



فصل‌نامه‌ی داروهای گیاهی

journal homepage: www.jhd.iaushk.ac.ir



بررسی اثر مقادیر مختلف کمپوست زباله‌ی شهری و کود گاوی بر مقدار وزن خشک و عناصر سنگین در گیاه رُزماری (*Rosmarinus officinalis* L.)

سهیلا کاوه^{۱*}، مجید فکری^۲، مجید محمودآبادی^۲، ناصر برومند^۲

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه خاک‌شناسی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

(* مسئول مکاتبات: soheila_kaveh@yahoo.com)

۲. استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران؛

چکیده

شناسه‌ی مقاله

مقدمه و هدف: رُزماری با نام علمی (*Rosmarinus officinalis* L.) و محلی اکلیل کوهی، بوته‌ای همیشه سبز و معطر است که از دیرباز به عنوان گیاهی دارویی از برگ‌ها و اسانس آن در صنایع داروسازی و آرایشی - بهداشتی استفاده می‌شود. تحقیقات اندکی در مورد تولید رُزماری در گل‌خانه وجود دارد. **روش تحقیق:** در این پژوهش اثر کودهای آلی، کمپوست زباله‌ی شهری و کود گاوی، بر میزان وزن خشک و غلظت عناصر سنگین در اندام هوایی و ریشه‌ی رُزماری بررسی شده است. این پژوهش در گل‌خانه‌ی تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان، به صورت آزمایش فاکتوریل در چارچوب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل کمپوست زباله‌ی شهری و کود گاوی به طور جداگانه، هر یک در سه سطح ۲۰، ۴ و درصد بوده‌اند.

نتایج و بحث: نتایج نشان داد که افزایش سطوح کمپوست باعث بهبود معنی‌دار مقدار وزن خشک گیاه نسبت به نمونه‌ی شاهد گردید. این افزایش وزن خشک در تیمار کود گاوی نیز مشاهده شد. افزایش مقدار کمپوست، افزایش چشمگیری در غلظت عناصر سنگین (Cd, Cu, Pb) در اندام هوایی رُزماری در پی نداشت، اما مقدار عناصر کم مصرف (Fe, Zn) در گیاه افزایش یافت. مطابق نتایج به دست آمده به نظر می‌رسد مقدار عناصر سنگین جذب شده توسط رُزماری، به میزانی نیست که این عناصر را وارد چرخه‌ی غذایی انسان کند، بنابراین ممکن است برای سلامتی انسان خطری ندارد.

توصیه کاربردی - صنعتی: رُزماری یکی از گیاهان دارویی پرمصرف در صنایع داروسازی، آرایشی - بهداشتی و مواد غذایی است. تحقیق انجام شده نشان می‌دهد که مقدار عناصر سنگین جذب شده به وسیله‌ی این گیاه در شرایط استفاده از کودهای کمپوست زباله شهری، کم است و احتمال می‌رود که استفاده از آن در شرایط مذکور برای سلامتی انسان مشکلی ایجاد نمی‌کند.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۲/۱۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۳/۲۰

نوع مقاله: پژوهشی

موضوع: به زراعی

کلید واژگان:

- ✓ رُزماری
- ✓ عناصر سنگین
- ✓ ماده آلی
- ✓ وزن خشک

۱۳۸۵). در طب سنتی از این گیاه برای اثرات ضد آسم، هضم کردن غذا، آرام‌بخشی، برطرف کردن سردرد و اختلالات گردش خون، افزایش قدرت بینایی و درمان روماتیسم استفاده می‌شود (Martinez-Lirola, 1996). استفاده از مواد آلی نظیر کودهای حیوانی و فاضلابی، در باروری خاک‌های زراعی، از دیر باز در تمام نقاط جهان متداول بوده است. با توجه به کمبود مواد آلی در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، کاربرد ترکیبات آلی در این مناطق باعث بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و حاصل‌خیزی خاک می‌گردد. همچنین گسترش شهرنشینی و صنعتی شدن به

۱. مقدمه

رُزماری طبی، گیاهی است از خانواده‌ی نعناع^۱ که به صورت درختچه‌های کوچک بادوام همیشه سبز و دارای برگ‌های معطر و گل‌های کوچک آبی رنگ است. در ابتدای بهار و انتهای زمستان شکوفه می‌دهد. ارتفاع آن ۵۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر است. ساقه‌های آن چوبی، برگ‌های آن سبز دایمی، متقابل با کناره‌های باریک و دراز، نوک‌تیز و نسبتاً خشن هستند (حسین زاده و هم‌کاران،

^۱. Lamiaceae

در خاک‌های آهکی گردیده است. البته تجمع فلزات سنگین در اندام‌های مختلف گیاه یکسان نیست، دانه‌ها و میوه‌ها کم‌تر از برگ و ریشه این عناصر را در خود انباشته می‌کنند. تجمع فلزات سنگین در اندام‌های هوایی گیاهان، به مقدار قابل جذب آن‌ها در خاک بستگی دارد (Mireles et al., 2004). برای می (۱۳۸۰) پس از بررسی اثر کودهای کمپوست و لجن فاضلاب بر جذب عناصر سنگین توسط گندم، نشان داد که غلظت آهن در دانه، کاه و کلس بیش‌ترین و به ترتیب روی، مس، نیکل، سرب و کادمیم در ردیف‌های بعدی قرار دارند. با توجه به این که رویکرد جهانی در تولید گیاهان دارویی، به سمت استفاده از نظام‌های کشاورزی پایدار و به کارگیری روش‌های مدیریتی آن‌ها، نظیر کاربرد کودهای زیستی به منظور ارتقای عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی است.

هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر کمپوست زباله‌ی شهری و کودِ گاوی بر عملکرد و غلظت تعدادی از عناصر کم مصرف و سنگین در گیاه دارویی رُزماری است.

۲. مواد و روش‌ها

به منظور بررسی سطوح مختلف کود گاوی و کمپوست زباله‌ی شهری کرمان، روی رُزماری آزمایشی گلدانی در گل‌خانه‌ی دانشکده‌ی کشاورزی شهید باهنر کرمان، در قالب طرح کاملاً تصادفی، با سه تکرار انجام شد. نمونه‌های خاک از افق سطحی (صفر تا ۳۰ سانتی‌متری) منطقه‌ی گل‌خانه‌ی شهرداری کرمان جمع‌آوری شد. پس از هوا خشک کردن نمونه‌ها و عبور از آلك ۲ میلی‌متری، بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن تعیین گردید (جدول ۱).

ویژه در کشورهای در حال توسعه، انباشته شدن حجم عظیمی از زباله‌های شهری را در پی داشته است. بنابراین در سال‌های اخیر به منظور کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، به بازیافت زباله و به کارگیری کمپوست حاصل در اراضی کشاورزی توجه زیادی شده است (Khoshgoftarmansh et al., 2000). در آزمایشی، اثرات مثبت استفاده از کمپوست زباله‌ی شهری بر افزایش عملکرد گیاه «جو» نشان داده شده است (Marcote et al., 2001). نومرا و هم‌کاران (Nomura & Matsuzawa, 1998) تأثیر کود دامی بر خصوصیات فیزیولوژیکی و زراعی چغندر قند را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که افزایش کود دامی عملکرد را افزایش می‌دهد، اما تفاوت معنی‌داری بین مصرف ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار کود دامی مشاهده نمی‌گردد. یکی از مواردی که در هنگام کاربرد کمپوست و کودهای دامی باید به آن توجه خاص شود، وجود فلزات سنگین در پس‌مانده‌های آلی است. لجن فاضلاب و کمپوست بسته به منبع آن، اغلب دارای مقادیر نسبتاً زیادی عناصر سنگین نظیر کادمیم، سرب و مس هستند. هنگامی که این مواد به زمین اضافه می‌شوند، گیاه همراه با عناصر غذایی مورد نیاز، این عناصر سمی را نیز جذب و وارد زنجیره‌ی غذایی انسان و حیوان می‌کند (Greger & Kautsky, 2007).

گارسیا و هم‌کاران (Garcia et al., 1991) طی تحقیقات خود دریافتند که مقدار فلزات سنگین با پیشرفت فرآیند کمپوست شدن افزایش می‌یابد و این مسأله می‌تواند مانعی در مسیر استفاده‌ی مکرر از کمپوست در اراضی کشاورزی باشد.

دلکاستیو و هم‌کاران (Del Castilho et al., 1993) ملاحظه کردند که حلالیت روی و کادمیم، در خاک لومی تیمار شده با کود حیوانی، تا حدود ۱۰۰ برابر افزایش می‌یابد. آن‌ها دلیل این افزایش را کاهش pH خاک در اثر فرآیند نیترات‌سازی، افزایش قدرت یونی و مواد آلی محلول ذکر کردند. عباسی‌زاده (۱۳۸۶) مشاهده کرد استفاده از کمپوست زباله‌ی شهری، باعث افزایش جذب فلزات سنگین به وسیله‌ی گیاه ذرت

جدول ۱. برخی ویژگی‌های خاک قبل از آزمایش

جدول ۲. ترکیب شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده

کود	pH	Ec ds/m	مواد آلی %	نیترژن %
کمپوست	۷/۴	۱۵/۱	۳۵/۵	۱/۴
کود گاوی	۸/۲	۱۷/۸	۱۹/۸	۰/۹۲

جدول ۳. غلظت عناصر کم مصرف و سنگین در کمپوست و کود گاوی و مقایسه با استاندارد USEPA برای کمپوست و SLS برای کود گاوی

عناصر Mg/kg	کمپوست	کود گاوی	USEPA	SLS
Fe	۱۱۶۷	۳۵۵/۱	—	—
Zn	۱۱۱	۱۳۹/۴	۲۸۰۰	۱۰۰۰
Cu	—	—	۱۵۰۰	۴۰۰
Cd	۲/۸	۱/۰۴	۳۹	۱۰
Pb	۵/۵	۳/۱	۳۰۰	۲۵۰

الکتریکی، به مدت چهار ساعت در دمای ۵۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد خاکستر شد. سپس خاکستر به دست آمده، به‌وسیله‌ی ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک دو مولار عصاره‌گیری شد (Westerman, 1990).

برای اندازه‌گیری عناصر در کمپوست و کود گاوی نیز از همین روش استفاده گردید. برای اندازه‌گیری pH و EC کمپوست و کود گاوی از عصاره‌ی ۱ به ۵ با آب استفاده شد. مواد آلی کمپوست و کود گاوی نیز با روش اکسیداسیون تر اندازه‌گیری شد.

سپس غلظت عناصر مذکور در عصاره‌های حاصل، با دستگاه جذب اتمی مدل AAS Vario 6 اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه‌ی میانگین‌ها با نرم‌افزار MSTATC، برای تجزیه همبستگی از نرم‌افزار SPSS و از Excel به منظور ترسیم گرافها و جداول استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

برخی از ویژگی‌های شیمیایی کودهای آلی در جدول ۲ نشان داده شده است. کود گاوی و کمپوست هر دو دارای pH قلیایی هستند. بر اساس تحقیقات انجام شده pH پس‌ماندهای آلی به

تیمارها شامل شاهد بدون کود، کمپوست زباله‌ی شهری و کود گاوی به طور جداگانه هر یک در دو سطح ۲ و ۴ درصدی بودند. نمونه‌هایی از کودهای آلی نیز مورد تجزیه قرار گرفتند (جدول ۲ و ۳). خاک تیمار شده به مدت ۴۵ روز در درجه حرارت ۲۰ تا ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد و رطوبت حدود ظرفیت مزرعه - با روش توزین- در گلدان‌های پلاستیکی، قرار داده شد. قلمه‌های رزماری در اسفندماه از کلکسیون گیاهان دارویی گل‌خانه‌ی شهرداری کرمان جمع‌آوری و در محیط شنی کشت شدند.

بعد از ریشه‌دهی کامل- در طول سه ماه - در هر گلدان سه قلمه‌ی رزماری کاشته شد که پس از استقرار کامل گیاه به یک عدد، تقلیل یافت و آبیاری گلدان‌ها تا حد ظرفیت مزرعه با استفاده از روش وزنی با آب شهر انجام شد. بعد از گذشت ۹۰ روز، گیاهان برداشت‌شده و اندام هوایی و ریشه آن‌ها، از هم جدا شدند. سپس نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون خشک‌شده و وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد. برای تعیین غلظت عناصر آهن، روی، مس، کادمیم و سرب در اندام هوایی و ریشه‌ی گیاه، یک گرم از نمونه‌ی پودر شده‌ی گیاه در کوره‌ی

مقدار	واحد	ویژگی
۷/۳۵	—	pH
۵/۹۳	دسی زیمنس بر متر	قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع
۷/۷	سانتی مول در کیلوگرم	ظرفیت تبادل کاتیونی
۲۰	درصد	رس
۱۱	درصد	سیلت
۷۳	درصد	شن
۰/۸	درصد	ماده آلی

غلظت عناصر کم مصرف و سنگین در اندام هوایی و ریشه‌ی رزماری تیمارهای کودی بر غلظت فلزات سنگین و کم مصرف در گیاهان مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری داشته‌اند. تأثیر کودهای آلی بر غلظت عناصر در شاخساره در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان داده که غلظت آهن شاخساره‌ی رزماری در هر دو تیمار کمپوست و کود گاوی، افزایش معنی‌داری در مقایسه با شاهد داشته است. بیش‌ترین غلظت آهن شاخساره مربوط به تیمار کمپوست ۴ درصد بود که با توجه به غلظت بالای آهن در کمپوست این نتیجه قابل انتظار بود. عباسی زاده (۱۳۸۵) گزارش می‌کند که غلظت آهن در ذرت کاشته شده در خاک‌های تحت تیمار کمپوست به طور معنی‌داری بیش‌تر از شاهد بوده است. غلظت آهن در ریشه‌ی رزماری در تمام تیمارها در مقایسه با شاهد، افزایش دارد، البته این افزایش در سطح ۲ درصد کود گاوی معنی‌دار نبود (جدول ۶). بیش‌ترین غلظت آهن در ریشه‌ی رزماری نیز مربوط به تیمار ۴ درصد کمپوست است، کمپوست باعث می‌شود تا مقدار آهن در ریشه‌ی رزماری نسبت به شاهد حدود ۲ برابر افزایش پیدا کند. به همین دلیل از آن جا که حد معمول غلظت آهن در گونه‌های مختلف گیاهی ۷۵۰ میلی‌گرم در کیلو معرفی شده است، در توصیه برای استفاده از کمپوست و دیگر کودهای آلی باید دقت کرد (Pais & Jones, 1997).

غلظت روی در شاخساره‌ی رزماری در همه‌ی تیمارها (به جز برای ۴ درصد کود گاوی) افزایش نشان داد اما این افزایش معنی‌دار نبود (جدول ۵). احتمالاً افزایش تثبیت روی در خاک در حضور کودهای آلی مانع از افزایش زیاد غلظت روی شاخساره شده است.

دلیل انباشته‌شدن و تبدیل به کمپوست، افزایش می‌یابد (Eghball et al., 2004). مقدار عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در هر دو کود آلی نسبتاً زیاد است. غلظت عناصر کم‌مصرف و سنگین موجود در کمپوست و کود گاوی در محدوده‌ی معرفی شده برای کمپوست و کودهای آلی هستند (جدول ۳). غلظت این عناصر در کمپوست به مراتب بیشتر از کود گاوی است. هر دو کود آلی دارای درصد مشابه و نسبتاً زیادی از ماده‌ی آلی هستند، مقدار ماده‌ی آلی نسبتاً زیاد این کودها می‌تواند باعث بهتر شدن خواص فیزیکی و شیمیایی گردد (Ramadass & Palaniyandi, 2007).

بررسی نتایج نشان می‌دهد که کمپوست زباله و کود گاوی هر دو، اثر مثبتی بر عملکرد گیاه رزماری داشته‌اند. عملکرد وزن خشک گیاه در تیمار کمپوست متناسب با افزایش سطح کمپوست افزایش دارد که این افزایش برای همه‌ی تیمارها معنی‌دار شده است (جدول ۴). دلیل اصلی این پدیده را می‌توان وجود مقادیر نسبتاً زیاد مواد آلی و عناصر غذایی پرمصرف گیاهی در کمپوست دانست. در تیمار کود گاوی عملکرد شاخساره، تنها در سطح ۴ درصد نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار نشان می‌دهد ولی این افزایش کم‌تر از تیمار ۴ درصد کمپوست بوده است. روند تغییرات وزن خشک ریشه نیز تقریباً مشابه اندام هوایی بود و در تیمار ۴ درصد کمپوست بیش‌ترین عملکرد به دست آمد (جدول ۴).

گزارش‌های زیادی درباره‌ی افزایش عملکرد محصولات کشاورزی با مصرف کودهای آلی وجود دارد. در بررسی اثرات مختلف کمپوست زباله‌ی شهری (۰، ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار) بر گیاه دارویی رزماری، نشان داده شده که تیمار ۲۰ تن در هکتار کمپوست زباله‌ی شهری عملکرد بیشتری نسبت به شاهد و تیمار ۴۰ تن در هکتار دارد. علت آن را افزایش مقدار نمک در مقادیر بالاتر کمپوست زباله‌ی شهری دانسته‌اند (Cala et al., 2005).

جدول ۴. عملکرد وزن خشک اندام هوایی و ریشه‌ی رزماری (گرم در گلدان) در تیمارهای مختلف

تیمار	شاهد	کود گاوی ٪۲	کود گاوی ٪۴	کمپوست ٪۲	کمپوست ٪۴
شاخساره	۱۰/۵۹ ^c	۱۲/۵۵ ^c	۱۹/۷۸ ^b	۱۷/۷۸ ^b	۲۱/۸۵ ^a
ریشه	۱/۷۱ ^d	۲/۸۶ ^c	۴/۸۶ ^b	۴/۱۳ ^b	۶/۲۵ ^a

• حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌داری بین گروه‌های مورد بررسی می‌باشد.

جدول ۵. غلظت فلزات (mg/kg) در شاخساره‌ی رزماری در تیمارهای مختلف

عناصر تیمار	آهن Fe	روی Zn	مس Cu	کادمیوم Cd	سرب Pb
شاهد	۶۶/۲۳ ^d	۲۲/۹۴ ^a	۱۳/۱۴ ^c	۰/۸۲۰ ^b	۲/۱۲۳ ^b
کود گاوی ۲٪	۶۹/۱۰ ^c	۲۷/۶۹ ^a	۱۵/۱۵ ^b	۰/۹۳۱ ^b	۲/۱۴۳ ^b

کود گاوی ۴٪	۲۲,۵۰ ^a	۱۶,۲۰ ^{a b}	۰,۹۸۴ ^b	۲,۵۸۱ ^{a b}
کمپوست ۲٪	۲۳,۶۰ ^a	۱۵,۳۹ ^b	۱,۰۱۱ ^b	۲,۷۴۷ ^a
کمپوست ۴٪	۲۷,۶۹ ^a	۱۷,۰۸ ^a	۱,۶۳۸ ^a	۳,۰۲۰ ^a

نسبت به شاهد معنی‌دار است (جدول ۶). بنابراین روند افزایشی غلظت روی ریشه، تا حدی مشابه با شاخساره است. افزایش سطح کمپوست و کود گاوی باعث افزایش غلظت مس در اندام هوایی رزماری می‌شود (جدول ۵). این افزایش در تمام سطوح نسبت به شاهد معنی‌دار بوده است. ولی بین تیمارهای ۲ درصد کمپوست و کود گاوی تفاوت معنی‌داری در غلظت مس در شاخساره‌ی رزماری وجود نداشت. تحقیقات کالا و هم‌کاران (Cala *et al.*, 2005) نیز نشان می‌دهد که غلظت مس در اندام هوایی رزماری با کاربرد کمپوست افزایش می‌یابد. هم‌چنین آن‌ها رابطه‌ی مثبت و معنی‌داری را میان عملکرد و غلظت مس و آهن اندام هوایی رزماری مشاهده کردند.

روند افزایشی غلظت مس در ریشه‌ی رزماری نیز مشاهده گردید (جدول ۶). این افزایش در تمام سطوح کمپوست و کود گاوی نسبت به شاهد معنی‌دار بوده است. بالاترین غلظت مس در ریشه‌ی رزماری در تیمار کمپوست ۴ درصد مشاهده می‌گردد. با توجه به این که حد معمول غلظت مس در گونه‌های مختلف گیاهی بین ۵ تا ۳۰ و حد سمی آن بین ۲۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم در یک کیلو وزن خشک است، غلظت مس در هیچ کدام از تیمارها به حد سمیت نرسید (Pais & Jones, 1997).

بر اساس گزارش زلجاکو و وارمن (Zhljazkov & Warman, 2004) در خاک‌های اصلاح شده با ضایعات آلی، روی در سطوح اکسیدهای آهن و منگنز جذب می‌شود. تثبیت روی توسط اکسیدهای آهن و منگنز با افزایش اکسیدهای خاک بیشتر می‌شود. بیش‌ترین غلظت روی شاخساره‌ی رزماری مربوط به تیمار ۲ درصد کود گاوی بود. این افزایش را می‌توان به غلظت بالای روی (۱۳۹/۴) در کود گاوی در مقایسه با کمپوست ربط داد. غلظت روی در سطح ۴ درصد کود گاوی، نسبت به شاهد کاهش داشت. علت این پدیده می‌تواند افزایش شوری خاک یا افزایش سطح کود گاوی باشد.

روی اغلب به شکل کاتیون دو ظرفیتی جذب گیاه می‌شود. افزایش شوری خاک سبب کاهش غلظت یون آزاد روی (Zn^{2+}) در محلول خاک و در نتیجه، کاهش غلظت روی گیاه می‌شود (Hu & Schemidhulter, 2001).

خیامباشی (۱۳۷۶) نیز در طی تحقیقات خود چنین اظهار داشت که در اثر استفاده از کمپوست، غلظت مس و منگنز در اندام هوایی کاهو معنی‌دار شده ولی غلظت روی در این گیاه هیچ تفاوت معنی‌داری نداشته است.

نتایج نشان می‌دهد که در هر دو تیمار، غلظت روی ریشه، بیش‌تر از شاخساره است و در همه‌ی تیمارها غلظت روی ریشه،

جدول ۶. غلظت فلزات (mg/kg) در ریشه‌ی رزماری در تیمارهای مختلف

عناصر تیمار	آهن Fe	روی Zn	مس Cu	کادمیوم Cd	سرب Pb
شاهد	۱۹۱,۴ ^d	۵۴,۴۵ ^c	۱۸,۶۱ ^d	۳,۲۸۶ ^d	۳۰,۷۰ ^c
کود گاوی ۲٪	۲۰۴,۱ ^{c d}	۶۹,۹۵ ^a	۲۴,۳۳ ^c	۴,۵۹۵ ^c	۳۲,۲۱ ^d
کود گاوی ۴٪	۲۷۹,۲ ^b	۶۵,۶۰ ^b	۲۷,۷۰ ^b	۵,۰۹۰ ^{b c}	۳۳,۵۶ ^c
کمپوست ۲٪	۲۶۸,۱ ^{b c}	۶۳,۶۰ ^b	۲۴,۱۷ ^c	۵,۲۷۳ ^b	۳۴,۹۳ ^b
کمپوست ۴٪	۳۴۹,۳ ^a	۶۶,۶۹ ^{a b}	۳۱,۲۵ ^a	۶,۳۲۰ ^a	۳۶,۶۰ ^a

افزایش معنی‌دار غلظت کادمیوم نسبت به شاهد تنها در سطح ۴ درصد کمپوست مشاهده می‌شود، به طوری که غلظت کادمیوم شاخساره از ۰/۸۲۰ میلی‌گرم در کیلو، در شاهد به ۱/۶۳۸ میلی‌گرم در این تیمار افزایش دارد. عوامل مختلفی بر غلظت کادمیوم در گیاه تأثیر دارند، از جمله‌ی این عوامل می‌توان به غلظت

تأثیر کمپوست و کود گاوی بر غلظت کادمیوم در شاخساره‌ی رزماری در جدول ۵ نشان داده شده است. به طور کلی با افزایش سطح کودهای آلی، غلظت کادمیوم شاخساره‌ی رزماری به طور خطی افزایش دارد. این افزایش در تیمارهای کود گاوی در مقایسه با تیمارهای کمپوست کمتر است. البته باید گفت که

کیلو وزن خشک است (Kabata & Pendi, 2001)، مقدار سرب در اندام هوایی رزماری بسیار کم‌تر از حد معمول گزارش شده، استفاده از آن هیچ خطری برای سلامتی انسان ندارد.

۴. نتیجه گیری

کمپوست زباله‌ی شهری و کود گاوی به دلیل داشتن مقدار مدهی آلی و نیتروژن بالا، باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شوند. این نکته نشان می‌دهد که این مواد سهم مهمی در حاصل‌خیزی خاک دارند. افزایش کمپوست باعث افزایش غلظت عناصر در ریشه و اندام هوایی گیاهان می‌شود، به گونه‌ای که مقادیر بالای آن باعث رسیدن غلظت کادمیوم ریشه به حد سمیت می‌شود. روند افزایش غلظت عناصر در گیاه در تیمارهای کود گاوی نیز مشاهده گردید ولی سمیت عناصر گیاه در این تیمارها دیده نشد. برای بررسی بیشتر اثرات کمپوست و کود گاوی می‌توان این پژوهش را به صورت مزرعه‌ای انجام داد.

۵. منابع

براهیمی، ن. ۱۳۸۰. بررسی اثر کودهای آلی بر خصوصیات شیمیایی خاک و جذب عناصر به وسیله‌ی ذرت و گندم. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

ثوابقی، غ. ر.، معز اردلان، م. و ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۱. اثر توأم کادمیوم و روی در خاک آهکی بر پاسخ‌های گیاه گندم. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۳۳ (۲): ۳۳۳-۳۴۱.

حسین زاده، ح.، رضانی، م. و شاهشوند، ش. ۱۳۸۵. بررسی اثرات فراکسیون‌های اندام‌های هوایی گیاه رزماری طی (*Rosmarinus officinalis* L.) بر سندرم محرومیت ناشی از مرفین در موش سوری. فصل‌نامه‌ی گیاهان دارویی، ۵ (۲۰): ۲۰.

خیامباشی، ب. ۱۳۷۶. اثرات استفاده از لجن فاضلاب به عنوان کود در آرایش و انباشت عناصر سنگین در خاک و گیاه. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

عباسی زاده، ا. ۱۳۸۶. اثر لجن فاضلاب و کمپوست بر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، عملکرد ذرت و آلودگی خاک به عناصر سنگین. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

Baker, D. E. and Amacher, M. C. 1982. Nickel, copper, zinc and cadmium. In Methods of soil analysis, eds. A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney, 323-336. American Society of Agronomy: Madison, Wisconsin.

Cala V., Cases, M.A. and Walter, I. 2005. Biomass production and heavy metal content of *Rosmarinus officinalis* grown on organic waste-amended soil. *J Arid Environ.* 62: 401-412.

کادمیوم در خاک و کودهای آلی، پاسخ خاک، نوع گیاه، شرایط آب و هوایی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اشاره کرد. اگر غلظت کادمیوم خاک افزایش یابد، احتمال آلودگی زنجیره‌ی غذایی به این عنصر وجود دارد (Li et al., 2009).

غلظت کادمیوم ریشه نیز با افزایش سطح کودهای آلی به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش نشان داد (جدول ۶). بیش‌ترین غلظت‌های کادمیوم در ریشه‌ی رزماری مربوط به سطوح کمپوست بود. در تمامی تیمارها غلظت کادمیوم ریشه بیش‌تر از شاخساره بوده‌است. کادمیوم پس از ورود به گیاه، بیش‌تر در ریشه‌ی آن باقی می‌ماند اما در غلظت‌های بالا، این عنصر به راحتی از ریشه به طرف شاخساره حرکت می‌کند (Li et al., 2006). حد معمول غلظت کادمیوم در گونه‌های مختلف گیاهی بین ۰/۵ تا ۰/۲ میلی‌گرم در ۱ کیلو وزن خشک و حد سمی آن بین ۵ تا ۳۰ میلی‌گرم بر یک کیلو است (Kabata & Pendi, 2001).

بر این اساس غلظت کادمیوم در شاخساره‌ی رزماری، بسیار کم‌تر از حد سمیت بود اما در تیمار کمپوست ریشه، به حد سمیت رسید. در بررسی سمیت کادمیوم در گیاه، تنها توجه به توزیع کادمیوم در بافت‌های گیاهی کافی نیست، بلکه تجمع کادمیوم در قسمتی از گیاه که توسط انسان و دام مصرف می‌شود، اهمیت بیش‌تری دارد که باید مورد توجه قرارگیرد. در رزماری غلظت کادمیوم در شاخساره که بخش خوراکی این گیاه است، در تمام تیمارها به طور قابل توجهی کم‌تر از ریشه بود.

بررسی اثر کمپوست و کود گاوی بر مقدار سرب شاخساره‌ی رزماری نشان می‌دهد که غلظت سرب در گیاه با افزایش سطح کود، روند افزایشی می‌گیرد اما این افزایش تنها برای سطوح کمپوست نسبت به شاهد معنی‌دار است (جدول ۵). بیش‌ترین غلظت سرب در شاخساره در تیمار ۴ درصد کمپوست مشاهده شد. نتیجه‌ی تحقیقات بر روی پویایی و توزیع سرب در خیار پرورش‌یافته در محلول غذایی، نشان می‌دهد که جذب سرب توسط خیار تحت اثر فرم شیمیایی آهن محلول قرار دارد (Foder et al., 1998). فراواگو (Faravago, 1981) گزارش می‌کند که سرب در گروهی از گیاهان می‌تواند در دیواره‌ی سلول ریشه و آوندهای چوبی به دام افتاده، به این ترتیب غیر متحرک شود.

غلظت سرب در ریشه‌ی رزماری در جدول ۶ نشان داده شده است (جدول ۶). استفاده از کودهای آلی در تمام سطوح، سبب افزایش معنی‌دار غلظت سرب ریشه می‌شود. بیش‌ترین غلظت سرب ریشه (۳۶/۶۰) در سطح ۴ درصد کمپوست و پس از آن تیمار ۲ درصد کمپوست و سپس تیمارهای کود گاوی قرار دارند. با توجه به این که حد معمول غلظت سرب در گونه‌های مختلف گیاهان ۵ تا ۱۰ و حد سمی آن ۳۰ تا ۳۰۰ میلی‌گرم در یک

- Nomura, N. and Matsuza, K.Y. 1989. Influence of farmyard manure and nitrogen application on sugar yield. *Field Crops Abstract*. 42(11): 89-93.
- Pais, I. J. and Jones, B. 1997. *The handbook of trace elements*. St. Luci Press, N. W. Boca Roton, FL, U.S.A.
- Ramadass, K. and Palaniyandi, S. 2007. Effect of enriched municipal solid waste compost application on soil available macronutrients in the rice field. *Archives. Agron. Soil Sci*. 53: 497-506.
- Westerman, R. E. L. 1990. *Soil testing and plant analysis*. SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- Zheljazkov, V. D. and Warman, P. R. 2004. Phytoavailability and fractionation of copper, manganese and zinc in soil following application of two compost to four crops. *J. Environ Pollut*. 131: 187-195.
- Del Castilho, P., Chardon, W. J. and Salomons, W. 1993. Influence of cattle manure slurry application on solubility of Cd and Zn in a manured acidic soil, loamy sand soil. *J. Environ. Qual*. 22: 689-697.
- Eghball, B., Ginting, D. and Gilley, J. E. 2004. Residual effects of manure and compost applications on maize production and soil properties. *Agron J*. 96: 442- 447.
- Faravago, M.E. 1981. Metal tolerant plant. *Cord. Chem. Rev*. 36: 155-182.
- Foder, F. Yarge., A. and Zaray, G. 1998. Lead uptake, distribution and remobilization in cucumber. *J. Plant Nutr*. 21(7): 1367– 1372.
- Garcia, C., Hernandez, T. and Casta, F. 1991. Agronomic value of urban waste and the growth of ryegrass (*Lolium perenne*) in a calciorthid soil amended with this waste. *J. Sci Food Agric*. 56: 457-467.
- Greger, M., Malm, T. and Kautsky, L. 2007. Heavy metal transfer from composted macroalgae to crops. *Europ. J. Agronomy*. 26: 257–265.
- Hargreaves, J. C., Adl, M. S. and Warman, P. R. 2008. A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. *Agric. Ecosys. Environ*. 123: 1- 14.
- Hu, Y. and Schemidhulter, U. 2001. Effects of salinity and macronutrient levels on micro-nutrient in wheat. *J Plant Nutr*. 24(2): 273-281.
- Kabata-pendia A. and Pendia, H. 2001. Trace elements in soils and plants. CRC Press, Boca Raton London, New Yourk, Washington, D.C., 413 pp.
- Khoshgoftarmanesh, A. H. and Kalbasi, M. 2000. Effect of municipal waste leachate on soil properties and growth and yield of rice. *Comm Soil Sci Plant Anal*. 33: 2011-2020.
- Li, N. Y., Li, Z. A., Zhuang, P., Zou, B. and Mc Bride, M. 2009. Cadmium up take from soil by maize whit inter crops. *Water Air Soil Pollut*. 199: 45 -56.
- Li, S., Liu, R., Wang, M., Shan, H. and Wang, H. 2006. Phytoavailability of cadmium to cherry red radish in soils applied composted chicken or pig manure. *Geoderma*. 136: 260-271.
- Mahdy. A. M., Elkhatib, E A. and Fathi, N. O. 2007. Cadmium, copper, nickel and lead availability in biosolids- amended alkaline soils. *Aust J. Basic Appl Sci*. 1: 354-363.
- Marcote, I., Hernandez, T., Garcia, C. and Polo, A. 2001. Influence one or two successive annual application of organic fertilizers on the enzyme activity of a soil under barley cultivation. *Bioresour Technol*. 79: 147-154.
- Mireles, A., Solís, C., Andrade, E., Lagunas-Solar, M. and Piña, C. Flocchini Rg. 2004. Heavy metal accumulation in plants and soil irrigated with wastewater from Mexico City, *Nucl Instrum Methods Phys Res* 219–200: 187–190.