



اثر لجن فاضلاب و زئولیت بر عملکرد و کیفیت برگ کنگر فرنگی (*Cynara scolymus* L.)

ندا بوالحسنی^۱، *عظیم قاسم‌نژاد^۲ و مجتبی بارانی‌مطلق^۳

^۱دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۲استادیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۳استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۸/۸

چکیده

کنگر فرنگی به دلیل نقشی که در کاهش کلسترول و قند خون دارد و نیز به دلیل توان آنتی‌اکسیدانی بالا مورد کشت و بهره‌برداری قرار می‌گیرد. اهمیت تغذیه گیاهان از یک طرف و آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی از طرف دیگر، توجه بشر را به کشاورزی پاک معطوف کرده است. در صورت برطرف کردن محدودیت‌ها از جمله عناصر سنگین و آلودگی میکروبی، رسوبات تصفیه خانه‌های فاضلاب شهری به‌عنوان منابع قوی و غنی مواد معدنی و آلی جهت تغذیه گیاه قابل استفاده خواهند بود. در این پژوهش سعی شده تا ضمن مطالعه اثر تغذیه‌ای لجن از زئولیت به‌عنوان جاذب عناصر سنگین استفاده شود. آزمایش در شرایط گلخانه با دو تیمار لجن فاضلاب (۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد وزنی) و زئولیت (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی) در چهار تکرار به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. نتایج نشان داد که کاربرد لجن فاضلاب موجب افزایش عملکرد بیومس و همچنین برخی از شاخص‌های مهم کیفی برگ از جمله اسیدکلروژنیک و ترکیبات فنلی آن شده است. در مقابل، تولید اسیدکافئیک و محتوی فلاونوئیدی را کاهش داد. زئولیت بر هیچ‌کدام از شاخص‌های اندازه‌گیری شده تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد. میزان جذب سرب در اندام هوایی و همچنین کادمیم در ریشه تحت تأثیر سطوح مختلف لجن متفاوت بود. همچنین افزودن زئولیت سبب کاهش معنی‌دار سرب و کادمیم موجود در ریشه گیاه شد، به‌نحوی که

*مسئول مکاتبه: aghasemnajad@hotmail.com

کمترین میزان سرب و کادمیم جذب شده در ریشه در تیمار با سطح ۱۰ درصد زئولیت مشاهده گردید. در نهایت براساس یافته‌های این پژوهش می‌توان بیان نمود که مشروط به رفع محدودیت‌های ذکر شده استفاده از لجن در تغذیه کنگرفرنگی به دلیل افزایش عملکرد کمی و کیفی مشاهده شده، توصیه می‌شود. همچنین نتایج بیانگر این مطلب است که استفاده از زئولیت به همراه لجن فاضلاب می‌تواند در غیرپویاسازی عناصر سنگین از جمله سرب و کادمیم در کنگرفرنگی مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: کنگرفرنگی، زئولیت، لجن فاضلاب، متابولیت‌های ثانویه

مقدمه

ارتقای کیفیت خاک به عنوان بستر اصلی گیاهان گامی مؤثر در جهت بهبود رشد گیاه است. در راستای نیل به این هدف کاربرد مکمل‌های خاکی غنی از مواد بهبود رشد گیاهان به ویژه گیاهان دارویی که رفتار آن‌ها به میزان زیادی متأثر از محیط رشد آن‌هاست، توصیه می‌شود (واتقی، ۲۰۰۱). لجن‌های فاضلاب و پسماندها از جمله منابع ارزشمند مواد آلی می‌باشند. لجن فاضلاب دارای عناصر پرمصرف شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر کم مصرف شامل آهن، روی، منگنز و مس بوده و به دلیل غنای مواد آلی سبب بهبود کیفیت خاک می‌شود (واتقی، ۲۰۰۱؛ ساماراس و همکاران، ۲۰۰۸). محدودیت اصلی استفاده از لجن فاضلاب پتانسیل آزادسازی فلزات سنگین از لجن و تجمع فلزات سنگین در سطوح سمی در بخش فوقانی خاک و در نهایت ورود آن به زنجیره غذایی گیاه و انسان است (کوئرول و همکاران، ۲۰۰۶). اگرچه انتقال و جذب عناصر سنگین به روش‌های مختلف همچون رسوب، جذب سطحی و واکنش‌های احیا محدود می‌شود، ولی افزایش غلظت فلزات سنگین سبب کاهش کارایی کنترل خاک و در نتیجه نفوذ این عناصر به آب‌های زیرزمینی را در پی دارد (شی و همکاران، ۲۰۰۹). در پژوهش‌های صورت گرفته نشان داده شده است که کاربرد لجن فاضلاب، عناصر سنگینی مانند سرب، کادمیم، نیکل و کروم را در خاک افزایش می‌دهد (کرمی و همکاران، ۲۰۰۷، واتقی و همکاران، ۲۰۰۳، کوسوبوک و همکاران، ۲۰۰۸). غیر پویاسازی عناصر سنگین به روش‌های مختلف از راهکارهای توصیه شده در استفاده از بسترهای دارای عناصر سنگین است که در کنار کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی سبب افزایش بهره‌وری خاک می‌شود (محمدی‌ثانی و همکاران، ۲۰۱۱). زئولیت طبیعی با شبکه آلومینوسیلیکات کریستالی و ساختمان باز دارای مولکول‌های Al, Si, O، یکی از این ترکیبات مهم

جاذب عناصر سنگین لجن فاضلاب است. مهمترین خاصیت زئولیت قدرت جذب سطحی، تبادل کاتیونی بالا و همچنین خاصیت غربال مولکولی آن است. همچنین نشان داده شد که زئولیت به عنوان تثبیت کننده عناصر سنگین علاوه بر کاهش کادمیم سبب افزایش pH و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک شده است (حمیدپور و همکاران، ۲۰۱۰). کنگرفرنگی (*Cynara scolymus*) به دلیل دارا بودن ترکیباتی همانند اسیدکافئیک و اسیدکلروجنیک (از ترکیبات مهم دارویی کنگرفرنگی) و توانمندی آنتی اکسیدانی بالای این گیاه مورد توجه صنایع دارویی و غذایی قرار گرفته است. خصوصیات بارز تغذیه ای لجن فاضلاب و همچنین قیمت پائین زئولیت در کشورمان زمینه این پژوهش را فراهم نمود تا توانمندی رشد و تغییرات متابولیت های ثانویه گیاه کنگرفرنگی در حضور یا عدم حضور زئولیت مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش ها

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و به صورت فاکتوریل با دو فاکتور شامل لجن فاضلاب (۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ درصد وزنی) و زئولیت (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی) در گلخانه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۱۳۸۹ طراحی و اجرا شد. بذور در گلدان های هشت کیلویی دارای خاک زراعی و مخلوط لجن فاضلاب و زئولیت کاشته شدند و برای تیمار شاهد سطح صفر لجن و زئولیت در نظر گرفته شد. مخلوط لجن فاضلاب (تصفیه خانه شهرستان کردکوی) و زئولیت (تهیه شده از شرکت افرندتوسکا) پیش از اختلاط با خاک، بر اساس روش پیشنهادی ۱۵ روز در دمای اتاق و رطوبت ۵۰ درصد نگهداری شدند.

بافت خاک به روش هیدرومتری محاسبه گردید (دی، ۱۹۶۵). برای اندازه گیری EC از روش عصاره گل اشباع استفاده شد. اسیدیته خاک در عصاره اشباع (پیچ و همکاران، ۱۹۸۲)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش چاپمن (۱۹۶۵)، ماده آلی خاک به روش پیچ و همکاران (۱۹۸۲) و درصد کربنات کلسیم معادل به روش نلسون (۱۹۸۲) انجام شد. در حین رشد گیاه، فاکتورهای مورفولوژیک (تعداد برگ، عرض برگ، سبزیگی گیاه و ارتفاع بوته) هر دو هفته یکبار اندازه گیری شد، برای شمارش تعداد برگ های گیاه، کل برگ های هر گیاه به غیر از برگ های محافظ جوانه (برگ های انتهایی) شمارش شد. برای اندازه گیری عرض برگ از برگ های پایینی گیاه استفاده شد. به این منظور از هر گیاه سه برگ میانی به صورت تصادفی انتخاب شده و گزارش شد. جهت اندازه گیری ارتفاع گیاه، سطح زمین نقطه صفر و نوک برگ به عنوان، بالاترین

قسمت گیاه در نظر گرفته شد. به منظور اندازه‌گیری کلروفیل برگ از هر گیاه سه برگ به‌طور تصادفی انتخاب شده و میزان سبزیگی آن‌ها با دستگاه کلروفیل سنچ مدل SPAD-502 اندازه‌گیری شده و در نهایت میانگین این داده‌ها محاسبه گردید. چهار ماه پس از کاشت نشاء، برگ گیاهان جهت اندازه‌گیری فاکتورهای موردنظر شامل وزن تر و خشک گیاه، میزان محتوی فنلی و فلاونوئیدی و مقدار اسیدکافئیک و اسیدکلروجنیک، و نیز عناصر سنگین موجود در ریشه گیاه (سرب و کادمیم) برداشت شده و در دمای اتاق خشک گردید. جهت محاسبه عملکرد گیاه، کل قسمت هوایی هر سه گیاه بلافاصله پس از برداشت با ترازوی دیجیتال توزین شد. نمونه‌های برگ خشک شده با آسیاب برقی به خوبی پودر شدند. نمونه‌های پودر شده جهت انجام آزمایش‌های مربوطه از الک شماره ۱۸ گذرانده شد (ابراهیم‌زاده و همکاران، ۲۰۰۸). جهت اندازه‌گیری عناصر سنگین موجود در ریشه، ریشه‌های گیاه پس از تمیز شدن از گل و خاک اضافی و شستشو با آب معمولی و سپس آب مقطر، به قطعاتی به طول تقریبی ۳ سانتی‌متر خرد شده و در دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد آون خشک شد. پس از خشک شدن نمونه‌ها با آسیاب برقی پودر شدند. به‌منظور تهیه عصاره متانولی ابتدا نمونه برگ در محیط آزمایشگاه و در دمای طبیعی خشک شد، سپس با آسیاب برقی به‌خوبی پودر شد. نمونه‌های پودر شده از الک شماره ۱۸ گذرانده شد. مقدار ۵ گرم از هر نمونه به ارلن ۵۰ میلی‌لیتری انتقال یافته و با ۵۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد مخلوط شد (نسبت ۱:۱۰). پس از ۲۴ ساعت عصاره متانولی دارای نمونه با استفاده از کاغذ صافی صاف شد. سپس از دستگاه تبخیر کننده چرخشی^۱ برای خارج کردن متانول از عصاره استفاده شد. پس از تغلیظ عصاره متانولی جهت استخراج متانول باقی‌مانده در عصاره، نمونه‌ها به دستگاه خشک کن انجمادی^۲ انتقال داده شدند. از عصاره خالص برای اندازه‌گیری فنل کل، فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه استفاده شد. مقدار کل ترکیبات فنلی موجود در عصاره کنگرفرنگی به روش فولین-سیوکالته^۳ و با اسپکتروفتومتر مورد بررسی قرار گرفت (ابراهیم‌زاده و همکاران، ۲۰۰۸). به‌منظور تعیین تغییرات اسید کلروجنیک و اسیدکافئیک که به‌عنوان شاخص کیفی عصاره برگ اهمیت دارند، از کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC^۴): مدل مرک-هیتاچی مجهز به پمپ لاکروم، دتکتور UV و ستون C-18 استفاده شد. برای اندازه‌گیری غلظت عناصر

- 1- Rotary evaporator
- 2- Freez drier
- 3- Folin-Ciocalteu
- 4- High performance liquid chromatography

سنگین خاک و نمونه گیاهی از روش هضم تر با اسیدنیتریک غلیظ و آب اکسیژنه استفاده شد و غلظت عناصر موردنظر در عصاره با دستگاه جذب اتمی مدل UNICAM 919 AA spectrometer اندازه‌گیری شد (بتون و کیس، ۱۹۹۰). تجزیه و تحلیل آماری براساس طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

خاک موردنیاز جهت کشت از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری مزرعه پژوهشی دانشگاه تهیه گردید. خاک مورد استفاده دارای بافت سیلتی - رس لوم است. مقدار سرب و کادمیوم خاک نیز ناچیز می‌باشد نتایج آزمون خاک در جدول ۱ نشان داده شده است. طبق نتایج این جدول خاک مورد استفاده از نظر واکنش خاک pH خاک مورد مطالعه نسبتاً قلیایی است، در نتیجه می‌تواند باعث کاهش قابلیت دسترسی عناصر سنگین موجود در لجن فاضلاب گردد، که امکان استفاده از لجن فاضلاب در خاک مورد مطالعه را افزایش می‌دهد. هدایت الکتریکی خاک مورد مطالعه پایین بوده و خاک غیر شور می‌باشد. آهک خاک نسبتاً زیاد بوده (۱۸/۲۵ درصد) و خاک آهکی است. یافته‌های (واثقی و همکاران، ۲۰۰۳) نشان داد، که کاربرد لجن فاضلاب در خاک‌های آهکی از نظر آلودگی فلزات سنگین خطر کمتری دارد.

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده.

کربنات	قابلیت هدایت	درصد	Pb قابل استفاده	Cd قابل استفاده	ظرفیت تبادل
کلسیم	الکتریکی	رطوبت	با DTPA	با DTPA	کاتیونی
معادل	(دسی‌زیمنس بر متر)	اشباع	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	(cmolc/kg)
(درصد)	(متر)	(درصد)	سیلتی	رس لوم	
۱۸/۲۵	۱/۰۸۵	۷/۴	۲/۲	۵۲	۲۱
					<۱

برخی ویژگی‌های لجن فاضلاب مورد استفاده در جدول ۲ آورده شده است، مطابق اطلاعات این جدول مقدار ماده آلی لجن مورد مطالعه قابل توجه است. این مقدار ماده آلی (۳۰ درصد) می‌تواند علاوه بر جبران کمبود ماده آلی در خاک‌های کشاورزی، آثار مطلوبی بر خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک بگذارد (سانگ ولی، ۲۰۱۰، بهره‌مند و همکاران، ۲۰۰۱).

همچنین با توجه به جدول ۲ مشاهده می‌شود که مقدار سرب و کادمیم کل نمونه لجن به ترتیب ۳ و ۱۳۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک می‌باشد که طبق مصوبات استاندارد آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا^۱ (جدول ۲) از آستانه بحرانی عناصر سنگین کمتر است. این امر نکته مثبتی در به کار بردن لجن فاضلاب تلقی می‌گردد. با این حال باید توجه داشت که کاربرد طولانی مدت و مقادیر زیاد لجن می‌تواند موجب انباشته شدن این عناصر در خاک گردد. گزارش‌ها نشان می‌دهد، کاربرد لجن و فاضلاب شهری موجب افزایش مقادیر فلزات سنگین در خاک می‌گردد (بهمنیار، ۲۰۰۷؛ سینگ و اگراوال، ۲۰۱۰).

جدول ۲- برخی ویژگی‌های شیمیایی لجن مورد استفاده و مقایسه غلظت برخی فلزات سنگین با استانداردهای بین‌المللی.

پارامتر	واحد	لجن مورد استفاده	حدمجاز استاندارد اروپا*	حدمجاز استاندارد USEPA503	حد مجاز استاندارد آلمان	حد مجاز استاندارد کانادا
pH (۱:۵)	-	۶/۵۸	-	-	-	-
EC (۱:۵)	دسی‌زیمنس بر متر	۲/۲۳	-	-	-	-
ماده آلی	درصد	۳۰	-	-	-	-
سرب کل	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۱۳۶	۷۵۰-۱۲۰۰	۳۰۰	۹۰۰	۵۰۰
کادمیم کل	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۳	۲۰-۴۰	۳۹	۵-۱۰	۲۰

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که رشد رویشی کنگرفرنگی تحت تأثیر لجن فاضلاب افزایش یافت. به طوری که این افزایش با افزایش سطح لجن مرتبط است. در مورد صفات مورفولوژیکی مورد مطالعه، مشخص شد که بین تیمار لجن فاضلاب و مقدار زئولیت اثر متقابل وجود ندارد. عملکرد و اجزای آن تحت تأثیر تیمار لجن فاضلاب تفاوت‌های معنی‌داری نشان دادند. با افزایش سطوح لجن، کلیه پارامترهای رشدی مورد مطالعه افزایش یافت. از میان صفات مورفولوژیکی تحت بررسی تنها میزان کلروفیل برگ تحت تأثیر لجن فاضلاب قرار نگرفت. در مقابل، در میان صفات اندازه‌گیری شده، زئولیت تنها بر وزن تر گیاه اثر معنی‌داری داشت.

1- USEPA503

با توجه به جدول تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف لجن فاضلاب و زئولیت بر وزن خشک گیاه (جدول ۳) می‌توان گفت که بین سطوح مختلف لجن فاضلاب از لحاظ تأثیر بر وزن خشک گیاه تفاوت معنی‌داری وجود دارد، همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نیز نشان می‌دهد که با افزایش میزان لجن وزن خشک گیاه افزایش یافت. بالاترین میزان وزن خشک (۴۱/۸۲ گرم) مربوط به تیمار ۲۵ درصد لجن و پائین‌ترین میزان (۱۹/۶۶ گرم) مربوط به تیمار شاهد می‌باشد. این نتایج با نتایج آزمایش‌های قلی‌زاده و همکاران (۲۰۰۵) در گیاه دارویی بادرنشبی مطابقت دارد. در گیاهان تجمع ماده خشک، حاصل فتوسنتز و سطح فتوسنتز کننده گیاه می‌باشد. افزودن لجن فاضلاب به خاک از این نظر که مواد آلی خاک و همچنین شاخص بیوماس میکروبی را افزایش می‌دهد، سبب افزایش فعالیت‌های آنزیمی گیاه شده و از این طریق بر فرایند فتوسنتز و در نهایت افزایش عملکرد گیاه تأثیر مثبتی می‌گذارد (حجتی و همکاران، ۲۰۰۶). به نظر می‌رسد که با توجه به مطالعات چاندر و همکاران (۲۰۰۸) افزایش لجن فاضلاب باعث افزایش کارایی فتوسنتز و در نهایت افزایش رشد گیاه می‌شود. به علاوه مقادیر زیاد نیتروژن نیتروژن موجود در لجن فاضلاب افزایش فتوسنتز و در نهایت افزایش عملکرد گیاه را در پی دارد که افزایش وزن خشک در گیاه تحت تأثیر لجن بیشتر به‌علت اخیر مرتبط است. با توجه به نتایج تأثیر سطوح مختلف زئولیت بر وزن خشک گیاه در جدول ۲ مشاهده شد که بین سطوح مختلف زئولیت از نظر وزن خشک گیاه و همچنین اثر متقابل زئولیت و لجن فاضلاب بر وزن خشک گیاه تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک کنگر فرنگی تحت تأثیر لجن فاضلاب زئولیت.

میانگین مربعات							منابع تغییرات
وزن خشک	وزن تر گیاه	ارتفاع گیاه	کلروفیل برگ	عرض برگ	تعداد برگ	درجه آزادی	
۵۹/۱۲ ^{ns}	۱۱۸۹۵/۱۱*	۹/۴۴ ^{ns}	۲۱/۷۹ ^{ns}	۱۷/۰۲ ^{ns}	۰/۶۸ ^{ns}	۳	زئولیت
۱۹۴/۹۲ ^{**}	۱۲۴۳۲/۶۱*	۱۴۷/۳۸*	۱۹/۹۰ ^{ns}	۸۶/۸۲*	۱/۴۶*	۳	لجن فاضلاب
۴۲/۸۹ ^{ns}	۴۶۶۰ ^{ns}	۳۱/۴۶ ^{ns}	۹/۹۱ ^{ns}	۳۱/۳۳ ^{ns}	۰/۱۴ ^{ns}	۶	لجن × زئولیت
۲۹/۲۱	۳۸۲/۵۷	۳۱/۲۵	۳/۴۷	۷/۶۶	۰/۲۱	۳۹	خطا
۱۴/۷۹	۲۲/۴۹	۱۴/۷۲	۹/۰۵	۱۷/۴۷	۹/۲۱		ضریب تغییرات

ns، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌دار.

نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار جلد (۴)، شماره (۱) ۱۳۹۳

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک کنگر فرنگی تحت تأثیر تیمار لجن فاضلاب و زئولیت در شرایط گلخانه.

زئولیت (درصد)	تعداد برگ (در هر گیاه)	ارتفاع گیاه (سانتی متر)	عرض برگ (سانتی متر)	میزان کلروفیل (اسپاد)	وزن تر (گرم/گلدان)	وزن خشک (گرم/گلدان)
۰	۷/۹۹ ^a	۷۰/۲۵۷ ^a	۲۴/۰۰ ^a	۴۱/۳۳ ^a	۲۵۲/۸۷ ^b	۳۶/۵۷ ^a
۵	۷/۷۷ ^a	۶۹/۳۰۵ ^a	۲۲/۵۲ ^a	۴۱/۰۵ ^a	۲۶۱/۳۲ ^b	۳۵/۵۵ ^a
۱۰	۷/۷۳ ^a	۷۱/۴۷۱ ^a	۲۵/۰۸ ^a	۳۹/۲۱ ^a	۳۱۲/۸۹ ^a	۴۰/۰۷ ^a
۱۵	۸/۱۸۹ ^a	۷۰/۲۷۷ ^a	۲۴/۲۵ ^a	۳۸/۶۴ ^a	۳۰۹/۶ ^a	۳۹/۵۷ ^a
لجن فاضلاب (۰ درصد)	۷/۵۸۱ ^c	۵۹/۵۸۳ ^b	۱۷/۷۵ ^b	۳۸/۰۴۱ ^a	۱۶۵/۵۹ ^b	۱۹/۶۶۳ ^c
۱۵	۷/۷۲۸ ^{bc}	۶۴/۶۴۹ ^{ab}	۲۲/۳۷۵ ^a	۳۹/۰۵۶ ^a	۲۷۴/۷۴ ^a	۳۶/۹۰۶ ^b
۲۰	۷/۷۹۱ ^b	۶۹/۰۱۹ ^{ab}	۲۴/۵ ^a	۴۰/۷۸۹ ^a	۲۶۹/۲۷ ^a	۳۵/۷۶ ^b
۲۵	۸/۳۷۵ ^a	۷۲/۳۲۲ ^a	۲۴/۸۱۳ ^a	۴۰/۲۴۲ ^a	۳۰۸/۵ ^a	۴۱/۸۲۵ ^a

میانگین‌ها در هر ستون و به‌طور جداگانه برای هر یک از فاکتورها (لجن فاضلاب و زئولیت) که حداقل دارای یک حرف مشابه هستند، بر مبنای آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

با توجه به جدول تجزیه واریانس بین تیمارهای مختلف لجن از لحاظ وزن تر گیاه تفاوت معنی‌داری وجود دارد. مطابق نتایج حاصل از مقایسه میانگین (جدول ۴)، با افزایش لجن وزن تر افزایش یافت. بالاترین میزان وزن تر گیاه در سطوح ۲۵ درصد لجن مشاهده شد، درحالی‌که کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد. بین تیمار شاهد و سطوح دیگر لجن تفاوت معنی‌داری وجود دارد ولی بین سطوح مختلف لجن تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین همچنین مؤید وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف زئولیت از لحاظ تأثیرگذاری بر وزن تر گیاه می‌باشد. بین تیمار شاهد و ۵ درصد زئولیت تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. تیمارهای ۱۰ درصد و ۱۵ درصد نیز تفاوت معنی‌دار نداشتند. با این وجود بین این تیمارها (۱۰ درصد و ۱۵ درصد) و تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۴). معنی‌دار نبودن اثر متقابل عامل‌های زئولیت و لجن فاضلاب نیز نشان داد که میانگین‌های وزن تر گیاه در سطوح متفاوت لجن و زئولیت مستقل بوده و تأثیر زئولیت بر وزن تر به سطح لجن خاک بستگی ندارد. افزایش وزن تر گیاه تحت تأثیر زئولیت می‌تواند با افزایش ذخیره آب و عناصر غذایی در کانال‌های زئولیت و همچنین جلوگیری از آب‌شویی این عناصر تفسیر گردد. نتایج نشان می‌دهد که رشد طولی گیاه تحت تأثیر سطوح مختلف لجن متفاوت

بود. بلندترین گیاه در محیط دارای ۲۰ درصد لجن و کوتاهترین آن‌ها در تیمار شاهد مشاهده شد. نتایج فوق با نتایج چاندرا و همکاران (۲۰۰۸) مبنی بر افزایش ارتفاع گیاه با افزایش سطح لجن که بر روی گیاه نخود انجام شد مطابقت دارد. رشد طولی برگ با طول شدن سلول که تحت تأثیر مستقیم اکسین قرار دارد، رابطه مستقیم دارد. فلزات سنگین سطح هورمون اکسین در گیاه را تحت تأثیر قرار داده و رشد طولی برگ نیز متأثر از این تغییر می‌باشد (واتقی، ۲۰۰۱).

نشان داده شد که افزایش فلزات سنگین در گیاه جو باعث افزایش فعالیت آنزیم پروکسیداز می‌شود، این آنزیم در طول شدن سلولی و افزایش فعالیت مناطق رشدی گیاه اثر مثبت دارد. از این رو می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که فلزات سنگین لجن از طریق تأثیر بر فعالیت آنزیمی گیاه ممکن است بر رشد طولی آن‌ها مؤثر باشند. انتظار می‌رفت که افزایش ارتفاع گیاه تحت تأثیر ژئولیت به دلیل خاصیت تبادل کاتیونی بالای ژئولیت و همچنین جذب سطحی بالای آن که باعث افزایش جذب عناصر مغذی گیاه و افزایش شاخص‌های رشدی طول و عرض گیاه می‌شود، صورت گیرد. در هر صورت نتایج به دست آمده با نتایج سایر مح پژوهش‌گران که بیان‌کننده نقش ژئولیت در افزایش دسترسی عناصر غذایی و همچنین افزایش رشد طولی و عرضی گیاه است (کالا و همکاران، ۲۰۰۸) مطابقت ندارد. سطوح مختلف لجن به طور معنی‌داری بر رشد عرضی برگ مؤثر بود. در مقابل ژئولیت در رشد عرضی برگ تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد. نتایج مقایسه میانگین‌های پهنای برگ تحت تأثیر تیمارهای مختلف لجن و ژئولیت مؤید این نکته است که در بستر دارای سطح ۲۵ درصد لجن بیشترین رشد عرضی برگ صورت گرفته است. بر اساس نتایج به دست آمده می‌توان گفت که با افزایش سطح لجن میزان رشد عرضی گیاه افزایش می‌یابد. نتایج فوق با نتایج آزمایش‌های پژوهش‌گران دیگر (غلامحسینی و همکاران، ۲۰۰۷) مطابقت دارد. افزایش نیتروژن قابل دسترس در طول دوره رشد گیاه باعث افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه طول و عرض آن می‌شود. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) همچنین نشان داد که بین سطوح مختلف ژئولیت از نظر تأثیر بر میزان رشد عرضی گیاه تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. نتایج نشان داد که گیاهان رشد یافته در محیط دارای میزان لجن بیشتر، تعداد برگ بیشتری تشکیل داده‌اند. به طوری که بیشترین تعداد برگ و جوانه برگ در سطح ۲۵ درصد لجن مشاهده شد. در مقابل تشکیل برگ تحت تأثیر تیمار ژئولیت قرار نداشت. در بررسی اثر سطوح مختلف لجن و ژئولیت بر میزان کلروفیل برگ نتایج نشان داد که، بین سطوح مختلف لجن فاضلاب و از لحاظ تأثیرگذاری بر کلروفیل گیاه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۳). این عدم معنی‌داری در مورد سطوح مختلف ژئولیت و همچنین اثر متقابل آن‌ها نیز مشاهده شد.

نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار جلد (۴)، شماره (۱) ۱۳۹۳

جدول ۵- تجزیه واریانس تأثیر لجن فاضلاب و ژئولیت بر فاکتورهای شیمیایی برگ کنگر فرنگی.

میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	محتوی فنلی (میلی گرم گالیک اسید بر گرم وزن خشک)	محتوی فلاونوئیدی (میلی گرم کوئرستین بر گرم وزن خشک)	کلروژنیک اسید (میلی گرم بر گرم وزن خشک)	کافئیک اسید (میلی گرم بر گرم وزن خشک)
ژئولیت	۳	۱۴۰۵/۹۵۲ ^{ns}	۶۸۵/۲۱ ^{ns}	۱/۱ ^{ns}	۰/۰۰۹۳ ^{ns}
لجن فاضلاب	۳	۲۴/۲۲*	۱۸۴۱/۲۶*	۰/۰۱۱*	۰/۰۰۵۷*
ژئولیت × لجن	۶	۱۳۰۳/۵۳ ^{ns}	۸۲۴/۲۸ ^{ns}	۰/۰۰۴۵ ^a	۰/۰۰۵۴ ^{ns}
خطا	۳۹	۱۴	۴۴۴	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۴۷
ضریب تغییرات		۱۴/۰۹	۲۳	۱۱/۱۵	۹/۰۴۵

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به فاکتورهای شیمیایی (جدول ۵) لجن فاضلاب بر محتوی فلاونوئیدی، محتوی فنول، میزان اسید کافئیک و اسید کلروژنیک برگ در سطح (۰/۰۵) اثر معنی دار بود. در مقابل اثر سطوح‌های مختلف به کار برده شده ژئولیت بر فاکتورهای بیوشیمیایی غیر معنی دار بود.

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات بیوشیمیایی کنگر فرنگی تحت تأثیر تیمار لجن فاضلاب و ژئولیت در شرایط گلخانه.

ژئولیت (درصد)	محتوی فنلی (میلی گرم گالیک اسید بر گرم وزن خشک)	محتوی فلاونوئید (میلی گرم کوئرستین بر گرم وزن خشک)	اسید کلروژنیک (میلی گرم بر گرم وزن خشک)	اسید کافئیک (میلی گرم بر گرم وزن خشک)
۰	۹۰/۴۳ ^a	۳۲/۳ ^a	۰/۸ ^a	۰/۱۵۲ ^a
۵	۱۰۹/۹۳ ^a	۲۵/۸۷ ^a	۰/۹ ^a	۰/۱۷۲ ^a
۱۰	۸۵/۶۲ ^a	۲۶/۰۱۶ ^a	۱/۲ ^a	۰/۱۱ ^a
۱۵	۹۹/۶۶ ^a	۴۰/۵۶ ^a	۱/۱ ^a	۰/۱۵۵ ^a
لجن فاضلاب	۹۱/۸۸ ^b	۳۲/۷۹ ^{ab}	۰/۵ ^b	۰/۲۸ ^a
۱۵	۹۴/۷۲ ^a	۴۷/۷۹ ^a	۰/۹ ^a	۰/۱۴۳ ^b
۲۰	۹۶/۸۴ ^a	۲۳/۴۹ ^b	۱/۱ ^a	۰/۱۶۹ ^b
۲۵	۹۷/۳۳ ^a	۲۰/۱۴ ^b	۱/۴ ^a	۰/۱۳۶ ^b

میانگین‌ها در هر ستون و به‌طور جداگانه برای هریک از فاکتورها (لجن فاضلاب و ژئولیت) که حداقل دارای یک حرف مشابه هستند، بر مبنای آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

لجن فاضلاب اثر معنی‌داری بر میزان فنل کل برگ داشت. مشاهده شد که محتوی فنلی برگ با افزایش سطح لجن افزایش یافت و در سطح ۲۵ درصد به حداکثر مقدار خود رسید. کمترین میزان فنلی در تیمار شاهد مشاهده شد. همچنین اثر متقابل تأثیر سطوح مختلف لجن و زئولیت نیز در میزان فنل گیاه معنی‌دار نشد. به نظر می‌رسد که برهم‌کنش لجن و زئولیت در افزایش یا کاهش میزان فنل هم‌زمان نبوده و به صورت مستقل عمل می‌کنند. تغذیه زئولیت همچنین تأثیر معنی‌داری بر میزان فنل گیاه نداشت (جدول ۶). نشان داده شد که اسیدهای فنولیک در گیاهان در پاسخ به جراحات فیزیکی، بیماری و یا سایر استرس‌ها سنتز می‌شوند (بکمن، ۲۰۰۰). همچنین بیان شد که گیاه تحت شرایط استرس سنتز انواع ترکیبات فنیل پروپانوییدی مثل فنل‌های ساده، آنتوسیانین فلاونوئیدها و لیگنین‌ها را افزایش می‌دهد (دیکسون و پایوا، ۱۹۹۵). با در نظر گرفتن این نکته که وجود لجن فاضلاب در بستر سبب افزایش عناصر سنگین خاک به‌عنوان یک عامل تنش‌زا برای گیاه می‌شود، افزایش غلظت فنل کل در برگ قابل بحث است. محتوی ترکیبات پلی‌فنلی، از برگ در برابر تنش‌های اکسیداتیو ایجاد شده توسط فلزات سنگین محافظت می‌کند. افزایش میزان فنل کل همسو با افزایش میزان لجن بستر بیانگر مقاومت نسبی کنگرفرنگی به تنش ناشی از لجن مقاوم است.

لجن فاضلاب تأثیر معنی‌داری بر محتوی فلاونوئید کل برگ داشت. بیشترین میزان فلاونوئید برگ (۴۷/۷۹ میلی‌گرم بر گرم) در گیاهانی مشاهده شد که در گلدان‌های دارای ۱۵ درصد لجن رشد یافتند. نکته جالب توجه این‌که از نظر میزان ترکیبات فلاونوئیدی بین سطوح بالاتر لجن و سطح ۱۵ درصد تفاوت وجود داشت. به طوری‌که افزایش میزان لجن سبب کاهش تجمع فلاونوئید شد. به درستی مشخص نیست که دلیل کاهش فلاونوئید در سطوح بالای لجن چیست، به نظر می‌رسد که عناصر سنگین به‌عنوان عوامل بازدارنده رشد با تأثیر بر برخی از فرایندهای بیوشیمیایی از سنتز ترکیبات فلاونوئیدی به شکل مستقیم یا غیرمستقیم ممانعت می‌کنند (میشالاک، ۲۰۰۶). در مقابل بین سطوح مختلف زئولیت و مقدار فلاونوئید اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. لجن فاضلاب بر تجمع اسیدکلروژنیک مؤثر بود. به شکلی که بین سطوح مختلف لجن اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ مشاهده شد (جدول ۵). وجود زئولیت در ترکیب خاکی سبب تغییر میزان اسیدکلروژنیک شد. با این وجود اثر متقابل بین لجن فاضلاب و زئولیت معنی‌دار نشد. با افزایش سطح لجن میزان اسیدکلروژنیک افزایش یافت، به طوری‌که بیشترین میزان این ترکیب در گلدان‌های دارای ۲۵ درصد لجن در مقابل نمونه‌های شاهد مشاهده شد (جدول ۶). بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول

۵) لجن فاضلاب تأثیر معنی داری بر میزان اسیدکافتیک کنگرفرنگی داشت، اما میزان این ترکیب تحت تأثیر زئولیت قرار نگرفت. اثر متقابل سطوح مختلف لجن فاضلاب و زئولیت نیز معنی دار نبود. با مشاهده نتایج مقایسه میانگین (جدول ۶) می توان به این نتیجه رسید که با افزایش سطح لجن میزان اسیدکافتیک کاهش می یابد، به طوری که بالاترین مقدار اسیدکافتیک در تیمار شاهد مشاهده شد.

اسیدکافتیک به عنوان یک ترکیب فنولیکی ساده پیش ساز بسیاری از ترکیبات مهم و مؤثر آنتی اکسیدانی در اغلب گیاهان محسوب می شود. کاهش اسیدکافتیک در فرایند افزایش غلظت لجن فاضلاب را می توان به تبدیل این ترکیب به ترکیبات قوی تر و به عبارتی افزایش ترکیبات آنتی اکسیدانی مؤثرتر از جمله اسید کلروژنیک و سینارین نسبت داد. از طرف دیگر با توجه به اختلال در فعالیت آنزیم ها در شرایط تحت تنش فلزات سنگین و مطابق فرضیه کربن- عناصر غذایی که بیان می کند، در زمان تنش شدید ممکن است مقدار فتوسنتز آنقدر کم شود که تنفس عمده کربن تثبیت شده را مصرف نماید و در نتیجه رشد و تولید متابولیت های ثانویه محدود گردد (میشالاک، ۲۰۰۶)، تغییرات ترکیبات مؤثره را می توان مورد بحث قرار داد.

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس غلظت عناصر سنگین در اندام های مختلف کنگرفرنگی.

میانگین مربعات			درجه آزادی	منابع تغییرات
سرب ریشه (میکروگرم بر گرم)	سرب اندام هوایی (میکروگرم بر گرم)	کادمیم ریشه (میکروگرم بر گرم)		
۰/۹۴۸*	۰/۰۲۰۵ ^{ns}	۰/۰۰۳*	۳	زئولیت
۰/۱۷۸*	۰/۰۲۰۵ ^{ns}	۰/۰۰۱۱۷ ^{ns}	۳	لجن
۰/۹۷۱*	۰/۰۱۳۳ ^{ns}	۰/۰۰۲۰۶ ^{ns}	۶	زئولیت*لجن
۰/۳۶۴	۰/۰۱۴۵	۰/۰۰۰۹۵	۳۹	خطا
۲۴/۰۶	۲۲/۸	۱۳/۱۵		ضریب تغییرات

* و ns به ترتیب معنی دار در سطح ۵ درصد و غیر معنی دار.

با مشاهده نتایج جدول تجزیه واریانس داده های عناصر سنگین (جدول ۷)، تیمار لجن فاضلاب بر میزان سرب اندام هوایی و کادمیم ریشه اثر معنی داری نداشت، در مقابل میزان تجمع سرب ریشه تحت تأثیر لجن فاضلاب قرار گرفت. بر اساس نتایج، زئولیت در کاهش غلظت سرب و کادمیم ریشه

به شكل معنى دارى مؤثر بود. به علاوه تحت تأثير غلظت هاى مختلف لجن و زئوليت ميزان تجمع سرب در ريشه گياه تفاوت معنى دارى (سطح ۵ درصد) داشت. افزايش سطح لجن فاضلاب منجر به افزايش غلظت سرب در ريشه كنگر فرنگى شد. به طورى كه بيشترين ميزان سرب مربوط به سطح ۲۵ درصد لجن به مقدار ۲/۶۵ ميكروگرم بر گرم و كمترين غلظت سرب در تيمار شاهد برابر با ۱/۸۶ ميكروگرم بر گرم به ثبت رسيد. در مقابل اگرچه روند تجمع سرب در ريشه گياهان شاهد نسبت به گياهانى كه لجن دريافت نموده بودند به شكل معنى دارى كمتر بود. با اين وجود بين سطوح لجن ۱۵ و ۲۰ درصد با يكديگر تفاوت معنى دار مشاهده نشد. هودا (۲۰۱۰) گزارش كرد كه در گياه گندم بين ميزان سرب جذب شده توسط گياه و غلظت سرب خاك رابطه مستقيم وجود دارد. بر اين اساس مى توان بيان كرد كه با افزايش سطح لجن فاضلاب در خاك ميزان سرب بستر افزايش يافته و در نتيجه ميزان جذب توسط گياه نيز افزايش مى يابد. همچنين نتايج نشان داد كه بين غلظت سرب ريشه و اندام هوايى تفاوت زيادى وجود دارد به طورى كه در اندام هوايى ميزان سرب بسيار كمتر از ريشه است و اين مؤيد عدم قابليت تحرك بالايى عنصر سرب در گياه و انتقال به اندام هاى هوايى مى باشد. نتايج مشابهى توسط وائقى و همكاران (۲۰۰۳)، كاستالدى و همكاران (۲۰۰۵) و همچنين كرمى و همكاران (۲۰۰۷) گزارش شده است. در پژوهشى با بررسى تأثير مصرف فاضلاب بر ميزان برخى از عناصر سنگين خاك و گياه نشان داده شد كه مقدار سرب تجمع يافته در ريشه برنج به دليل انتقال كم سرب بيشتر از اندام هوايى و دانه برنج داشت (بهمنيار، ۲۰۰۷). كوپه (۱۹۸۱) بيان نمود كه بيشترين قسمت سرب توسط ريشه گياه جذب مى شود و فقط مقدار بسيار اندكى از آن به اندام هوايى انتقال مى يابد. اين نکته از اين نظر كه برگ هاى كنگر فرنگى مورد استفاده دارويى قرار مى گيرند، اهميت دارد. توجه به اين نکته مهم است كه عدم برداشت ريشه گياهان (به جز گياهان ريشه اى) در زمان برداشت، سبب تجمع تدريجى عناصر سنگين شده و در صورت عدم استفاده گياه مناسب مسموميت خاك را به دنبال خواهد داشت.

نتيجه گيرى

بر اساس نتايج به دست آمده لجن فاضلاب بر صفات مورفولوژيك و برخى صفات بيوشيميايى گياه كنگر فرنگى مؤثر است. بررسى هاى انجام شده در اين آزمايش نشان داد كه تيمار لجن فاضلاب عملكرد گياه را افزايش مى دهد، اين افزايش رشد در افزايش تعداد برگ، عرض برگ، ارتفاع گياه و

وزن خشک و تر گیاه منعکس شده است. با افزایش میزان لجن بستر میزان فنل کل و اسیدکلروجنیک افزایش یافت در حالی که میزان فلاونوئید و کافئیکاسید برگ کاهش یافت، این در حالی است که زئولیت هیچ تأثیر معنی داری بر فاکتورهای بیوشیمیایی مورد مطالعه نشان نداد. با توجه به افزایش روزافزون تولید لجن فاضلاب، وجود معادن عظیم زئولیت و قیمت پایین این کانی در ایران و همچنین پتانسیل بالای کشت کنگرفرنگی در کشور به خصوص در نواحی شمالی کشور، تکرار این آزمایش در شرایط مزرعه و با ایجاد تنوع بیشتر در سطوح لجن و زئولیت جهت دستیابی به حداکثر کمیت و کیفیت متابولیت های ثانویه کنگرفرنگی پیشنهاد می شود. در نهایت می توان بیان نمود که با کاربرد زئولیت استفاده از لجن در تغذیه کنگرفرنگی به دلیل افزایش عملکرد و بهبود نسبی کیفیت برگ توصیه می شود.

منابع

1. Bahmanyar, M.A. 2007. The effect of sewage usage in irrigation water of agricultural crops on some heavy metals of soil and plants, J. Environ Studies. 33(44): 19-26.
2. Bahremand, M., Afioni, M., Hajarbassy, MA., Rezaeinezhad, E. 2001. Effect of sewage sludge on some physical characters of soil. J. Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources. 12: 13-17.
3. Beckman, C. 2000. Phenolic-storing cells: keys to programmed cell death and periderm formation in wilt disease resistance and in general defence responses in plants. Physiol. Mol. Plant Pathology. 57: 101-110.
4. Benton, J., and Case, V.W. 1990. Sampling, handling and analyzing plant tissue samples. In: Westerman, R.L. (ed.). Soil testing and plant analysis. 3rd ed. Book series No. 3. Soil Sci. Soc. of Am., Inc. Madison, WI., USA. 389-428.
5. Cala, V., Cases, M.A., and Walter, I. 2008. Biomass production and heavy metal content of *Rosmarinus officinalis* grown on organic waste-amended soil. J. Arid Environments. 62: 401-412.
6. Castaldi, P.L., Santona, L., and Melis, P. 2005. Heavy metal immobilization by chemical amendments in a polluted soil and influence on white lupine growth. Chemosphere. 60: 365-371.
7. Chandra, R., et al. 2008. Effects of distillery sludge on seed germination and growth parameters of green gram (*Phaseolus mungo* L.). J. Hazard Mater. 152: 431-439.
8. Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity. In Black C.A., et al. (eds.). Methods of soil analysis. ASA. Madison, WI. Pp: 891-901.

9. Day, P.R. 1965. Particle fractionation and particle-size analysis. Pp: 545-567. *In: Black, C.A. (ed.), Methods of soil analysis. Part I. Agronomy 9, Soil Sci. Soc. of Am. Madison, WI., USA.*
10. Dixon, R.A., and Paiva, N. 1995. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *Plant Cell. 7: 1085-1097.*
11. Ebrahimzadeh, M.A., Hosseinimehr, S.J., Hamidinia, A., Jafari, M. 2008. Antioxidant and free radical scavenging activity of Feijoa sellowiana fruits peel and leaves. *Pharmacologyonline, 1: 7-14.*
12. Gholamhoseini, M., Ghalavand, A., Mohammad Modarres Sanavy, S.A., Jamshidi, E. 2007. Effect of Zeolite Compost Application in Loamy Sand Field on Grain yield and other Traits of Sunflower. *Environmental Sciences, 5(1): 23-36.*
13. Gholizadeh, A., Esfehiani, M., Azizi, M. 2005. Study the role of water stress including Zeolite application on qualitative and quantitative characters of *Dracocephalum moldavica*. *Research and Manufacturing in Natural Resources, 73: 1-6.*
14. Hamidpour, M., Afyuni, M., Kalbasi, M., Khoshgoftarmanesh, A.A., and Inglezakis, V.J. 2010. Mobility and plant-availability of Cd (II) and Pb adsorbed on zeolite and bentonite. *Applied Clay Sci. 48: 342-348.*
15. Hojati, S., Nourbakhsh, F., Khavazi, K. 2006. Effect of sewage sludge on soil microbe biomass, enzymatic activity and the yield of corn. *J. Soil and Water Sci. 20(1): 84-93.*
16. Hooda, P.S. 2010. Effect of salinity and macronutrient levels on micronutrient in wheat. *J. plant nutrition. 24: 273-281.*
17. Karami, M., Rezaeinezhad, E., Afioni, M., Shariatmadari, H. 2007. Cumulative effect and the residue of city filtering system sewage sludge on the concentration of lead and cadmium of soil and wheat plant. *J. Science and Technology of Agriculture and Natural resources. 1(1): 79-94.*
18. Koeppel, D.E., Lead, understanding the minimal toxicity of lead in plants; *In: Lepp, N.W. (ed.), Effect of Heavy Metal Pollution on Plants, Vol. 1; Applied Science, London Pp: 55-76.*
19. Kosobucki, P., Kruk, M., and Buszewski, B. 2008. Immobilization of selected heavy metals in sewage sludge by natural zeolites. *Bioresource Technology. 99: 5972-5976.*
20. Michalak, A. 2006. Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress. *Polish J. Environ. Stud. 15: 523-530.*
21. Mohammadi Sani, M., Astaraii, A., Fotovat, A., Lakzian, A. 2011. Stabilization of Zn and Pb of mine cultch using zeolite and superphosphate tripel and the effect of it on wheat growth. *Iranian J. field crops research. 8(6): 956-964.*
22. Nelson, R.E. 1982. Carbonate and gypsum. Pp: 181-198. *In: Page, A.L. (ed.). Methods of Soil Analysis. Part II. 2nd ed. ASA and SSSA.*

23. Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. 1982. Method of soil Analysis. Part 2, chemical and microbiological properties, Second Edition, No. 9.
24. Querol, X., Alastuey, A., and Moreno, N. 2006. Immobilization of heavy metals in polluted soils by the addition of zeolitic material synthesized from coal fly ash. *Chemosphere*. 62: 171-180.
25. Samaras, V., Tsadilas, D., and Stamadiadis, S. 2008. Effect of repeated application of municipal sewage sludge on soil fertility, cotton yield and nitrate leaching. *Agronomy J*. 3: 477-483.
26. Shi, WY., Shao, HB., Li, H., Shao, MA., and Du, S. 2009. Progress in the remediation of hazardous heavy metal-polluted soils by natural zeolite. *J. Hazard Mater*. 170: 1-6.
27. Singh, R.P., and M., Agrawal. 2010. Variations in heavy metal accumulation, growth and yield of rice plants grown at different sewage sludge amendment rates. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73: 632-641.
28. Song, U., and Lee, E.J. 2010. Environmental and economical assessment of sewage sludge compost application on soil and plants in a landfill. *Resources, Conservation and Recycling*, 54: 1109-1116.
29. Vaseghi, S. 2001. Effect of sludge sewage on absorbability of heavy metals and growth of plants in some acidic and alkaline soil. M.Sc. thesis, university of Esfahan.
30. Vaseghi, C., Afioni, M., Shariatmadari, H., Mobli, M. 2003. The effect of sewage sludge and soil pH on the absorption ability of micro elements and heavy metals. *J. Science and Technology of Agriculture and Natural resources* 3: 95-105.



Effects of sewage sludge and zeolite on the Artichoke (*Cynara scolymus* L.) leaf yield and leaf quality

N. Bolhasani¹, *A. Ghasemnezhad² and M. Baranimotlagh³

¹M.Sc. Graduate, Dept. of Horticulture Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Assistant Prof., Dept. of Horticulture Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ³Assistant Prof., Dept. of Soil Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resource

Received: 01/24/2013 ; Accepted: 10/30/2013

Abstract

Due to the role of Artichoke in blood cholesterol and sugar reduction as well as antioxidant properties, it is widely cultivated and used. Importance of plant feeding in one hand and environmental contamination by chemical fertilizers on the other hand, forced human to think about clean agriculture. To find the possibility to remove the limitation of microbial contamination and heavy metals, sewage sludge can be used as rich source of mineral and organic matter in plant feeding. In the present study, it has been tried to find the role of zeolite in heavy metal capturing beside the feeding value of sewage sludge. The experimental was complete randomized block containing two treatments of sewage sludge (design 15%, 20%, and 25%) and zeolite (0, 5%, 10% and 15%) with three replications. Results indicated that, using sewage sludge had an influence on some parameters including plant biomass and some qualitative indexes such as chlorogenic acid and total phenols. Contrary to that, a reduction in the content of caffeic acid and total flavonoid was observed. Zeolite had no significant effect on parameters involved in leaf yield and quality. Zeolite significantly (at 5%) reduced the rate of Lead and Cadmium of root. The lowest amounts of root Cadmium and Lead were observed in plants treated with 10% zeolite. Finally it can be concluded that, if it is possible to reduce the limitations of sewage sludge in plant feeding, sewage sludge could be a good fertilizer and zeolite could be a good agent to inactive the heavy metals in root rizosphere.

Keywords: Artichoke, Zeolite, Sewage sludge, Secondary metabolites

* Corresponding Authors; Email: aghasemnadjad@hotmail.com