بررسی برخی شاخص‌های رشد و عناصر غذایی در ریشه و اندام هوایی کاهو با کاربرد لجن فاضلاب شهری

افسانه عالی نژادیان بیدآبادی[۱]، نسترن سهرابی[۲]، محمد فیضیان[۳] و عباس ملکی[۴]
۱- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان، ۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان، ۳- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان ۴- استادیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان
alinejadian@yahoo.com

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی کاربرد لجن فاضلاب شهری بر برخی شاخص‌های رشد و غلظت برخی عناصر غذایی در ریشه و اندام هوایی کاهو می‌باشد. این پژوهش در گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان با پنج سطح لجن فاضلاب شامل تیمار شاهد (بدون لجن)، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ تن در هکتار، در چهار تکرار و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا گردید. نتایج تجزیه گیاه نشان داد که بیشترین غلظت منیزیم و روی (به ترتیب به میزان ۰/۶۳ درصد و ۹۸/۳۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) در تیمار ۱۰۰ تن در هکتار لجن در اندام هوایی و بیشترین غلظت کلسیم و سدیم (به ترتیب به میزان ۳/۹۹ درصد و ۱۰۲/۶۶ میلی‌گرم در کیلوگرم) در تیمار ۱۰۰ تن در هکتار در ریشه کاهو مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد که کاربرد لجن فاضلاب باعث افزایش معنی‌دار برخی از شاخص‌های رشد شامل تعداد برگ، طول و عرض برگ گردید.

واژه‌های کلیدی: لجن فاضلاب، کاهو، شاخص‌های رشد

مقدمه

تغذیه صحیح گیاه یکی از عوامل مهم در بهبود کمی و کیفی محصول به شمار می‌آید. با افزودن عناصر در حالت عدم تعادل تغذیه‌ای، نه تنها افزایش عملکرد رخ نمی‌دهد، بلکه اختلالاتی نیز در رشد گیاه و در نهایت کاهش عملکرد به وجود می‌آید (Antolin et al., 2005).

لجن فاضلاب یک منبع سرشار از نیتروژن، فسفر و عناصر کم‌مصرف مانند آهن، روی و مس برای گیاه به شمار می‌رود (Handreck, 1994). به دلیل وجود عناصرغذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن و فسفر، لجن فاضلاب به عنوان کودی ارزان‌قیمت مورد توجه کشاورزان قرار گرفته است (Reuter et al., 1982).

پژوهشگران در تحقیقی گزارش کردند که کودهای آلی به طور مؤثری می‌تواند سبب افزایش رشد محصولات شود و وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاهان را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش دهد (Dolgen et al., 2007). یافته‌های Qasim و همکاران (۲۰۰۱) در پاکستان نشان داد که بیشترین سطح برگ، طول گیاه و طول ریشه ذرت در تیمار ۲۰ تن در هکتار لجن فاضلاب به‌دست آمد و افزایش سطح کاربرد لجن سبب کاهش این صفات شد. بر اساس گزارش Dolgen و همکاران (۲۰۰۷) کاربرد لجن فاضلاب در خاک سبب افزایش تعداد برگ و طول ساقه‌ی خیار شد. Kabir و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که غلظت Ca, Mg، Na، K، P و N در کاه برنج به‌طور معنی‌داری با افزایش سطوح لجن فاضلاب افزایش یافت. Kumar & Chopra (۲۰۱۶) در مطالعه خود با کاربرد سطوح مختلف صفر، ۵، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد لجن فاضلاب گزارش کردند که لجن فاضلاب باعث افزایش عملکرد گیاه شد و بیشترین ارتفاع بوته، طول ریشه، وزن خشک، شاخص سطح برگ، محتوای کلروفیل برگ و عملکرد گیاه بادمجان در تیمار ۵۰ درصد لجن فاضلاب مشاهده گردید.

به‌طور کلی، کاربرد لجن در اراضی کشاورزی و تأثیر آن بر خصوصیات خاک و گیاهان بستگی به عواملی از قبیل کیفیت لجن، نوع خاک، نوع گیاه و اقلیم دارد و با توجه به متغییر بودن این عوامل در مناطق مختلف، تحقیقات منطقه‌ای ضروری است. با توجه به نقش گیاه کاهو در رژیم غذایی مردم ایران و همچنین عدم اجرای تحقیق‌های علمی و ضروری در منطقه‌ی

خرم‌آباد جهت بررسی کاربرد لجن فاضلاب برای این سبزی که مصرف تازه‌خوری دارد، این پژوهش با هدف بررسی برخی شاخص‌های رشد و عناصر غذایی در ریشه و اندام هوایی کاهو با کاربرد لجن فاضلاب شهری صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار صفر (S_0)، ۲۵ (S_{25})، ۵۰ (S_{50})، ۷۵ (S_{75}) و ۱۰۰ (S_{100}) تن در هکتار لجن فاضلاب و چهار تکرار در کشت گیاه کاهو در گلخانه اجرا گردید. لجن فاضلاب از نوع هضم شده به صورت بی‌هوازی، از تصفیه‌خانه‌ی شهرستان خرم‌آباد تهیه گردید. پس از اتمام دوره‌ی رشد، در نمونه‌های گیاهی برداشت شده، صفات مورفولوژیک تعداد برگ، طول و عرض برگ و غلظت برخی عناصر غذایی اندازه‌گیری شد.

برخی ویژگی‌های اولیه خاک شامل بافت خاک به روش هیدرومتری (Day, 1965)، کربن آلی به روش واکلی و بلاک (Allison, 1965)، قابلیت هدایت الکتریکی و pH خاک در سوسپانسیون یک به پنج خاک به آب به ترتیب توسط دستگاه هدایت‌سنج و pH متر (Roades, 1996)، فسفر به روش اولسن (Olsen & Sommers, 1982)، نیتروژن کل با استفاده از دستگاه کجلدال (Westeman, 1990)، کلسیم و منیزیم محلول به روش کمپلکسومتری (Lanyon & Heald, 1982) و پتاسیم قابل دسترس و سدیم محلول به روش شعله‌سنجی (فلیم فتومتری) اندازه‌گیری شد (Knudesh, 1982). غلظت روی قابل جذب خاک نیز با استفاده از عصاره‌گیر DTPA و توسط دستگاه جذب اتمی مدل GBC 932 plus قرائت گردید (Lindsay & Norvell, 1978) (جدول۱). برای تعیین غلظت فلزات سنگین و عناصر پرمصرف در اندام هوایی و ریشه کاهو از روش هضم با اسید نیتریک غلیظ و آب اکسیژنه ۳۰ درصد استفاده گردید (Benton & Case, 1990). سپس غلظت عناصر مذکور در کاهو توسط دستگاه جذب اتمی مدل GBC 932plus در طول موج خاص هر عنصر قرائت شد. در پایان آزمایش، تأثیر استفاده از لجن فاضلاب بر صفات مورد مطالعه با استفاده از نرم‌فزار SAS (9.1) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و جهت مقایسه‌ی میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و لجن مورد آزمایش

ویژگی	واحد	خاک	لجن فاضلاب	ویژگی	واحد	خاک	لجن فاضلاب
بافت	-	لوم رسی	-	فسفر قابل جذب	mg/kg	۸/۷	۲۹۵/۴
pH	-	۷/۴۸	۶/۹۳	منیزیم محلول	meq/lit	۱/۹۱	۰/۸۹
هدایت الکتریکی	dS/m	۰/۷	۱۲/۱۴	کلسیم محلول	meq/lit	۵/۲۳	۲/۶۹
کربن آلی	٪	۰/۴۲۸	۱۵/۶۰	سدیم محلول	meq/lit	۰/۹۲	۸/۹۷
نیتروژن کل	٪	۰/۰۴۱	۱/۰۲۸	روی قابل جذب	mg/kg	۰/۵۹	۶۹/۳۴
پتاسیم قابل جذب	mg/kg	۱۵۸	۴۹۳				

نتایج و بحث

تعداد برگ، طول و عرض برگ

جدول‌های ۲ و ۳ به ترتیب بیانگر نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های اثر سطوح مختلف لجن فاضلاب بر تعداد برگ، طول و عرض برگ می‌باشند.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف لجن فاضلاب بر تعداد برگ، طول و عرض برگ کاهو

منبع تغییرات	درجه آزادی	مقادیر F		
		تعداد برگ	طول برگ	عرض برگ
تیمار	۴	۳۲/۳۹*	۲۶/۱۴*	۴۰/۳۷*
تکرار	۳	۰/۸۷ ns	۱/۳۱ ns	۱/۷۰ ns

خطای آزمایش	۱۲

ns و * به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های تعداد برگ، طول و عرض برگ کاهو تحت تأثیر تیمارهای مختلف لجن فاضلاب

تیمار	تعداد برگ	طول برگ	عرض برگ
S_0	۲۱^{c}	۹/۷۸^{c}	۸/۱۶^{c}
S_{25}	۳۰^{b}	۱۲/۳۶^{b}	۱۰/۹۹^{b}
S_{50}	۳۱^{ab}	۱۴/۵۴^{a}	۱۳/۲۴^{a}
S_{75}	۳۲^{ab}	۱۴/۹۱^{a}	۱۳/۶۶^{a}
S_{100}	۳۳^{a}	۱۵/۶۶^{a}	۱۳/۹۹^{a}

در هر ستون، میانگین‌هایی دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

S_0: شاهد، S_{25}: ۲۵ تن در هکتار، S_{50}: ۵۰ تن در هکتار، S_{75}: ۷۵ تن در هکتار، S_{100}: ۱۰۰ تن در هکتار لجن فاضلاب

تعداد، طول و عرض برگ

استفاده از لجن فاضلاب سبب افزایش معنی‌دار تعداد برگ کاهو گردید (جدول ۲). مقایسه‌ی میانگین‌ها (جدول ۳) نیز نشان می‌دهد که با افزایش سطح لجن تعداد برگ به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافته است. اما بین تیمارهای ۲۵، ۵۰ و ۷۵ تن لجن در هکتار از نظر آماری تفاوت معنی‌داری دیده نشد. بیشترین تعداد برگ مربوط به تیمار ۱۰۰ تن لجن در هکتار و کمترین تعداد آن مربوط به تیمار شاهد بود. لجن فاضلاب عمدتاً به علت دارا بودن عناصر غذایی ضروری موجب افزایش تعداد برگ می‌گردد، افزایش تعداد برگ باعث افزایش میزان فتوسنتز در گیاه و در نتیجه افزایش عملکرد بیولوژیک می‌شود. نتایج این تحقیق با یافته‌های زارع و همکاران (۱۳۹۳) که تأثیر لجن فاضلاب را بر نهال زیتون مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که با افزایش لجن فاضلاب به خاک نسبت به تیمار شاهد در همه تیمارها تعداد برگ‌های جدید افزایش یافت، همخوانی نشان داد. این محققان دلیل این افزایش را افزایش نیتروژن و فسفر در خاک و گیاه با کاربرد لجن فاضلاب ذکر نمودند.

نتایج تجزیه‌ی واریانس طول برگ نشان داد که اثر لجن فاضلاب بر افزایش طول و عرض برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار به دست آمد. اثر تیمارهای مختلف لجن بر طول و عرض برگ در جدول ۳ نیز نشان می‌دهد که با افزایش لجن فاضلاب به خاک، طول و عرض برگ در همه‌ی تیمارهای دریافت‌کننده‌ی لجن نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. ولیکن بین تیمارهای ۵۰ تا ۱۰۰ تن لجن در هکتار از نظر آماری تفاوت معنی‌داری دیده نشد. بیشترین طول و عرض برگ در تیمار ۱۰۰ تن در هکتار و کمترین آنها در تیمار شاهد مشاهده شد. به‌طوری که طول و عرض برگ به ترتیب از ۹/۷۸ و ۸/۱۶ سانتی‌متر در تیمار شاهد به ۱۵/۶۶ و ۱۳/۹۹ سانتی‌متر در تیمار ۱۰۰ تن در هکتار لجن، افزایش یافت.

عناصری مثل نیتروژن و روی در توسعه برگ‌ها بسیار مؤثر هستند (Marschener, 1995) و لجن فاضلاب مورد استفاده به دلیل داشتن غلظت بالایی از این عناصر باعث افزایش طول و عرض برگ‌ها شد (جدول ۱). Li و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش کردند که افزایش سطح برگ با مصرف لجن فاضلاب ممکن است به دلیل افزایش فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک باشد.

تاثیر لجن فاضلاب بر غلظت Ca، Mg، Na و Zn در ریشه و اندام هوایی

جدول‌های (۴ و ۵) تأثیر سطوح مختلف لجن فاضلاب بر غلظت عناصر Ca، Mg، Na و Zn در گیاه را نشان می‌دهند. تیمارهای مختلف لجن فاضلاب بر غلظت عناصر ذکر شده در گیاه تأثیر معنی‌داری داشتند.

جدول ۴- تجزیه واریانس (مقادیر F) اثر لجن فاضلاب بر غلظت کلسیم، منیزیم، سدیم و روی کاهو

منبع تغییرات	درجه آزادی	کلسیم (Ca)		منیزیم (Mg)		سدیم (Na)		روی (Zn)	
		اندام هوایی	ریشه	اندام هوایی	ریشه	اندام هوایی	ریشه	اندام هوایی	ریشه
تیمار	۴	۱۱۰/۳۹*	۹۵/۵۴*	۱۵۱/۵۲*	۶۵/۲۰*	۱۴۶/۳۸*	۱۰۳/۱۰*	۳۳۱/۸۳*	۹۵/۴۸*
تکرار	۳	۰/۳۹ns	۰/۰۹*	۲/۹۸ns	۰/۰۴ns	۰/۶۸ns	۱/۹۱ns	۱/۱۳ns	۲/۸۵ns
خطا	۱۲								

و * به ترتیب غیر معنی دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های غلظت عناصر کلسیم، منیزیم و سدیم و روی کاهو تحت تأثیر تیمارهای مختلف لجن فاضلاب

تیمار	کلسیم (Ca)		منیزیم (Mg)		سدیم (Na)		روی (Zn)	
	اندام هوایی	ریشه	اندام هوایی	ریشه	اندام هوایی	ریشه	اندام هوایی	ریشه
S_0	۱/۶۳c	۲/۲۸d	۰/۴۲d	۰/۴۸d	۴۲/۸۲e	۶۴/۴۱d	۲۴/۰۲e	۹/۹۴d
S_{25}	۱/۹۰b	۲/۸۰ c	۰/۴۶c	۰/۵۲c	۴۸/۵۴d	۶۸/۹۴c	۳۱/۶۵ d	۱۲/۴۹c
S_{50}	۱/۹۱b	۲/۹۱c	۰/۴۶ c	۰/۵۴ b	۵۸/۲۶c	۷۳/۹۴b	۴۶/۵۲ c	۱۷/۷۵b
S_{75}	۲/۴۱a	۳/۱۸ b	۰/۵۷ b	۰/۵۸a	۶۷/۸۵b	۷۸/۰۰b	۶۱/۴۹ b	۱۷/۷۷b
S_{100}	۲/۴۹a	۳/۹۹a	۰/۶۳a	۰/۶۰a	۹۳/۸۶a	۱۰۲/۶۶a	۹۸/۳۲ a	۲۰/۸۰a

در هر ستون، میانگین‌هایی دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.
S_0: شاهد، S_{25}: ۲۵ تن در هکتار، S_{50}: ۵۰ تن در هکتار، S_{75}: ۷۵ تن در هکتار، S_{100}: ۱۰۰ تن در هکتار لجن فاضلاب

غلظت کلسیم و منیزیم در اندام هوایی و ریشه گیاه

غلظت کلسیم و منیزیم اندام هوایی با کاربرد لجن فاضلاب در سطح احتمال پنج درصد افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۴). مقایسه‌ی میانگین‌ها در جدول (۵) نیز نشان‌دهنده‌ی این است که با افزایش لجن به خاک غلظت کلسیم و منیزیم در تمام تیمارهای دریافت‌کننده‌ی لجن نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافته است. بیشترین غلظت کلسیم و منیزیم به ترتیب ۲/۴۹ و ۰/۶۳درصد در تیمار ۱۰۰ تن در هکتار و کمترین مقدار آنها به ترتیب ۱/۶۳ و ۰/۴۳ درصد در تیمار شاهد مشاهده گردید. دلیل این افزایش می‌تواند افزایش معنی‌دار در عملکرد وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه با کاربرد لجن فاضلاب و در نتیجه افزایش جذب کلسیم و منیزیم توسط اندام هوایی و ریشه گیاه باشد. Hussein (۲۰۰۹) افزایش معنی‌دار کلسیم گیاه خیار را بر اثر کاربرد لجن فاضلاب گزارش کردند که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی داشت.

نتایج همچنین بیانگر افزایش معنی‌دار غلظت کلسیم و منیزیم ماده خشک ریشه کاهو در همه‌ی تیمارهای دریافت‌کننده‌ی لجن است. به نظر می‌رسد افزایش غلظت کلسیم ریشه و بخش هوایی به علت فراهمی این عنصر با مصرف لجن فاضلاب باشد (جدول ۱). در تحقیق حاضر غلظت کلسیم و منیزیم ریشه بیشتر از غلظت این عناصر در بخش هوایی به دست آمد که نشان‌دهنده‌ی این است که گیاه کاهو کلسیم و منیزیم جذب شده را بیشتر در ریشه انباشته می‌کند. این نتایج با تحقیق عباسی و همکاران (۱۳۹۱) که اثر لجن فاضلاب بر غلظت‌های عناصر پرمصرف در برنج در یک خاک قلیایی را مورد بررسی قرار دادند، مطابقت داشت.

غلظت روی در اندام هوایی و ریشه

تأثیر تیمارهای مختلف لجن فاضلاب بر غلظت روی در گیاه در جدول (۵) نشان‌دهنده‌ی این است که غلظت روی در همه‌ی تیمارهای دریافت‌کننده‌ی لجن نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافته است، به طوری که غلظت روی از ۲۴/۰۲ میلی‌گرم درکیلوگرم در تیمار شاهد به ۹۸/۳۲ میلی‌گرم درکیلوگرم در تیمار ۱۰۰ تن در هکتار افزایش یافته است. به نظر می‌رسد

علت این افزایش، افزایش مقدار روی کل خاک و افزایش کمپلکس‌های آلی روی با حلالیت بالا باشد. نتایج این پژوهش با تحقیقات Afyuni و همکاران (۲۰۰۶) و واثقی و همکاران (۱۳۸۰) در مورد گیاه کاهو و اسفناج مطابقت دارد.

استفاده از لجن فاضلاب در تمام تیمارها سبب افزایش معنی‌دار غلظت روی در ریشه کاهو شد. به‌طوریکه غلظت روی از ۹/۹۴ در تیمار شاهد به ۲۰/۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار ۱۰۰ تن در هکتار افزایش یافت. لجن فاضلاب مورد استفاده غنی از عنصر روی (۶۹/۳۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود که این می‌تواند عاملی برای افزایش روی در ریشه کاهو باشد.

غلظت سدیم در اندام هوایی و ریشه گیاه

جدول تجزیه‌ی واریانس نشان‌دهنده‌ی این است که اثر لجن فاضلاب بر غلظت سدیم اندام هوایی و ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شده است. مقایسه‌ی میانگین‌ها در جدول (۵) نیز نشان می‌دهد که با افزایش لجن به خاک غلظت سدیم در همه‌ی تیمارهای دریافت‌کننده‌ی لجن نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافته است. بیشترین غلظت سدیم در اندام هوایی و ریشه به ترتیب ۹۳/۸۶ و ۱۰۲/۶۶ میلی‌گرم درکیلوگرم در تیمار ۱۰۰ تن در هکتار و کمترین غلظت سدیم در اندام هوایی و ریشه به ترتیب ۴۲/۸۲ و ۶۴/۴۱ میلی‌گرم درکیلوگرم در تیمار شاهد مشاهده گردید. در این پژوهش غلظت سدیم قابل جذب در لجن فاضلاب بیشتر از غلظت سدیم موجود در خاک بود (جدول ۱)، لذا با کاربرد لجن فاضلاب غلظت سدیم قابل جذب خاک افزایش یافته و در نتیجه سدیم بیشتری بوسیله گیاه جذب شده است. نظری و همکاران (۱۳۸۵) افزایش جذب سدیم در بخش هوایی گیاهان گندم، جو و ذرت را بر اثر کاربرد لجن فاضلاب در خاک گزارش نمودند و بیان کردند که این افزایش به غلظت سدیم لجن فاضلاب مربوط است. غلظت سدیم ریشه بیشتر از غلظت سدیم اندام هوایی بود که نشانگر این است که گیاه کاهو سدیم را در ریشه انباشته می‌کند. نجفی و همکاران (۱۳۹۱) در مورد گیاه آفتابگردان نتایج مشابهی گزارش کردند.

منابع

زارع، م. چرم، م. و معلمی، ن. ۱۳۹۳. اثر لجن فاضلاب شهری تصفیه شده بر خصوصیات شیمیایی و عناصر غذایی ضروری خاک و خصوصیات فیزیولوژیکی نهال زیتون. مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی)، جلد سی و هفتم، شماره ۲، صفحه‌های ۱ تا ۱۵.

عباسی، م. نجفی، ن. علی اصغرزاده، ن. و اوستان، ش .۱۳۹۱ . اثر شرایط آب خاک، لجن فاضلاب و کود شیمیایی بر غلظت عناصر پرمصرف در برنج در یک خاک آهکی. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار. جلد دوم، شماره ۱، صفحه‌های ۱ تا ۲۶.

نجفی، ن. مردمی، س. و اوستان، ش .۱۳۹۱. اثر غرقاب، لجن فاضلاب و کود دامی بر جذب برخی عناصر پرمصرف وسدیم در گیاه آفتابگردان در یک خاک شن لومی نشریه آب و خاک علوم و صنایع کشاورزی. جلد بیست و ششم، شماره ۳، صفحه‌های ۶۱۹ تا ۶۳۶.

نظری، م.ع. شریعتمداری، ح. افیونی، م. مبلی، م. و رحیلی، ش. ۱۳۸۵. اثر کاربرد پساب و لجن فاضلاب بر غلظت برخی عناصر و عملکرد گندم، جو و ذرت. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، دوره دهم، شماره ۳ (الف)، صفحه‌های ۹۷ تا ۱۱۰.

واثقی، س. شریعتمداری، ح. افیونی، م. و مبلی، م. ۱۳۸۰. اثر لجن فاضلاب بر غلظت فلزات سنگین در گیاهان کاهو و اسفناج در خاک‌های با pH متفاوت. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، جلد دوم (شماره‌های ۳و۴)، صفحه‌های ۱۲۵ تا ۱۴۲.

Afyuni M., Schulin R. and Rezaeinejad Y. 2006. Extractability and plant uptake of Cu, Zn, Pb and Cd from sludge - amended Haplargid in central Iran. Arid Land Research and Management, 20(1): 29 - 41.

Allison L.E. 1965. Organic carbon, P 1372-1376. In: Black, C.A., Evans, D.D., White, L.J., Ensminger, L.E., Clark, F.E. (Eds.), Methods of Soil Analysis. American Society of Agronomy, Madison, WI.

Antolin M.C., Pascolal I., Garcia C. 2005. Growth, yield and solute content of barely in soils treated with sewage sludge under semiarid Mediterranean condition. Field Crops Research, 94: 224-237.

Benton J. and Case V.W. 1990. Sampling, handling and analyzing plant tissue samples, P 389-428. In: Westerman, R.L. (ed.). Soil testing and plant analysis. 3rd ed. Book series No. 3. Soil Science Society of America, Inc. Madison, WI., USA.

Day P.R. 1965. Particle fractionation and particle-size analysis, P 545-567. In: Black, C.A., Evans, D.D., White, L.J., Ensminger, L.E., Clark, F.E. (Eds.), Methods of Soil Analysis. American Society of Agronomy, Madison, WI.

Dolgen D., Alpaslan M.N. and Delen N. 2007. Agricultural recycling of treatment- plant sludge: A case study for a vegetable processing factory. The Journal of Environmental Management, 84: 274-281.

Handreck K.A. 1994. Effect of pH on the uptake of Cd, Cu and Zn from soilless media containing sewage sludge. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 25: 1913-1927.

Hussein A.H.A. 2009. Impact of sewage sludge as organic manure on some soil properties, growth, yield and nutrient contents of cucumber crop. Journal of Applied Sciences, 9: 1401-1411

Kabir M.K., Ullah S.M., Jahan S., Ullah M.B. and Kamal A.T.M.M. 2008. Influence of sewage sludge and nitrogen fertilization on growth, nutrient content and heavy metal uptake by rice straw. Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research, 43(4): 571-580.

Knudesh D., Peterson G. A. and Pratt P. F. 1982. Lithium, Sodium, and Potassium. In: Page, A. L. (Ed) Methods of soil Analysis. . Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd E d. Agron. Monogr. No. 9. ASA and SSSA. Madison WI.

Kumar V. and Chopra A. K. 2016. Agronomical Performance of High Yielding Cultivar of Eggplant (Solanum melongena L.) Grown in Sewage Sludge Amended Soil. Research in Agriculture, 1(1): 1-24.

Lanyon L. E. and Heald W. R. 1982. Magnesium, Calcium, Strontium, and Barium. In: Page, A. L. (Ed) Methods of soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd E d. Agron. Monogr. No. 9. ASA and SSSA. Madison WI.

Li B., Wei M., Shen A., Xu J., Zhang H. and Hao F. 2009. Changes of yields, soil properties and micronutrients as affected by 17-yr fertilization treatments. International Journal of Food, Agriculture and Environment 7: 408-413.

Lindsay, W. L. and W. A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for Zn, Fe, Mn, and Cu. Soil Science Society of America Journal. 42: 421–428.

Marschener H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, New York, 890p.

Olsen S.R. and Sommers L.E. 1982. Phosphorus. PP. 403-430. In: Page et al. (eds.), Methods of Soil Analysis. Part II. 2ed. ASA, SSSA, Madison, WI. USA.

Qasim M., Naheeda J., Himayatullah. and Subhan M. 2001. Effect of sewage sludge on the growth of maize crop. Journal of Biological Sciences. 1(2): 52-54.

Reuter D.J., Loneragan J.F., Robson A.D. and Plaskett D. 1982. Zinc in subterranean clover (*Trifolium*

Roades J.D. 1996. Salinity: electrical conductivity and total dissolved solids. Method of soil analysis, parss: chemical methods. Madison. Wisconsin, USA. Pp: 417-436.

Westeman R.E.L. 1990. Soil Testing and Plant Analysis. SSSA, Madison, Wisconsin, USA.

Study of some growth indices and nutrition elements in root and shoot of lettuce using municipal sludge sewage

A. Alinejadian Bidabadi, N. Sohrabi, M. Feizian, A. Maleki
Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Soil Science Department, Lorestan University; E-mail: alinejadian@yahoo.com
Master of Soil Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University; E-mail: sohrabinastaran7@gmail.com
Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Soil Science Department, Lorestan University; E-mail: m_feizian@yahoo.com
Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Water Engineering Department, Lorestan University; E-mail: dr.maleki38@yahoo.com

Abstract

The objective of this study was to determine the effect of Sewage sludge on some of growth indices and concentration of some of nutrients in roots and shoots of lettuce. This research was conducted in greenhouse of Faculty of Agriculture at University of Lorestan with five levels of sewage sludge including control (no sludge), 25, 50, 75 and 100 t h^{-1}, with four replications based on a completely randomized blocks design. Plant tissue analysis showed that the highest concentrations of Mg and Zn (in order of 0.63 and 98.32 mg/kg) in 100 t $h^{-1}$of shoots and the highest concentrations Ca and Na (in order of 3.99 and 102.66 mg/kg) in treatment of 100 t h^{-1} was observed in the root. The results showed that application of sewage sludge significantly increased some growth factors including number of leaves, leaf length and width.

Keywords: Sewage sludge, Lettuce, Growth indices