



اثر آبیاری با شیرابه زباله بر مقدار عناصر شیمیایی در اندام هوایی درختان صنوبر و زبان گنجشک

ایدا معزی پور^۱، کامبیز پورطهماسی^۲، بابک متشرعزاده^{۳*}، رضا اولادی^۴، احمد رضانی سعادت آبادی^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 دانشکده مهندسی شیمی و نفت، دانشگاه صنعتی شریف.

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

چکیده

در این تحقیق تأثیر آبیاری با شیرابه زباله شهری بر مقدار عناصر شیمیایی بافت اندام هوایی درختان صنوبر و زبان گنجشک بررسی شد. تیمارها شامل غلظت‌های مختلف شیرابه (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) بود. نتایج بررسی اثر متقابل گونه و غلظت شیرابه زباله بر مقدار عناصر شیمیایی در بافت اندام هوایی درختان نشان داد که با افزایش غلظت شیرابه زباله مقدار عناصر غذایی میکرو به جز 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 به طور معنی‌داری از زبان گنجشک بیشتر بود که علت آن تندرشد بودن و میزان جذب بیشتر صنوبر نسبت به زبان گنجشک است. نتایج آنالیز خاک نشان داد که با افزایش غلظت شیرابه زباله، مقدار عناصر فسفر، روی، نیتروژن، آهن و منگنز در خاک بستر رشد، به طور 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 به عنوان کود مایع است و مقدار فلزات سنگین آن در حد قابل تحمل برای درختان صنوبر و زبان گنجشک بوده است و از این رو در صورت مدیریت صحیح و پایش مداوم، می‌توان از آن به عنوان نوعی کود برای تقویت خاک و برخی گونه‌های درختی به خصوص در شرایط محدودیت منابع آبی استفاده کرد.

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

مقدمه

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، به طوری که مدیریت شیرابه از مهم‌ترین مسائل در طراحی و

توسعه 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 پدیده آلودگی محیط زیست بر سلامت

این محیط باشند و آلودگی‌ها را از خاک پالایش کنند و وارد زنجیره غذایی نشوند. در این میان، درختان صنوبر و زبان‌گنجشک گزینه‌های مناسبی در پالایش محیط آلوده به شیرابه 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 آلوده 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 می‌دهد که علت آن، فراوانی این فلز در اطراف کارخانه سرب و روی زنجان است. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که درخت صنوبر قادر به تجمع 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 شیرابه دفن‌گاه تا غلظت ۲۰ درصد دچار هیچ مشکلی از نظر رشد نمی‌شود و نمونه‌های تحت آبیاری با غلظت ۸۰ درصد از همه نمونه‌ها رشد کمتری داشتند. نتایج بیانگر آن است که از وتیور می‌توان در دفن‌گاه‌های قدیمی و حاشیه 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 پروتکل‌هایی با هدف استفاده از کلون‌های برتر صنوبر و بید به‌عنوان پوشش گیاهی محل‌های دفن زباله پرداختند. در این مقاله به ارزیابی معیارهای موفقیت درخت مانند کلون‌های مناسب در زمینه 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

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 شیرابه 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 چرخه حیات قرار گیرد. بیشتر خاک‌های مناطق خشک، آهکی و دارای واکنش قلیایی‌اند. این شرایط همراه با فقر این خاک‌ها از نظر مواد آلی سبب می‌شود که بسیاری از گیاهان در این خاک‌ها با کمبود عناصر غذایی کم‌مصرف به‌ویژه آهن، مس و روی روبه‌رو شوند. شیرابه 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 شیرابه زباله شهری، مدیریت صحیح در استفاده از آن باید صورت پذیرد. از سوی دیگر یکی از روش‌های 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 ادامه رشد در

همچنین واکنش درختان زبان گنجشک و صنوبر در برابر تنش ناشی از آبیاری با شیرابه زباله بررسی می‌شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در زمینه بررسی امکان استفاده از شیرابه زباله شهری مرکز دفن حلقه‌دره کرج، برای آبیاری درختان و میزان رشد و مقاومت درختان زبان گنجشک و صنوبر آبیاری شده با شیرابه 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 زباله 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 بقیه آن در زمین فرو می‌رود. برای اجرای تحقیق، شیرابه زباله از مرکز دفن حلقه‌دره 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 شیرابه خام نمونه برداری شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه آب و فاضلاب دانشگاه صنعتی شریف انتقال یافت. پس از بررسی‌های صورت گرفته روی شیرابه خام به دلیل 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 اندازه 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 پیش تیمار، هوادهی روی شیرابه استفاده شد. به این منظور شیرابه توسط پمپ هوادهی با استفاده از ۱۰ سنگ هوا به قطر ۵ سانتی‌متر به مدت ۱۰ روز هوادهی شد و پس از آن، دوباره از شیرابه نمونه گیری

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 شیرابه زباله در آبیاری درختان صنوبر استفاده می‌شود؛ به این ترتیب که برای کنترل تأثیرات شوری در مرکز، به‌طور پیوسته استفاده مؤثر از آب و مواد غذایی در هر فصل رویش مدیریت می‌شود. در این پژوهش سابقه پانزده‌ساله‌ای از داده‌های کاربردی ارائه شده که می‌تواند توسط دیگر محققان در مدیریت آبیاری با آب‌های شور برای درختان صنوبر به کار گرفته شود. زمانی که شوری به‌خوبی مدیریت شود، سیستم‌های درختی می‌توانند به فراهم کردن راه حل‌های مدیریت پایدار شیرابه زباله در مراکز دفن کمک کنند. در تحقیق دیگری نیز Zalesny et al., (2007) به بررسی میزان رشد و تولید زی‌توده در درختان صنوبر آبیاری شده با شیرابه زباله پرداختند. هشت کلون مختلف بررسی شد. این تحقیق نشان دهنده نرخ زنده‌مانی و رشد متفاوت در کلون‌های مختلف بود، به طوری که برخی کلون‌ها در صورت آبیاری با آب شهری رشد بهتری نشان دادند و برخی در صورت آبیاری با شیرابه زباله رشد بهتری داشتند. در ایران نیز در پژوهش Kalbasi & Gandomkar., (1997) به بررسی اثر شیرابه زباله بر عملکرد و ترکیب شیمیایی ذرت و اثر آن بر برخی ویژگی‌های خاک پرداخته شد. نتیجه 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 شیرابه 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 شیرابه زباله بر ویژگی‌های شیمیایی درختان صنوبر و زبان گنجشک است. در واقع در این تحقیق امکان استفاده از شیرابه به‌دلیل محتوای غنی مواد آلی به‌عنوان نوعی کود یا منبع غذایی برای درختان و

استفاده شده دارای کلاس بافتی لومی رسی بود. برخی نتایج خصوصیات مهم فیزیکی و شیمیایی خاک مورد نظر، در جدول ۴ ارائه شده است. همه نهال‌ها به منظور استقرار مناسب در خاک به مدت 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 به عنوان متغیر استفاده شد. ترکیب آب تیمارهای مختلف در جدول ۱ آورده شده است.

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 مرحله بعد، ۱۵ عدد نهال صنوبر *Populus deltoides* و زبان گنجشک *Fraxinus excelsior* سه‌ساله از نهالستان علوم دانشگاه تهران تهیه شد. در این مرحله تلاش شد همه نهال‌ها، قطر و ارتفاع به نسبت برابر داشته باشند. نهال‌ها به محل کاشت انتقال یافتند و در آنجا با رعایت فاصله کاشت مستقر و کاشته شدند. خاک

جدول ۱- ترکیب آب استفاده‌شده در آبیاری درختان صنوبر و زبان گنجشک

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

نمونه‌ها 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 به دست آوردن وزن خشک، ارلن‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس در آون قرار گرفتند. نمونه‌های خشک‌شده در ارلن به منظور تهیه خاکستر به مدت ۲۴ ساعت در کوره قرار گرفتند. در مرحله بعد به منظور هضم اسیدی نمونه‌ها به داخل هر ارلن حدود ۵ میلی لیتر اسید نیتریک ۶۵ درصد اضافه شد. سپس محلول ایجادشده به منظور تکمیل عملیات هضم خشک روی هات پلیت قرار گرفت. حرارت دادن نمونه‌ها تا تبخیر تمام اسید موجود در ارلن‌ها ادامه یافت. پس از تبخیر، اسید توسط آب دیونیزه (دوبار تقطیر) حاوی یک درصد اسید نیتریک به حجم رسانده شد. در نهایت به منظور صاف کردن نمونه‌ها محلول‌های تهیه‌شده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور داده شده و درون بطری‌هایی که از قبل توزین شده

مقدار آبیاری برای هر درخت ۶ لیتر در هفته به صورت یک روز در میان بود و آبیاری در یک دوره شش‌ماهه (یک فصل رویش) انجام گرفت. به دلیل کاشت نهال‌ها در فضای باز، سم‌پاشی و علف‌کشی نیز انجام گرفت. پس از پایان فصل رویش قطر درختان به منظور محاسبه رویش اندازه‌گیری شد. سپس همه نهال‌ها برداشت شده و به قطعات ریزتر خرد شدند و به کارگاه فرآورده‌های مرکب چوبی گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه تهران انتقال یافتند و با دستگاه chopper به صورت خرده‌چوب درآمدند و در کوره با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت 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. به منظور تعیین غلظت عناصر غذایی ماکرو و میکرو و فلزات سنگین در بافت گیاهی ساقه و برگ درختان برای آماده سازی

اطمینان ۹۵ درصد برای مقایسه میانگین ها استفاده شد.

نتایج

جدول ۲ مشخصات شیرابه زباله خام برداشت شده از مرکز دفن زباله حلقه دره کرج و مشخصات آن پس از عبور از فیلتر و هوادهی را نشان می دهد.

بودند ریخته شد و در نهایت دوباره وزن بطری ها اندازه گیری شد (Motesharezadeh., 2008). در پایان غلظت همه عناصر توسط دستگاه جذب اتمی ICP-OES-70-ES Varian دانشکده شیمی دانشگاه صنعتی شریف اندازه گیری شد و تجزیه و تحلیل های آماری داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS انجام گرفت. برای این منظور از آزمون تجزیه واریانس دوطرفه برای قضاوت معنی دار بودن تأثیر تیمارها بر مؤلفه های تحت بررسی و از آزمون دانکن در سطح

جدول ۲- ویژگی های شیرابه زباله قبل و بعد از فیلتر و هوادهی

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

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

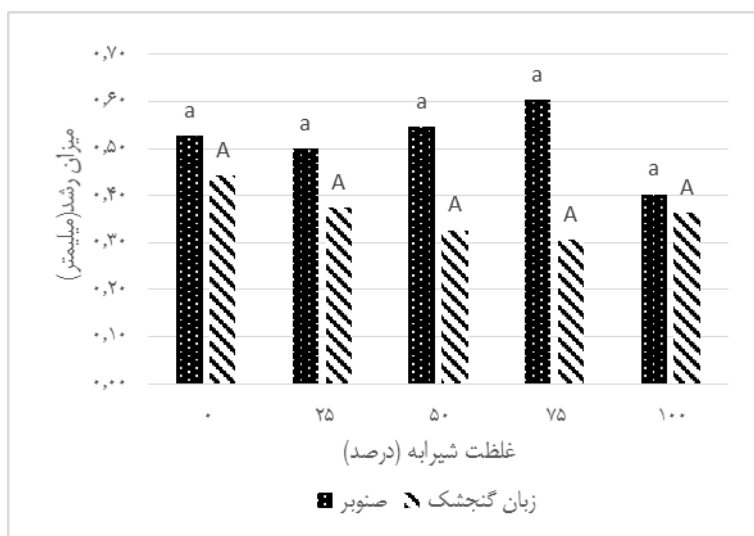
استاندارد	Cu	Cr	Ni	Pb	Fe	Mg	Mn	Zn	COD	BOD	EC
FAO	۰/۲	—	۰/۲	۵	۵	—	۰/۲	۲	—	—	۰/۷
EPA	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۵	۵	۲۵	۰/۲	۱	۱۲۰	۳۰	۰/۷
WHO	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۵	۵	—	۰/۲	۲	—	—	۰/۷
NAS	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۵	۵	—	۰/۲	۲	—	—	—
IRNDOE	۰/۲	۰/۱	۲	۱	۳	۱۰۰	۱	۲	۲۰۰	۱۰۰	—
JORDANIAN	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۵	۵	۶۰	۰/۲	۲	۵۰۰	۱۵۰	—

منیزیم و BOD، COD و EC از حد مجاز تعریف شده 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 تعیین شده در همه 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 زبان گنجشک تحت آبیاری با غلظت های مختلف شیرابه پس از گذشت ۶ ماه در شکل ۱ نشان داده شده است.

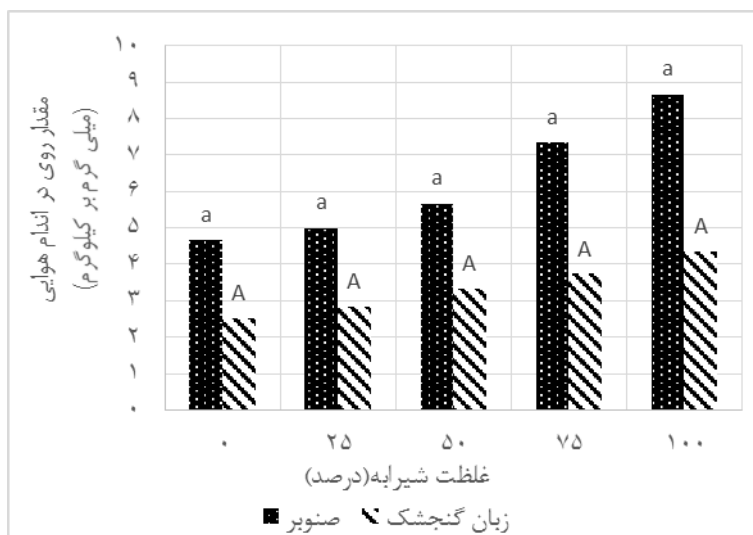
چنانکه مشاهده می شود هوادهی و فیلتراسیون شیرابه تأثیر چندانی بر ویژگی های شیرابه نداشته است. در کل شیرابه دارای هدایت الکتریکی زیادی است. بین عناصر غذایی کم نیاز، آهن بیشترین غلظت را در شیرابه دارد (۵۷ میلی گرم در لیتر). مقادیر مجاز ویژگی های پساب های مورد استفاده در آبیاری در استانداردهای مختلف متفاوت است. به منظور مقایسه ویژگی های شیرابه با مقادیر مجاز تعریف شده در استاندارد حدود این ویژگی ها برای استانداردهای WHO، EPA، FAO، NAS، IRN DOE و JORDANIAN در جدول ۳ نشان داده شده است. با مقایسه مقادیر دو جدول می توان گفت مقدار مس، آهن، منگنز و نیکل بیشتر از حد مجاز تعریف شده در همه استانداردهاست. کروم و



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

عناصر غذایی کم‌مصرف (روی، آهن، مس و منگنز) شکل ۲ نشان‌دهنده اثر متقابل گونه و غلظت‌های مختلف شیرابه بر مقدار روی در اندام هوایی درختان است.

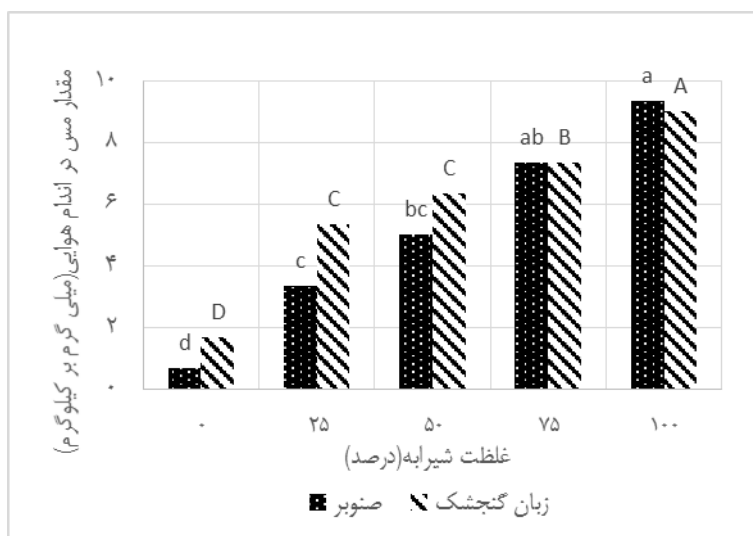
همان طور که در شکل مشاهده می‌شود، مقدار رشد نهال گونه‌های صنوبر نسبت به زبان گنجشک بیشتر است. علت آن ممکن است تندرشد بودن درختان صنوبر باشد. میان غلظت‌های مختلف شیرابه در هیچ‌کدام از گونه‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.



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

از نمونه‌ها مقدار آن به بالای حد مجاز مقدار روی (۱۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در گیاهان نرسیده است (Salardini., 1992). شکل ۳ نشان‌دهنده اثر متقابل گونه و غلظت‌های مختلف شیرابه بر مقدار مس در اندام هوایی درختان است.

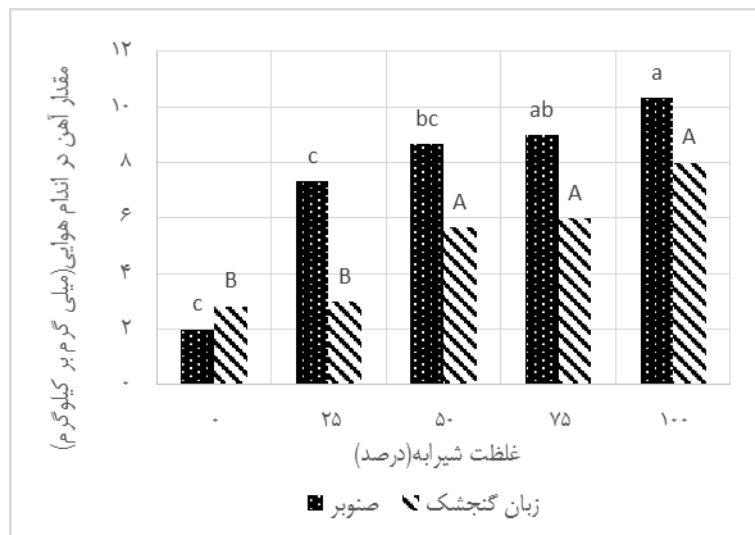
در مورد عنصر روی طبق شکل ۲، مقدار آن در دو گونه صنوبر و زبان گنجشک اختلاف معنی‌دار دارد و در صنوبر بیشتر از زبان گنجشک است که علت آن زیاد بودن نرخ تعرق و جذب درختان صنوبر نسبت به زبان گنجشک است، اما مقدار آن در درصدهای مختلف شیرابه تفاوت معنی‌داری ندارد و در هیچ‌کدام



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

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 نشان‌دهنده اثر متقابل گونه و غلظت های مختلف شیرابه بر مقدار آهن در ساقه درختان است.

مطابق شکل، بررسی اثر متقابل گونه و غلظت شیرابه بر مقدار مس در اندام هوایی درختان نشان می‌دهد که مقدار آن میان دو گونه 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 گونه صنوبر و زبان‌گنجشک نمایان است. گروه‌بندی دانکن برای داده‌های حاصل از بررسی آماری اثر متقابل گونه و غلظت شیرابه بر مقدار مس درختان صنوبر و زبان‌گنجشک نشان می‌دهد که مقدار آن برای

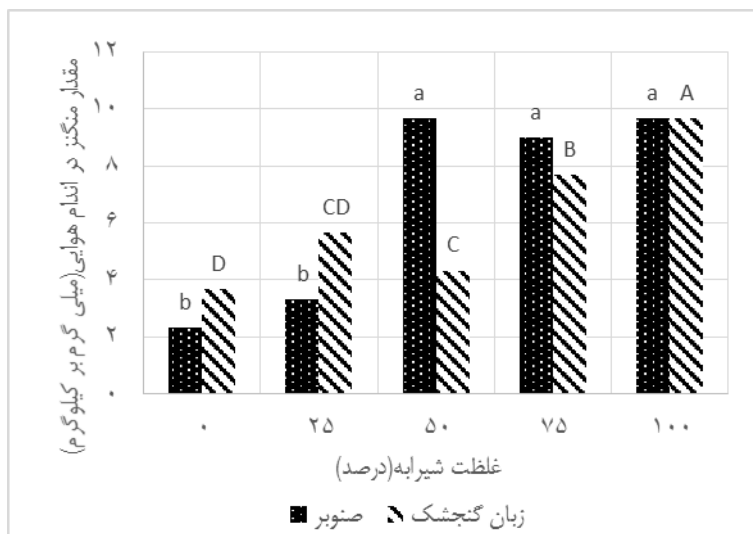


شکل ۴- اثر متقابل گونه و غلظت‌های مختلف شیرابه بر مقدار آهن در اندام هوایی درختان

نشان‌دهنده اثر متقابل گونه و غلظت‌های مختلف شیرابه بر مقدار منگنز در اندام هوایی درختان است. چنانکه مشاهده می‌شود، درباره اثر متقابل غلظت شیرابه و گونه بر مقدار منگنز نیز تفاوت معنی‌داری بین دو گونه 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

چنانکه مشاهده می‌شود مقدار آهن میان دو گونه صنوبر و زبان‌گنجشک اختلاف معنی‌داری دارد و در گونه صنوبر بیشتر است. گروه‌بندی دانکن برای اثر متقابل گونه و غلظت شیرابه در نمودار نشان داده شده 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

کمتراز این مقدار است و درختان دچار مسمومیت نشده‌اند.

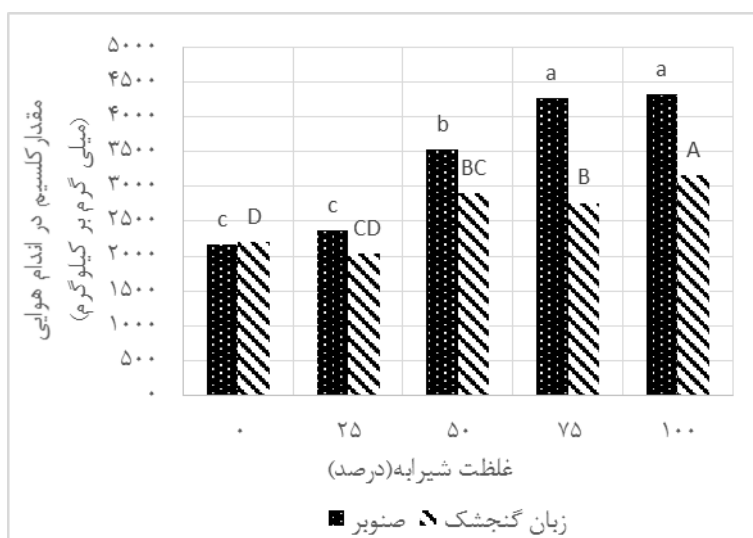


شکل ۵- اثر متقابل گونه و غلظت‌های مختلف شیرابه بر مقدار منگنز در اندام هوایی درختان

تیمارهای صفر و ۲۵ درصد در یک گروه و غلظت‌های ۷۵ و ۵۰ درصد در یک گروه قرار می‌گیرند و اختلاف این گروه‌ها با هم و با تیمار ۱۰۰ درصد معنی‌دار و روند تغییرات آن افزایشی است. از آنجا که مقدار مجاز کلسیم در بافت گیاهی ۱۰۰۰۰ تا ۴۰۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است (Salardini., 1992) در هیچ یک از این دو گونه مسمومیت ناشی از کلسیم مشاهده نشد.

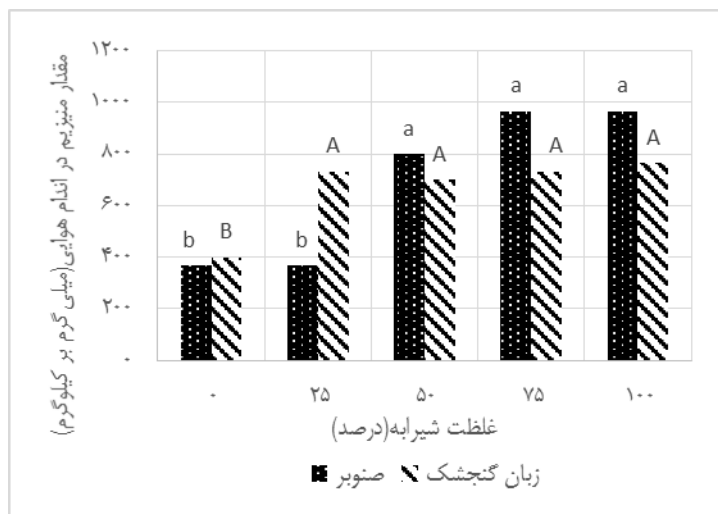
عناصر تغذیه‌ای ثانویه

شکل ۶ نشان دهنده اثر متقابل گونه و غلظت‌های مختلف شیرابه بر مقدار کلسیم در اندام هوایی درختان است. همان گونه که در شکل ۶ مشاهده می‌شود مقدار کلسیم در درختان صنوبر با زبان گنجشک اختلاف معنی‌داری دارد و در گونه صنوبر بیشتر از گونه زبان گنجشک است. براساس گروه‌بندی دانکن اثرهای متقابل گونه و غلظت شیرابه، مقدار کلسیم برای



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

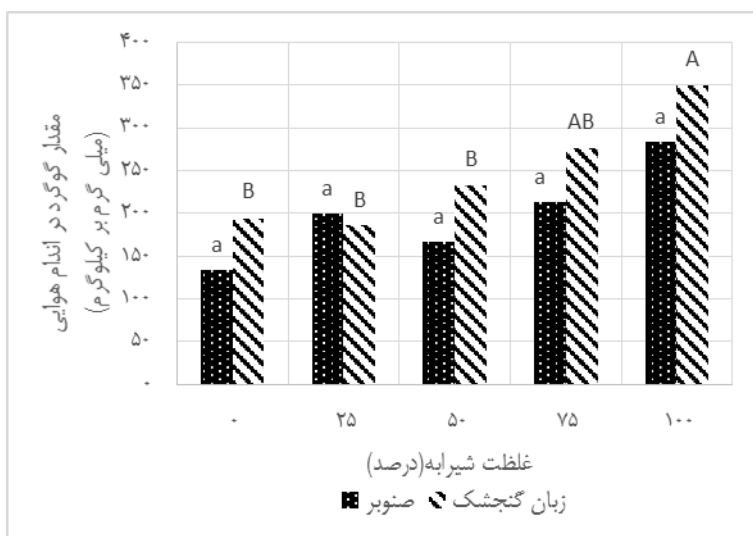
شکل ۷ نشان دهنده اثر متقابل گونه و غلظت های مختلف شیرابه بر مقدار منیزیم در اندام هوایی درختان است.



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

منیزیم برای درختان ۱۰۰۰ تا ۷۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم است (Salardini., 1992) می توان گفت در هیچ یک از نمونه ها مقدار منیزیم به فراتر از حد مجاز نرسیده است. شکل ۸ نشان دهنده اثر متقابل گونه و غلظت های مختلف شیرابه بر مقدار گوگرد در اندام هوایی درختان است.

چنانکه مشاهده می شود مقدار منیزیم در درخت صنوبر و زبان گنجشک با هم اختلاف معنی داری ندارند. نتایج گروه بندی دانکن نشان می دهد که مقدار منیزیم تیمارهای ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد با هم در یک گروه قرار می گیرند و با هر یک از تیمارهای صفر و ۲۵ درصد اختلاف معنی دار دارند و با افزایش غلظت شیرابه افزایش می یابند. از آنجا که مقدار مجاز عنصر

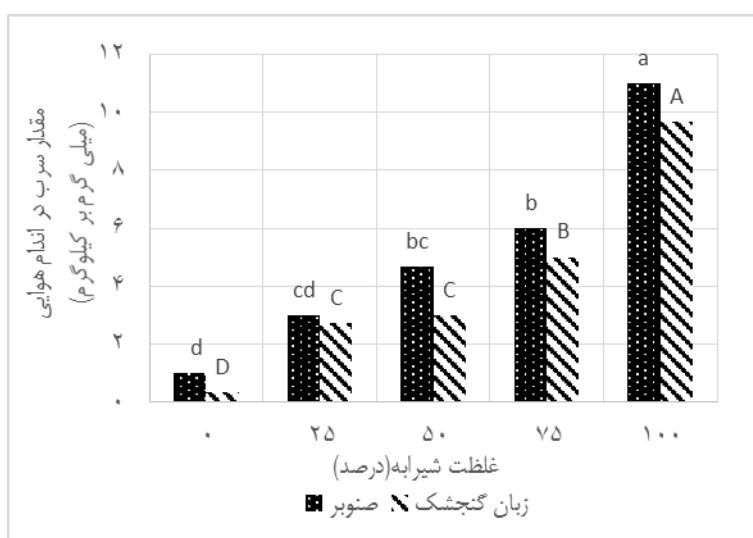


شکل ۸- اثر متقابل گونه و غلظت های مختلف شیرابه بر مقدار گوگرد در اندام هوایی درختان

فلزات سنگین

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

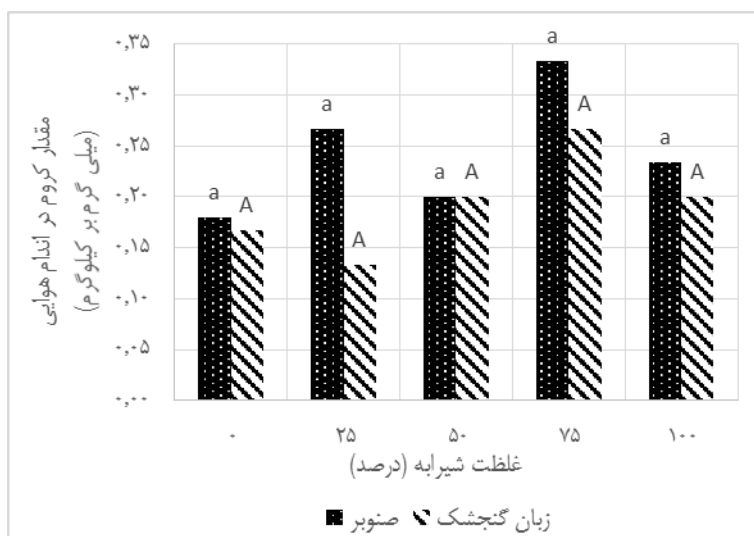
چنانکه مشاهده می‌شود مقدار گوگرد بین گونه صنوبر و زبان گنجشک اختلاف معنی‌داری ندارد، نتایج حاصل از گروه‌بندی دانکن در شکل ۸ نشان می‌دهد که مقدار گوگرد برای تیمارهای صفر با ۲۵ درصد در یک گروه قرار می‌گیرند اما با گروه‌های دیگر اختلاف معنی‌دار دارند و در مجموع با افزایش غلظت شیرابه افزایش می‌یابند.



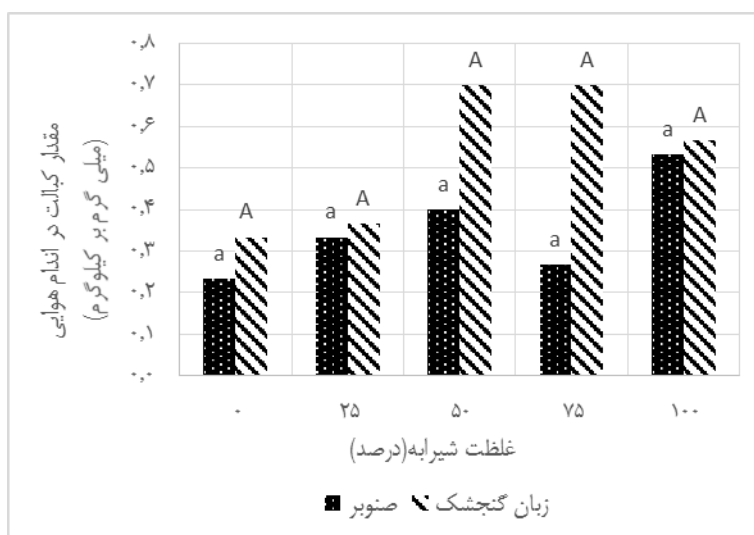
شکل ۹- اثر متقابل گونه و غلظت‌های مختلف شیرابه بر مقدار سرب در اندام هوایی درختان

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 به طور 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 نشان دهنده اثر متقابل گونه و غلظت‌های ۲۵ تا ۷۵ درصد آفتی 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 همه درختان در حدود مجاز است.

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 به طور 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 نشان دهنده اثر متقابل گونه و غلظت‌های ۲۵ تا ۷۵ درصد آفتی 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 همه درختان در حدود مجاز است.



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 پتاسیم در اندام هوایی درختان

نیترژن، 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 زبان گنجشک 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

اثرهای متقابل گونه و غلظت‌های مختلف شیرابه

بر ویژگی‌های خاک

جدول ۴ نشان‌دهنده 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 شیرابه زباله مقدار عناصر فسفر، روی،

نشان دهنده شور شدن تدریجی خاک با افزایش غلظت شیرابه استفاده شده در آبیاری است.

جدول ۴- اثر غلظت شیرابه بر ویژگی های خاک کاشت

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

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

بحث

شاهد احتمالاً به دلیل زیاد بودن مقدار آهن شیرابه و کاهش pH و کلاته شدن آهن به وسیله 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 می شود. به طور کلی می توان 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 به خوبی در بافت درختان صنوبر تجمع یافتند. روی یک عنصر کمیاب ضروری برای گیاهان است که به عنوان فعال کننده و کوفاکتور برخی آنزیم های حیاتی گیاهی از جمله کربونیک آنهیدرازها، هیدروژنازاها، آلکین فسفاتازها، فسفولپازها و RNA پلیمرازها در متابولیسم پروتئین ها، قندها، اسیدهای نوکلئیک، چربی ها، فتوسنتز گیاه و بیوسنتز اکسین به عنوان یک

با توجه به نتایج تحقیق می توان گفت شیرابه بررسی شده حاوی مواد مغذی و مفید برای حیات و رشد درختان نظیر گوگرد، منیزیم و کلسیم و عناصر تغذیه ای کم مصرف مس، روی، آهن و منگنز است به همین دلیل با افزایش غلظت شیرابه زباله مقدار عناصر غذایی میکرو به جز عنصر روی، همچنین مقدار عناصر غذایی ماکرو و فلز سنگین سرب در اندام هوایی درختان افزایش می یابد. این نتیجه با یافته های (Jalalipoor & Ghaemi., 2013) مطابقت دارد. در واقع می توان گفت شیرابه زباله به طور طبیعی حاوی مقدار زیادی از عناصر یاد شده است که به علت وجود مواد آلی زیاد به صورت کلات های آلی در می آید و سبب افزایش حلالیت و قابلیت جذب این عناصر در خاک می شود. زیاد بودن آهن در اندام های هوایی درختان آبیاری شده با تیمارهای شیرابه نسبت به

صنوبر و همچنین رشد بیشتر آن در مقایسه با درختان گونه زبان گنجشک، تندرشد بودن و زیاد بودن تعرق و نرخ جذب گونه صنوبر است (Jordahl et al., 2003). برپایه نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل خاک می توان گفت با افزایش غلظت شیرابه زباله مقدار عناصر فسفر، روی، نیتروژن، آهن و منگنز به طور معنی داری هم برای زبان گنجشک و هم برای صنوبر افزایش یافته است. در مورد مس در خاک کاشت نهال های صنوبر اختلاف معنی دار میان تیمارهای مختلف شیرابه مشاهده نمی شود، اما در زبان گنجشک اختلاف معنی دار است. علت آن ممکن است جذب این عناصر در صنوبر در غلظت های زیاد باشد، به طوری که اثر افزایش غلظت شیرابه به دلیل جذب این عناصر در درخت در نتایج آنالیز خاک مشهود نشده است. همچنین مشاهده می شود که غلظت عناصر مس، روی و آهن در خاک کاشت گلدان های زبان گنجشک بیشتر از صنوبر است. می توان علت این امر را به بیشتر بودن جذب صنوبر به عنوان گونه تندرشد نسبت داد.

در مجموع با توجه به نتایج می توان گفت کاربرد شیرابه در خاک سبب افزایش مقدار فسفر، نیتروژن، روی، آهن و منگنز در خاک و مقدار عناصر غذایی در گیاه می شود، 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 به دست آمده شیرابه را می توان به عنوان کود مایع کامل برای تقویت خاک به کار برد. اما کاربرد مقدار زیاد آن در خاک یا استفاده مکرر از آن در یک خاک توصیه نمی شود. برای تعیین حداقل شیرابه مورد نظر برای کاهش آثار شوری به تحقیقات بیشتری نیاز است به عنوان مثال (Kalbasi & Gandomkar., 1997). مقدار کاربرد شیرابه تا ۴۰۰ تن در هکتار را برای خاک های غیر شور و گیاهان غیر حساس به شوری توصیه کرده اند. یکی از محدودیت های تحقیق، دشواری کار در شرایط

هورمون محرک رشد ایفای نقش می کند (Dehghan., 2015). عناصر کلسیم، منیزیم و گوگرد را عناصر پرمصرف غذایی ثانویه می نامند و گیاه این عناصر را به مقدار زیادی جذب می کند (Mollahoseini et al., 2010). گوگرد به دلیل اهمیت اساسی در تغذیه گیاه، اصلاح خاک های آهکی، شور و قلیا و افزایش بازده مصرف عناصر دیگر مانند نیتروژن و فسفر موجب افزایش عملکرد محصول می شود (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 زبان گنجشک زرد شد که ممکن است ناشی از مسمومیت با سرب باشد. سرب به طور طبیعی در همه گیاهان وجود دارد، اما این فلز هیچ گونه نقش ضروری در سوخت و ساز گیاهان ندارد. سرب در سال های گذشته به عنوان نوعی آلاینده 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 کرده اند و به این نتیجه رسیده اند که اگر سرب برای گیاهان ضروری باشد، غلظت ۶-۲ میلی گرم بر کیلوگرم کافی است. سرب در گیاه می تواند از برخی فرایندهای حیاتی گیاه مانند فتوسنتز، تقسیم سلولی و جذب آب ممانعت کند و با نشانه های سمی به صورت برگ های سبز تیره، پژمردگی برگ های مسن تر، توقف رشد شاخه و برگ و ریشه های کوتاه قهوه ای همراه باشد (Dehghan., 2015). نتایج با یافته های تحقیقات الشایب و همکاران و نیز چلیک و همکاران مطابقت دارد (Alshayeb et al., 2001; Celik et al., 2005). در زبان گنجشک نیز این نتایج با یافته های تحقیق فمی و همکاران تطابق دارد (Fami et al., 2016). علت بیشتر بودن مقدار برخی عناصر در درختان

شوری در عمق‌های مختلف خاک اندازه‌گیری شود. همچنین پیشنهاد می‌شود پیش از استفاده از شیرابه زباله با ایجاد تالاب مصنوعی که در آن از گیاهانی مانند وتیور^۱ که در گیاه‌پالایی موفق عمل کرده‌اند استفاده شود و سپس شیرابه‌ای که با این روش تا حدی پیش تصفیه شده برای آبیاری یا به‌عنوان کود به‌کار رود.

سیاسگزاری

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.

محیطی و عوامل مؤثر بر نتیجه 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 دوره 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 دوره دست‌کم دو‌ساله در بستر مناسب انجام گیرد و مقدار فلزات سنگین و

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., Ciatelli, 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*, Chapter 11.
- Ciatelli, 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*

- 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). *Journal 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 nutrients 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.



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. Moezzi-pour¹, K. Pourtahmasi², B. Motesharezadeh^{3*}, R. Oladi⁴, and A. Ramazani Saadatabadi⁵

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 populus 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 populus and fraxinus trees. With proper management it can be utilized as fertilizer for reinforcement of soil and some of tree species.

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

