بررسی اثر استفاده از فاضلاب و کمپوست بر شاخص‌های رشد و جذب برخی عناصر غذایی در ریحان

Effect of Wastewater and Compost Application on Growth Indeces and Absorption of Nutrients in Basil

مسعود شاکرمی[۱]، صفر معروفی[۲*]، فرشاد دشتی[۳]، قاسم رحیمی[۴] و نصرالدین پارسافر[۵]

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۴/۰۱

چکیده

به‌منظور بررسی اثر فاضلاب و کمپوست بر شاخص‌های رشد و تجمع برخی از عناصر کم‌مصرف و فلزات سنگین در گیاه ریحان، تحقیقی با سه نوع آب که شامل فاضلاب تصفیه‌شده (W_1)، ترکیب ۵۰ درصد فاضلاب خام و آب شرب (W_2) و آب شرب (W_3) و همچنین دو سطح کمپوست که شامل هشتاد تن در هکتار (C_1) و بدون کمپوست (C_2) در سه زمان برداشت (T_1، T_2 و T_3) در قالب آزمایش فاکتوریل و براساس طرح آماری کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط لایسیمتری انجام گرفت. لایسیمترها پس از ساخت، با خاک سه لایه پر و گیاه در آنها کاشته شد. نتایج نشان داد که اثر نوع آب بر کلیه صفات رشد و تجمع عناصر در گیاه (به‌جزء روی در برگ) معنی‌دار بود به‌گونه‌ای که W_1 دارای بیشترین تجمع عناصر بود. اثر کمپوست بر شاخص‌های رشد صرفاً بر ارتفاع بوته و بر کلیه عناصر اثر معنی‌داری داشت. بالاترین میانگین شاخص‌های رشد و عناصر در سطح C_1 مشاهده گردید. اثر چین بر وزن خشک و ارتفاع بوته معنی‌دار بود و با تداوم چین، بر میزان شاخص‌های رشد و تجمع عناصر در برگ و ساقه افزوده شد. اثر متقابل فاضلاب و کمپوست فقط بر تجمع سرب و منگنز موجود در برگ معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل فاضلاب و چین فقط بر وزن‌های تر و خشک معنی‌دار گردید. بالاترین وزن تر (۳۷۷/۷۸) و وزن خشک (۴۲/۸۳ گرم) به‌ترتیب در W_1T_2 و W_1T_3 مشاهده گردید. بالاترین میزان سرب (۰/۱۷) و منگنز (۵۳/۲۸ میلی‌گرم بر وزن خشک) در W_2C_1 مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: فاضلاب، کمپوست، ریحان، پارامترهای رشد، عناصر سنگین

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان
۲. استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان
۳. استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان
۴. استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان
۵. دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
*: نویسنده مسئول Email: smarofi@yahoo.com

مقدمه

تولید کود کمپوست از زباله شهری و استفاده از آن در زمین‌های کشاورزی یکی از راهکارهای مقابله با حجم عظیم زباله تولید شده می‌باشد. از طرف دیگر کمبود منابع آب شیرین و همچنین حجم عظیم فاضلاب تولید شده، متخصصین منابع آب را به برنامه‌ریزی و استفاده از فاضلاب در امر کشاورزی مجبور نموده است. بنابراین تلاش برای دست‌یابی به نحوه دفع مناسب استفاده از این دو پسماند در زمین‌های کشاورزی با هدف کاهش اثرات زیست محیطی ضرورت می‌یابد (حیدرزاده و عبدلی، ۱۳۸۶ و حسین‌پور، ۱۳۸۷).

در ایران مقدار ماده آلی در بیش از ۶۰ درصد از اراضی کشاورزی کمتر از ۱ درصد می‌باشد. از طرف دیگر، خاک این مناطق اغلب به‌علت داشتن خاصیت قلیایی (pH> ۷) و درصد بالای آهک، دارای کمبود عناصر غذای، به‌ویژه عناصر کم‌مصرف مانند آهن، مس، روی و منگنز برای گیاهان می‌باشد (شریفی و همکاران، ۱۳۸۹). کمبود عناصر کم‌مصرف از عوامل محدودکننده رشد گیاه، می‌باشد. در همین راستا استفاده از کمپوست یکی از مهم‌ترین راه‌های تأمین ماده آلی خاک و بازیافت طبیعی این ترکیبات است (والن[1] و همکاران، 2001).

مطالعات نشان داده است که ضایعات آلی مانند لجن فاضلاب وکمپوست زباله شهری علی‌الرغم اثرات مثبت بر خاک از قبیل کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک، بهبود ساختمان‌سازی خاک، افزایش نفوذپذیری خاک، افزایش میزان هوموس و ظرفیت بافری خاک، به‌طور طبیعی حاوی مقدار قابل ملاحظه‌ای از عناصر کم‌مصرف هستند که به علت وجود مواد آلی زیاد به صورت کلات‌های آلی درآمده و باعث افزایش حلالیت و قابلیت جذب این عناصر در خاک می‌شوند (کویوالو[2] و همکاران، 2000، آشورث[3]، 2004 و انابی[4] و همکاران، 2007). ورود فلزات سمی از طریق فعالیت‌های انسانی باعث آلودگی بسیاری از خاک‌ها شده است به‌طوری‌که شدت آلودگی در این خاک‌ها یا بیش از حد طبیعی است و یا به‌زودی به آن حد خواهد رسید (WHO، 2003، ویلسون و تمپل[5]، 2001).

استفاده از فاضلاب با رعایت ملاحظات زیست‌محیطی در آبیاری محاسن متعددی همچون افزایش بازدهی مصرف آب، تأمین ریزمغذی‌ها، حاصلخیزی خاک را دارد. تصفیه فاضلاب‌ها، کاهش آلودگی‌های فیزیکی و زیستی را به‌همراه دارد (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۷). جذب فلزات سنگین از خاک توسط گیاه به عوامل مختلفی چون اسیدیته خاک، غلظت یونی محلول، غلظت کاتیونی فلز، حضور کاتیون‌های فلزی رقابت‌کننده، نوع فلز، الگوی تجمع فلز سنگین در گیاه و ویژگی‌های زیستی هر گیاه بستگی دارد (لوکین[6] و همکاران، 2001).

در زمینه اثر فاضلاب‌ها و کمپوست بر تمرکز عناصر سنگین در خاک و اندام‌های مختلف گیاه، تحقیقاتی در کشور و سطح جهان صورت گرفته است از جمله: ترابیان و مهجوری (۱۳۸۱) در بررسی اثر فاضلاب نهر فیروزآباد بر اراضی کشاورزی جنوب تهران نتیجه گرفتند که میزان تجمع کادمیوم در سبزی‌های برگی آبیاری شده با فاضلاب ۱/۵ تا ۲ برابر بیشتر از مناطق غیرآلوده بوده است. همچنین نتایج میرزایی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی اثر فاضلاب خام و تصفیه‌شده بر میزان تجمع عناصر سنگین در گیاه هویج نشان داد که کاربرد فاضلاب تجمع این عناصر را در اندام‌های مختلف هویج در مقایسه با آب معمولی به‌دنبال داشته است.

بول[7] و همکاران (1986)، در خاک‌های آبیاری شده با پساب پساب در کشور آلمان، ملاحظه کردند که پس از ۱۶ سال تنها عنصر نیکل و پس از ۲۵ سال عناصر کادمیوم و روی به مرز زیان‌آور نزدیک شده‌اند. معروفی و همکاران (2012) در بررسی کاربرد فاضلاب بر تجمع عناصر سنگین در سیب‌زمینی نتیجه گرفتند که تجمع این عناصر در تیمارهای آبیاری شده با فاضلاب بیشتر از آب معمولی می‌باشد. همچنین بیشترین غلظت این عناصر در تیمار فاضلاب خام مشاهده گردید. بادوین و شلتون[8] (1999) نشان دادند که فراهمی مس، سرب و کادمیم کادمیم درخاک‌هایی که مقادیر زیادی از کمپوست دریافت کرده‌اند، افزایش می‌یاد، در حالی‌که فراهمی نیکل و روی در مقادیر کم و زیاد کمپوست تأثیر معنی‌داری ندارد که دلیل آن تحرک‌پذیری زیاد نیکل و روی بیان شد.

گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) گیاهی یک‌ساله و اسانس‌دار از خانواده نعناع می‌باشد. این خانواده بیشترین تعداد گونه‌های کشت شده در ایران را دارد و منشاء آن را ایران، هند و افغانستان می‌دانند (امیدبیگی، ۱۳۷۹). در طب سنتی از این گیاه به‌عنوان خلط‌آور، ضدنفخ، جهت تسکین درد معده و محرک استفاده می‌شود. همچنین در صنایع غذایی، عطرسازی و آرایشی کاربرد دارد (امیدبیگی، ۱۳۷۹ و *خالید*[9] و

1. Whalen
2. Koivula
3. Ashworth
4. Annabi
5. Wilson and Temple
6. Lukin
7. Boll
8. Baldwin and Shelton
9. Khalid

همکاران، 2006). گیاهان دارویی به‌نظر می‌رسد یک ایده خوب برای گیاه پالایی باشند، چون این گونه‌های گیاهی اغلب برای تولید اسانس (مقاصد ثانویه) به‌کار می‌روند. بنابراین آلودگی زنجیره غذایی با فلزات سنگین از بین خواهد رفت. گیاهان دارویی و معطر همچنین توانایی خوبی برای تجمع عناصر سنگین را دارند (*کوچکی و همکاران*، 2003). محققین زیادی نشان داده‌اندکه فلزات سنگین جذب شده توسط گیاه در اسانس ظاهر نخواهد شد (*اسکورن و چانگ*[1]، 1997 و *ژلجانکوف ژلجانکوف و نیلسون*[2]، 1996) و خیلی از گونه‌های گیاهان دارویی می‌توانند در خاک‌های آلوده بدون هیچ‌گونه کاهش عملکردی رشد کنند.

هدف از این تحقیق بررسی اثر فاضلاب و کمپوست بر برخی از پارامترهای رشد و جذب برخی عناصر کم‌مصرف (مس، آهن، روی و منگنز) و فلزات سنگین (نیکل، سرب و کادمیوم) در گیاه ریحان تحت شرایط گلخانه‌ی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه فاکتور (فاضلاب، کمپوست و زمان برداشت) در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا همدان در طی سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ انجام گردید. فاکتور اول شامل سه نوع آب آبیاری که شامل فاضلاب تصفیه‌شده (W_1)، ترکیب ۵۰ درصد فاضلاب خام و آب معمولی (W_2) و آب معمولی به‌عنوان شاهد (W_3)، فاکتور دوم شامل هشتاد تن در هکتار کمپوست (C_1) و بدون کمپوست (C_2) و فاکتور سوم سه زمان برداشت که شامل چین اول (T_1)، چین دوم (T_2) و چین سوم (T_3) بودند.

به‌منظور کنترل شرایط محیطی تحقیق موردنظر در لایسیمترهای آزمایشگاهی صورت گرفت. بدین‌منظور ۱۸ عدد لایسیمتر بلند (ارتفاع ۱۲۶ سانتیمتر و سطح مقطع مربع با طول ۳۰ سانتیمتر) طراحی و ساخته شدند.

لایسیمترها با یک خاک چند لایه مبتنی بر الگوی شرایط واقعی مزرعه‌ی واقع در منطقه پرشدند. پس از آماده‌سازی بستر کشت، در تاریخ شانزدهم آبان ۱۳۹۰ بذر ریحان (رقم سفید[3]) در دو ردیف و در عمق یک سانتیمتر کشت و بعد از تنک کردن در سه نوبت، ۶ بوته بر روی هر ردیف و در مجموع ۱۲ بوته در هر لایسیمتر باقی ماند. محصول با فواصل تقریبی ۵۰ روزه در سه نوبت برداشت گردید.

کمپوست زباله شهری از کارخانه بازیافت موادآلی کرمانشاه تهیه کریدید. همچنین فاضلاب‌های مورد استفاده مربوط به تصفیه‌خانه فاضلاب شهر کرمانشاه بوده که در هر نوبت پس از حمل بلافاصله مورد مصرف قرار گردید. در ابتدا فواصل آبیاری در دوره‌های ۱۴ روزه و به میزان ۸ لیتر صورت پذیرفت. سپس با رشد گیاه و گرم شدن هوا دور آبیاری به ۷ روز تقلیل یافته و میزان آب مصرفی نیز به ۱۲ لیتر افزایش یافت. قابل ذکر است اعمال تیمارهای فاضلاب بعد از مرحله پنج برگی شدن گیاه صورت گرفت. در مجموع تعداد یازده آبیاری صورت گرفت. برداشت محصول از محل گره دوم صورت گرفت. پس از هر چین بلافاصله پارامترهای رشدی گیاه از قبیل وزن تر، و ارتفاع بوته بترتیب با ترازوی دیجیتالی و خط‌کش اندازه‌گیری و سپس برگ‌های گیاه ریحان از ساقه جدا و در آزمایشگاه منابع آب دانشگاه بوعلی‌سینا هوا خشک گردیدند. پس از هواخشک شدن گیاه، وزن خشک نیز با ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری گردید.

از خاک لایسیمترها قبل از کشت گیاه، نمونه‌برداری و پس از انتقال به آزمایشگاه هوا خشک گردیده و جهت انجام آزمایش‌های اولیه از الک ۲ و ۰/۵ (برای اندازه‌گیری ماده آلی خاک) میلی‌متری عبور داده شدند. مقادیر فلزات قابل جذب خاک و کمپوست به روش DTPA (*لیندزی*[4]، 1979)، با استفاده استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عناصر موجود در کمپوست ابتدا کمپوست با اسیدنیتریک و اسیدکلریدریک (نسبت سه به یک اسیدکلریدریک غلیظ به اسیدنیتریک غلیظ) هضم و سپس عصاره مذکور جهت اندازه‌گیری پارامترهای مورد بررسی استفاده شد (*تستر*[5]، 1990). همچنین برای غلظت عناصر مذکور در فاضلاب خام و تصفیه شده، ابتدا نمونه‌ها با کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف و سپس میزان عناصر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی قرائت گردیدند. pH و EC نمونه‌های کمپوست و خاک در نسبت ۱: ۵ خاک به آب با pH متر و EC سنج اندازه‌گیری شد.

جهت بررسی نحوه تمرکز فلزات سنگین در اندام‌های گیاه ریحان از روش هضم تر استفاده شد (*عبدالشافی*[6] و همکاران، ۱۹۹۴). بدین‌منظور به ۱ گرم پودر گیاه (برگ و ساقه) ۱۰ میلی‌لیتر اسیدنیتریک غلیظ (۶۵ درصد) افزوده شد. نمونه‌ها

1. Scora and Chang
2. Zheljazkov and Nielsen
3. Ocimum Basilicum
4. Lindsay
5. Tester
6. Abdel. shafy

به‌مدت ۲ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد در حمام آبی قرار گرفت. سپس ۲/۶ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن ۲۰ درصد به آن افزوده شد. پس از آن‌که نمونه‌ها سرد شدند، آنها را صاف و با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانیده شد و میزان غلظت عناصر سنگین توسط دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی اندازه گردید. در جدول ۱ برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک سطحی مورد بررسی ارائه شـــده است. همچنین برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک، کمپوست و فاضلاب در جدول ۲ نشان داده شده است.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (9.1) انجام گرفت. میانگین داده‌ها به‌وسیله آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. نمـــودارها با نرم‌افزار Excel 2013 ترسیم گردیدند.

جدول ۱: برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک موردنظر

Table 1: Some of physicals properties of the soil

بافت خاک Soil texture	شن (%) Sand	سیلت (%) Silt	رس (%) Clay	تخلخل (%) Prosity	هدایت هیدرولیکی (mm/h) K_s
رسی Clay	22	21	57	44.17	26.1

جدول ۲: برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک، کمپوست و فاضلاب مورد بررسی

Table 2: Some of chemicals properties of the soil, compost (mg/kg) and wastewater (mg/l)

پارامتر Parameter	نیکل Ni	سرب Pb	کادمیوم Cd	مس Cu	آهن Fe	روی Zn	منگنز Mn	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS/m)
خاک *Soil	1.51	10.28	0.36	1.58	50.28	1.22	6.58	7.43	0.72
کمپوست Compost	69.65	96.97	3.76	383.12	4068.4	447.41	528.33	7.46	4.2
فاضلاب خام Raw wastewater	0.07	0.07	0.02	0.06	0.46	0.14	0.06	7.57	1.65
فاضلاب تصفیه شده Treated wastewater	0.04	0.03	0.01	0.03	0.24	0.12	0.03	7.55	0.6

*: واحد عناصر سنگین موجود در خاک و کمپوست (mg/kg) و واحد عناصر سنگین موجود در فاضلاب (mg/l) است

*: The unit of soil, compost is (mg/kg) and and wastewater (mg/l)

جدول ۳: جدول تجزیه واریانس اثر فاضلاب، کمپوست و چین بر پارامترهای رشد و تجمع عناصر در در برگ گیاه ریحان

Table 3: ANOVA for effect wastewater, compost and time harvesting on growing indeces and accumulation elemens in leaves of basil

منابع تغییرات Source of variation	Fresh weight وزن تر	Dry weight وزن خشک	Height stem ارتفاع ساقه	Ni نیکل	Pb سرب	Cd کادمیوم	Cu مس	Fe آهن	Zn روی	Mn منگنز
W^+	29183.9^{**}	596.3^{**}	423.3^{**}	0.03^{**}	0.02^{**}	0.0^{**}	128.7^{**}	140220.5^{**}	4^{ns}	2151.4^{**}
C^+	341.2^{ns}	125.5^{ns}	63.1^{**}	0.05^{**}	0.02^{*}	0.0^{*}	11^{*}	149155.8^{**}	307.3^{**}	985.9^{**}
W×C	4200.64^{ns}	20.2^{ns}	0.06^{ns}	0.0^{ns}	0.0^{*}	0.0^{ns}	0.0^{ns}	6489.5^{ns}	7.2^{ns}	28.2^{**}
T^+	2203^{ns}	2300^{**}	1088.1^{**}	0.0^{ns}	0.0^{ns}	0.0^{**}	24.9^{**}	16405.9^{ns}	52.6^{**}	104.1^{ns}
W×T	4514.8^{**}	105.5^{*}	3.8^{ns}	0.0^{ns}	0.0^{ns}	0.0^{ns}	1.1^{ns}	5379.4^{ns}	1.2^{ns}	24.0^{ns}
C×T	29.8^{ns}	26.86^{ns}	1.85^{ns}	0.0^{ns}	0.0^{ns}	0.0^{ns}	0.2^{ns}	3047.1^{ns}	3.9^{ns}	39.3^{ns}
W×C×T	950.8	5.75^{ns}	0.3^{ns}	0.0^{ns}	0.0^{ns}	0.0^{ns}	0.1^{ns}	$4493/3^{ns}$	0.7^{ns}	3.4^{ns}
CV	14.52	18.25	32.67	25.37	22.98	18.95	15.48	20.81	12.94	11.05

+: به‌ترتیب فاضلاب، کمپوست و زمان، *: در سطح $P < 0.05$ معنی‌دار است، **: در سطح $P < 0.01$ معنی‌دار است، ns: غیرمعنی‌دار است و CV: ضریب تغییرات

+ :wastewater ،compost and time respectively, *: Level of significant at $P < 0.05$, **: level of significant at $P < 0.01$, ns: insignificant and CV: Coefficient of Variation

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس در خصوص پارامترهای رشد و تجمع عناصر در برگ گیاه در جدول ۳ ارائه گردیده است. طبق این جدول اثر فاضلاب بر کلیه صفات رشدی و تجمع عناصر مورد بررسی (بجز روی) در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. در مورد روی اثر فاضلاب غیرمعنی‌دار شد. اثر کمپوست بر پارامترهای رشد، صرفاً روی ارتفاع بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود. و بر وزن‌های تر و خشک اثر معنی‌داری نداشت. در رابطه با تجمع عناصر در برگ، اثر کمپوست بر تجمع سرب، کادمیوم و مس در سطح ۵ درصد و بر تجمع نیکل، آهن، روی و منگنز در سطح یک درصد معنی‌دار مشاهده گردید.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که اثر چین بر وزن خشک و ارتفاع بوته در سطح یک درصد معنی‌دار و بر وزن تر غیرمعنی-دار بود. در رابطه با عناصر مورد بررسی، اثر چین بر عناصر کادمیوم، مس و روی در سطح یک درصد و بر سایر عناصر غیرمعنی‌دار مشاهده گردید. در رابطه با اثرات متقابل تیمارها بر صفات رشدی صرفاً اثر فاضلاب و چین بر وزن‌های تر (سطح یک درصد) و وزن خشک (سطح ۵ درصد) بوته معنی‌دار گردید. همچنین اثر متقابل فاضلاب و کمپوست بر کلیه عناصر مورد بررسی (به‌جز سرب و منگنز) در برگ غیرمعنی‌دار مشاهده گردید. در رابطه با عناصر سرب و منگنز اثرات متقابل فاضلاب و کمپوست در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد.

طبق جدول تجزیه واریانس عناصر در ساقه گیاه، اثر فاضلاب بر تجمع عناصر نیکل، سرب، مس و کادمیوم در سطح یک درصد و آهن، روی و منگنز در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. اثر کمپوست بر میزان کلیه عناصر موجود در ساقه به‌جزء سرب و کادمیوم در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. در مورد سرب اثر کمپوست در سطح ۵ درصد معنی‌دار و بر کادمیوم غیرمعنی‌دار شد (جدول ۴).

در این تحقیق اثر چین بر تجمع عناصر مس و منگنز در سطح یک درصد و بر تجمع روی در سطح ۵ درصد معنی‌دار گردید. در مورد سایر عناصر غیرمعنی‌دار بود. کلیه اثرات متقابل تیمارها بر تجمع عناصر در ساقه گیاه غیرمعنی‌دار بود.

مقایسه میانگین اثر نوع آب مصرفی بر پارامترهای رشد

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر نوع آب مصرفی بر میانگین وزن‌های تر و خشک و ارتفاع بوته نشان داد که به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار پارامترهای مذکور مربوط به w_1 و w_3 می‌باشد. اختلاف این دو تیمار براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار است (جدول ۵). ضمناً ترکیب ۵۰ درصد فاضلاب خام و آب معمولی عملکردی بینابینی را ایجاد می‌نماید. مقایسه بین آب‌های w_1 و w_2 نشان داد بجز وزن تر در دو پارامتر دیگر اختلاف معنی‌داری بین آنها وجود ندارد.

جدول ۴: تجزیه واریانس اثر فاضلاب، کمپوست و چین بر تجمع عناصر در در ساقه گیاه ریحان

Table 4: NOVA for effect wastewater, compost and time harvesting on growing indeces and accumulation elemens in stem of basil

منابع تغییرات Source of variation	Ni نیکل	Pb سرب	Cd کادمیوم	Cu مس	Fe آهن	Zn روی	Mn منگنز
W^+	0.2^{**}	0.1^{**}	0.0^{**}	167.7^{**}	141286.2^{**}	42.0^{**}	1993.4^{*}
C^+	0.2^{**}	0.1^{**}	0.0^{ns}	63.5^{**}	68803.2^{**}	388.3^{**}	692.7^{**}
W×C	0.0^{ns}	0.0^{ns}	0.0^{ns}	0.5^{ns}	7454.4^{ns}	10.9^{ns}	42.8^{ns}
T^+	0.0^{ns}	0.0^{ns}	0.0^{ns}	44.0^{**}	5496.6^{ns}	27.9^{*}	760.1^{**}
W×T	0.0^{ns}	0.0^{ns}	0.0^{ns}	0.6^{ns}	23300.6^{ns}	17.0^{ns}	11.1^{ns}
C×T	0.0^{ns}	0.0^{ns}	0.0^{ns}	0.0^{ns}	5823.1^{ns}	1.7^{ns}	40.7^{ns}
W×C×T	0.0^{ns}	0.0^{ns}	0.0^{ns}	0.1^{ns}	5990.2^{ns}	3.9^{ns}	4.9^{ns}
CV	24.56	29.08	35	10.73	11.05	11.05	17.77

+: به‌ترتیب فاضلاب، کمپوست و زمان، ⁎: در سطح $P < 0.05$ معنی‌دار است، ⁎⁎: در سطح $P < 0.01$ معنی‌دار است، ns: غیرمعنی‌دار است و CV: ضریب تغییرات

+ :wastewater ،compost and time respectively, ⁎: Level of significant at $P < 0.05$, ⁎⁎: level of significant at $P < 0.01$, ns: insignificant and CV: Coefficient of Variation

جدول ۵: مقایسه میانگین پارامترهای رشد و تجمع عناصر در برگ و ساقه گیاه ریحان در اثرنوع آب آبیاری، سطح کمپوست و زمان برداشت

Table 5: Comparison of the effectof water irrigation kinds, compost level and time harvesting on means of growing indeces and concentration of elements

Treat تیمار Treat	وزن تر Fresh weight (gr/lysimeter) گرم در لایسیمتر	وزن خشک Dry weight	ارتفاع ساقه (cm) Height stem	نیکل Ni		سرب Pb		کادمیوم Cd		مس Cu		آهن Fe		روی Zn		منگنز Mn	
				برگ leaf	ساقه stem	برگ leaf	ساقه stem	برگ leaf	ساقه stem	برگ leaf	ساقه stem	برگ leaf	ساقه stem	برگ leaf	ساقه stem	برگ leaf	ساقه stem
				(mg/kg)													
W_1	259.2^a	31.6^a	33.5^a	0.1^b	0.2^b	0.1^b	0.2^a	0.08^b	0.09^b	7.3^b	14.1^a	325.11^b	446.9^a	17/5^a	24.3^a	47.2^a	51.1^a
W_2	218^b	26.7^a	33.5^a	0.2^a	0.4^a	0.2^a	0.3^a	0.1^a	0.1^a	8.3^a	14.0^a	471.7^a	303.4^b	16.9^a	24.9^a	48.8^a	53.6^a
W_3	188.7^c	20.1^b	25.1^b	^{b}\0.	0.2^b	0.1^b	0.1^b	0.05^c	0.07^c	3.2^c	8.8^b	313.1^b	285.1^b	16/6^a	22.0^b	29.1^b	34.3b
C_1	221.2^a	27.7^a	31.8^a	0.2^a	0.3^a	0.2^a	0.23^a	0.09^a	0.09^a	6.7^a	13.4^a	422.5^a	380.8^a	19.4^a	26.4^a	46/0^a	50.0^a
C_2	216.1^b	24.7^a	29.6^a	0.1^b	0.2^b	0.1^b	0.17^b	0.07^b	0.08^a	5.7^b	11.2^b	317.4^b	309.4^b	14.6^b	21.1^b	37.4^b	42.8^b
T_1	209.4^a	13.8^c	21.8^a	0.12^c	0.24^a	0.11^b	0.18^a	0.07^b	0.08^a	5.0^c	10.5^b	404.7^a	331.6^b	16.0^b	25/0^a	39.0^a	41.2^b
T_2	215/6^a	28.77^b	33.7^b	0.13^b	0.27^a	0.13^a	0.20^a	0.07^b	0.08^a	6.6^b	12.5^a	356.9^b	364.7^a	16.1^b	23.8^{ab}	42.8^a	44.3^b
T_3	230.9^a	35.9^a	36.5^a	0.14^a	0.27^a	0.13^a	0.21^a	0.1^a	0.09^a	7.2^a	13.5^a	348.4^b	339.2^a	19.0^a	22.5^b	43.4^a	53.7^a

*: میانگین‌های موجود در هر ستون در صورت داشتن حروف مشابه درسطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند

*: Mean in each column followed by the same letter are not significantly different ($p<0.05$)

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که کاربرد پساب تصفیه‌شده نسبت به دو نوع آب دیگر با ایجاد تغییرات مثبت بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، و تأمین به موقع عناصر مورد نیاز گیاه در طی فصل رشد، می‌توانند شرایط بهینه‌ای را برای افزایش وزن آن فراهم آورند. *مهیدا*[1] (1981)، گزارش کرد که در مناطق مختلف هند، عملکرد سبزی‌ها در مزارع آبیاری شده با آب فاضلاب، در مقایسه با مزارع آبیاری شده با آب کانال بیشتر بوده است. همچنین جنکیز[2] و همکاران (1994)، دریافتند که عملکرد سبزی‌های آبیاری شده با فاضلاب به‌ترتیب ۲/۵ و ۳ برابر بیش از محصول به‌دست آمده با آب چاه است. در حقیقت، گیاه آبیاری شده با فاضلاب بلندتر بوده، رنگ سبز تیره‌تر داشته، و زودتر گل داده است. *داویس*[3] و همکاران (1998) گزارش کردند که که آبیاری با پساب تصفیه ثانویه موجب افزایش رشد و عملکرد سبزی‌ها می‌شود و عملکرد گیاهان آبیاری شده با پساب معادل عملکرد همین گیاهان با استفاده از کودهای ازته، فسفره و پتاسه بوده است.

مقایسه میانگین اثر سطح کمپوست بر پارامترهای رشد

نتایج مقایسه میانگین اثر سطح کمپوست بر پارامترهای رشد نشان داد بالاترین میانگین وزن تر، وزن خشک و ارتفاع بوته مربوط به سطح ۸۰ تن در هکتار کمپوست می‌باشد. اما با توجه به جدول ۵، اختلاف معنی‌داری به‌جز ارتفاع بوته بین دو سطح کمپوست مشاهده نگردید. *ارزکو*[4] و همکاران (1996) در بررسی بررسی اثرات مثبت کمپوست‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد محصولات کشاورزی اظهار داشتند که کمپوست‌ها دارای عناصر غذایی قابل جذب برای گیاهان می‌باشند. عناصری مانند نیتروژن بفرم نیترات، فسفر قابل تبادل، پتاسیم، کلسیم و منیزیم محلول در کمپوست‌ها به راحتی برای گیاهان قابل جذب هستند. با افزایش سطوح کمپوست، افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه فلفل توسط *ارانسون*[5] و همکاران (2001) گزارش شده است.

پاتوانانا[6] و همکاران (2010) گزارش نمودند که با اضافه کردن ۲۰ درصد کود گاوی و ۲۰ درصد سیلیکات به خاک آلوده به کادمیوم، وزن خشک گیاه ریحان به‌ترتیب ۴/۷ و ۱/۷ برابر گردید. *واتچو*[7] و همکاران (2004) با کاربرد ۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد حجمی کمپوست برای گیاه ریحان بیشترین عملکرد گیاه ریحان را در تیمار ۲۰ درصد مشاهده کردند. همچنین در تیمارهای ۲۰ و ۴۰ درصد گیاه ریحان ۳ تا ۵ روز زودتر به گلدهی رسید. با اضافه کردن کود کمپوست فراتر از ۲۰ درصد حجمی ارتفاع و عملکرد کاهش یافت. همچنین عملکرد پایین ریحان در تیمار ۶۰ درصد را به تجمع بیش از اندازه عناصر Cu، Mo، Pb وZn در ریحان نسبت می‌دهد که برای گیاه سمی می‌باشند. گارسیا *گیل*[8] و همکاران (2000) نشان دادند که با افزایش سطوح کمپوست وزن ماده خشک جو افزایش معنی-

1. Mahida
2. Jenkins
3. Davis
4. Orozco
5. Arancon
6. Putwattanaa
7. Valtcho
8. Garciagil

داری می‌یابد به‌طوری‌که به‌ترتیب با کاربرد ۲۰ و ۸۰ تن در هکتار، ۱۰ و ۴۶ درصد افزایش عملکرد به‌دست آمد.

مقایسه میانگین اثر زمان برداشت بر پارامترهای رشد

با توجه به نتایج جدول ۵ بیشترین مقادیر وزن تر، وزن خشک و ارتفاع مربوط به چین سوم و کمترین مقدار مربوط به چین اول می‌باشد. مقایسه میانگین پارامترهای رشد مورد بررسی در اثر چین‌های مختلف نشان داد که بین پارامترهای رشد (به‌جزء وزن تر) اختلاف آماری معنی‌داری براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد وجود دارد.

تهامی‌زرندی و همکاران (۱۳۸۹) با اعمال تیمارهای کودی از جمله کمپوست بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه ریحان نشان دادند که کودهای آلی نسبت به شاهد و شیمیایی در بسیاری از صفات اندازه‌گیری شده برتری داشتند. براساس گزارش این محققین در بین چین‌ها، بیشترین عملکرد برگ و عملکرد تر و خشک اندام‌های هوایی در چین سوم مشاهده شد که با دو چین دیگر اختلاف معنی‌داری داشت. این نتایج با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. ضمناً براساس گزارش تهامی‌زرندی و همکاران (۱۳۸۹) اختلاف ارتفاع بوته در بین چین‌های مختلف معنی‌دار بوده و چین‌های سوم و چین اول به‌ترتیب دارای بیشترین وکمترین ارتفاع بوته بودند. این محققان ارتفاع کمتر گیاهان در چین اول و افزایش ارتفاع طی چین‌های بعدی را ناشی از آزادسازی تدریجی عناصر غذایی توسط کودهای آلی و تأثیر تدریجی آنها در افزایش رشد گیاه می‌دانند. همچنین با توجه به گزارش‌های مشابه، مساعد شدن شرایط محیطی برای رشد گیاه به تدریج طی چین‌های دوم و سوم از عوامل دیگر تأخیر در شروع رشد زایشی گیاه و افزایش رشد رویشی و ارتفاع آن می‌تواند باشد. یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده ارتفاع گیاه، تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه است، تیمارهای کود آلی با تأمین تدریجی عناصر غذایی این عمل را به خوبی انجام داده و باعث افزایش ارتفاع گیاه می‌شوند (ارانکو، 2004). اکبرنژاد و همکاران (۱۳۸۹) گزراش کردند با کاربرد کمپوست پسماند شهری به مقدار ۱۵ تن در هکتار، وزن خشک گیاه سیاهدانه افزایش و کاربرد مقادیر بالای کمپوست (۳۰ تن در هکتار) موجب کاهش وزن خشک گیاه در گلدان شد. در یک آزمایش مزرعه‌ای که بر روی ریحان صورت گرفت، کاربرد توأم کودهای نیتروژنه آلی و معدنی، باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه نسبت به کودهای معدنی شد (*کاندیل*[1] و همکاران، 2002).

مقایسه میانگین اثر نوع آب مصرفی بر میانگین عناصر موجود در برگ و ساقه ریحان

با توجه به نتایج جداول ۵ بیشترین و کمترین غلظت کلیه عناصر (به‌جزء عنصر Fe) در برگ به‌ترتیب مربوط به تیمار w_2 و w_3 می‌باشد. در رابطه با عنصر آهن بیشترین و کمترین میزان به‌ترتیب مربوط به تیمار w_1 و w_3 بود. اما بیشترین میزان عناصر Ni، Cu، Pb و Mn موجود در ساقه مربوط به تیمار w_2 و در سایر عناصر مربوط به تیمار w_1 می‌باشد.

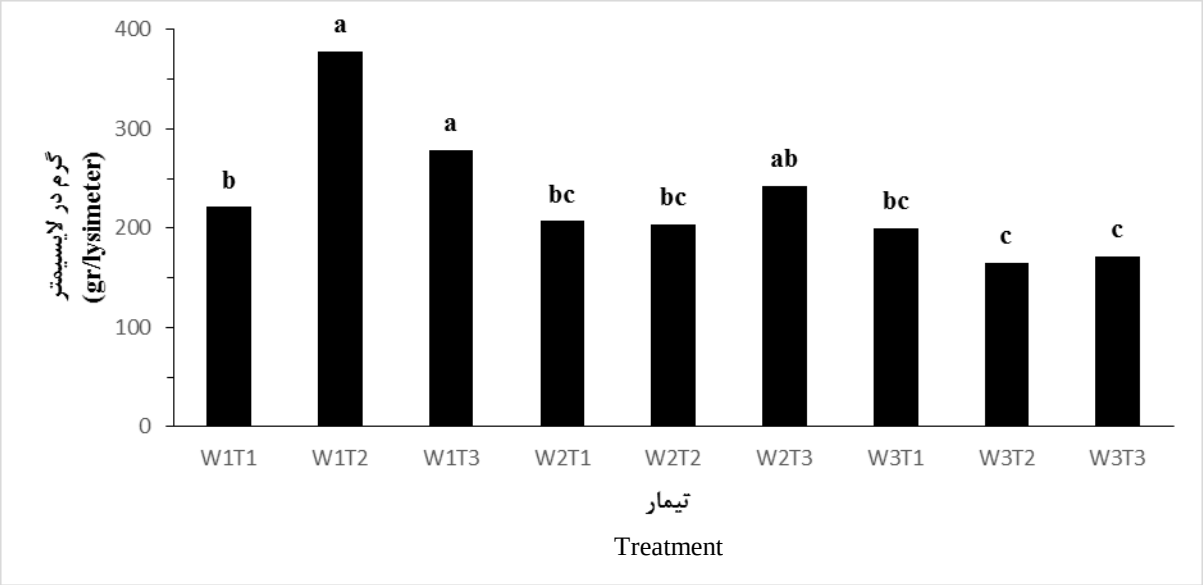
مقایسه میانگین اثر سطح کمپوست بر میزان عناصر موجود در برگ و ساقه ریحان

مقایسه میانگین غلظت عناصر سنگین در اندام‌های هوایی در اثر اعمال سطوح کود کمپوست نشان داد که بالاترین غلظت کلیه عناصر مربوط به تیمار c_1 و کمترین مربوط به تیمار شاهد می‌باشد که اختلاف بین این دو سطح در کلیه عناصر بجزء عنصر Cd (در ساقه) در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با هم دارند. در سنجش اندام‌های گوناگون گیاه، برگ و ساقه کمتر از ریشه این عناصر را در خود انباشته می‌کنند (*پاتواتانا*[2]، 2010). 2010). نتایج تحقیق حاضر نیز نشان داد که میزان تجمع عناصر سنگین در ساقه بیشتر از برگ بوده است. حافظ‌دربانی و همکاران (۱۳۸۱)، در تحقیقی گزارش کردند غلظت عناصر آهن، مس، منگنز و روی در اندام هوایی گیاهان (تربچه، کاهو، شاهی و یونجه) بیشتر از ریشه‌ها بود.

خراسانی و چراغی (۱۳۸۸) در یک آزمایش گلدانی با کاربرد ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ تن در هکتار لجن فاضلاب، هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری در مقدار جذب سرب توسط ریشه و ساقه گیاه ریحان در اثر اعمال تیمارهای مختلف نسبت به شاهد مشاهده نکردند. ایشان همچنین گزارش نمودند که مقدار جذب سرب در ریشه و اندام‌های هوایی تقریبا یکسان است. اما از نظر کادمیوم، جذب آن در ریشه گیاه ریحان بیشتر از اندام هوایی می‌باشد هر چند اختلاف آنها معنی‌دار نمی‌باشد.

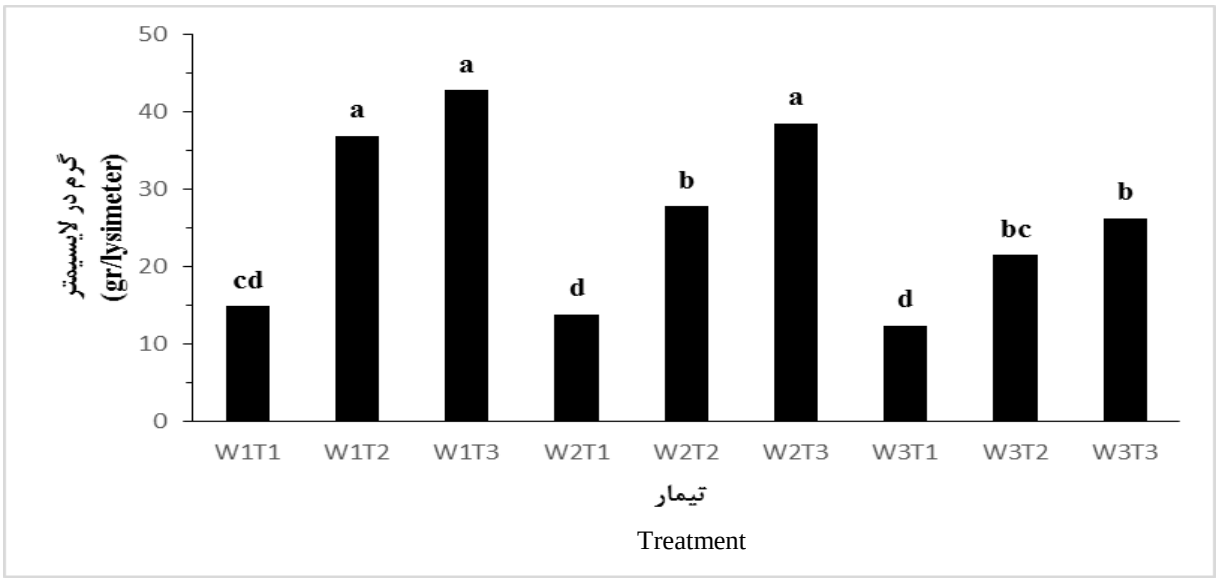
اکبرنژاد و همکاران (۱۳۸۹) با کاربرد لجن فاضلاب و کمپوست بر غلظت عناصر سنگین در گیاه سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) گزارش کردند که لجن فاضلاب و کمپوست بر غلظت عناصر سنگین نیکل و سرب در گیاه و خاک به‌جزء کادمیم اثر معنی‌داری داشته است. نتایج این محققین نشان داد که غلظت نیکل بیش از حد مجاز استانداردها در گیاه بوده است.

1. Kandeel
2. Putwattanaa



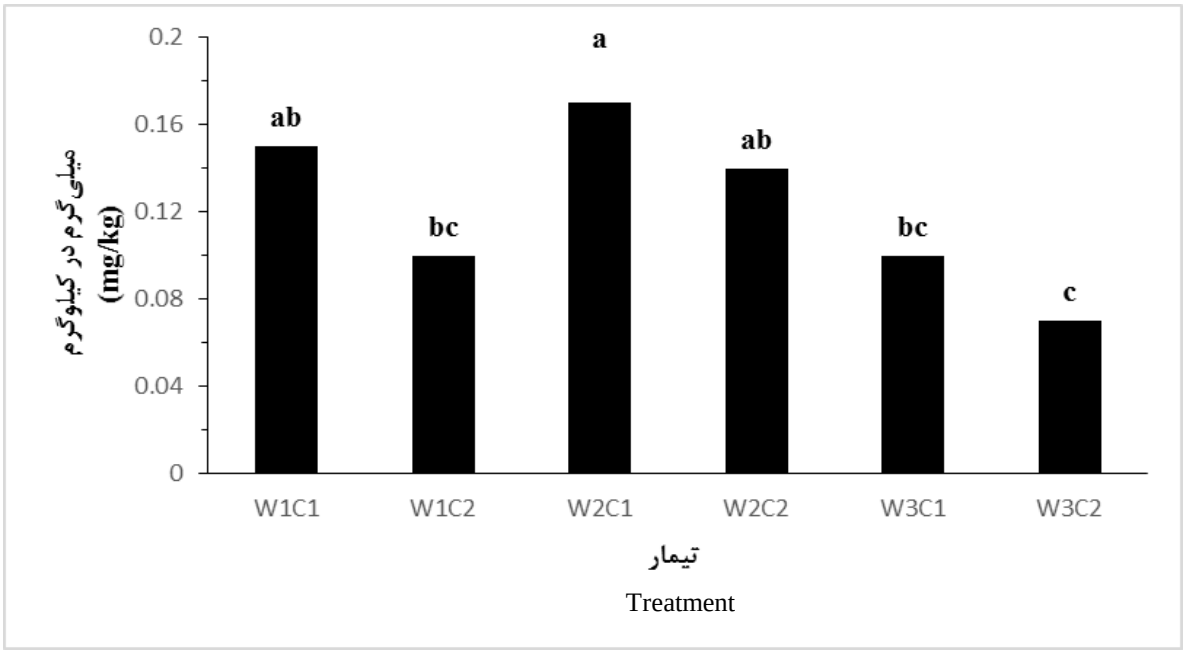
شکل ۱: مقایسه اثرات متقابل فاضلاب و چین بر میانگین وزن تر گیاه ریحان. میانگین‌ها در صورت داشتن حروف مشابه در سطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند

Fig. 1: Comparison of the means of fresh weight (g) related to the interaction between wastewater and time. the means which have at least one common letter do not differ significantly ($P < 0.05$)



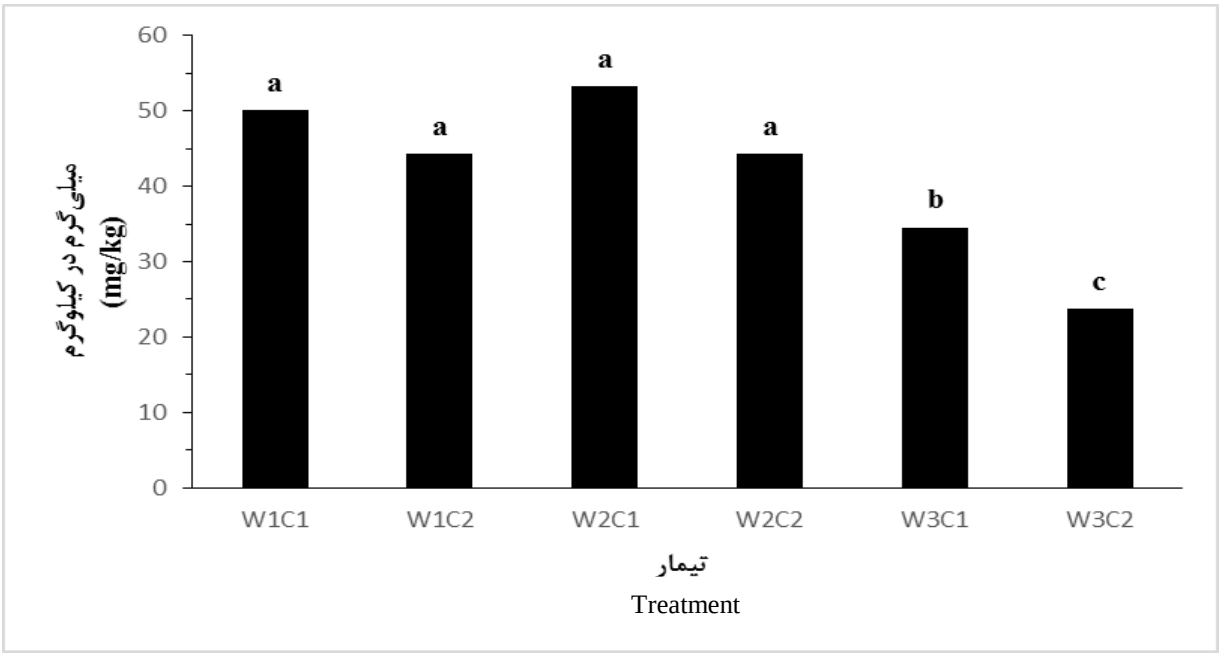
شکل ۲: مقایسه اثرات متقابل فاضلاب و چین بر میانگین وزن خشک بوته گیاه ریحان. میانگین‌ها در صورت داشتن حروف مشابه در سطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند

Fig. 2: Comparison of the means of dry weight (g) related to the interaction between wastewater and time. the means which have at least one common letter do not differ significantly ($P < 0.05$).



شکل ۳: مقایسه اثرات متقابل فاضلاب و کمپوست بر تجمع عنصر سرب در برگ گیاه ریحان. میانگین‌ها در صورت داشتن حروف مشابه در سطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند

Fig. 3: Comparison of the means of concentration Pb (mg/kg) on the leaf of basil related to the interaction between wastewater and compost. the means which have at least one common letter do not differ significantly ($P < 0.05$)



شکل ۴: اثرات متقابل فاضلاب و کمپوست بر تجمع عنصر منگنز در برگ گیاه ریحان. میانگین‌ها در صورت داشتن حروف مشابه در سطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند

Fig. 4: Comparison of the means of concentration Mn (mg/kg) on the leaf of basil related to the interaction between wastewater and compost. the means which have at least one common letter do not differ signficantly ($P < 0.05$)

مقایسه میانگین اثر زمان برداشت بر میزان عناصر موجود در برگ و ساقه ریحان

با توجه به نتایج جدول ۵، بالاترین و کمترین میزان غلظت کلیه عناصر در اندام ریحان بجز عنصر Pb (در برگ) و عنصر Fe (در ساقه) به‌ترتیب مربوط به چین سوم و چین اول می‌باشد. *پاتواتانا* و همکاران (2010) گزارش کردند که تجمع کادمیوم در ریشه بیشتر از ساقه و همین‌طور بیشتر از برگ بود و با گذشت زمان بر تجمع آن در قسمت‌های مختلف گیاه افزوده شد. اضافه کردن سیلیکات به خاک آلوده شده به فلز کادمیوم مقدار کادمیوم تجمع یافته در قسمت‌های مختلف گیاه را کاهش داد.

مقایسه میانگین اثرات متقابل فاضلاب و چین بر پارامترهای رشد

مقایسه میانگین اثرات متقابل فاضلاب و چین نشان داد که بیشترین و کمترین میانگین وزن تر به‌ترتیب مربوط به تیمارهای W_1T_2 و W_3T_2 است که اختلاف این دو تیمار براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. در مورد وزن خشک بیشترین و کمترین میانگین به‌ترتیب در تیمارهای W_1T_3 و W_3T_1 مشاهده گردید، که اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین دو تیمار مذکور مشاهده شد.

مقایسه میانگین اثرات متقابل فاضلاب و کمپوست بر تجمع عناصر سرب و منگنز در برگ

مقایسه میانگین اثرات متقابل فاضلاب و کمپوست نشان داد بالاترین و کمترین میزان عناصر سرب و منگنز تجمع یافته در برگ گیاه به‌ترتیب مربوط به تیمارهای W_2C_1 و W_3C_2 می‌باشد (شکل ۳ و ۴). از نظر آماری و براساس آزمون دانکن، اختلاف بین میانگین این دو تیمار در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد.

به‌نظر می‌رسد که غلظت بالای عناصر سرب و منگنز در برگ مربوط به سطوح بالای کمپوست باشد. ماده آلی با تشکیل کمپلکس‌های قوی با فلزات سنگین آنها را کم‌تحرک می‌کند. اگر چه برخی از محققین نشان دادند که اضافه کردن ماده آلی (کمپوست، کود گاوی و غیره) به خاک باعث کاهش کادمیوم در بعضی گیاهان (ذرت و گندم) می‌شود (*توردوف*[1] و همکاران، 2000) ولی این مطلب با نتایج تحقیق حاضر مغایرت دارد.

1. Tordoff

هگیری[2] (1974) هیچ ارتباطی بین ماده آلی و تجمع کادمیوم در جو دو سر مشاهده نکرد. *نارووال* و *سینگ*[3] (1998) گزارش کردند که اضافه کردن کود خوک به مزرعه غلظت کادمیوم در گندم را افزایش می‌دهد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که غلظت عناصر در اندام ریحان پایین‌تر از حدود بحرانی ارائه شده توسط فائو و سازمان بهداشت جهانی است. *کرجپیو*[4] و همکاران (2007) در یک مطالعه بر روی گیاهان ادویه‌ی خریداری شده از فروشگاه‌های منطقه *ویکپاسکا*[5] لهستان مشاهده کردند که غلظت سرب و کادمیوم در ریحان‌های خریداری شده به‌ترتیب در ۴۰ و ۲۰ درصد فروشگاه‌ها از استاندارد وزارت بهداشت لهستان بیشتر است. اما غلظت مس و روی پایین‌تر از استاندارد تعیین شده می‌باشد.

اضافه کردن کود کمپوست منجر به افزایش محتوی مس در بافت گیاهی ریحان از ۶/۴ درصد (در تیمار شاهد) تا ۹/۸ درصد (در تیمار ۴۰ درصد) شد. همچنین محتوی مس در بافت گیاهی ریحان در تیمارهای ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد در یک سطح بود. غلظت سرب در بافت‌های گیاهی پایین‌تر از حد قرائت دستگاه بود (*واتچو*[6] و همکاران، 2004)

رود[7] و همکاران (2001) با کاربرد تیمارهای ۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد حجمی کود کمپوست به خاک زیر پوشش گوجه فرنگی تاثیر معنی‌داری بر مقادیر Cd، Co، Cr، Ni و Pb در برگ گوجه‌فرنگی بین تیمارهای مختلف مشاهده نکردند. فقط در تیمار ۵۰ درصد نسبت به شاهد مقادیر مس و روی افزایش یافت. *موریلو*[8] و همکاران (1995) با کاربرد ۴۸ تن در هکتار کمپوست در مزرعه چچم چمنی، گزارش کردند علی‌رغم اینکه کمپوست محتوی عناصر سنگین زیاد می‌باشد، اما غلظت مس و روی در بافت گیاهی را افزایش نداد و کود کمپوست می‌تواند بدون هیچ گونه خطری به‌کار برده شود ولی در درازمدت با توجه به تجمع فلزات سنگین، کاربرد کمپوست باید با احتیاط به‌کار برده شود.

دانش و همکاران (۱۳۷۰)، نشان دادند که استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده خانگی هیچ‌گونه تأثیر سوئی در زمینه جذب عناصر سنگین در چغندرقند و چغندر علوفه‌ای نداشته

2. Haghiri
3. Narwal and Singh
4. Krejpcio
5. Wielkpolska
6. Valtcho
7. Rodd
8. Murillo

است. رباطی و همکاران (۱۳۷۷)، با مطالعه تأثیر فاضلاب شهر فیروزآباد بر روی سبزیکاری‌های اطراف تهران و ورامین دریافتند که برخی از عناصر سنگین در بافت این گیاهان تجمع یافته که این میزان بیش از حد مجاز می‌باشد.

کاربرد کمپوست سبب افزایش معنی‌دار غلظت فسفر، منگنز، روی و مس در اندام هوایی جو بهاره در خاک لوم رسی و شنی در مقایسه با گیاه شاهد شد (حاتم و رونقی، ۱۳۹۰)

اکبرنژاد و همکاران (۱۳۸۹) گزارش نمودند که با افزایش سطوح کمپوست میزان سرب گیاه سیاه‌دانه به طورمعنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت، این محققین گزارش کردند که سرب با مواد آلی کمپلکس قوی تشکیل داده و کمتر جذب گیاه می‌شود.

به نظر می‌رسد غلظت بالای نیکل در کود کمپوست پسماند شهری و هم چنین پیوند ضعیف این عنصر با مواد آلی سبب افزایش غلظت آن در گیاه شده است (*اسمیت*[1]، 2009). همچنین *کارلتون اسمیت*[2] (1987) نشان داد که افزودن کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب به خاک سبب کاهش فراهمی سرب برای گیاه می‌گردد. علت آن قابلیت زیاد کود کمپوست و لجن فاضلاب در جذب سرب و ایجاد فرم‌های پایدار را ذکر می‌کند.

شریفی و همکاران (۱۳۸۹) رشد بیشتر گل جعفری در تیمارهای کود کمپوست را فراهمی آهن، روی، منگنز و نیکل قابل جذب خاک در نتیجه کاربرد کمپوست می‌داند. مطالعه عباسی‌زاده و همکاران (۱۳۸۶) نیز نشان داد که مصرف کمپوست در خاک سبب افزایش معنی‌دار جذب آهن توسط ذرت شد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق اثر فاضلاب و کمپوست بر برخی پارامترهای رشد و تجمع عناصر نیکل، سرب، کادمیوم، مس، آهن، روی و منگنز در گیاه ریحان مورد بررسی قرار گرفت نتایج نشان داد که کاربرد فاضلاب تصفیه شده و ترکیب ۵۰ درصد فاضلاب خام و آب در مقایسه با آب معمولی، باعث افزایش معنی‌دار وزن‌های تر و خشک و ارتفاع بوته شد. کاربرد ترکیب ۵۰ درصد فاضلاب خام و آب سبب بالاترین تجمع عناصر در برگ و ساقه گردید. کاربرد کمپوست سبب افزایش پارامترهای رشد شد که از لحاظ آماری فقط وزن تر معنی‌دار بود. همچنین با کاربرد کمپوست تجمع عناصر در برگ و ساقه افزایش معنی‌داری پیدا کردند. با تداوم چین بر میزان پارامترهای رشدی و عناصر تجمع یافته در برگ و ساقه افزوده گردید. به‌طورکلی کاربرد فاضلاب‌های خام و کمپوست سبب افزایش عناصر سنگین و کم مصرف شد، اما این مقادیر پایین‌تر از حدود مجاز ارائه شده توسط استاندارد فائو می‌باشد. بنابراین استفاده طولانی‌مدت از این دو پسماند باید با احتیاط بکار رود.

تشکر و قدردانی

از مسئولین محترم شرکت آب و فاضلاب استان کرمانشاه و همچنین سرکار خانم دکتر شیرزادی مسئول کارخانه بازیافت مواد آلی شهرستان کرمانشاه به‌خاطر همکاری صمیمانه تشکر می‌نماییم.

در این تحقیق به منظور بررسی اثر فاضلاب و کمپوست بر صفات رشد و تجمع برخی از عناصر کم مصرف و فلزات سنگین در برگ و ساقه ریحان، سه نوع آب که شامل فاضلاب تصفیه-شده (W_1)، ترکیب ۵۰ درصد فاضلاب خام و آب (W_2) و آب معمولی (W_3) و دو سطح کمپوست که شامل هشتاد تن در هکتار (C_1) و بدون کمپوست (C_2) در سه زمان برداشت (T_1، T_2 و T_3) در قالب آزمون فاکتوریل و براساس طرح آماری کاملاً تصادفی در سه تکرار و در شرایط لایسیمتری انجام گرفت. لایسیمترها پس از ساخت، با خاک سه لایه پر و گیاه در آنها کاشته شد. نتایج نشان داد که اثر نوع آب بر کلیه صفات رشد و تجمع عناصر در گیاه (به‌جزء روی در برگ) معنی‌دار بود به-گونه‌ی که W_1 دارای بیشترین تجمع عناصر بود.

1 .Smith
2 .Carlton Smith

منابع

اکبرنژاد، ف.، آستارایی، ع.، فتوت، ا. و نصیری‌محلاتی، م. ۱۳۸۹. تأثیر کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب بر عملکرد و غلظت سرب، نیکل و کادمیم در خاک و گیاه دارویی سیاهدانه. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. جلد ۲، شماره ۴، ص ۶۰۸ -۶۰۰.

امیدبیگی، ر. ۱۳۷۹. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد سوم. انتشارات آستان قدس رضوی مشهد. ۳۹۷ صفحه.

پارسافر، ن. ۱۳۹۰. بررسی اثر فاضلاب شهری و پساب تصفیه‌شده آن بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک، آب زهکشی و ویژگی‌های کمی- کیفی سیب‌زمینی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه بوعلی‌سینا همدان، دانشکده کشاورزی، ۱۱۷ صفحه.

ترابیان، ع. و مهجوری، م. ۱۳۸۱. بررسی اثر آبیاری با فاضلاب بر روی جذب فلزات سنگین به وسیله سبزی‌های برگی جنوب تهران. مجله علوم آب و خاک. جلد ۱۶، شماره ۲، ص ۱۹۷-۱۸۸.

تهامی‌زرندی، س. م. ک.، رضوانی‌مقدم، پ. و جهان، م. ۱۳۸۹. مقایسه تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و درصد اسانس گیاه دارویی ریحان. نشریه بوم شناسی کشاورزی، جلد ۲، شماره ۱، ص ۷۴-۶۳.

حاتم، ز. و رونقی، ع. م. ۱۳۹۰. اثر کمپوست و شیرابه کمپوست بر رشد و ترکیب شیمیایی جو بهاره و زیست فراهمی برخی عناصر غذایی در خاک آهکی لوم رسی و شنی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. سال پانزدهم. شماره ۵۸، ص ۱۰۹ -۱۲۲.

حافظ‌دربانی، م. ۱۳۸۱. بررسی تأثیر فاضلاب شهری بر فراهمی عناصر سنگین در خاک برای گیاه. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی ۱۵۰ صفحه.

حسین‌پور، ا.، حق‌نیا، غ.، علیزاده، ا. و فتوت، ا. ۱۳۸۸. بررسی تغییرات کیفیت شیمیایی فاضلاب خام و پساب شهری در اثر عبور از ستون‌های خاک. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲۳، شماره ۳، ص ۵۶-۴۵.

حیدرزاده، ن. و عبدلی، م. ۱۳۸۷. بررسی وضعیت کیفی کمپوست در ایران و نیازهای کنترل کیفیت و استانداردها. مجله‌ی محیط‌شناسی. سال سی و چهارم. ش ۴۸، ص ۴۰- ۲۹.

خراسانی، ن. و چراغی، م. ۱۳۸۸. اثر لجن فاضلاب بر تجمع سرب کادمیوم در سبزیجات (مطالعه موردی ریحان). مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست. شماره ۱۲، ص ۱۷- ۱۳.

دانش، ش.، حق‌نیا، غ. و علیزاده، ا. ۱۳۷۰. اثر فاضلاب‌های تصفیه شده خانگی بر عملکرد و کیفیت محصول چغندرقند و چغندر علوفه‌ای. گزارش نهایی طرح پژوهشی معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد.

رباطی، ب. م. ر.، شریعتی، و. ۱۳۷۷. مطالعه بعضی اثرات سوء فاضلاب نهر فیروزآباد در اراضی زراعی جنوب تهران. مجله تحقیقات خاک و آب. سال چهارم، شماره اول، ص ۱- ۱۴.

شریفی، م.، افیونی، م. و خوشگفتارمنش، ا. م. ۱۳۸۹. تأثیر لجن فاضلاب، کمپوست زباله شهری و کود گاوی بر رشد و عملکرد و جذب آهن، روی، منگنز و نیکل در گل جعفری. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه ای. شماره دوم، ص ۵۳- ۴۳.

عباسی‌زاده، ا. ۱۳۸۶. اثر لجن فاضلاب و کمپوست بر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، عملکرد ذرت و آلودگی خاک به عناصر سنگین. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۲۰ صفحه.

علیزاده، م.، فتحی، ف. و ترابیان، ع. ۱۳۸۷. بررسی مقدار تجمع فلزات سنگین در گیاهان علوفه‌ای تحت آبیاری با فاضلاب در جنوب تهران "مطالعه موردی: ذرت ویونجه". مجله محیط‌شناسی. سال سی و چهارم. شماره ۴۸، ص ۱۴۸- ۱۳۷.

میرزایی، ع. ۱۳۹۱. بررسی آلودگی‌های میکروبی و شیمیایی زه‌آب، خاک و گیاه تحت شرایط کاربرد فاضلاب و کشت گلخانه‌ای هویج، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا همدان،۱۲۰ صفحه.

Abdel-Shafy, H. I., Cooper, W. J. and Handlay-Raven, L. L. 1994. Environmental chemistry, American chemical society. Proceedings of the International Conference on Heavy Metals in the Environment, Aug. 31-Sept. 4, New Orkand, pp: 282-282.

Annabi, M., Houot, S., Francou, C., Poitrenaud, M. and Lebissonnais, Y. 2007. Soil aggregate stability improvement with urban composts of different maturities. Journal of Soil Science Society, 71: 413-423.

Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Atiyeh, R. and Metzger, J. D. 2004. Effects of compost produced from food wastes on the growth and yield of greenhouse peppers. Journal of Bioresource Technology, 93: 139-144.

Ashworth, D. J. and Allowaya, B. J. 2004. Soil mobility of sewage sludge-derived dissolved organic matter, copper, nickel and zinc. Journal of Environmental Pollution, 127: 137-144.

Baldwin, K. R. and Shelton, J. E. 1999. Availability of heavy metal in compost- amended soil. Journal of Bioresource Technology, 69: 1-14.

Boll, R. Dernbch, H. and Kayser, R. 1986. Aspects of land disposal of wastewater as experienced in Germany. Journal of Water Science and Technology, 18: 383-390.
Carlton Smith, C. H. 1987. Effect of metals in sludge-treated soils on crops. Environment Technical Report, TR 251. Water Research Center. Medmenham, UK.
Davis, T. L., Greig, J. K. and Kirkham, M. B. 1998. Wastewater irrigation of vegetable crop. Journal of BioCycle, 29 (9): 60-63.
Garciagil, J. C., Plaza, C., Soler- Roviva, P. and Polo, A. 2000. Long-term effect of municipal solid waste compost application on soil enzyme activities and microbial biomass. Journal of Soil Biology and Biochemistry, 32: 1907-1913.
Haghiri, F. 1974. Plant uptake of cadmium exchange capacity, organic matter, zinc and soil. Journal of Environmental Quality, 3: 180-203.
Jenkins, C. R., Papadopoulos, I. and Stylianou, Y. 1994. Pathogens and wastewater use for irrigation in Cyprus. In: Land and Water Resources Management in Mediterranean Region. Volume IV, Proceedings of a conference held in Ban, Italy, 979-989.
Kandeel, A. M., Naglaa, S. A. T. and Sadek, A. A. 2002. Effect of biofertilizers on the growth, volatile oil yield and chemical composition of *Ocimum basilicum* L. plant. Journal of Annual Agricultural Science Cairo, 1: 351-371 (In Arabic with English Summary).
Khalid, A. KH., Hendawy, S. F. and El-Gezawy, E. 2006. *Ocimum basilicum* L. Production under organic farming. Journal of Research Agriculture and Biological Sciences, 2(1): 25-32.
Koivula, N., Hanninen, K. and Tolvanen, O. 2000. Windrow composting of source separated kitchen biowaste in Finland. Journal of Waste Management and Research, 18: 16-173.
Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M. and Najafi, F. 2003. Biodiversity of medicine plant in Iran agroecosystem. Iranian Journal and Field Crop Research, 2: 208-214 (In Persian with English Summary).
Krejpcio, Z., Król, E. and Sionkowski, S. 2007. Evaluation of heavy metals contents in spices and herbs available on the Polish. Journal of Environmental studies, 16 (1): 97-100.
Lindsay, W. L. 1979. Chemical equilibria in soils. New York, USA: John Wiley. p. 328-342.
Lukin, S. V., Soldat, I. Y. and Pendjurin, Y. V. 2001. Regularities of zinc accumulation in agricultural crops, Agrochimija 4, pp, 46-49.
Mahida, U. N. 1981. Water pollution and disposal of wastewater on land. Tata McGrow- Hill Publishing Company limited New Delhi, pp. 323.
Marofi, S., Parsafar, N., Rahim G., Dashti, F. and Marofi, H. 2013. The effects of wastewater reuse on potato growth properties under greenhouse lysimeteric condition. Journal of Science Environment and Technology, 10:133-140.
Murillo, J. M., Lopez, R., Cabrera, F. and Martinolmedo, P. 1995. Testing a low quality urban compost as a fertilizer for arable farming. Journal of Soil Use and Management, 11 (3): 127-131.
Narwal, R. P. and Singh, B. R. 1998. Effect of organic materials on partitioning, extractability and plant uptake of metals in an alum shale soil. Journal of Water, Air and Soil Pollution, 103: 405-421.
Orozco, F. H., Cegarra, J., Trujillo, L. M. and Roig, A. 1996. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm Eisenia fetida: Effects on C and N contents and the availability of nutrients. Journal of Biology and Fertility of Soils, 22: 162-166.
Pescod, M. B. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. Food and Organization of the United Nations, Rome, FAO no. 47.
Putwattanaa, N., Kruatrachueb, M., Pokethitiyooka, P. and Chaiyarat, R. 2010. Immobilization of cadmium in soil by cow manure and silicate fertilizer, and reduced accumulation of cadmium in sweet basil (*Ocimum basilicum*). Journal of Science Asia, 36: 349-354.
Rodd, A. V., Warman, P. R., Hicklenton, P. and Webb, K. 2001. Comparison of N fertilizer, source-separated MSW compost and semisolid beef manure on the nutrient concentration in boot stage barley and wheat tissue. Journal of Soil Science, 82: 33-43.
Rowell, D. L. 1994. Soil science: methods and applications, mesurement of the composition of soil solution, pp: 146.
Smith, S. R. 2009. A critical review of the bioavailability and impacts of heavy metals in municipal solid waste composts compared to sewage sludge. Journal of Environment International, 35: 142-156.
Scora, R. W. and Chang, A. C. 1997. Heavy metals and seed germination in some medicinal and aromatic plants. Journal of Environmental Quality, 26: 975-79.
Tester, C. F. 1990. Organic amendment effects on physical and chemical properties of a sandy soil. American Journal of Soil Science Society, 54: 827-831.
Tordoff, GM., Baker, A. J. M. and Willis, A. J. 2000. Current approaches to the revegetation and reclamation of metalliferous mine wastes. Journal of Chemosphere, 41:219-228.
U. S. Environmental Protection Agency. 1993. Clean water act. Section 503, Vol. 58, No. 32, USEPA, Washington, DC.
Valtcho, D., Zheljazkov, and Philip, R. 2004. Source-separated municipal solid waste compost application to Swiss chard and basil. Journal of Environmental Quality, 33: 542-552.
Whalen, J. K., Ching, C. and Olsen, B. M. 2001. Nitrogen and phosphorus mineralization potentials of soil receiving repeated annual cattle manure applications. Journal of Biology and Fertility of Soils, 34: 334-341.

WHO. 2003. The World health organization. Reducing risks, promoting health life: The world health report 2003. Geneva: World Health Organization.
Wilson, T. and Temple, N. 2003. Nutritional health: strategies for disease prevention. Human Press; p.16-93.
Lukin, S. V., Soldat, I.Y. and Pendjurin, Y. V. 2001. Regularities of zinc accumulation in agricultural crops. Journal of Agrochimija, 4: 46-49.
Zheljazkov, V. D. and Nielsen, N. 1996. Effect of heavy metals on peppermint and cornmint. Journal of Plant and Soil, 426: 309-328.

Effect of Wastewater and Compost Application on Growth Indeces and Absorption of Nutrients in Basil

Shakarami[1], M., Marofi[2*], S., Dashti[3], F., Rahim[4], GH. and Parsafar[5], N.

Abstract

In this research in order to investigate the effect of municipal waste wastewater and compost on growth parameters and heavy metals concentration in basil a completely randomized factorial experiment (with three repeat) was desgned and illustrated in lysimeteric greenhouse condition. The first factor consists of three watering: treated wastewater (W_1), a composition of 50% raw wastewater and 50% fresh water (W_2) and fresh water (W_3). The second factor consisted of two levels of compost: 80 tons per hectare (C1) and without any compost (C2) and third factor concerned to the time of harvesting (T_1, T_2 and T_3). After lysimeters design and construction, they were filled with three layer of soil based on natural soil profile of the region and and than basil was cultivated. The results showed that the effect watering quality on all growth paramiters and heavy metal (except Zn in the leaves) were significant. W_1 identified as a watering with the highest heavy metal concentration. The effect of compost on plant growth parameters was only significant effect on stem height. It also showed significant effects on all heavy metal except cadmium. The maximum growth parameters and heavy metal concentration were observed in C_1. Time of harvesting effect on dry weight and plant height were significant. This results show that the growth parameters and heavy metal concentration were increased during the next harvesting. Interaction effect of watering quality and compost was not significant, excepted to Pb and Mn in leaves. The interaction of watering quality and harvesting were significant only in wet and dry weights. The maximum crop wet (377.78) and dry (42.83 gm) weights were observed in W_1T_2 and W_1T_3, respectively. The highest concentration of Pb (0.17) and Mn (53.28 mg in dry weight) was observed in treated C_1W_2.

Keywords: Wastewater, Compst, Basil, Growth parameters, Heavy metal

1. MSc Student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan
2. Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan
3. Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan
4. Assistant Professor, Department of Soile Sciences, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan
5. PhD Student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan
*: Corresponding author Email: smarofi@yahoo.com