^{e}	۷/۲۲±۰/۲۴^{d}	۶/۷۶±۰/۳۶^{d}	۶/۵±۰/۴^{d}
اوره	۱۲/۳۷±۰/۵۳^{a}	۲۰۱/۰۱±۲/۵۵^{a}	۶۸/۲۴±۱/۸۱^{a}	۸۳/۰۳±۱/۳۹^{a}	۱۱۱/۴۵±۲/۵۴^{a}
زئولیت پنج درصد	۶/۱۷±۰/۳۳^{b}	۶/۸۱±۰/۴۱^{e}	۶/۴۹±۰/۵۸^{d}	۷/۴۱±۰/۴۴^{d}	۷/۵۴±۰/۵۳^{d}
زئولیت پنج درصد + اوره	۶/۸±۰/۳۲^{b}	۹۴/۴۵±۱/۳^{d}	۳۶/۹۵±۰/۶۷^{c}	۴۹/۲۵±۱/۱۴^{c}	۸۳/۹۳±۱/۰۴^{c}
زئولیت ۱۰ درصد	۶/۰۹±۰/۴۱^{b}	۶/۸۹±۰/۵۱^{e}	۶/۹۹±۰/۴۵^{d}	۶/۹۵±۰/۴۲^{d}	۷/۳۷±۰/۳۵^{d}
زئولیت ۱۰ درصد + اوره	۷/۰۸±۰/۲۳^{b}	۱۰۸/۷۵±۰/۰۳^{c}	۴۵/۵±۱/۵۶^{b}	۵۶/۵۵±۰/۵^{b}	۹۳/۷۶±۱/۵۱^{b}
زئولیت ۱۵ درصد	۶/۶±۰/۲۶^{b}	۷/۱۶±۰/۴۲^{e}	۷/۲۶±۰/۳۶^{d}	۷/۷۵±۰/۶۲^{d}	۷/۵۶±۰/۵۲^{d}
زئولیت ۱۵ درصد + اوره	۷/۸۲±۰/۲۷^{b}	۱۴۰/۲۲۵±۲/۲۷^{b}	۶۵/۹۵±۱/۴۷^{a}	۸۶/۷۱±۲/۷۲^{a}	۱۱۴/۹۲±۱/۷۱^{a}

حروف انگلیسی متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- تأثیر استفاده از زئولیت در حضور و عدم حضور اوره بر ویژگی‌های خاک نهال‌ها (میانگین ± اشتباه معیار)

تیمارها	نیتروژن (درصد)	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)	کربن (درصد)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	رطوبت نسبی (درصد)
شاهد	۰/۰۸±۰/۰۰۲^{d}	۲۹/۰۱±۰/۰۶^{b}	۵۳۹/۳۸±۴/۵^{e}	۶/۳۹±۰/۰۴۱^{b}	۷/۱۵±۰/۰۱^{f}	۰/۸۲±۳/۶۳^{b}	۵۶/۰۳±۰/۴^{b}
اوره	۰/۲۳±۰/۰۱۲^{a}	۲۷/۶۲±۲/۶۶^{b}	۵۵۰/۹۱±۲/۲۹^{e}	۷/۱۳±۱/۰۲^{a}	۷/۴۴±۰/۰۲^{e}	۰/۸۳±۴/۴۷^{ab}	۵۶/۷۱±۲/۵۴^{b}
زئولیت پنج درصد	۰/۰۹±۰/۰۰۶^{d}	۳۴/۱۶±۰/۳۹^{a}	۱۰۸۳/۷۹±۱/۵۸^{c}	۴/۴۸±۰/۰۵^{e}	۷/۷۲±۰/۰۲^{d}	۰/۸۲±۶/۵۶^{b}	۶۰/۴۴±۰/۵۳^{ab}
زئولیت پنج درصد + اوره	۰/۲±۰/۰۰۶^{ab}	۳۴/۳۶±۱/۳۶^{a}	۱۰۶۶/۶۱±۱/۳^{c}	۵/۷۹±۱/۰۵^{c}	۷/۸±۰/۰۳^{c}	۰/۸۴±۱/۵۵^{ab}	۶۲/۵۲±۱/۰۴^{a}
زئولیت ۱۰ درصد	۰/۱۲±۰/۱۵^{cd}	۳۳/۹۵±۰/۶۶^{a}	۱۳۱۹/۸۳±۱/۷^{b}	۴/۵۴±۰/۰۷^{e}	۷/۸۴±۰/۰۲^{c}	۰/۸۳±۴/۱۳^{b}	۵۹/۷۳±۰/۳۵^{ab}
زئولیت ۱۰ درصد + اوره	۰/۱۸±۰/۰۱^{b}	۳۵/۰۲±۰/۷۹^{a}	۱۳۲۸/۷۶±۲/۹^{b}	۵/۹۶±۰/۰۴^{c}	۷/۹۳±۰/۰۱^{b}	۰/۸۳±۳/۱۱^{ab}	۵۹/۱۸±۱/۵۱^{ab}
زئولیت ۱۵ درصد	۰/۰۷±۰/۰۰۵^{d}	۳۵/۰۸±۰/۷۷^{a}	۱۵۹۶/۸۷±۲/۶^{a}	۳/۵۲±۰/۱۱^{f}	۷/۹۵±۰/۰۸^{b}	۰/۸۵±۱/۲۹^{a}	۵۷/۷۴±۰/۵۲^{b}
زئولیت ۱۵ درصد + اوره	۰/۱۸±۰/۰۱^{b}	۳۵/۰۵±۰/۷۹^{a}	۱۶۰۰/۱۶±۲/۷۳^{a}	۴/۷۸±۲/۶^{d}	۸/۰۹±۰/۰۲^{a}	۰/۸۴±۵/۱۲^{ab}	۵۷/۳۷±۱/۷۱^{b}

حروف انگلیسی متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵ تأثیر استفاده از زئولیت در حضور و عدم حضور اوره را بر ویژگی‌های خاک نهال‌های گلدانی بلندمازو نشان می‌دهد. ازت خاک در تمام تیمارهایی که در حضور اوره قرار داشتند، به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمارهای فاقد اوره بیشتر بود. همچنین، استفاده از سطوح مختلف اصلاح‌کننده زئولیت در عدم حضور اوره منجر به تفاوت معنی‌دار ازت با شاهد نشد. اعمال زئولیت باعث افزایش فسفر خاک نسبت به شاهد شد، اما با افزایش سطح کاربرد زئولیت بین سطوح مختلف، تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. همچنین، تیمارهایی که در حضور و عدم حضور اوره قرار داشتند، تفاوت معنی‌داری ازنظر فسفر با یکدیگر نداشتند.

باتوجه به نتایج، اعمال زئولیت باعث افزایش پتاسیم خاک شد. همچنین، با افزایش سطح زئولیت، پتاسیم خاک افزایش یافت، اما تیمارهایی که در حضور و عدم حضور اوره قرار داشتند، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند (جدول ۵). کربن خاک در تمام تیمارهایی که در حضور اوره قرار داشتند، به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمارهای فاقد اوره بیشتر بود. لازم به ذکر است که با افزایش سطح زئولیت، کربن خاک کاهش یافت. اسیدیته خاک در تمام تیمارهایی که در حضور اوره قرار داشتند، نسبت به تیمارهای فاقد اوره بیشتر بود. با افزایش سطح زئولیت، این مقدار افزایش نشان داد. هدایت الکتریکی خاک در تیمارهای حاوی اوره اختلاف معنی‌داری نسبت به تیمارهای فاقد اوره از خود نشان نداد. رطوبت نسبی خاک در تیمارهای پنج و ۱۰ درصد زئولیت (در حضور و عدم حضور اوره) نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت، اما این افزایش تنها در تیمار پنج درصد زئولیت + اوره معنی‌دار بود. ضمن اینکه با افزایش سطح زئولیت، رطوبت نسبی کم شد. لازم به ذکر است که تیمارهایی که در حضور و عدم حضور اوره قرار داشتند، تفاوت معنی‌داری ازنظر رطوبت نسبی با یکدیگر نداشتند.

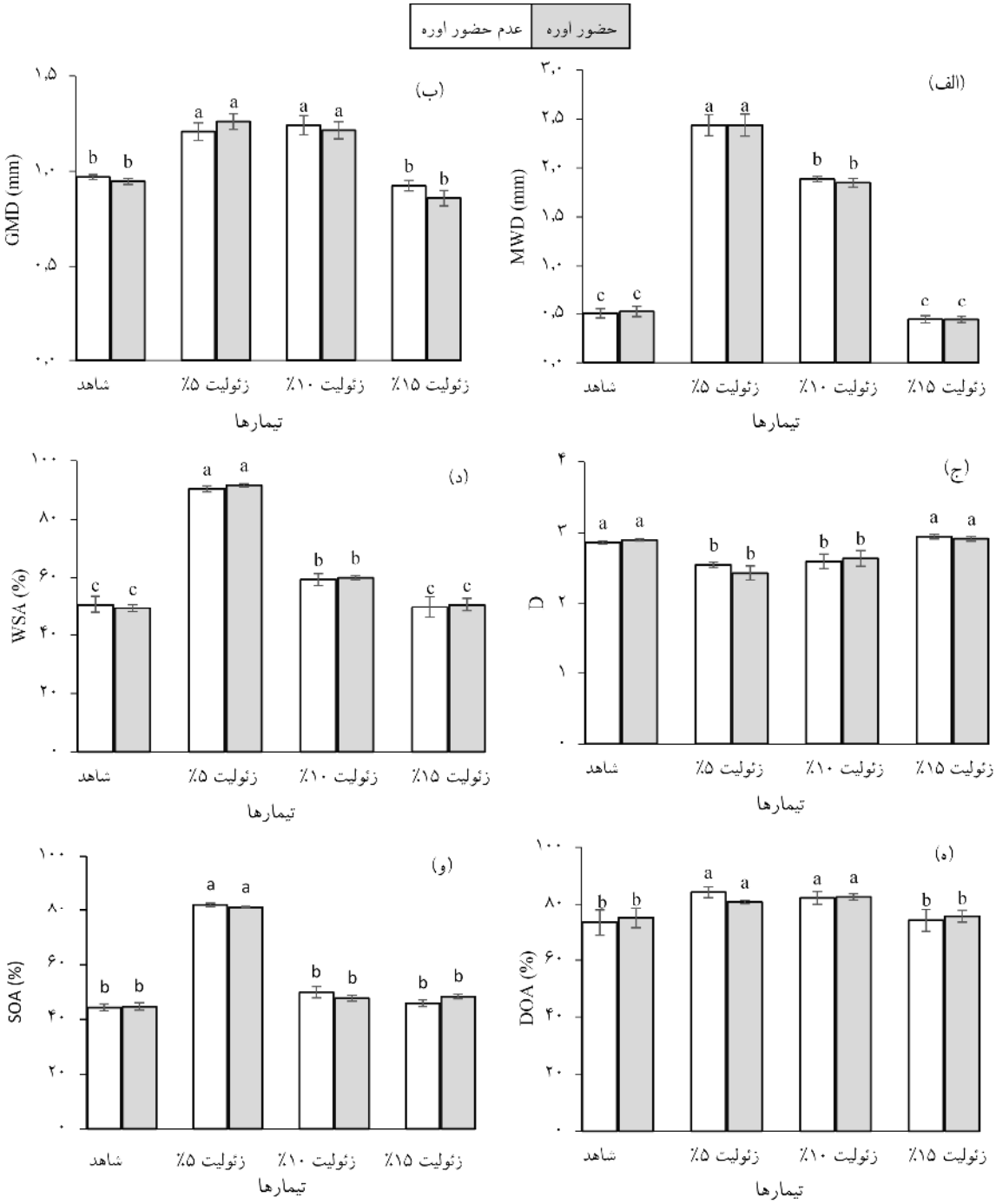
حضور یا عدم حضور اوره تأثیری بر هیچ‌یک از نمایه‌های پایداری خاکدانه نداشت (شکل ۱). کاربرد زئولیت در سطوح پنج و ۱۰ درصد باعث افزایش MWD نسبت به شاهد شد. همچنین، با افزایش سطح زئولیت از پنج به ۱۰ و از ۱۰ به پانزده درصد، میانگین وزنی قطر خاکدانه به‌طور معنی‌داری کم شد. سطح ۱۵ درصد زئولیت، تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت (شکل ۱- الف). یافته‌های دیگر نشان داد که اعمال زئولیت پنج و ۱۰ درصد باعث افزایش GMD، WSA و DOA نسبت به تیمار شاهد شد، اما اعمال زئولیت ۱۵ درصد نسبت به شاهد منجر به تفاوت معنی‌داری در این سه نمایه نشد (شکل‌های الف- ب، د، ه). اعمال زئولیت پنج و ۱۰ درصد باعث کاهش D نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۱- ج)، اما تیمار زئولیت ۱۵ نسبت به شاهد، تفاوت معنی‌داری نداشت. SOA تنها با اعمال زئولیت پنج درصد نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نشان داد، اما برای این نمایه در سطوح ۱۰ و ۱۵ درصد، تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد مشاهده نشد (شکل ۱- و).

شکل ۲ ویژگی‌های رویشی نهال‌ها را نشان می‌دهد. رویش ارتفاعی کل نهال‌ها در شکل ۲- الف آمده است. رویش ارتفاعی نهال‌ها بین حضور و عدم حضور اوره، تفاوت معنی‌داری نداشتند. به‌طور کلی، استفاده از تیمار زئولیت در تمام سطوح (پنج، ۱۰ و ۱۵ درصد) در حضور و عدم حضور اوره سبب افزایش رویش ارتفاعی کل نهال‌ها نسبت به شاهد شد، اما این افزایش تنها در مورد تیمار پنج درصد زئولیت معنی‌دار بود. ضمن اینکه افزایش کاربرد تیمار زئولیت به ۱۰ و ۱۵ درصد سبب کاهش رویش ارتفاعی نهال‌ها نسبت به سطح پنج درصد زئولیت شد اما این کاهش معنی‌دار نبود. شکل ۲- ب نشان می‌دهد که رویش قطری کل نهال‌ها بین حضور و عدم حضور اوره جز در مورد شاهد، تفاوت معنی‌داری نداشتند. به‌طور کلی، استفاده از تیمار زئولیت در سطوح پنج و ۱۰ درصد در حضور و عدم حضور اوره سبب افزایش معنی‌دار رویش قطری کل نهال‌ها نسبت به شاهد شد، درحالی‌که افزایش کاربرد تیمار زئولیت به ۱۰ درصد باعث کاهش معنی‌دار رویش قطری نسبت به سطح پنج درصد زئولیت شد. لازم به‌ذکر است که برای این ویژگی رویشی، سطح زئولیت ۱۵ درصد تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان نداد. نتایج در مورد زی‌توده نهال‌ها حاکی از آن بود که بیشترین زی‌توده در سطح پنج درصد زئولیت مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد داشت (شکل‌های ۲- ج، د، ه، و). شایان ذکر است که تأثیر استفاده از زئولیت پنج درصد فاقد اوره بر زی‌توده اندام‌های گیاهی نسبت

www.SID.ir

Archive of SID

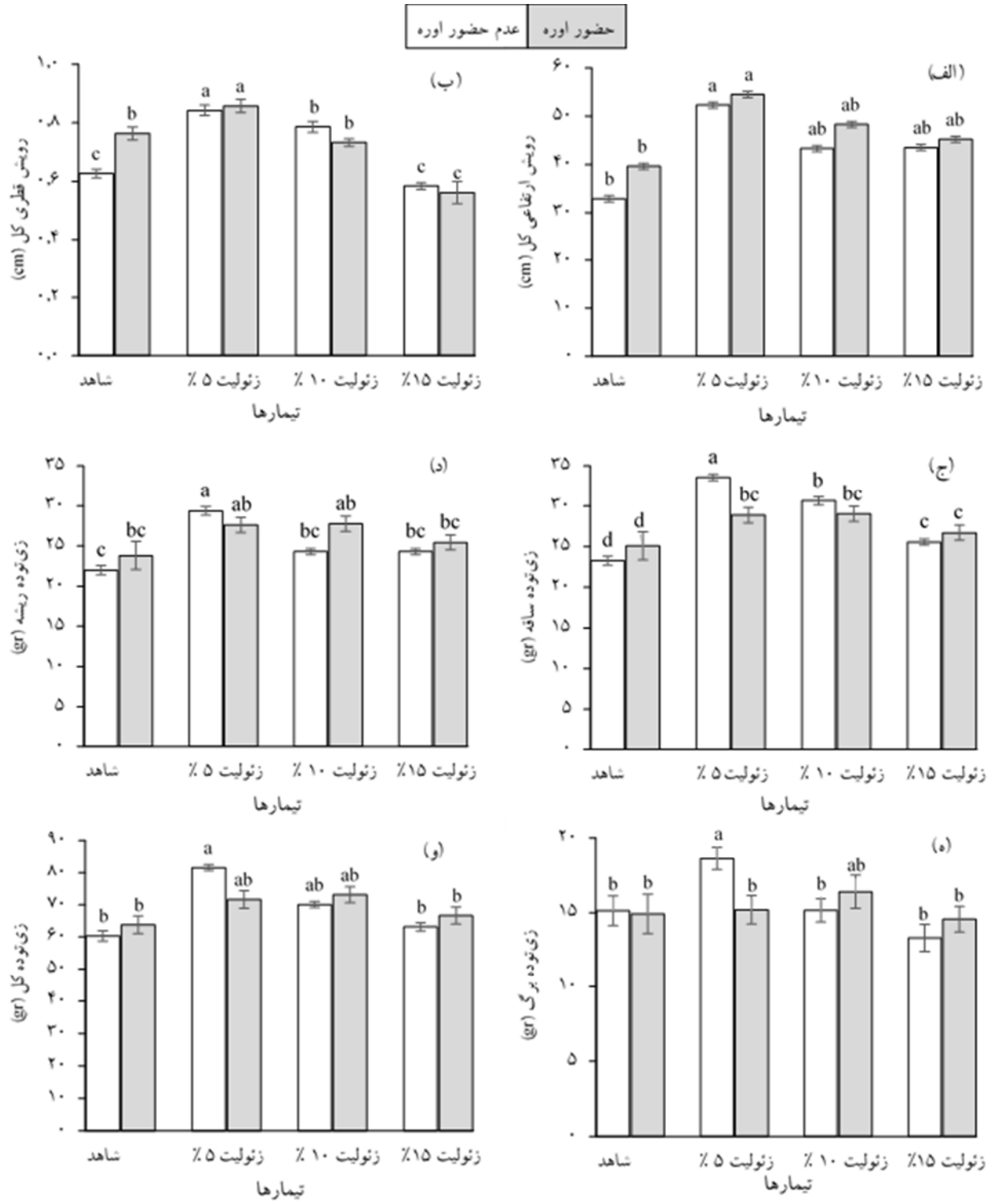
به سطح ۱۰ و ۱۵ درصد به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. در مورد زی‌توده کل نهال‌ها، زئولیت سطح پنج درصد فاقد اوره با سطح ۱۰ درصد اختلاف معنی‌داری نداشت، اما نسبت به سطح ۱۵ درصد به‌طور معنی‌داری بیشتر بود.



شکل ۱- اثر سطوح مختلف زئولیت بر الف- میانگین وزنی قطر خاکدانه (MWD)، ب- میانگین هندسی قطر خاکدانه (GMD)، ج- بعد فراکتال (D)، د- درصد خاکدانه‌های پایدار در آب (WSA)، ه- درجه دانه‌بندی (DOA)، و- وضعیت دانه‌بندی (SOA) در حضور و عدم حضور اوره (حروف مختلف لاتین نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد و میله‌ها نشان‌دهنده اشتباه معیار هستند.)

www.SID.ir

Archive of SID

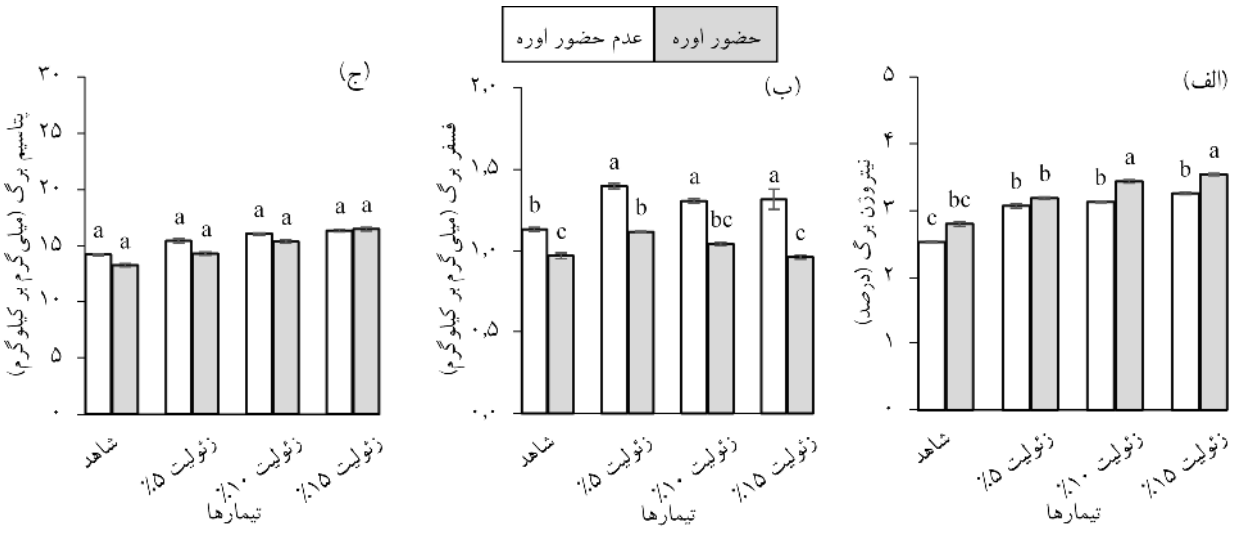


شکل ۲- اثر سطوح مختلف زئولیت بر رویش ارتفاعی (الف)، رویش قطری (ب)، زی‌توده ساقه (ج)، زی‌توده ریشه (د)، زی‌توده برگ (ه) و زی‌توده کل (و) در حضور و عدم حضور اوره (حروف مختلف لاتین نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد و میله‌ها نشان‌دهنده اشتباه معیار هستند.)

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۳ تأثیر استفاده از زئولیت در حضور و عدم حضور اوره را بر ویژگی‌های تغذیه‌ای نهال‌های گلدانی بلندمازو نشان می‌دهد. ازت برگ در تمام تیمارهای حضور اوره نسبت به تیمارهای فاقد اوره بیشتر بود. همچنین، نیتروژن برگ در حضور اوره در هر سه سطح زئولیت به‌طور معنی‌داری از تیمار شاهد بیشتر بود. بین سطوح مختلف زئولیت فاقد اوره تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، اما زئولیت ۱۰ و ۱۵ درصد به‌طور معنی‌داری حاوی اوره بیشتری از زئولیت پنج درصد حاوی اوره بودند (شکل ۳- الف). نتایج دیگر نشان داد که فسفر برگ در تیمارهای حضور اوره به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمارهایی عدم حضور اوره بود (شکل ۳- ب). همچنین، اعمال زئولیت در غیاب اوره باعث افزایش فسفر برگ نسبت به شاهد در هر سه سطح شد. اعمال زئولیت در حضور و عدم حضور اوره، تأثیری بر مقدار پتاسیم برگ نسبت به شاهد نداشت (شکل ۳- ج).



شکل ۳- اثر سطوح مختلف زئولیت بر نیتروژن (الف)، فسفر (ب) و پتاسیم (ج) برگ در حضور و عدم حضور اوره (حروف انگلیسی متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند.)

بحث

آب‌شویی نیترات تحت‌تأثیر قابلیت نگهداری آب توسط اجزای خاک و مواد آلی است. نتایج این پژوهش نشان داد که مقدار آب‌شویی نیترات از ابتدا تا پایان دوره در خاک حاوی اوره (فاقد زئولیت) به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمارهای مختلف زئولیت بیشتر بود. این پدیده می‌تواند بیانگر نقش اوره به‌عنوان منبعی برای تولید نیترات در خاک باشد. چون این تیمار فاقد زئولیت است، آب‌شویی بیشتری نسبت به تیمارهای حاوی زئولیت داشت. از ماه سوم تا پایان دوره، یک تغییر جزئی در روند نتایج مشاهده شد، به‌طوری‌که پس از ماه سوم درحضور اوره، فقط تیمارهای پنج و ۱۰ درصد زئولیت، آب‌شویی نیترات را نسبت به تیمار اوره به‌طور معنی‌داری کاهش دادند. تیمار زئولیت ۱۵ درصد + اوره، اختلاف معنی‌داری نسبت به تیمار اوره نداشت. این پدیده می‌تواند به‌دلیل افزایش سرعت نفوذ آب در منافذ خاک درنتیجه افزایش سطح کاربرد زئولیت باشد. Sepaskhah و Yousefi (۲۰۰۷) اثر سطوح متفاوت زئولیت (صفر، دو، چهار و هشت گرم در کیلوگرم خاک) را بر مقدار آب‌شویی آمونیوم و نیترات (به‌صورت ۳۵۰ کیلوگرم کود

www.SID.ir

Archive of SID

آمونیوم‌نیترات در هکتار) در خاک لومی و تحت شرایط اشباع بررسی کردند. نتایج آن‌ها حاکی از تأثیر مثبت زئولیت بر سرعت نفوذ آب در منافذ خاک و مقدار آب‌شویی آمونیوم و نیترات بود. همچنین، نسبت‌های چهار و هشت گرم زئولیت، مقدار سرعت نفوذ آب در خاک را به‌ترتیب ۳۵ و ۷۴ درصد افزایش داد. آن‌ها نتیجه‌گیری کردند که به‌دلیل قابلیت زیاد تبادل یونی زئولیت، استفاده از آن به مقدار دو گرم در کیلوگرم خاک کافی است تا از آب‌شویی آمونیوم و نیترات جلوگیری شود. در پژوهش پیش‌رو نیز نشان داده شد که سطح پنج درصد زئولیت نسبت به سطوح ۱۰ و ۱۵ درصد، بیشترین تأثیر را در کاهش آب‌شویی نیترات داشت. در پژوهش Abedi-Koupai و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر مثبت کارایی زئولیت در کاهش آب‌شویی اوره گزارش شد. آن‌ها بیان کردند که زئولیت علاوه‌بر کاهش ورود اوره به آب‌های زیرزمینی می‌تواند سرعت انتقال آلودگی را نیز کاهش دهد. همچنین، دانه‌بندی زئولیت تأثیر معنی‌داری بر کاهش آب‌شویی مواد آلاینده داشت، به‌طوری‌که در پژوهش آن‌ها ذرات ریزتر، قدرت بیشتری در جذب و نگهداری اوره داشتند.

نتایج دیگر در پژوهش پیش‌رو نشان داد که استفاده از زئولیت باعث افزایش فسفر و پتاسیم خاک شد. درمورد فسفر، با افزایش سطح کاربرد زئولیت تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف مشاهده نشد، اما در مورد پتاسیم با افزایش سطح زئولیت، پتاسیم خاک افزایش یافت. Litaor و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر کمپوست و زئولیت بر عناصر تغذیه‌ای خاک‌های اراضی کشت سیب‌زمینی را بررسی کردند. آن‌ها گزارش کردند که اصلاح خاک با زئولیت می‌تواند نگهداشت مواد مغذی کاتیونی در خاک (به‌ویژه پتاسیم در روش گلدانی و تحت آب‌شویی) را بهبود ببخشد. Polat و همکاران (۲۰۰۴) عنوان کردند که افزودن زئولیت به خاک‌های شنی کشاورزی، قابلیت نگهداری آب و نیتروژن را افزایش می‌دهد و نیز باعث افزایش نگهداری پتاسیم، کلسیم، منیزیم و عناصر ریزمغذی دیگر می‌شود.

پژوهش پیش‌رو، تأثیر مثبت استفاده از زئولیت بر نمایه‌های پایداری خاکدانه را نشان داد که می‌تواند ناشی از طبیعت متخلخل این کانی، افزایش سطح ویژه و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی آن باشد (Litaor *et al.*, 2017). هرچه مقدار میانگین MWD، GMD، WSA، DOA و SOA بیشتر و بعد فراکتال D کمتر باشد، ساختمان خاک، پایدارتر است. از آنجایی‌که پایداری خاکدانه تأثیر زیادی در گسترش سیستم ریشه‌ای، چرخه کربن، آب و نیز مقاومت خاک‌ها دارد، کاربرد روش‌هایی برای بهبود پایداری خاکدانه‌ها و تقویت ساختمان خاک، ضروری است. مطابق نتایج پژوهش پیش‌رو، کاربرد زئولیت پنج درصد باعث بهبود نمایه‌های پایداری خاکدانه و درنتیجه، تقویت ساختمان خاک می‌شود.

از بین سطوح مختلف زئولیت، سطح پنج درصد بیشترین تأثیر را بر هر شش ویژگی رویشی (رویش قطری، رویش ارتفاعی، زی‌توده ریشه، زی‌توده ساقه، زی‌توده برگ و زی‌توده کل) نهال‌های بلندمازو داشت، بنابراین زئولیت پنج درصد، سطح بهینه‌ای نسبت به دو تیمار دیگر بود. Ghazavi و همکاران (۲۰۱۳) اثر معنی‌دار کاربرد زئولیت را بر استقرار و رشد کنار و آکاسیا گزارش کردند. براساس نتایج پژوهش آن‌ها، با افزودن زئولیت به خاک گلدان‌ها، درصد رویش ارتفاعی نهال‌هایی که خشک نشده بودند، به‌طور معنی‌داری برای هر دو گونه افزایش یافت. عدم تعادل غذایی بر قدرت رویش نهال‌ها اثرگذار است. در اندام‌هایی که ازنظر رویشی فعال هستند (مانند برگ‌ها)، غلظت عناصر غذایی، بیشتر است (Onyekwelu *et al.*, 2006). از این‌رو، تجزیه‌وتحلیل غلظت عناصر غذایی برگ می‌تواند وضعیت تغذیه‌ای درختان و همچنین، شرایط رویشگاه و قدرت رشد را مشخص کند (Hagen-Thorn *et al.*, 2006).

یافته‌های دیگر پژوهش پیش‌رو بیانگر تأثیر مثبت زئولیت بر عناصر تغذیه‌ای نهال‌ها و افزایش ازت و فسفر برگ بود. نیتروژن، فسفر و پتاسیم از اصلی‌ترین و

www.SID.ir

Archive of SID

ضروری‌ترین عناصر غذایی گیاه هستند که رشد گیاه را کنترل می‌کنند (Lodhiyal & Lodhiyal, 2003). زئولیت به‌دلیل داشتن ظرفیت تبادل کاتیونی زیاد و قرار گرفتن بعضی از کاتیون‌ها مانند آمونیوم در شبکه آن، علاوه‌بر نقش اصلاح‌کنندگی در خاک، نقش تغذیه‌ای نیز دارد و باعث بهبود رشد گیاه می‌شود (Eroglu *et al*., 2017).

درمجموع، پژوهش پیش‌رو نشان داد که استفاده از زئولیت باعث افزایش معنی‌دار رویش قطری، ارتفاعی، زی‌توده و بهبود عناصر تغذیه‌ای خاک و برگ نهال‌های بلندمازو و بهبود نمایه‌های پایداری خاکدانه می‌شود. باتوجه به نتایج، مقدار بهینه مصرف زئولیت برای نمایه‌های مذکور، استفاده از سطح کاربرد پنج درصد وزنی است. همچنین، با افزایش مصرف زئولیت تا ۱۰ درصد وزنی، مقدار نیترات زهاب خروجی گلدان‌ها کاهش می‌یابد که می‌تواند باعث کاهش آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترات شود. استفاده از سطوح بیشتر زئولیت به‌دلیل تخلخل زیاد این ماده و تأثیر آن بر افزایش سرعت نفوذ آب در منافذ خاک و افزایش آب‌شویی نیترات توصیه نمی‌شود.

منابع مورد استفاده

- Abedi-Koupai, J., Mousavi, S.F. and Motamedi, A., 2010. Effect of clinoptilolite zeolite application on reducing urea leaching from soil. Journal of Water and Wastewater, 21(3): 51-57 (In Persian).
- Ahmadloo, F., Tabari, M., Rahmani, A., Yousefzadeh, H. and Kooch, Y., 2009. Effect of organic matter compositions on growth and production performance of *Pinus brutia* Ten. and *P. halepensis* Mill. seedlings. Iranian Journal of Forest, 1(4): 287-299 (In Persian).
- Eaton, A.D., Clesceri, L.S., Rice, E.W. and Greenberg, A.E., 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition. American Public Health Association, Washington, D.C., 1368p.
- Eroglu, N., Emekci, M. and Athanassiou, C.G., 2017. Applications of natural zeolites on agriculture and food production. Journal of the Science of Food and Agriculture, 97(11): 3487-3499.
- Ferretti, G., Keiblinger, K.M., Di Giuseppe, D., Faccini, B., Colombani, N., Zechmeister-Boltenstern, S., Coltorti, M. and Mastrocicco, M., 2018. Short-term response of soil microbial biomass to different chabazite zeolite amendments. Pedosphere, 28(2): 277-287.
- Gee, G.W. and Or, D., 2002. Particle-size analysis: 255-293. In: Dane, J.H. and Topp, G.C. (Eds.). Methods of Soil Analysis: Part 4 Physical Methods. Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, 1692p.
- Ghazavi, R., Vali, A.A. and Mohammadesmaili, M., 2013. The application effects of natural zeolite at early stages of plant growth for two rangeland species (*Ziziphose Spina christi* and *Acacia Salicina*) under drought stresses. Arid Biome Scientific and Research Journal, 3(2): 84-88 (In Persian).
- Hagen-Thorn, A., Varnagiryte, I., Nihlgård, B. and Armolaitis, K., 2006. Autumn nutrient resorption and losses in four deciduous forest tree species. Forest Ecology and Management, 228(1): 33-39.
- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Jafari, L., 2015. Evaluation of climate change effect on agricultural production of Iran: I. predicting the future agroclimatic conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 13 (4): 651-664. (In Persian).
- Litaor, M.I., Katz, L. and Shenker, M., 2017. The influence of compost and zeolite co-addition on the nutrients status and plant growth in intensively cultivated Mediterranean soils. Soil Use and Management, 33(1): 72-80.
- Lodhiyal, N. and Lodhiyal, L.S., 2003. Aspects of nutrient cycling and nutrient use pattern of Bhabar Shisham forests in central Himalaya, India. Forest Ecology and Management, 176(1-3): 237-252.
- Malekian, R., Abedi-Koupai, J. and Eslamian, S.S., 2011. Influences of clinoptilolite and surfactant-modified clinoptilolite zeolite on nitrate leaching and plant growth. Journal of Hazardous Materials, 185(2-3): 970-976.
- Martelletti, S., Meloni, F., Freppaz, M., Viglietti, D., Lonati, M., Enri, S.R., …. and Nosenzo, A., 2019. Effect of zeolitite addition on soil properties and plant establishment during forest restoration. Ecological Engineering, 132: 13-22.
- Onyekwelu, J.C., Mosandl, R. and Stimm, B., 2006. Productivity, site evaluation and state of nutrition of *Gmelina arborea* plantations in Oluwa and Omo forest reserves, Nigeria. Forest Ecology and Management, 229(1-3): 214-227.
- Paungfoo-Lonhienne, C., Redding, M., Pratt, C. and

www.SID.ir

Archive of SID

- Tejada, M., Garcia, C., Gonzalez, J.L. and Hernandez, M.T., 2006. Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: influence on the physical, chemical and biological properties of soil. Soil Biology and Biochemistry, 38(6): 1413-1421.
- Waling, I., Van Vark, W., Houba, V.J.G. and Van der Lee, J.J., 1989. Soil and Plant Analysis, A Series of Ayllabi: Part 7. Plant Analysis Procedures, Wageningen Agriculture University, Wageningen, 263p.
- Zareian, F., Jafari, M., Javadi, S.A. and Tavili, A., 2018. Application of zeolite and geohumus superabsorbent on establishment and some growth indices of *Nitraria schoberi* L. Acta Ecologica Sinica, 38(4): 296-301.
Wang, W., 2019. Plant growth promoting rhizobacteria increase the efficiency of fertilisers while reducing nitrogen loss. Journal of Environmental Management, 233: 337-341.
- Polat, E., Karaca, M., Demir, H. and Naci-Onus, A., 2004. Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 12: 183-189.
- Saadat, K. and Barani Motlagh, M., 2013. Influence of Iranian natural zeolites, clinoptilolite on uptake of lead and cadmium in applied sewage sludge by Maize (*Zea mays*. L.). Journal of Water and Soil Conservation, 20(4): 123-143 (In Persian).
- Sepaskhah, A.R. and Yousefi, F., 2007. Effects of zeolite application on nitrate and ammonium retention of a loamy soil under saturated conditions. Australian Journal of Soil Research, 45(5): 368-373.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of zeolite on nitrate leaching, aggregate stability and growth of Chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.) seedlings

E. Amirahmadi [1], S.M. Hojjati [2*], P. Beparva [3] and C. Kammann[4]

1- Ph.D. Student of Forest Ecology and Management, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran
2*- Corresponding author, Associate Prof, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. E-mail: s_m_hodjati@yahoo.com
3- Assistant Prof, Department of Basic Sciences, Faculty of Animal Science and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran
4- Prof., Working Group for Climate Change Research, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Geisenheim University, Geisenheim, Germany

Received: 14.05.2019 Accepted: 22.07.2019

Abstract

With its unique properties, zeolite is important as a soil amendment in increasing the stability, health and soil productivity, and thus improves soil properties and plant nutritional and vegetative status. In this research, a potted method was used with chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia* C. A. Mey.) seedlings. Zeolite was used at levels of 0 (control), 5, 10 and 15 wt%. To measure nitrate leaching, urea treatment was used as a nitrogen source of 0.5% by weight. Growth parameters of seedlings including height, basal diameter, biomass of root, stem, leaf and total were measured at the end of the period. The nutritional characteristics of leaf (nitrogen, phosphorus, potassium), soil characteristics (nitrogen, phosphorus, potassium, carbon, pH, electrical conductivity, relative humidity) and aggregate stability indices including mean weight diameter (MWD), geometric mean diameter (GMD), fractal dimension (D), water aggregate stability (WSA), degree of aggregate (DOA) and station of aggregate (SOA) were measured at the end of the period. Results showed that the use of zeolite significantly increased the height, collar diameter and total biomass of plant and improvement of soil and leaf nutrients, as well as soil aggregate stability indexes. The findings of this study confirm that adding 5% zeolite have desirable effects on preventing nitrate leaching and increasing soil aggregate stability and oak seedling growth.

Keywords: Nutritional status, potted seedlings, soil amendment, soil fertility.

www.SID.ir