Archive of SID

مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال یازدهم، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۸
ص ۴۷۵-۴۵۸

مقاله پژوهشی

اثر آبیاری با شیرابهٔ زباله بر مقدار عناصر شیمیایی در اندام هوایی درختان صنوبر و زبان‌گنجشک

آیدا معزی‌پور[۱]، کامبیز پورطهماسی[۲]، بابک متشرع‌زاده[۳*]، رضا اولادی[۴]، احمد رمضانی سعادت‌آبادی[۵]

۱. دانش آموخته دکتری، گروه مهندسی علوم و صنایع چوب و کاغذ، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.
۲. استاد گروه مهندسی علوم و صنایع چوب و کاغذ، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.
۳. دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.
۴. دانشیار گروه مهندسی علوم و صنایع چوب و کاغذ، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.
۵. استاد دانشکدهٔ مهندسی شیمی و نفت، دانشگاه صنعتی شریف.

(تاریخ دریافت:۱۳۹۸/۳/۱۱؛ تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۵/۱۳)

چکیده

در این تحقیق تأثیر آبیاری با شیرابهٔ زبالهٔ شهری بر مقدار عناصر شیمیایی بافت اندام هوایی درختان صنوبر و زبان‌گنجشک بررسی شد. تیمارها شامل غلظت‌های مختلف شیرابه (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) بود. نتایج بررسی اثر متقابل گونه و غلظت شیرابهٔ زباله بر مقدار عناصر شیمیایی در بافت اندام هوایی درختان نشان داد که با افزایش غلظت شیرابهٔ زباله مقدار عناصر غذایی میکرو به‌جز عنصر روی، همچنین مقدار عناصر غذایی ماکرو و فلز سنگین سرب افزایش یافت. از طرفی مقدار آهن، روی و کلسیم در بافت اندام هوایی درختان صنوبر به‌طور معنی‌داری از زبان‌گنجشک بیشتر بود که علت آن تندرشد بودن و میزان جذب بیشتر صنوبر نسبت به زبان‌گنجشک است. نتایج آنالیز خاک نشان داد که با افزایش غلظت شیرابهٔ زباله، مقدار عناصر فسفر، روی، نیتروژن، آهن و منگنز در خاک بستر رشد، به‌طور معنی‌داری یافت. در مجموع، کاربرد شیرابه در آبیاری درختان سبب افزایش مقدار برخی از عناصر غذایی در خاک و در اندام هوایی درختان شد، اما تا غلظت ۷۵ درصد شیرابه اثری از مسمومیت در درختان مشاهده نشد، بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که شیرابه دارای پتانسیل زیادی به‌عنوان کود مایع است و مقدار فلزات سنگین آن در حد قابل تحمل برای درختان صنوبر و زبان‌گنجشک بوده است و از این‌رو در صورت مدیریت صحیح و پایش مداوم، می‌توان از آن به‌عنوان نوعی کود برای تقویت خاک و برخی گونه‌های درختی به‌خصوص در شرایط محدودیت منابع آبی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی خاک، عناصر غذایی، فضای سبز شهری، فلزات سنگین.

مقدمه

توسعهٔ صنعت و گسترش ترافیک شهری و برون‌شهری و همچنین افزایش جمعیت، آلودگی شدید خاک، آب و هوا را در پی داشته است. با توجه به آثار زیانبار پدیدهٔ آلودگی محیط زیست بر سلامت انسان و دیگر موجودات زنده، این موضوع امروزه بسیار مورد توجه مسئولان و محققان قرار گرفته است. (Rahimi et al., 2012). تولید شیرابه از پیامدهای عملیات دفن زباله در محل دفن است، به‌طوری که مدیریت شیرابه از مهم‌ترین مسائل در طراحی و

* نویسندهٔ مسئول
شمارهٔ تماس: ۰۲۶۳۲۲۳۱۷۸۷
ایمیل: moteshare@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

بهره‌برداری از اماکن دفن زباله، است. این شیرابه به‌صورت مایع در اثر نفوذ آب باران و فرایندهای بیولوژیکی و شیمیایی از پسماندها خارج می‌شود. مقدار و ترکیب شیرابهٔ تولیدشده به فصل سال، ترکیب زباله و مقدار بارندگی بستگی دارد. اما در کل به‌دلیل آنکه دارای مواد آلی، عناصر غذایی و عناصر نادر است، از نظر تقویت خاک و آلودگی حائز اهمیت است. غلظت عناصر غذایی ازت، فسفر، پتاس، آهن، مس، روی و منگنز در شیرابه زیاد است. مواد آلی به‌علت تأثیرات سازنده بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک، از ارکان باروری خاک به‌شمار می‌رود. انبوه زباله‌های شهری و مشکلات زیست‌محیطی ناشی از آن ایجاب می‌کند که این مواد به‌نحو مطلوب در چرخهٔ حیات قرار گیرد. بیشتر خاک‌های مناطق خشک، آهکی و دارای واکنش قلیایی‌اند. این شرایط همراه با فقر این خاک ها از نظر مواد آلی سبب می‌شود که بسیاری از گیاهان در این خاک ها با کمبود عناصر غذایی کم‌مصرف به‌ویژه آهن، مس و روی روبه‌رو شوند. شیرابهٔ زباله به‌طور طبیعی حاوی مقادیر زیادی از عناصر یادشده است که به‌دلیل وجود مواد آلی زیاد به‌صورت کلات‌های آلی درمی‌آید و سبب افزایش حلالیت و قابلیت جذب این عناصر در خاک می‌شود (Mohamadinia., 1995). از طرفی شیرابه دارای عناصر سنگینی است که پتانسیل زیادی در آلوده‌سازی خاک و آب‌های زیرزمینی دارند و به‌دلیل بار آلودگی زیاد شیرابهٔ زبالهٔ شهری، مدیریت صحیح در استفاده از آن باید صورت پذیرد. از سوی دیگر یکی از روش های مناسب پالایش آلودگی‌های خاک و آب، استفاده از گیاهان است که گیاه‌پالایی نامیده می‌شود. در این روش، از گیاهان برای حذف یا کاهش تأثیرات آلاینده‌ها از آب و خاک استفاده می‌شود. گیاه‌پالایی نوعی روش سبز برای رفع مشکلات ناشی از آلودگی‌های فلزات سنگین است (Ghaemi & Majdedin., 2016). البته در این روش باید از گیاهانی استفاده کرد که افزون‌بر توانایی زنده ماندن در پی آبیاری با آب آلوده قادر به ادامهٔ رشد در این محیط باشند و آلودگی‌ها را از خاک پالایش کنند و وارد زنجیرهٔ غذایی نشوند. در این میان، درختان صنوبر و زبان‌گنجشک گزینه های مناسبی در پالایش محیط آلوده به شیرابهٔ زباله و آبیاری توسط آن هستند (Cicatelli et al., 2010). در این زمینه Heidari et al., (2013) به بررسی پتانسیل گیاه‌پالایی برگ درخت صنوبر در خاک آلودهٔ صنعتی پرداختند. آنها با بررسی غلظت فلزات سرب، نیکل و کادمیم در خاک و برگ درخت صنوبر، دریافتند که از میان فلزات بررسی شده در برگ درختان صنوبر، فلز سرب بیشترین تجمع را نشان می دهد که علت آن، فراوانی این فلز در اطراف کارخانهٔ سرب و روی زنجان است. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که درخت صنوبر قادر به تجمیع و جذب فلزات سرب، نیکل و کادمیم در برگ خود است و این امر کمک شایانی در بهسازی مناطق آلوده و خروج فلزات از خاک خواهد کرد. همچنین Jalalipoor & Ghaemi., (2013) به بررسی امکان استفاده از گیاه وتیور در پالایش دفن‌گاه پسماندهای شهری پرداختند و دریافتند که وتیور تحت آبیاری با شیرابهٔ دفن گاه تا غلظت ۲۰ درصد دچار هیچ مشکلی از نظر رشد نمی‌شود و نمونه‌های تحت آبیاری با غلظت ۸۰ درصد از همهٔ نمونه ها رشد کمتری داشتند. نتایج بیانگر آن است که از وتیور می‌توان در دفن‌گاه‌های قدیمی و حاشیهٔ دفن‌گاه‌های جوان فاقد سیستم زهکشی، به‌عنوان پوشش گیاهی برای پیشگیری از آلودگی و حفاظت از منابع آب و خاک به‌طور مؤثر استفاده کرد (Jalalipoor & Ghaemi., 2013; Hoseinzade et al., 2014). در زمینه کاربرد شیرابه در آبیاری درختان، Zalesny & Bauyer., (2007) به بررسی پروتکل هایی با هدف استفاده از کلون های برتر صنوبر و بید به‌عنوان پوشش گیاهی محل های دفن زباله پرداختند. در این مقاله به ارزیابی معیارهای موفقیت درخت مانند کلون های مناسب در زمینهٔ کاربرد آنها به‌عنوان پوشش گیاهی مراکز دفن زباله با تأکید بر استفاده از شیرابه در آبیاری درختان پرداخته شده است. همچنین Smesrud et al., (2012) در

www.SID.ir

Archive of SID

تحقیقی به مدیریت شوری برای آبیاری درختان صنوبر با شیرابه پرداختند. این تحقیق در مرکز دفنی در اورگن غربی انجام گرفت. در این مرکز دفن از سال ۱۹۹۳ با موفقیت از شیرابهٔ زباله در آبیاری درختان صنوبر استفاده می‌شود؛ به این ترتیب که برای کنترل تأثیرات شوری در مرکز، به‌طور پیوسته استفادهٔ مؤثر از آب و مواد غذایی در هر فصل رویش مدیریت می‌شود. در این پژوهش سابقهٔ پانزده‌ساله‌ای از داده‌های کاربردی ارائه شده که می‌تواند توسط دیگر محققان در مدیریت آبیاری با آب های شور برای درختان صنوبر به‌کار گرفته شود. زمانی که شوری به‌خوبی مدیریت شود، سیستم های درختی می‌توانند به فراهم کردن راه حل‌های مدیریت پایدار شیرابهٔ زباله در مراکز دفن کمک کنند. در تحقیق دیگری نیز Zalesny et al., (2007) به بررسی میزان رشد و تولید زی‌توده در درختان صنوبر آبیاری‌شده با شیرابهٔ زباله پرداختند. هشت کلون مختلف بررسی شد. این تحقیق نشان‌دهندهٔ نرخ زنده‌مانی و رشد متفاوت در کلون‌های مختلف بود، به‌طوری که برخی کلون‌ها در صورت آبیاری با آب شهری رشد بهتری نشان دادند و برخی در صورت آبیاری با شیرابهٔ زباله رشد بهتری داشتند. در ایران نیز در پژوهش Kalbasi & Gandomkar., (1997) به بررسی اثر شیرابهٔ زباله بر عملکرد و ترکیب شیمیایی ذرت و اثر آن بر برخی ویژگی‌های خاک پرداخته شد. نتیجهٔ تحقیق نشان داد که مصرف شیرابه با کاهش pH و افزایش مواد آلی، هدایت الکتریکی و مقدار قابل جذب ازت، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس در خاک همراه است. ایشان نتیجه گرفتند که شیرابهٔ زباله دارای پتانسیل زیادی به‌عنوان کود آلی مایع است و می‌تواند سبب ارتقای سطح باروری خاک به‌ویژه در خاک‌های غیر شور شود و برای گیاهان غیرحساس به شوری استفاده شود. هدف این تحقیق، بررسی اثر آبیاری با شیرابهٔ زباله بر ویژگی‌های شیمیایی درختان صنوبر و زبان‌گنجشک است. در واقع در این تحقیق امکان استفاده از شیرابه به‌دلیل محتوای غنی مواد آلی به‌عنوان نوعی کود یا منبع غذایی برای درختان و همچنین واکنش درختان زبان‌گنجشک و صنوبر در برابر تنش ناشی از آبیاری با شیرابهٔ زباله بررسی می‌شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در زمینهٔ بررسی امکان استفاده از شیرابهٔ زباله شهری مرکز دفن حلقه‌دره کرج، برای آبیاری درختان و میزان رشد و مقاومت درختان زبان‌گنجشک و صنوبر آبیاری‌شده با شیرابهٔ زباله با غلظت‌های مختلف انجام گرفت. این مرکز زیر نظر سازمان بازیافت شهرداری کرج فعالیت می‌کند و در جنوب غربی شهر کرج واقع شده است. مرکز دفن زبالهٔ حلقه‌دره، محل دفن زباله‌های شهری، بیمارستانی و نخاله‌های ساختمانی کرج است. جمعیت اطراف این منطقه به مرور زمان افزایش یافته و تمرکز جمعیتی در پیرامون مرکز زیاد شده است. شیرابه در حوضچه‌های مخصوص جمع‌آوری شده و به مرور زمان آب آن تبخیر می‌شود و بقیهٔ آن در زمین فرو می‌رود. برای اجرای تحقیق، شیرابهٔ زباله از مرکز دفن حلقه درهٔ کرج با تانکر به محل کاشت نهال‌ها واقع در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج) منتقل شده و در مخزن ۱۰۰۰ لیتری ریخته شد. سپس به‌منظور تعیین ویژگی‌های شیمیایی از شیرابهٔ خام نمونه‌برداری شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه آب و فاضلاب دانشگاه صنعتی شریف انتقال یافت. پس از بررسی‌های صورت‌گرفته روی شیرابهٔ خام به‌دلیل زیاد بودن مقدار گل ولای و درصد مواد جامد معلق، شیرابه در سه مرحله از فیلترهای غشایی عبور داده شد. به این منظور از سه فیلتر با اندازهٔ منافذ ۱، ۵ و ۱۰ میکرون استفاده شد و شیرابه با استفاده از پمپ از فیلترها عبور داده شد تا ذرات درشت آن گرفته شود. همچنین به‌منظور کاهش نسبی BOD و COD از پیش‌تیمار، هوادهی روی شیرابه استفاده شد. به این منظور شیرابه توسط پمپ هوادهی با استفاده از ۱۰ سنگ هوا به قطر ۵ سانتی‌متر به‌مدت ۱۰ روز هوادهی شد و پس از آن، دوباره از شیرابه نمونه گیری

www.SID.ir

Archive of SID

شده و به آزمایشگاه آب و فاضلاب انستیتو آب و انرژی دانشگاه صنعتی شریف منتقل شد. ویژگی‌های شیرابه براساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری و تعیین شد (APHA., 2005). در مرحلهٔ بعد، ۱۵ عدد نهال صنوبر *Populus deltoides* و زبان‌گنجشک *Fraxinus excelsior* سه‌ساله از نهالستان علوم دانشگاه تهران تهیه شد. در این مرحله تلاش شد همهٔ نهال‌ها، قطر و ارتفاع به‌نسبت برابر داشته باشند. نهال‌ها به محل کاشت انتقال یافتند و در آنجا با رعایت فاصلهٔ کاشت مستقر و کاشته شدند. خاک استفاده‌شده دارای کلاس بافتی لومی رسی بود. برخی نتایج خصوصیات مهم فیزیکی و شیمیایی خاک مورد نظر، در جدول ۴ ارائه شده است. همهٔ نهال‌ها به‌منظور استقرار مناسب در خاک به‌مدت دو هفته تنها با آب شهری (صفر درصد غلظت شیرابه) آبیاری شدند. در این تحقیق از پنج تیمار آبیاری و سه تکرار برای هر تیمار و از دو گونه صنوبر و زبان گنجشک به‌عنوان متغیر استفاده شد. ترکیب آب تیمارهای مختلف در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- ترکیب آب استفاده‌شده در آبیاری درختان صنوبر و زبان‌گنجشک

تیمار (درصد)	درصد آب	درصد شیرابهٔ زباله
۰	۱۰۰	۰
۲۵	۷۵	۲۵
۵۰	۵۰	۵۰
۷۵	۲۵	۷۵
۱۰۰	۰	۱۰۰

مقدار آبیاری برای هر درخت ۶ لیتر در هفته به‌صورت یک روز در میان بود و آبیاری در یک دورهٔ شش‌ماهه (یک فصل رویش) انجام گرفت. به‌دلیل کاشت نهال‌ها در فضای باز، سم‌پاشی و علف‌کشی نیز انجام گرفت. پس از پایان فصل رویش قطر درختان به‌منظور محاسبهٔ رویش اندازه‌گیری شد. سپس همهٔ نهال‌ها برداشت شده و به قطعات ریزتر خرد شدند و به کارگاه فراورده های مرکب چوبی گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه تهران انتقال یافتند و با دستگاه chopper به‌صورت خرده‌چوب درآمدند و در کوره با دمای ۷۰ درجهٔ سلسیوس به‌مدت یک هفته قرار داده شدند تا خشک شوند. سپس نمونه‌ها با آسیاب به پودر تبدیل شده و برای بررسی مقدار عناصر غذایی و فلزات سنگین به آزمایشگاه شیمی دانشگاه صنعتی شریف منتقل شدند. به‌منظور تعیین غلظت عناصر غذایی ماکرو و میکرو و فلزات سنگین در بافت گیاهی ساقه و برگ درختان برای آماده سازی نمونه ها از روش هضم خشک اسیدی استفاده شد. به این ترتیب که ابتدا حدود ۱ تا ۲ گرم از هر نمونه داخل ارلن ریخته شد. سپس برای به‌دست آوردن وزن خشک، ارلن‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجهٔ سلسیوس در آون قرار گرفتند. نمونه‌های خشک‌شده در ارلن به‌منظور تهیهٔ خاکستر به‌مدت ۲۴ ساعت در کوره قرار گرفتند. در مرحلهٔ بعد به‌منظور هضم اسیدی نمونه ها به داخل هر ارلن حدود ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۶۵ درصد اضافه شد. سپس محلول ایجادشده به‌منظور تکمیل عملیات هضم خشک روی هات‌پلیت قرار گرفت. حرارت دادن نمونه ها تا تبخیر تمام اسید موجود در ارلن ها ادامه یافت. پس از تبخیر، اسید توسط آب دیونیزه (دوبار تقطیر) حاوی یک درصد اسید نیتریک به حجم رسانده شد. در نهایت به‌منظور صاف کردن نمونه‌ها محلول های تهیه‌شده از کاغذ صافی واتمن۴۲ عبور داده شده و درون بطری‌هایی که از قبل توزین شده

www.SID.ir

Archive of SID

بودند ریخته شد و در نهایت دوباره وزن بطری‌ها اندازه‌گیری شد (Motesharezadeh., 2008). در پایان غلظت همهٔ عناصر توسط دستگاه جذب اتمی ICP-OES-70-ES Varian دانشکدهٔ شیمی دانشگاه صنعتی شریف اندازه‌گیری شد و تجزیه‌وتحلیل‌های آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام گرفت. برای این منظور از آزمون تجزیهٔ واریانس دوطرفه برای قضاوت معنی‌دار بودن تأثیر تیمارها بر مؤلفه های تحت بررسی و از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد برای مقایسهٔ میانگین ها استفاده شد.

نتایج

جدول ۲ مشخصات شیرابهٔ زبالهٔ خام برداشت‌شده از مرکز دفن زباله حلقه درهٔ کرج و مشخصات آن پس از عبور از فیلتر و هوادهی را نشان می‌دهد.

جدول ۲- ویژگی‌های شیرابهٔ زباله قبل و بعد از فیلتر و هوادهی

ویژگی	واحد	شیرابه خام	شیرابه پس از فیلتر و هوادهی
pH	-	۶	۵/۶
جامدات محلول	mg/L	۲۶۲۰۰	۱۸۰۰۰
کل مواد معلق	mg/L	۱۸۰۰	۲۹۴
رنگ	unit-pt-co	۱۷۷	۹۶
سختی کل (کربنات کلسیم)	mg/L	۱۳۷۰۰	۳۰۰۰
بی‌کربنات	mg/L	۲۸۵۰۰	۲۵۰۰
کلسیم	mg/L	۳۶۰۰	۲۵۴۰
سدیم	mg/L	۳۳۰۰	۳۱۰۰
پتاسیم	mg/L	۲۳۷۰	۲۱۶۰
منیزیم	mg/L	۱۱۵۰	۸۰۰
کلراید	mg/L	۲۱۴۰	۲۰۰۰
نیترات	mg/L	۶۱	۵۷
نیتروژن کل	mg/L	۱۲۵۰	۱۱۰۰
فسفر	mg/L	۱۷۰/۹	۱۵۶
سولفات	mg/L	۸۰۰	۷۴۵
سیلیسیم	mg/L	۶۴۰۰	۶۳۲۰
چربی	mg/L	۱۲۵۰	۱۰۷۰
COD	mg/L	۴۴۰۰۰	۲۸۹۵۰
BOD	mg/L	۱۰۸۰۰	۸۱۲۰
کادمیوم	mg/L	۰/۰۲	۰/۰۲
مس	mg/L	۰/۴	۰/۳۹
منگنز	mg/L	۱۴/۴۴	۱۲/۷۹
روی	mg/L	۱/۴۱	۱/۰۷
سرب	mg/L	۲/۶	۲/۴
آهن	mg/L	۵۷	۴۵
نیکل	mg/L	۱/۵۲	۱/۳
جیوه	mg/L	۰/۶۵	۰
کروم	mg/L	۰/۸۴	۰/۷۳
قابلیت هدایت الکتریکی	ms/cm	۱۷/۴	۱۵/۶

www.SID.ir

Archive of SID

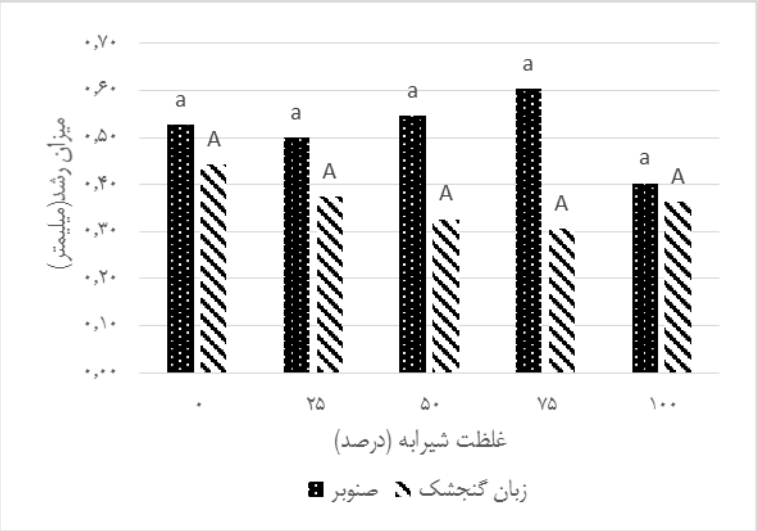
جدول ۳- استانداردهای کیفی فاضلاب تصفیه‌شدهٔ مورد استفاده در آبیاری (محمدی، ۱۳۸۴)

استاندارد	Cu	Cr	Ni	Pb	Fe	Mg	Mn	Zn	COD	BOD	EC
FAO	۰/۲	_	۰/۲	۵	۵	_	۰/۲	۲	_	_	۰/۷
EPA	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۵	۵	۲۵	۰/۲	۱	۱۲۰	۳۰	۰/۷
WHO	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۵	۵	_	۰/۲	۲	_	_	۰/۷
NAS	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۵	۵	_	۰/۲	۲	_	_	-
IRNDOE	۰/۲	۰/۱	۲	۱	۳	۱۰۰	۱	۲	۲۰۰	۱۰۰	-
JORDANIAN	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۵	۵	۶۰	۰/۲	۲	۵۰۰	۱۵۰	-

چنانکه مشاهده می‌شود هوادهی و فیلتراسیون شیرابه تأثیر چندانی بر ویژگی‌های شیرابه نداشته است. در کل شیرابه دارای هدایت الکتریکی زیادی است. بین عناصر غذایی کم‌نیاز، آهن بیشترین غلظت را در شیرابه دارد (۵۷ میلی‌گرم در لیتر). مقادیر مجاز ویژگی‌های پساب‌های مورد استفاده در آبیاری در استانداردهای مختلف متفاوت است. به‌منظور مقایسهٔ ویژگی‌های شیرابه با مقادیر مجاز تعریف‌شده در استاندارد حدود این ویژگی‌ها برای استانداردهای FAO، EPA، WHO، NAS، DOE، IRN و JORDANIAN در جدول ۳ نشان داده شده است. با مقایسهٔ مقادیر دو جدول می‌توان گفت مقدار مس، آهن، منگنز و نیکل بیشتر از حد مجاز تعریف‌شده در همهٔ استانداردهاست. کروم و منیزیم و BOD، COD و EC از حد مجاز تعریف‌شده در برخی استانداردها بیشتر است، اما در برخی استانداردها مانند FAO برای این عناصر محدودیتی قائل نشده اند. روی موجود در شیرابه کمتر از حد تعیین‌شده در همهٔ استانداردهاست. مقدار سرب در مقایسه با استاندارد ایران بیشتر از حد مجاز است.

مقدار رشد نهال‌ها

متوسط مقدار رشد (اختلاف قطر درخت در ابتدا و انتهای فصل رویش) درختان صنوبر و زبان‌گنجشک تحت آبیاری با غلظت های مختلف شیرابه پس از گذشت ۶ ماه در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- اثر متقابل گونه و غلظت‌های مختلف شیرابه بر میزان رشد درختان

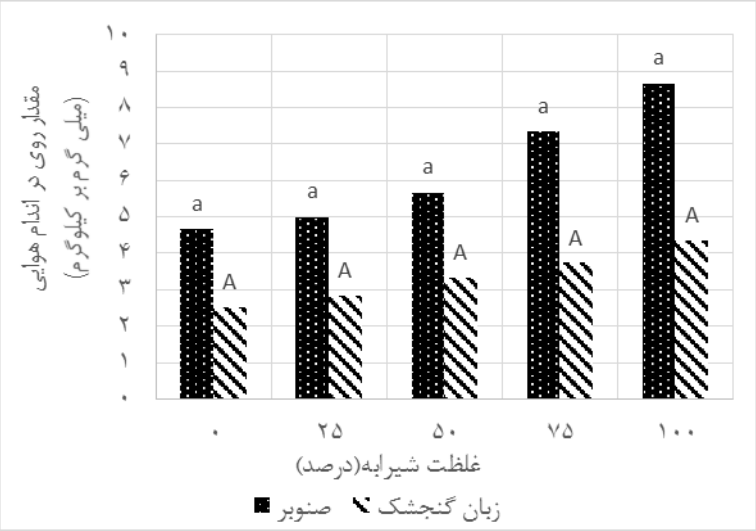
www.SID.ir

Archive of SID

همان طور که در شکل مشاهده می‌شود، مقدار رشد نهال گونه‌های صنوبر نسبت بـه زبـان‌گنجشـک بیشـتر است. علـت آن ممکـن اسـت تندرشـد بـودن درختـان صـنوبر باشـد. میـان غلظـت‌هـای مختلـف شـیرابه در هیچ‌کدام از گونه‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

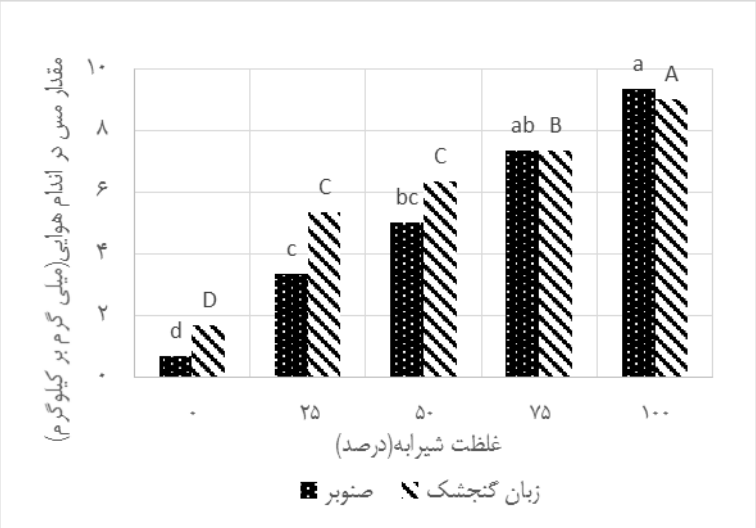
عناصر غذایی کم‌مصرف (روی، آهن، مس و منگنز)

شکل ۲ نشان‌دهندهٔ اثر متقابل گونه و غلظت‌هـای مختلف شیرابه بر مقدار روی در اندام هـوایی درختـان است.



شکل ۲- اثر متقابل گونه و غلظت‌های مختلف شیرابه بر مقدار روی در اندام هوایی درختان

در مورد عنصر روی طبق شکل ۲، مقدار آن در دو گونهٔ صنوبر و زبان گنجشک اخـتلاف معنـی‌دار دارد و در صنوبر بیشتر از زبان‌گنجشـک اسـت کـه علـت آن زیاد بودن نرخ تعرق و جذب درختان صنوبر نسبت بـه زبـان‌گنجشـک اسـت، امـا مقـدار آن در درصـدهای مختلف شیرابه تفاوت معنی‌داری ندارد و در هیچ‌کـدام از نمونه ها مقدار آن به بـالای حـد مجـاز مقـدار روی (۱۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در گیاهان نرسیده است (Salardini., 1992). شـکل ۳ نشـان‌دهنـدهٔ اثـر متقابل گونه و غلظت های مختلـف شـیرابه بـر مقـدار مس در اندام هوایی درختان است.

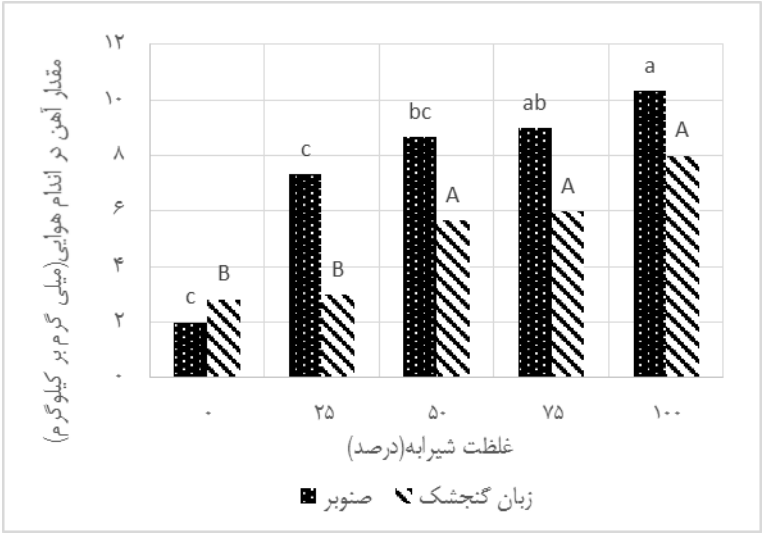


شکل ۳- اثر متقابل گونه و غلظت‌های مختلف شیرابه بر مقدار مس در اندام هوایی درختان

www.SID.ir

Archive of SID

مطابق شکل، بررسی اثر متقابل گونه و غلظت شیرابه بر مقدار مس در اندام هوایی درختان نشان می‌دهد که مقدار آن میان دو گونهٔ صنوبر و زبان‌گنجشک اختلاف معنی‌داری ندارد، اما با افزایش غلظت شیرابه از صفر تا ۱۰۰ درصد به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است و این افزایش در هر دو گونهٔ صنوبر و زبان گنجشک نمایان است. گروه‌بندی دانکن برای داده های حاصل از بررسی آماری اثر متقابل گونه و غلظت شیرابه بر مقدار مس درختان صنوبر و زبان‌گنجشک نشان می‌دهد که مقدار آن برای غلظت های ۲۵ با ۵۰ درصد در یک گروه و برای هر یک از تیمارهای ۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد در گروه‌های جداگانه قرار می‌گیرد و با افزایش غلظت شیرابه روندی افزایشی دارد. با توجه به اینکه حد مجاز مقدار مس در گیاهان ۲ تا ۲۰ درصد است (Salardini., 1992). مقدار آن در هیچ یک از دو گونه به حد مسمومیت برای گیاه نرسیده است. شکل ۴ نشان‌دهندهٔ اثر متقابل گونه و غلظت های مختلف شیرابه بر مقدار آهن در ساقه درختان است.



شکل ۴- اثر متقابل گونه و غلظت‌های مختلف شیرابه بر مقدار آهن در اندام هوایی درختان

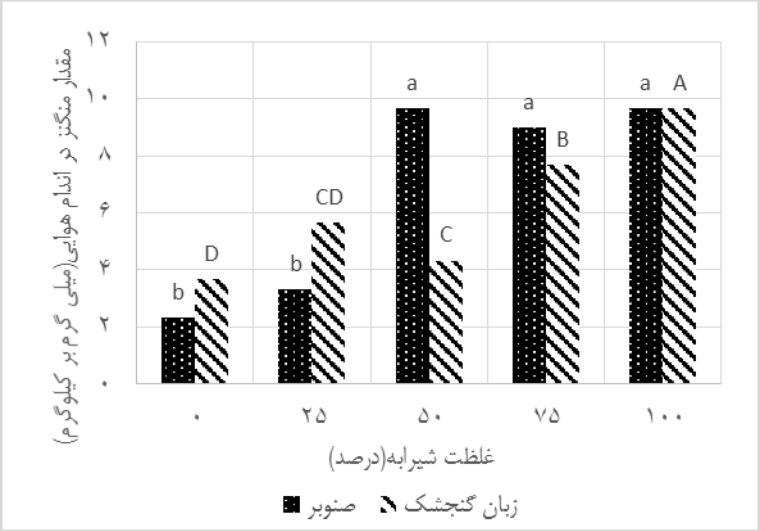
چنانکه مشاهده می‌شود مقدار آهن میان دو گونهٔ صنوبر و زبان گنجشک اختلاف معنی‌داری دارد و در گونهٔ صنوبر بیشتر است. گروه‌بندی دانکن برای اثر متقابل گونه و غلظت شیرابه در نمودار نشان داده‌شده طبق نمودار میانگین مقدار آهن برای تیمار ۵۰ با ۷۵ درصد و ۷۵ با ۱۰۰ درصد در یک گروه قرار می‌گیرد و هر یک از تیمارهای صفر و ۲۵ در گروه‌های جداگانه‌ای قرار می‌گیرد و در کل مقدار مس با افزایش غلظت شیرابه این گروه‌ها افزایش می‌یابد. ضمن اینکه مقدار آن در هیچ یک از تیمارهای هر دو گونه به بیشتر از حد مجاز (۴۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) (Salardini., 1992) نرسیده است. شکل ۵ نشان‌دهندهٔ اثر متقابل گونه و غلظت‌های مختلف شیرابه بر مقدار منگنز در اندام هوایی درختان است.

چنانکه مشاهده می‌شود، دربارهٔ اثر متقابل غلظت شیرابه و گونه بر مقدار منگنز نیز تفاوت معنی‌داری بین دو گونهٔ صنوبر و زبان‌گنجشک مشاهده نمی‌شود. براساس گروه‌بندی دانکن، مقدار منگنز تیمار صفر با ۲۵ و ۵۰ با ۷۵ و ۷۵ با ۱۰۰ در یک گروه قرار می‌گیرند و این گروه‌ها با هم اختلاف معنی‌دار دارند و روند آن با افزایش غلظت شیرابه افزایشی است. مقدار مجاز منگنز در گیاهان ۲۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (Salardini, 1992). مقدار متوسط منگنز در اندام هوایی درختان صنوبر و زبان‌گنجشک

www.SID.ir

Archive of SID

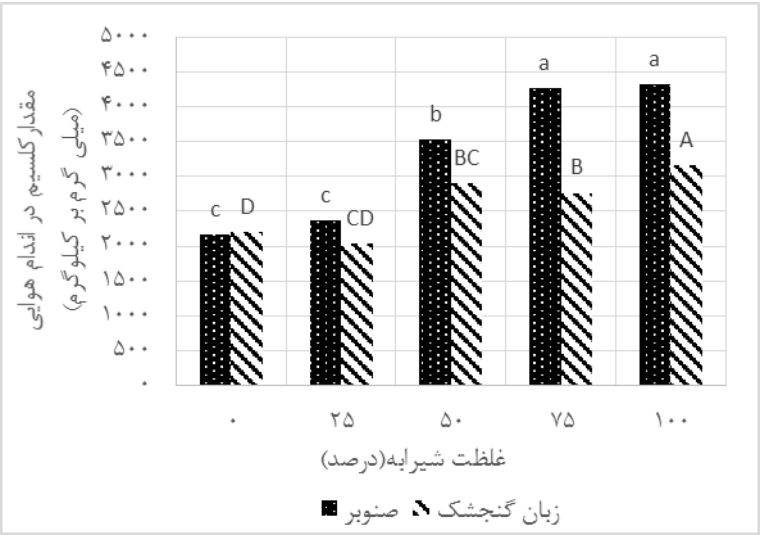
کمتر از این مقدار است و درختـان دچـار مسـمومیت نشده‌اند.



شکل ۵- اثر متقابل گونه و غلظت‌های مختلف شیرابه بر مقدار منگنز در اندام هوایی درختان

عناصر تغذیه‌ای ثانویه

شکل ۶ نشان‌دهندهٔ اثر متقابل گونه و غلظـت‌هـای مختلف شیرابه بر مقدار کلسیم در اندام هوایی درختـان است. همان‌گونه که در شکل ۶ مشاهده می‌شود مقـدار کلسیم در درختان صـنوبر بـا زبـان‌گنجشـک اخـتلاف معنـی‌داری دارد و در گونـهٔ صـنوبر بیشـتر از گونـهٔ زبان‌گنجشک است. براساس گروه‌بندی دانکـن اثرهـای متقابـل گونـه و غلظـت شـیرابه، مقـدار کلسـیم بـرای تیمارهای صفر و ۲۵ درصد در یک گروه و غلظـت‌هـای ۷۵ و ۵۰ درصد در یک گروه قرار می‌گیرنـد و اخـتلاف این گروه‌ها با هم و با تیمار ۱۰۰ درصد معنی‌دار و روند تغییـرات آن افزایشـی اسـت. ازآنجـا کـه مقـدار مجـاز کلسیم در بافت گیاهی ۱۰۰۰۰ تا ۴۰۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (Salardini., 1992) در هیچ یک از ایـن دو گونه مسمومیت ناشی از کلسیم مشاهده نشد.

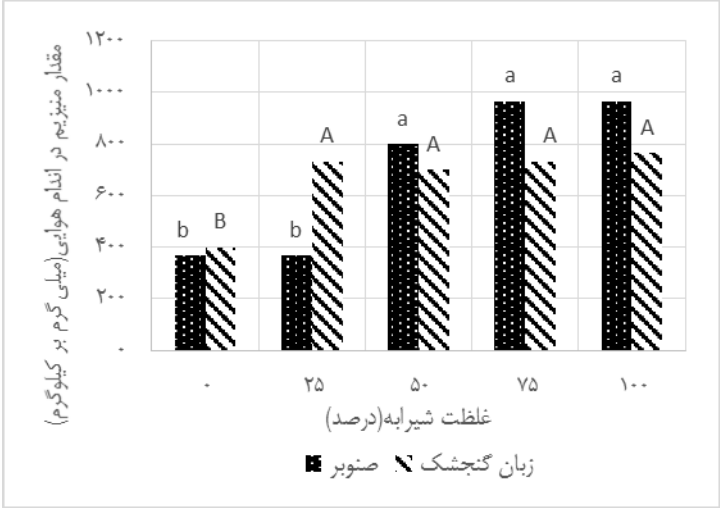


شکل ۶- اثر متقابل گونه و غلظت‌های مختلف شیرابه بر مقدار کلسیم در اندام هوایی درختان

www.SID.ir

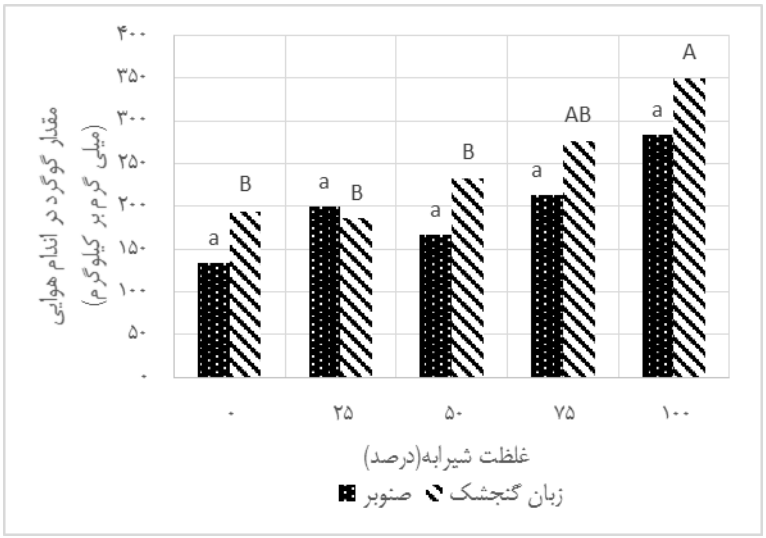
Archive of SID

شکل ۷ نشان‌دهندهٔ اثر متقابل گونه و غلظت‌های مختلف شیرابه بر مقدار منیزیم در اندام هوایی درختان است.



شکل ۷- اثر متقابل گونه و غلظت‌های مختلف شیرابه بر مقدار منیزیم در اندام هوایی درختان

چنانکه مشاهده می‌شود مقدار منیزیم در درخت صنوبر و زبان گنجشک با هم اختلاف معنی‌داری ندارند. نتایج گروه‌بندی دانکن نشان می‌دهد که مقدار منیزیم تیمارهای ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد با هم در یک گروه قرار می‌گیرند و با هر یک از تیمارهای صفر و ۲۵ درصد اختلاف معنی‌دار دارند و با افزایش غلظت شیرابه افزایش می یابند. ازآنجا که مقدار مجاز عنصر منیزیم برای درختان ۱۰۰۰ تا ۷۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (Salardini., 1992) می‌توان گفت در هیچ یک از نمونه ها مقدار منیزیم به فراتر از حد مجاز نرسیده است. شکل ۸ نشان دهندهٔ اثر متقابل گونه و غلظت های مختلف شیرابه بر مقدار گوگرد در اندام هوایی درختان است.



شکل ۸- اثر متقابل گونه و غلظت‌های مختلف شیرابه بر مقدار گوگرد در اندام هوایی درختان

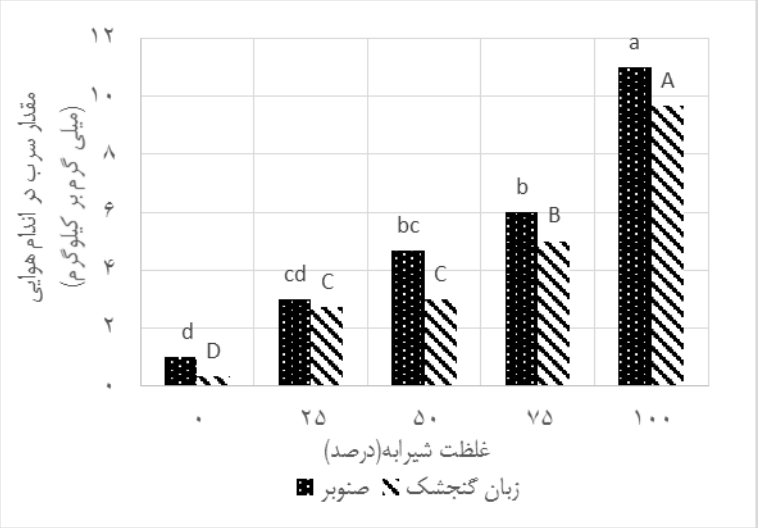
www.SID.ir

Archive of SID

چنانکه مشاهده می‌شود مقدار گوگرد بین گونه صنوبر و زبان‌گنجشک اختلاف معنی‌داری ندارد، نتایج حاصل از گروه‌بندی دانکن در شکل ۸ نشان می‌دهد که مقدار گوگرد برای تیمارهای صفر با ۲۵ درصد در یک گروه قرار می‌گیرند اما با گروه‌های دیگر اختلاف معنی‌دار دارند و در مجموع با افزایش غلظت شیرابه افزایش می‌یابند.

فلزات سنگین

بنابر نتایج آنالیز شیرابه در میان فلزات سنگین سرب، جیوه، نیکل، کروم و کادمیم بیشترین غلظت متعلق به سرب است. شکل ۹ نشان‌دهندهٔ اثر متقابل گونه و غلظت‌های مختلف شیرابه بر مقدار سرب در اندام هوایی درختان است.



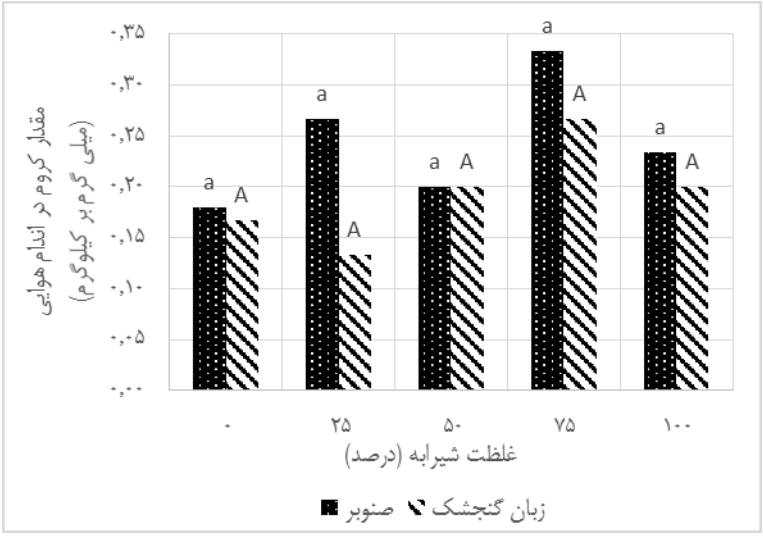
شکل ۹- اثر متقابل گونه و غلظت‌های مختلف شیرابه بر مقدار سرب در اندام هوایی درختان

چنانکه مشاهده می‌شود مقدار سرب در اندام هوایی درختان صنوبر و زبان گنجشک با هم اختلاف معنی‌داری ندارند، اما با افزایش غلظت شیرابه مقدار آن به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. گروه‌بندی دانکن در شکل ۹ نشان می‌دهد مقدار سرب برای تیمارهای ۲۵ با ۵۰ درصد در یک گروه قرار می‌گیرد و با گروه‌های دیگر اختلاف معنی‌دار دارد. مقدار سرب تا غلظت ۵۰ درصد کمتر از حد مسمومیت درختان است. شکل‌های ۱۰ و ۱۱ نشان‌دهندهٔ اثر متقابل گونه و غلظت‌های شیرابه بر مقدار کروم و کبالت در اندام هوایی درختان است.

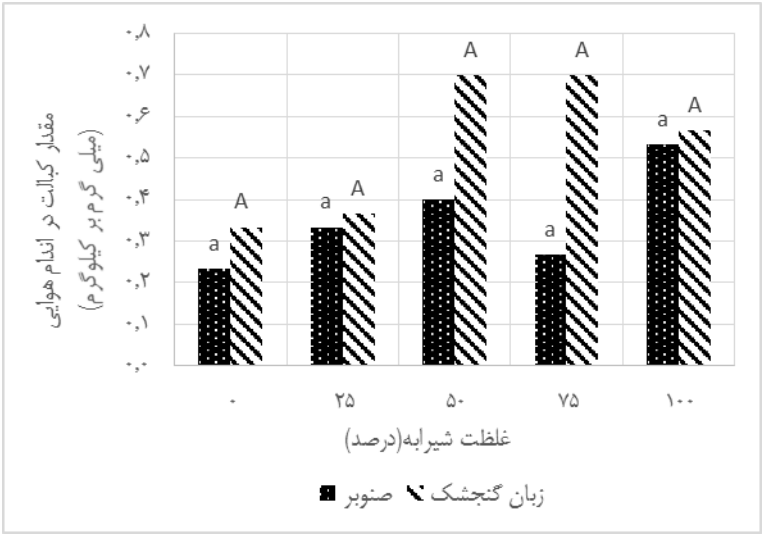
مطابق شکل، در مورد مقدار دو فلز سنگین کروم و کبالت تفاوت معنی‌داری میان دو گونهٔ صنوبر و زبان‌گنجشک مشاهده نمی‌شود و اختلاف بین تیمارهای مختلف غلظت شیرابه نیز به چشم نمی‌خورد. چنانکه مشاهده می‌شود نمودارهای مربوط به تغییرات مقدار کبالت و کروم با افزایش غلظت شیرابهٔ مورد استفاده در آبیاری روند مشخصی ندارد. مقدار مجاز کروم در بافت گیاه ۰/۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (Rouniasi & Parvizi mosaed., 2016) که در تمام نمونه‌ها بیشتر از حد تعیین‌شده است، اما با توجه به اینکه رشد درختان آبیاری‌شده با شیرابه در غلظت های ۲۵ تا ۷۵ درصد افتی نشان نداده، می‌توان گفت درختان در برابر تنش آلودگی ناشی از کروم مقاومت کرده‌اند. در مورد عنصر کبالت مقدار مجاز آن در بافت گیاهی ۱ تا ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (Movahedi., 2008) که در همهٔ درختان در حدود مجاز است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۰- اثر متقابل گونه و غلظت‌های مختلف شیرابه بر مقدار کروم در اندام هوایی درختان



شکل ۱۱- اثر متقابل گونه و غلظت‌های مختلف شیرابه بر مقدار کبالت در اندام هوایی درختان

اثرهای متقابل گونه و غلظت‌های مختلف شیرابه بر ویژگی‌های خاک

جدول ۴ نشان‌دهندهٔ ویژگی‌های خاک قبل از کاشت نهال‌ها و پس از کاشت و آبیاری با تیمارهای مختلف شیرابه است. در جدول گروه‌بندی دانکن برای هر مورد مشخص شده است.

بنابر نتایج به‌دست‌آمده از آنالیز اثر متقابل گونه و غلظت شیرابه بر ترکیب شیمیایی خاک می‌توان گفت با افزایش غلظت شیرابهٔ زباله مقدار عناصر فسفر، روی، نیتروژن، آهن و منگنز خاک به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. در مورد مقدار مس در خاک اختلاف معنی‌دار میان تیمارهای مختلف شیرابه مشاهده نمی‌شود. غلظت عناصر روی، فسفر و آهن به‌طور معنی‌داری در خاک کاشت گلدان‌های زبان‌گنجشک بیشتر از صنوبر است. می‌توان علت این موضوع را به بیشتر بودن مقدار جذب صنوبر نسبت داد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که با افزایش غلظت شیرابه، هدایت الکتریکی خاک به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد که

www.SID.ir

Archive of SID

نشان‌دهندهٔ شور شدن تدریجی خاک با افزایش غلظت شیرابهٔ استفاده‌شده در آبیاری است.

جدول ۴- اثر غلظت شیرابه بر ویژگی‌های خاک کاشت

	مس(mg/kg)	منگنز	روی (mg/kg)	آهن	فسفر	نیتروژن درصد	هدایت الکتریکی $dS.m^{-1}$
خاک قبل از کاشت	۳	۲۷/۵	۵/۵	۱۹	۷۰/۸	۰/۶۵	۴/۷
صنوبر-۰	۲/۵۴	۲۵/۹۳a	۴/۰۹a	۱۴/۹۷a	۵۹/۶a	۰/۶۱a	۴/۳۶a
زبان‌گنجشک-۰	۲/۶	۲۷/۳۳a	۵/۱۷a	۱۸/۳۳a	۶۸/۳۳a	۰/۵۶a	۴/۳a
صنوبر-۲۵	۳/۳	۳۱/۶۷a	۶/۰۷a	۱۷/۶۷b	۶۶/۳۳b	۰/۶۱a	۵/۲۶b
زبان‌گنجشک-۲۵	۳/۷۳	۲۴a	۷/۱۳a	۳۴/۶۷b	۸۳/۶۷b	۰/۶۱a	۴/۷۶b
صنوبر-۵۰	۳	۴۱b	۱۰/۳b	۲۱/۶۷c	۶۷b	۰/۸ab	۴/۹b
زبان‌گنجشک-۵۰	۳/۹۶	۳۷/۳۳b	۱۸/۲۳b	۶۷c۴/c	۸۷/۶۷b	۰/۶۵ab	۵b
صنوبر-۷۵	۴/۴۳	۴۷c	۱۲/۱۷c	۲۸/۶۷d	۷۳c	۰/۷۵b	۵/۲b
زبان‌گنجشک-۷۵	۴/۹	۴۸/۳۳c	۲۴c	۴۶/۶۷d	۱۱۵c	۰/۹b	۵b
صنوبر-۱۰۰	۳/۳۶	۵۶c	۱۹/۳۳d	۳۶/۳۳e	۱۳۲/۶۷d	۱/۷c	۷/۶۶c
زبان‌گنجشک-۱۰۰	۳/۵	۵۱/۶۶c	۳۵d	۵۷/۶۷e	۱۵۵d	۱/۳c	۸/۵c

*صنوبر-۲۵ به‌معنای خاکی است که در آن درخت صنوبر کاشته شده و با شیرابه با غلظت ۲۵ درصد آبیاری شده است.

بحث

با توجه به نتایج تحقیق می‌توان گفت شیرابهٔ بررسی‌شده حاوی مواد مغذی و مفید برای حیات و رشد درختان نظیر گوگرد، منیزیم و کلسیم و عناصر تغذیه‌ای کم‌مصرف مس، روی، آهن و منگنز است به همین دلیل با افزایش غلظت شیرابهٔ زباله مقدار عناصر غذایی میکرو به‌جز عنصر روی، همچنین مقدار عناصر غذایی ماکرو و فلز سنگین سرب در اندام هوایی درختان افزایش می‌یابد. این نتیجه با یافته‌های Jalalipoor & Ghaemi., (2013) مطابقت دارد. در واقع می‌توان گفت شیرابهٔ زباله به‌طور طبیعی حاوی مقدار زیادی از عناصر یادشده است که به‌علت وجود مواد آلی زیاد به‌صورت کلات‌های آلی درمی‌آید و سبب افزایش حلالیت و قابلیت جذب این عناصر در خاک می‌شود. زیاد بودن آهن در اندام‌های هوایی درختان آبیاری‌شده با تیمارهای شیرابه نسبت به شاهد احتمالاً به‌دلیل زیاد بودن مقدار آهن شیرابه و کاهش pH و کلاته شدن آهن به‌وسیلهٔ مواد آلی بوده است. با افزایش غلظت شیرابه، مقدار جذب آهن در گیاه بیشتر شده است. در مورد عناصر روی و منگنز نیز همین روند مشاهده می‌شود. به‌طور کلی می‌توان گفت این عناصر غذایی مورد نیاز، توسط درخت جذب شده است. Baldatoni et al., (2001) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند در تحقیق ایشان نیز عناصر روی، مس و آهن موجود در خاک به‌خوبی در بافت درختان صنوبر تجمع یافتند. روی یک عنصر کمیاب ضروری برای گیاهان است که به‌عنوان فعال‌کننده و کوفاکتور برخی آنزیم‌های حیاتی گیاهی از جمله کربونیک آنهیدرازها، هیدروژنازها، آلکین فسفاتازها، فسفولیپازها و RNA پلیمرازها در متابولیسم پروتئین‌ها، قندها، اسیدهای نوکلئیک، چربی‌ها، فتوسنتز گیاه و بیوسنتز اکسین به عنوان یک

www.SID.ir

Archive of SID

هورمون محرک رشد ایفای نقش می‌کند (Dehghan., 2015). عناصر کلسیم، منیزیم و گوگرد را عناصر پرمصرف غذایی ثانویه می‌نامند و گیاه این عناصر را به مقدار زیادی جذب می‌کند (Mollahoseini et al., 2010). گوگرد به‌دلیل اهمیت اساسی در تغذیهٔ گیاه، اصلاح خاک‌های آهکی، شور و قلیا و افزایش بازده مصرف عناصر دیگر مانند نیتروژن و فسفر موجب افزایش عملکرد محصول می‌شود (Khademi et al, 2014). در مورد فلزات سنگین، مشاهده شد که مقدار سرب تا غلظت ۵۰ درصد کمتر از حد مسمومیت بود و در غلظت ۷۵ درصد که مقدار جذب سرب به حدود مسمومیت گیاه نزدیک بود، نشانه های مسمومیت در گیاهان و کاهش رشد مشاهده نشد، اما در غلظت ۱۰۰ درصد تا حدودی رشد درختان صنوبر کاهش یافت و برگ درختان زبان‌گنجشک زرد شد که ممکن است ناشی از مسمومیت با سرب باشد. سرب به طور طبیعی در همهٔ گیاهان وجود دارد، اما این فلز هیچ‌گونه نقش ضروری در سوخت‌وساز گیاهان ندارد. سرب در سال‌های گذشته به‌عنوان نوعی آلایندهٔ فلزی عمده در محیط زیست و به عنوان یک عنصر سمی برای گیاهان توجه زیادی را به خود جلب کرده است. Broyer et al., (1972) این موضوع را بررسی کرده‌اند و به این نتیجه رسیده اند که اگر سرب برای گیاهان ضروری باشد، غلظت ۶-۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم کافی است. سرب در گیاه می‌تواند از برخی فرایندهای حیاتی گیاه مانند فتوسنتز، تقسیم سلولی و جذب آب ممانعت کند و با نشانه های سمی به‌صورت برگ‌های سبز تیره، پژمردگی برگ‌های مسن‌تر، توقف رشد شاخه و برگ و ریشه‌های کوتاه قهوه‌ای همراه باشد (Dehghan., 2015). نتایج با یافته‌های تحقیقات الشایب و همکاران و نیز چلیک و همکاران مطابقت دارد (Alshayeb et al., 2001; Celik et al., 2005). در زبان‌گنجشک نیز این نتایج با یافته‌های تحقیق فمی و همکاران تطابق دارد (Fami et al., 2016). علت بیشتر بودن مقدار برخی عناصر در درختان صنوبر و همچنین رشد بیشتر آن در مقایسه با درختان گونهٔ زبان گنجشک، تندرشد بودن و زیاد بودن تعرق و نرخ جذب گونهٔ صنوبر است (Jordahl et al., 2003). برپایهٔ نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه وتحلیل خاک می‌توان گفت با افزایش غلظت شیرابهٔ زباله مقدار عناصر فسفر، روی، نیتروژن، آهن و منگنز به‌طور معنی‌داری هم برای زبان‌گنجشک و هم برای صنوبر افزایش یافته است. در مورد مس در خاک کاشت نهال‌های صنوبر اختلاف معنی‌دار میان تیمارهای مختلف شیرابه مشاهده نمی‌شود، اما در زبان‌گنجشک اختلاف معنی‌دار است. علت آن ممکن است جذب این عناصر در صنوبر در غلظت های زیاد باشد، به‌طوری که اثر افزایش غلظت شیرابه به‌دلیل جذب این عناصر در درخت در نتایج آنالیز خاک مشهود نشده است. همچنین مشاهده می‌شود که غلظت عناصر مس، روی و آهن در خاک کاشت گلدان‌های زبان‌گنجشک بیشتر از صنوبر است. می‌توان علت این امر را به بیشتر بودن جذب صنوبر به‌عنوان گونهٔ تندرشد نسبت داد.

در مجموع با توجه به نتایج می‌توان گفت کاربرد شیرابه در خاک سبب افزایش مقدار فسفر، نیتروژن، روی، آهن و منگنز در خاک و مقدار عناصر غذایی در گیاه می‌شود، اما تا غلظت ۷۵ درصد شیرابه اثری از مسمومیت در درختان مشاهده نشد. با توجه به ترکیب شیرابه از نظر عناصر غذایی، مواد آلی و pH و با توجه به نتایج به‌دست‌آمده شیرابه را می‌توان به‌عنوان کود مایع کامل برای تقویت خاک به‌کار برد. اما کاربرد مقدار زیاد آن در خاک یا استفادهٔ مکرر از آن در یک خاک توصیه نمی‌شود. برای تعیین حداقل شیرابهٔ مورد نظر برای کاهش آثار شوری به تحقیقات بیشتری نیاز است به‌عنوان مثال Kalbasi & Gandomkar., (1997)، مقدار کاربرد شیرابه تا ۴۰۰ تن در هکتار را برای خاک‌های غیرشور و گیاهان غیر حساس به شوری توصیه کرده‌اند. یکی از محدودیت‌های تحقیق، دشواری کار در شرایط

www.SID.ir

Archive of SID

محیطی و عوامل مؤثر بر نتیجهٔ تحقیق مانند مشکل آفات و نوسان‌های شرایط اقلیمی بود. همچنین زمان طولانی اجرای پژوهش، یکی دیگر از محدودیت‌های تحقیق بود که پیشنهاد می‌شود به‌صورت طرح و در طول دورهٔ چندساله اجرا و تداوم یابد. همچنین بخش اول تحقیق می‌تواند در شرایط گلخانه‌ای طراحی شود. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات بعدی به بررسی تعیین حد مناسب استفاده از شیرابه برای خاک‌ها و گونه‌های مختلف پرداخته شود. از نکات مهم دیگر، پایش دائمی شرایط موجود در صورت استفاده از آبهای نامتعارف و شیرابه است. آثار کوتاه‌مدت، میان‌مدت و طولانی‌مدت آن بر اکوسیستم و خاک باید در نظر گرفته شود. به‌منظور بررسی آثار زیست‌محیطی کاربرد شیرابه پیشنهاد می‌شود تحقیق در دورهٔ دست‌کم دوساله در بستر مناسب انجام گیرد و مقدار فلزات سنگین و شوری در عمق‌های مختلف خاک اندازه‌گیری شود. همچنین پیشنهاد می‌شود پیش از استفاده از شیرابهٔ زباله با ایجاد تالاب مصنوعی که در آن از گیاهانی مانند وتیور[1] که در گیاه‌پالایی موفق عمل کرده‌اند استفاده شود و سپس شیرابه‌ای که با این روش تا حدی پیش‌تصفیه شده برای آبیاری یا به‌عنوان کود به‌کار رود.

سپاسگزاری

از سازمان سیما، منظر و فضای سبز شهرداری کرج، معاونت خدمات شهری شهرداری کرج و قطب علمی مدیریت کاربردی گونه‌های چوبی تندرشد دانشگاه تهران بابت همکاری و حمایت‌های مالی‌شان در اجرای این پروژه تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Al-shayeb, S. M. & Seaward. M. (2001). Heavy metal content of road side soils along ring road in Riyadh (Saudi Arabia). *Journal of Chemistry*, 13 (2), 407-423.

Baldantoni, D., Cicatelli, A., Bellino, A. & Castiglione, S. (2001). Different behaviors in phytoremediation capacity of two heavy metal tolerant Poplar clones in relation to iron and other trace elements. *Journal of Environmental, 146*, 94-99.

Broyer, T. C., Johnson, C. N. & Paull, R. E. (1972). Some aspects of lead in plant nutrition, *Journal of Plant and Soil*, 36, 301-313.

Celik, A., Kartal, A. A., Akdogan, A. & Kaska, Y. (2005). Determining the heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using Robinio pseudo-acacia. *Journal of Environment International, 31, 105-112.*

Chandra, R. & Houk, K. (2018). Phytoremediation and physiological effect of mixed heavy metals on poplar hybrids. *Intech Open, Chapter11*.

Cicatelli, A., Lingua, G., Todeschini, V., Biondi, S., Torrigiani, P. & Castiglione, S. (2010). Arbuscular mycorrhizal fungi restore normal growth in a white poplar clone grown on heavy metal-contaminated soil, and this is associated with upregulation of foliar metallothionein and polyamine biosynthetic gene expression. *Journal of Annals of Botany, 106* (5), 791–802.

Dehghan, M. R. (2015). Investigation potential of two plant species regarding absorption of heavy metals from soil (case study: ChaparGhoymaregion, Golestan province. *Msc thesis. Semnan University, 112pp.*

Fami, M., Kord, B. & Fatemitalab, S. R. (2016). Phytoremediation of soil polluted in lead in use with tree species plane, Elm and Ash (case study: Tehran city). *National Conference on Research and Technology Findings in Natural Ecosystems and Agriculture.*

[1] *Chrysopogon zizanioides*

www.SID.ir

Archive of SID

Ghaemi, A. A. & Majdeddin, F. (2016). Investigation of the phytoremediation of Vetiver and Eucalyptus by absorption of heavy metals from sewage in contaminated soil with landfill leachate. *Journal of Water Engineering, 9*, 95-106.

Heidari, F., Adibian, M. & Bahramifar, N. (2013). Potential of Poplar leaf phytoremediation in industrial polluted soil. *First National Conference on Environmental Research in Iran. Hamedan. Mofateh University.*

Hosseinzadeh monfared, S., Shirvany, A., Matinzadeh, M., Zahedi Amiri, G., Mousavifard, R. & Rostami, F. (2014). Phytoremediation potential in Platanus orientalis and Fraxinus rotundefolia (case study: 22bahman park.karaj). *Joutnal of Renewable Natural Resources Research, 4(1), 39-47.*

Jalalipoor, H. & Ghaemi, A. A. (2013). A study of the ability of Vetiver grass to refinement city landfill residual. *Journal of Iranian Water Research, 7(12), 45-52.*

Jordahl, J. L., Madison, M. F., Smesrud, J. K., Emond, H. M. & Motte, M. Q. (2003). Waste management using trees: waste water, leachate, and ground water irrigation, phytoremediation: transformation and control of contaminants. *John Wiley & sons press*

Kalbasi, M. & Gandomkar, A. (1997). Effect of municipal waste leachate on chemical properties of corn and some soil properties. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*. 2: 41-51.

Khademi, A., Golchin, A., Shafiei, S. & Zaree, E. (2014). Effect of manure and sulfur on utrients uptake by corn. *Journal of Agronomy (Pajuhesh&Sazandegi), 103, 2-11*.

Rahimi, M, Roodbari, A. & Rahimi, Z. (2012). Reducing the waste volume and leachate through designing and producing an indoor waste compactor. *Journal of Knowledge & Health, 6 (4), 31-34.*

Mohamadinia. G. 1995.Chemical of latex and its effects on soil and plant. *Msc thesis. Isfahan University of Technology, 184pp.*

Rouniasi, N. & Parvizi Mosaed, H. (2016). Investigating the amount of heavy metals in different parts of some consumable vegetables in Karaj city. *Journal of Health & Environment, 9(2), 171-184*

Salardini, A. (1992). Soil fertility. *University of Tehran press, 440pp.*

Smesrud, J. k., Duvendack, G. D., Obereiner, J. M., Jordahl, J. L. & Madison. M. (2012). Practical salinity management for leachate irrigation to poplar trees. *Journal of Phytoremediation*. 14: 26-46.

Standard methods for examination of water and waste water. (2005). *19th ed. Washington. APHA. AWWA. WPCF:*

Mollahoseini, H., Solhi, M. & Shahriyari, H. (2010). Nutrition and fertilization of greenhouse products. *Journal of organization of agricultural jahad Isfahan, 26pp.*

Motesharezadeh, B. (2008). Study of the possibility of increasing phytoremediation efficiency in heavy metal-contaminated soil by biological factors. *PhD Thesis University of Tehran, 242 pp.*

Movahedi, M. (2008). Tolerance, uptake and accumulation of cobalt by Alyssum bractetum bios & bohse. (Brassicaceae*). M.sc Thesis University of Isfahan, 161pp.*

Zalesny, J. A., Zalesny, R.S., Coyle, D. & Hall, R. B. (2007). Growth and biomass of Populus irrigated with landfill leachate. *Journal of forest ecology and management*. 248:143-152

Zalesny, R. & Bauer, E. (2007). Selecting and utilizing Populus and Salix for landfill covers: implications for leachate irrigation. *Journal of Phytoremediation*. 9: 497-511.

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Forest
Vol. 11, No. 4, Winter 2020
pp. 459-475

Research Article

Effect of irrigation with municipal landfill leachate on the chemicals content of the tree shoots of Populous (*Populus deltoides*) and Fraxinus (*Fraxinus excelsior*)

A. Moezzipour[1], K. Pourtahmasi[2], B. Motesharezadeh[3*], R.Oladi[4], and A. Ramazani Saadatabadi[5]

[1] Ph.D., Graduate Student of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran
[2] Professor. Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran
[3]Associate Prof., Department of Soil Science, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Iran
[4] Associate Prof., Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran
[5] Professor. Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, Sharif University of Technology

(Received: 01 June 2019, Accepted: 04 August 2019)

Abstract

In this study, the effect of irrigation with landfill leachate on the chemicals concept of the tree branches of Populous and Fraxinus was investigated. The treatments included different concentrations of landfill leachate (0, 25, 50, 75 and 100%). The results of the interaction effect of kind of species and concentration of landfill leachate on the chemicals concept of tree branches showed that increased concentration of landfill leachate leads to increasing of the micro nutrient amounts except zinc, the amount of macro nutrients and also heavy metal of plumbum. On the other hand, the amount of iron, zinc and calcium in shoot of Populous was significantly higher than that of Fraxinus trees which was resulted from being fasting growth and high level of absorbance of populous as compared to Fraxinus. According to the results of soil analysis, it can be said that increased concentration of landfill leachate resulted in the significant increasing of the amount of phosphorus, zinc, nitrogen, ferrus and manganese in the soil. Overall, the results confirmed that utilization of landfill leachate for irrigation of trees leads to increased amount of some nutrients in the soil and shoot trees but there have been no sign of toxicity in trees until concentration of 75% of landfill leachate. So, it can be concluded that landfill leachate has potential to be used as liquid fertilizer and its heavy metal concept is tolerable for populous and fraxinus trees. With proper management it can be utilized as fertilizer for reinforcement of soil and some of tree species.

Key worlds: Soil pollution, Nutrient element, Urban green space, Heavy metal

∗Corresponding author Tel: +9891222022388 Email: lmoteshare@ut.ac.ir

www.SID.ir