



19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



مطالعه مزرعه‌ای اثر کاربرد لجن فاضلاب بر عملکرد و غلظت فلزات سنگین ذرت علوفه‌ای

محسن سیلسپور

عضو هیات علمی بخش تحقیقات کشت گلخانه‌ای، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ورامین، ایران
mseilsep@yahoo.com

چکیده

استفاده از لجن فاضلاب (جامدات زیستی) به‌عنوان یک اصلاح‌کننده خاک ارزان قیمت و غنی از عناصر غذایی در مناطقی از ایران رواج یافته است. اما کاربرد آن در مقادیر زیاد و پی‌درپی ممکن است تجمع فلزات سنگین در خاک و گیاه را به‌دنبال داشته باشد. هدف تحقیق حاضر بررسی اثر لجن فاضلاب شهری بر عملکرد ذرت علوفه‌ای و تجمع فلزات سنگین در این محصول بود. به این منظور، این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران در سه تکرار و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج سطح مصرف لجن فاضلاب (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ تن در هکتار) اجرا شد. اثر تیمارهای مختلف لجن بر عملکرد ذرت علوفه‌ای معنی‌دار بود. بالاترین عملکرد ذرت علوفه‌ای از تیمار ۱۰۰ تن در هکتار مصرف لجن فاضلاب به مقدار ۷۱/۱ تن در هکتار به‌دست آمد که ۲/۵۶ برابر تیمار شاهد بدون مصرف لجن بود. مصرف لجن در تمامی تیمارها موجب افزایش غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم، نیکل در اندام هوایی ذرت علوفه‌ای شد، اما این افزایش، حتی در بالاترین تیمار مصرف، فراتر از حد مجاز غلظت فلزات سنگین در خوراک دام نبود.

واژگان کلیدی

عملکرد علوفه، سرب، کادمیوم، نیکل، ریشه، اندام هوایی



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



مقدمه

در سال‌های اخیر کاربرد لجن فاضلاب در خاک‌های کشاورزی، از یک طرف به‌عنوان یک کود آلی (غنی از کربن) و سرشار از عناصر غذایی مختلف مثل نیتروژن و فسفر و از طرف دیگر به‌عنوان یک روش نسبتاً ایمن برای دفن پسماند حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری مورد توجه قرار گرفته است (Casado-vela et al., 2007). کاربرد لجن فاضلاب در خاک باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک می‌شود. همچنین کاربرد لجن فاضلاب ماده آلی و حاصلخیزی خاک را افزایش می‌دهد. تحت این شرایط استفاده از لجن فاضلاب به‌عنوان تکنیک احیای خاک مطرح می‌شود (Ciešlik et al., 2015). از سوی دیگر، لجن ممکن است حاوی فلزات سنگین باشد و به همین خاطر، اخیراً توجه بیشتری به آلودگی فلزات سنگین ناشی از کاربرد لجن فاضلاب شده است زیرا فلزات سنگین از طریق جذب توسط گیاه، تجمع و آبشویی آنها در خاک باعث ایجاد یک خطر زیست‌محیطی و آلوده‌شدن آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود و از این نظر برای متخصصین محیط زیست نگران‌کننده است (Feyzi et al., 2019). طی یک پژوهش گلخانه‌ای روی گیاه ذرت علوفه‌ای، باقری و همکاران (۱۴۰۰) به بررسی اثرات کاربرد لجن فاضلاب با مقادیر صفر، نیم، دو چهار درصد وزنی اختلاط با خاک معادل صفر، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ تن در هکتار پرداختند. در بالاترین سطح مصرف لجن، مقادیر کادمیوم، سرب و آرسنیک در اندام هوایی ذرت به ترتیب ۰/۱۷، ۱/۹۴ و ۰/۷۴ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که با مقادیر حداکثر مجاز این فلزات که ۱، ۳ و ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد، تفاوت زیادی بود. بوستانی و رونقی (۱۳۹۱) نیز طی یک پژوهش گلخانه‌ای در خصوص کاربرد مقادیر صفر، ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ گرم لجن فاضلاب در کیلوگرم خاک معادل صفر، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۲۴۰ تن در هکتار لجن فاضلاب گزارش کردند که عملکرد خشک ذرت در اثر کاربرد لجن فاضلاب افزایش یافت، اما غلظت سرب و کادمیوم در اندام هوایی ذرت کم و قابل اندازه‌گیری نبود (بوستانی و رونقی، ۱۳۹۱). با این وصف، به نظر می‌رسد کاربرد لجن فاضلاب تا سطح ۲۴۰ تن در هکتار نیز موجب افزایش معنی‌دار فلزات سنگین در اندام هوایی ذرت علوفه‌ای نمی‌شود. سعادت و همکاران نیز طی یک پژوهش گلخانه‌ای، به اثرات کاربرد مقادیر مختلف لجن فاضلاب (صفر، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد وزنی-وزنی) بر ذرت علوفه‌ای پرداختند. لجن موجب افزایش غلظت سرب در اندام هوایی ذرت در تیمار ۲۰ درصد وزنی-وزنی به مقدار ۰/۲۸ میلی‌گرم در کیلوگرم گردید که با مقدار محاز این فلز در اندام هوایی ذرت فاضلاب زیادی وجود داشت. نتایج نشان داد که کاربرد لجن موجب افزایش غلظت کادمیوم در اندام هوایی ذرت گردید، اما این افزایش در تیمارهای مختلف لجن فاضلاب نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار نبود. کاربرد لجن فاضلاب موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی ذرت شد، اما بین غلظت‌های مختبف لجن تفاوتی در این زمینه مشاهده نشد (سعادت و همکاران، ۱۳۹۱). طی پژوهش دیگری، چرم و فروشانی به بررسی اثرات کاربرد لجن در سطوح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ تن در هکتار در مورد گیاه جو پرداختند. براساس نتایج این پژوهش، عملکرد دانه جو با کاربرد لجن فاضلاب افزایش معنی‌دار یافت. بین تیمارهای مختلف آزمایش از نظر غلظت سرب در بخش‌های مختلف گیاه اعم از دانه، کاه، برگ، ساقه و علوفه تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. هم‌چنین از نظر غلظت کادمیوم، بین تیمارهای مختلف آزمایش در مورد اندام‌های دانه، برگ و ساقه تفاوت آماری معنی‌دار مشاهده نشد (چرم و فروشانی، ۱۳۸۶). الذوبی و همکاران نیز با بررسی تاثیر لجن فاضلاب بر تجمع فلزات سنگین در گندم و ذرت گزارش کردند که لجن فاضلاب تاثیر بر غلظت سرب در دانه و کلس گندم و ذرت نداشته است (Al-Zoubi et al., 2018). با توجه به این مطلب که اکثر مطالعات صورت گرفته داخل کشور در خصوص کاربرد لجن فاضلاب بر رشد گیاه و غلظت فلزات سنگین در خاک و گیاه از نوع گلخانه‌ای بوده (به ویژه مطالعات در مورد ذرت علوفه‌ای) و ضرورت مطالعات دقیق مزرعه‌ای در این خصوص، این پژوهش با هدف مطالعه اثرات کاربرد لجن فاضلاب بر عملکرد ذرت علوفه‌ای و غلظت فلزات سنگین در علوفه در شرایط مزرعه اجرا شد.



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



مواد و روش ها

به منظور ارزیابی مزرعه‌ای کاربرد لجن فاضلاب در زراعت ذرت علوفه‌ای و تأثیر آن بر عملکرد محصول، غلظت و جذب عناصر غذایی و فلزات سنگین در محصول، یک آزمایش مزرعه‌ای به مدت یک سال زراعی، در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار و سه تکرار، بررسی شد. تیمارهای آزمایش شامل سطوح مختلف لجن فاضلاب (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ تن در هکتار) بودند. قبل از اجرای آزمایش از خاک بستر کشت نمونه برداری انجام شد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن (شامل میزان کربن آلی، هدایت الکتریکی، بافت، عناصر غذایی شامل نیتروژن، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب، فلزات سنگین و عناصر کم مصرف) اندازه‌گیری شد (جدول ۱). همچنین از لجن فاضلاب به کار گرفته شده نیز نمونه‌ای تهیه و مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت (جدول ۱).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

مقدار	ویژگی لجن	مقدار	ویژگی خاک
۱/۴	هدایت الکتریکی (dS/m)*	۷/۶	واکنش
۱۶/۶	کربن آلی (%)	۲/۰	هدایت الکتریکی (dS/m)*
۱۰	نسبت کربن به نیتروژن	۰/۵	کربن آلی (%)
۸۳۴۰	فسفر کل (mg/kg)	۱۷	مواد خنثی شونده با اسید (%)
۴۷۰۰	پتاسیم کل (mg/kg)	۸/۳	فسفر قابل جذب (mg/kg)
۴۵۲۷	آهن کل (mg/kg)	۲۵۳	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)
۳۶۵۱	منگنز کل (mg/kg)	۳/۱	آهن قابل جذب (mg/kg)
۱۸۸۵	روی کل (mg/kg)	۱۱/۱	منگنز قابل جذب (mg/kg)
۲۷۰	مس کل (mg/kg)	۰/۷۲	روی قابل جذب (mg/kg)
۱۸۰	سرب کل (mg/kg)	۰/۸۷	مس قابل جذب (mg/kg)
۱/۸۸	کادمیوم کل (mg/kg)	۴/۵	سرب کل (mg/kg)
۷۰/۸	نیکل کل (mg/kg)	۰/۱۲	کادمیوم کل (mg/kg)
۱۸۰	کروم کل (mg/kg)	۲۱	نیکل کل (mg/kg)
۱۵/۸	آرسنیک کل (mg/kg)	۳۰	کروم کل (mg/kg)
		۱۵	کبالت کل (mg/kg)
		۴/۷	آرسنیک کل (mg/kg)

*هدایت الکتریکی خاک در عصاره اشباع خاک و هدایت الکتریکی لجن فاضلاب در عصاره یک به پنج اندازه‌گیری شده است.

رقم ذرت علوفه‌ای مورد نظر، رقم سینگل کراس بود که در هر کرت آزمایشی به عرض پنج و طول شش متر کشت شد. عملیات داشت شامل آبیاری و مبارزه با علف‌های هرز در طول دوره رشد به صورت یکنواخت برای همه تیمارهای آزمایش صورت پذیرفت. پس از سپری شدن دوره کشت، برداشت محصول در اواخر مهرماه به صورت کف‌بر صورت گرفت و به تفکیک بلال و علوفه برگ و ساقه توزین گردید. در پایان دوره کشت از اندام هوایی گیاه (بلال و علوفه ساقه و برگ) و ریشه نمونه برداری شده و غلظت فلزات سنگین شامل سرب، کادمیوم، نیکل در آن اندازه‌گیری شد. سپس نتایج به دست آمده با استاندارد ملی ایران برای خوراک دام مقایسه شد.

نتایج و بحث

اثر لجن فاضلاب بر عملکرد علوفه تازه ذرت علوفه‌ای



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



اثر تیمارها بر عملکرد علوفه تر معنی‌دار بود ($P < 0.01$). نتایج نشان داد که عملکرد علوفه تر با افزایش مقدار مصرف لجن فاضلاب افزایش داشته است. کم‌ترین میزان علوفه تر از تیمار شاهد به میزان ۲۷/۹ تن در هکتار به دست آمد و بیشترین میزان علوفه تر از تیمار مصرف ۱۰۰ تن در هکتار جامد زیستی به میزان ۷۱/۱ تن در هکتار حاصل شد که موید ۲/۵۶ برابر افزایش عملکرد می باشد (شکل ۱).

افزایش عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در اثر کاربرد لجن فاضلاب توسط دیگر محققان نیز گزارش شده است. محققین نشان دادند که لجن فاضلاب می‌تواند مواد مغذی بیشتری برای گیاهان فراهم کند (Krrpka et al., 2016). همچنین مقادیر عناصر ماکرو و میکرو در لجن فاضلاب اثرات سمی فلزات سنگین در گیاه را کاهش می‌دهد. وقتی لجن فاضلاب به خاک اضافه شد، زیست‌توده گیاهی افزایش یافت (Yari et al., 2016). همچنین گزارش شده است که لجن فاضلاب می‌تواند عناصر ماکرو و مواد آلی موجود در خاک را افزایش دهد و اسیدیته خاک را برای رشد گیاه بهبود بخشد. با توجه به نتایج تحقیق حاضر، به نظر می‌رسد لجن فاضلاب از طریق ایجاد شرایط بهتر برای رشد گیاه، موجب افزایش عملکرد شود که با نتایج محققین فوق همخوانی دارد.

اثر مصرف لجن فاضلاب بر غلظت سرب ریشه و اندام هوایی ذرت علوفه‌ای

اثر کاربرد جامدات زیستی بر غلظت سرب اندام هوایی و ریشه معنی‌دار بود ($P < 0.01$). داده‌های آزمایش نشان داد که در تمامی سطوح مصرف جامدات زیستی، غلظت سرب اندام هوایی و ریشه افزایش معنی‌دار داشته است. تیمار شاهد، کمترین غلظت سرب ریشه و اندام هوایی با مقادیر ۱/۵۸ و ۰/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم را داشت و بیشترین غلظت سرب ریشه و اندام هوایی با مقادیر ۹/۹۶ و ۳/۲۶ مربوط به تیمار مصرف ۱۰۰ تن در هکتار جامدات زیستی بوده است. بر این اساس مصرف ۱۰۰ تن در هکتار جامد زیستی موجب شد تا غلظت سرب در ریشه و اندام هوایی به ترتیب به میزان ۶/۳ و ۱۰/۸ برابر تیمار شاهد افزایش یابد. با این وصف غلظت سرب در اندام هوایی با بیشینه مجاز این عنصر برای خوراک دام که ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است، تفاوت زیادی داشت (شکل ۲). غلظت فلزات سنگین در گیاهان به فلزات سنگین در خاک، ویژگی‌های خاک، ویژگی‌های لجن و اجزای گیاه بستگی دارد (Zhou et al., 2005). مشخص شده است که برخی از گیاهان سرب را در ریشه خود نگه می‌دارند و از انتقال آن به بخش اندام هوایی جلوگیری می‌کنند (Chu et al., 2014). الذوبی و همکاران نیز با بررسی تأثیر لجن فاضلاب بر تجمع فلزات سنگین در گندم و ذرت گزارش نمودند، لجن فاضلاب تأثیری بر غلظت سرب در دانه و کاه و کلش گندم و ذرت نداشت (Al Zoubi et al., 2008). یافته‌های این مطالعه نیز نشان داد که تجمع سرب در ریشه ذرت بیشتر از اندام هوایی است. نتایج همچنین نشان داد، غلظت سرب جذب شده توسط ریشه به مراتب بیش‌تر از اندام هوایی گیاه ذرت بود (شکل ۲). نتایج مشابهی توسط واتقی و همکاران و کاستالدی و همکاران گزارش شده است (vaseghi et al., 2005; Castaldi et al., 2005). سینگ و آگراوال نیز گزارش کردند که به‌طور کلی تجمع سرب در ریشه‌ها در اثر کاربرد لجن فاضلاب بیش‌تر از اندام هوایی است. انتقال سرب از ریشه به اندام هوایی بسیار محدود است و فقط حدود سه درصد از آن از ریشه به اندام هوایی انتقال می‌یابد (Singh and Agrawal, 2007). سربی که به‌وسیله گیاه جذب می‌شود، به‌طور عمده درون ریشه باقی می‌ماند و انتقال آن به اندام‌های هوایی کم است (Hooda, 2010).

اثر مصرف جامدات زیستی بر غلظت کادمیوم ریشه و اندام هوایی ذرت علوفه‌ای

اثر کاربرد جامدات زیستی بر غلظت کادمیوم اندام هوایی و ریشه معنی‌دار بود ($P < 0.01$). داده‌های آزمایش نشان داد که در تمامی سطوح مصرف جامدات زیستی، غلظت کادمیوم اندام هوایی و ریشه افزایش معنی‌دار داشته است. تیمار شاهد، کمترین غلظت کادمیوم ریشه و اندام هوایی با مقدار صفر میلی‌گرم در کیلوگرم را داشت و بیشترین غلظت کادمیوم ریشه و اندام



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



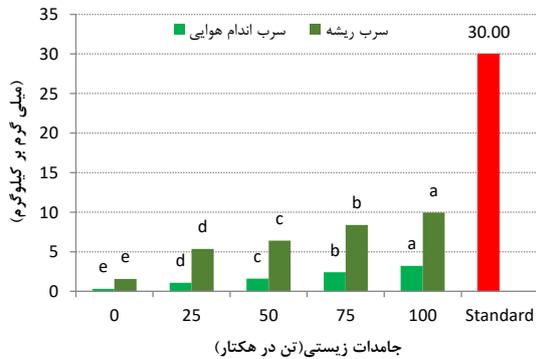
هوایی با مقادیر ۰/۲۶ و ۰/۱۹ مربوط به تیمار مصرف ۱۰۰ تن در هکتار جامدات زیستی بوده است. بر این اساس مصرف ۱۰۰ تن در هکتار جامد زیستی موجب شد تا غلظت کادمیوم در ریشه و اندام هوایی به ترتیب به میزان ۲۶ و ۱۹ برابر تیمار شاهد افزایش یابد. با این وصف غلظت کادمیوم در اندام هوایی با بیشینه مجاز این عنصر برای خوراک دام که یک میلی‌گرم در کیلوگرم است، تفاوت زیادی داشت (شکل ۳). گوندک با بررسی میزان کادمیوم در ذرت و خاک پس از مصرف لجن فاضلاب و مخلوط لجن فاضلاب و پیت در آزمایشی گلدانی دریافتند، لجن فاضلاب و مخلوط لجن فاضلاب نسبت به کودهای معدنی عملکرد بیشتری را موجب شدند، در حالی که باعث افزایش کادمیوم ذرت نگردیدند (Gondec, 2009). نتایج یک پژوهش گلخانه‌ای نیز نشان داد که کاربرد لجن فاضلاب موجب افزایش رشد و عملکرد ماده خشک ذرت می‌شود، حال آن که افزایش معنی‌داری در خصوص غلظت کادمیوم بخش هوایی ذرت مشاهده نشد (باقری و همکاران، ۱۴۰۱).

اثر مصرف لجن فاضلاب بر غلظت نیکل ریشه و اندام هوایی ذرت علوفه‌ای

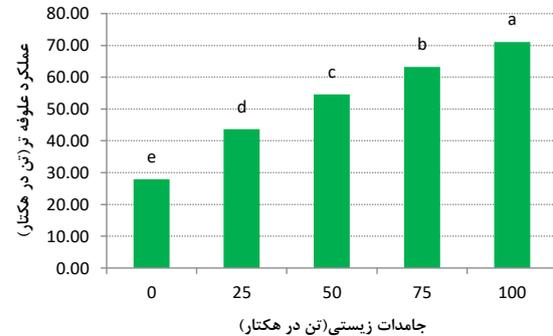
داده‌های آزمایش نشان داد که در تمامی سطوح مصرف جامدات زیستی، غلظت نیکل اندام هوایی و ریشه افزایش معنی‌دار داشته است. تیمار شاهد، کمترین غلظت نیکل ریشه و اندام هوایی با مقدار ۷/۸ و ۱/۱۷ صفر میلی‌گرم در کیلوگرم را داشت و بیشترین غلظت نیکل ریشه و اندام هوایی با مقادیر ۲۶/۵ و ۷/۱۷ مربوط به تیمار مصرف ۱۰۰ تن در هکتار جامدات زیستی بوده است. بر این اساس مصرف ۱۰۰ تن در هکتار جامد زیستی موجب شد تا غلظت نیکل در ریشه و اندام هوایی به ترتیب به میزان ۳/۵ و ۶/۱۲ برابر تیمار شاهد افزایش یابد. با این وصف غلظت نیکل در اندام هوایی با بیشینه مجاز این عنصر برای خوراک دام که ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است، تفاوت زیادی داشت (شکل ۴). نتایج یک پژوهش گلخانه‌ای نیز نشان داد که کاربرد لجن فاضلاب موجب افزایش غلظت نیکل در اندام هوایی ذرت می‌گردد، اما این غلظت کمتر از بیشینه رواداری غلظت فلز نیکل در خوراک دام بود (باقری و همکاران، ۱۴۰۱). نتایج مشابهی توسط سایر پژوهشگران به دست آمده است (Bolan and Duraisamy, 2003).

نتیجه‌گیری

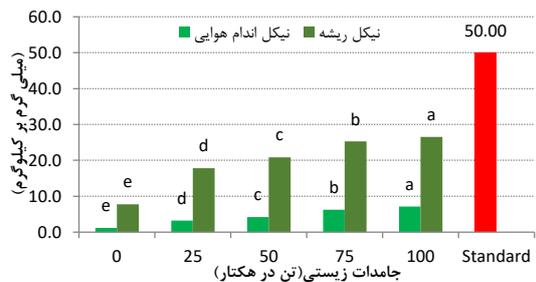
نتایج داده‌های آزمایش اثر جامدات زیستی بر عملکرد ذرت علوفه‌ای و تاثیر آن بر خصوصیات شیمیایی خاک نشان داد که جامدات زیستی موجب افزایش معنی‌دار عملکرد ذرت علوفه‌ای می‌گردد و این افزایش عملکرد در تمام تیمارها مشهود بود. افزایش عملکرد ذرت علوفه‌ای در اثر کاربرد جامدات زیستی به دلیل اثرات تغذیه‌ای این ماده می‌باشد. کاربرد جامدات زیستی غلظت فلزات سنگین در ریشه و اندام هوایی ذرت علوفه‌ای را افزایش معنی‌دار داد، اما با این وجود غلظت هیچ یک از فلزات سنگین در اندام ریشه و اندام هوایی ذرت علوفه‌ای از بیشینه مجاز این فلزات در خوراک دام فراتر نبود. با توجه به این که دامنه‌های گزارش شده غلظت فلزات سنگین در اندام هوایی ذرت علوفه‌ای از بیشینه مجاز این فلزات در خوراک دام فراتر نبود. در نتیجه کاربرد لجن فاضلاب مورد استفاده با خصوصیات یاد شده قابل توصیه است، با این حال کاربرد طولانی مدت آن می‌تواند موجب انباشته شدن غلظت کادمیوم در خاک گردیده و زمینه را برای جذب بیشتر این عنصر و حتی تا سطوح سمی توسط گیاه فراهم گرداند.



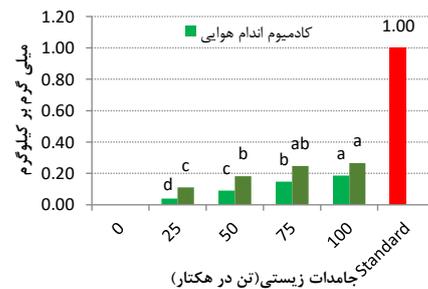
شکل ۲- اثر کاربرد جامدات زیستی بر غلظت سرب ریشه و اندام هوایی ذرت علوفه ای



شکل ۱- اثر کاربرد جامدات زیستی بر عملکرد ذرت علوفه ای



شکل ۴- اثر جامدات زیستی بر غلظت نیکل ریشه و اندام هوایی ذرت علوفه ای



شکل ۳- اثر جامدات زیستی بر غلظت کادمیوم ریشه و اندام هوایی ذرت علوفه ای

منابع مورد استفاده

- باقری، ی.، گلچین، ا.، رضایی، ح و و اسماعیل نژاد، ل. (۱۴۰۲). تجمع فلزات سنگین در ریشه و اندام هوایی ذرت علوفه‌ای رشد یافته در خاک‌های تیمار شده با لجن فاضلاب. پژوهش های خاک، ۳۷(۳)، ۲۴۳-۲۵۷.
- بینام، استاندارد ۱۲۹۶۸ خورک انسان - دام بیشینه روداری فلزات سنگین و روشهای آزمون. تجدیدنظر اول. سازمان ملی استاندارد ایران. <https://www.inso.gov.ir>
- سعادت، ک.، بارانی مطلق، م.، دردی پور، ا.، و قاسم نژاد، ع. ۱۳۹۱. اثر لجن فاضلاب بر برخی خصوصیات خاک، عملکرد و غلظت سرب و کادمیوم ریشه و اندام هوایی ذرت. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار. جلد دوم، شماره دوم.
- Al Zoubi, M.M., Arsalan, A., Abdegawad, G.N., Pejon, Tabbaa, M., and Jouzdan, O. 2008. The effect of sewage sludge on productivity of a crop rotation of wheat, maize and vetch and heavy metals accumulation in soil and plant. Aleppo governorate. American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 3: 4. 618-625.
- Bolan, N.S., and V.P. Duraisamy. 2003. Role of inorganic and organic soil amendments on immobilisation and phytoavailability of heavy metals: A review involving specific case studies. Aust. J. Soil Res. 41:533-555.
- Casado-vela, J., Selles, S., Dias-Crespo, C., Navarro-Pedreno, J., Mataix-Beneyto, J., and Grmez, I. 2007. Effect of composted sewage sludge application to soil on sweet pepper crop (capsicum annum var. annum) grown under two exploitation regimes. Waste Management. 27: 1509-1518.
- Castaldi, P., Santona, L., and Melis, P. 2005. Heavy metal immobilization by chemical amendments in a polluted soil and influence on white lupin growth. Chemosphere, 60:365-371 .



19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



- Ciešlik, B.M., Namieśnik, J. and Konieczka, P., 2015. Review of sewage sludge management: standards, regulations and analytical methods. *Journal of Cleaner Production*, 90, pp.1-15.
- Cui, Y.J., Zhu, Y.G., Zhai, R.H., Chen, D.Y., Huang, Y.Z., Qiu, Y., and J.Z. Liang. 2004. Transfer of metals from soil to vegetables in an area near a smelter in Nanning, China. *Environ Int.* 30:785-791.
- Feizi, M., Jalali, M. and Renella, G., 2019. Assessment of nutrient and heavy metal content and speciation in sewage sludge from different locations in Iran. *Natural Hazards*, 95(3), pp.657-675.
- Gondec, K. 2009. Assessment of the influence of sewage sludge fertilization on yield and content of nitrogen and sulphur in maize. *J. Elementol.* 15: 1. 65-79.
- Hooda, P.S. 2010. Trace Elements in Soils. A John and Sons, Ltd., Publication. 596p.
- Kerpka, W., Antonkiewicz, J., Jasiewicz, C., Gambus, F., and R. Witkowicz. 2016. The effect of municipal sewage sludge on the chemical composition of spring barley. *Soil Science Annual.* 67:124-130.
- Moldes, A., Cendon, Y., and M.T. Barral. 2007. Evaluation of municipal solid waste compost as a plant growing media component, by applying mixture design. *Bioresource Technology.* 98:3069-3075.
- Singh, R.P., and Agrawal, M. 2007. Effects of sewage sludge amendment on heavy metal accumulation and consequent responses of Beta vulgaris plants. *Chemosphere.* 59:167-175.
- Vaseghi, S., Afyuni, M., Shariatmadari, H., and Mobli, M. 2005. Effect of Sewage Sludge on Some Macronutrients Concentration and Soil Chemical Properties. *J. Water and waste water.* 53: 15-22. (In Persian)
- Yari, M., Rahimi, G., Ebrahimi, E., Sadeghi, S., Fallah, M., and E. Ghesmatpoor. 2016. Effect of three types of organic fertilizers on the heavy metals transfer factor and maize biomass. *Waste Biomass Valorization.* 8: 2681-2691.
- Zhou, M.D., Hao, X.Z., Wang, Y.J., Dong, Y.H., and L. Cangl. 2005. Copper and Zn uptake by radish and pakchoi as affected by application of livestock and poultry manures. *Chemosphere.* 67: 2229-2240.

Field study of the effect of sewage sludge application on yield and heavy metal concentration in silage corn

Mohsen Seilespour

Greenhouse Crop Research Department, Tehran Province Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Varamin, Iran

Abstract

The use of sewage sludge (biosolids) as a cheap and nutrient-rich soil amendment has become widespread in some areas of Iran. However, its application in large quantities and continuously may lead to the accumulation of heavy metals in soil and plants. The aim of the present study was to investigate the effect of urban sewage sludge on the yield of forage corn and the accumulation of heavy metals in the crop. For this purpose, this study was conducted in the research farm of the Tehran Province Agricultural and Natural Resources Research and Education Center in three replications and in a randomized complete block design with five levels of sewage sludge application (0, 25, 50, 75 and 100 tons per hectare). The effect of different sludge treatments on forage corn yield was significant. The highest yield of forage corn was obtained from the treatment of 100 tons/ha of sewage sludge application at a rate of 71.1 tons/ha, which was 2.56 times higher than the control treatment without sludge application. Sludge application in all treatments increased the total concentration of heavy metals lead, cadmium and nickel in the silage corn, but this increase, even in the highest application treatment, did not exceed the permissible concentration of heavy metals in the silage corn.

Keywords: Forage yield, lead, cadmium, nickel, soil

