

## تأثیر کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب بر خصوصیات شیمیایی خاک، کمیت و کیفیت چغندر قند در رودشت اصفهان

Effect of municipal compost and sewage sludge on soil chemical characteristics, quality and quantity of sugar beet in Rudasht - Esfahan

علیرضا مرجوی<sup>۱</sup>\* و محمدرضا جهاداکبر<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۸۷/۹/۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۱۴

ع.ر. مرجوی و م.ر. جهاداکبر. ۱۳۹۰. تأثیر کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب بر خصوصیات شیمیایی خاک، کمیت و کیفیت چغندر قند در رودشت اصفهان. مجله چغندر قند ۲۷(۱): ۶۷-۸۳

### چکیده

این بررسی طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۴ جهت مطالعه تأثیر کودهای آلی کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب بر محصول چغندر قند در سال اول و آخر تناوب چهار ساله (چغندر قند، ذرت علوفه‌ای، پیاز، گندم و چغندر قند) در ایستگاه تحقیقاتی آبیاری و زهکشی رودشت اصفهان در کرت‌های ثابت انجام شد. در هر سال چهار تیمار مصرف کودهای آلی (کمپوست شهری ۲۵ و ۵۰ تن در هکتار و لجن فاضلاب ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار) به همراه تیمار شاهد (عدم مصرف کود آلی) در یک طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در این تناوب بررسی شد. براساس نتایج به دست آمده در این تناوب مشخص شد که بالاترین مقادیر کربن آلی، پتاسیم و سرب قابل جذب خاک در تیمار مصرف ۵۰ تن کمپوست شهری و بالاترین مقادیر عناصر فسفر و مس قابل جذب خاک برای تیمار ۳۰ تن لجن فاضلاب مشاهده شد. با گذشت زمان، کود کمپوست شهری توانست میزان روی قابل جذب خاک را به صورت معنی‌دار افزایش دهد. مصرف کودهای آلی کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب به صورت معنی‌دار عملکرد ریشه چغندر قند را افزایش داد، اما درصد قند را کاهش دادند. این کاهش با مصرف لجن فاضلاب نسبت به کمپوست زباله شهری بیشتر گردید. در سال آخر تناوب اثرات کودهای آلی مورد بررسی بر عملکرد قند ناخالص معنی‌دار نبود، اما به دلیل افزایش ناخالصی‌های ریشه با مصرف کودهای آلی کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب عملکرد قند خالص نسبت به سال اول تناوب به صورت معنی‌داری کاهش یافت. در نتیجه مصرف این نوع کودها به خصوص کود لجن فاضلاب به صورت مداوم برای منطقه رودشت اصفهان و در خاک‌های ریز بافت قابل توصیه نمی‌باشد.

واژه‌های کلیدی: چغندر قند، زباله شهری، کمپوست شهری، لجن فاضلاب

## مقدمه

از گذشته‌های دور فرهنگ استفاده مجدد از موادزائد در کشور ایران وجود داشته است و نیاکان ما تقریباً هیچ چیزی را دور نمی‌ریختند. در سال ۱۳۴۸ استفاده از موادآلی دور ریز خانگی به‌روشنی جدید و مکانیزه با تاسیس کارخانه‌ای در اصفهان شروع شد. پس از آن و با رشد جمعیت اصفهان و توسعه شهری، نیاز به کارخانه دیگری احساس گردید که در سال ۱۳۶۰ مقدمات اجرایی ساخت کارخانه دوم کمپوست اصفهان شروع و در مهرماه ۱۳۶۸ افتتاح شد. کارخانه کودآلی کمپوست اصفهان به ظرفیت ۸۰۰-۸۵۰ تن زباله در روز تاکنون توانسته است در ۱۵ سال گذشته بالغ بر دو میلیون تن زباله دریافت و تبدیل به کودآلی کمپوست نماید (Marjovi 2001). میزان اسیدیته، شوری، خصوصیات فیزیکی، درجه رسیدگی و پایداری از خصوصیات بارز جهت تعیین کیفیت یک کود کمپوست می‌باشد (Robin et al. 2001). ترکیب موادآلی زباله تنها از بقایای گیاهی و حیوانی نیست. به عبارتی زباله یک ترکیب غیرمتجانس است که کلیه اجزای تشکیل دهنده آن قابلیت کمپوست شدن را ندارد (Dalzell et al. 1987). مواد معدنی و فلزات سنگین در کمپوست ممکن است وجود داشته باشند و چه بسا مصرف بی‌رویه آن و بدون اعمال مدیریت ویژه موجب آلودگی و شوری خاک‌ها گردد و خطرات زیست محیطی جبران‌ناپذیری به‌بار آورد (Anonymous 1985 ; Chang et al. 1984). یکی از عوامل مهم و تعیین‌کننده کیفیت کود کمپوست و لجن فاضلاب مقدار و نوع فلزات سنگین آن است

(Dalzell et al. 1987). مقدار فلزات سنگین در لجن فاضلاب و کود کمپوست حاصل از زباله‌های شهرهای بزرگ و صنعتی بیشتر از شهرک‌های کوچک و اقماری است (Rafi 1990). مصرف این کودها در کشاورزی باعث انتقال فلزات سنگین به گیاه و از آن طریق به دام‌ها و انسان می‌شود. در تحقیقی که طی شش سال با مصرف کمپوست شهری، در تناوب گندم، ذرت و چغندر قند انجام گرفت، مشخص شد که مصرف کمپوست مقدار عناصر روی و مس را در دانه گندم و ریشه چغندر قند افزایش می‌دهد. در این آزمایش عناصری مانند کادمیم، کروم و نیکل موجود در کمپوست تأثیر معنی‌داری بر عملکرد نداشتند (Cortellini 1999). رحیمی (Rhim 1990) مصرف مقدار زیاد کود کمپوست را باعث افزایش قابلیت هدایت الکتریکی خاک و همچنین افزایش فلزات سنگین در خاک و گیاه دانست و مقدار کم آن را مجاز گزارش کرد ولی این آزمایش تنها در یک دوره زراعی چند ماهه انجام شد. بغوری (Baghori 1989) با مطالعه‌ای که روی خاک‌های پائین دست حاشیه زاینده‌رود از لحاظ آلودگی به فلزات سنگین انجام داد به این نتیجه رسید که میزان کادمیم در این گونه خاک‌ها پنج برابر و مقدار کل سرب ورودی حداقل یک و نیم برابر خاک شاهد است. هم‌چنین میزان کل کادمیم جذب شده توسط گیاه در این خاک‌ها حداقل دوازده برابر شاهد بود که آلودگی کادمیم را در این گونه خاک‌ها به اثبات رساند. محققان محیط زیست برای جلوگیری از هر گونه ضرر و زیان و خسارات ناشی از شور شدن یا آلودگی خاک و آب با فلزات سنگین شرایط و استانداردهایی را برای

برآن اصفهان بر محصول چغندرقد انجام شد، مشخص گردید که در خصوص اثرات کودکمپوست شهری بر محصول چغندرقد با تناوب گندم با تیمارهای کودکمپوست به میزان صفر، ۲۵ و ۵۰ تن در هکتار و سه سطح مصرف نیتروژن خالص به مقدار صفر، ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، غلظت عناصر غذائی فسفر، پتاسیم، آهن، روی و مس به صورت معنی داری در خاک تیمار شده با کمپوست شهری بیشتر گردید. هم چنین غلظت سرب در خاک افزایش پیدا کرد. بنابراین با توجه به اثرات زیان بار زیست محیطی سرب، باید به حذف و یا کاهش چشمگیر این عنصر در کمپوست اقدام نمود تا این کودها قابل استفاده برای مصارف کشاورزی گردد. میزان عملکردیسه چغندرقد به خصوص در دوره دوم اجرای این آزمایش به طور معنی داری در تیمارهای دارای کمپوست بالاتر بود. در تیمار عدم مصرف کودکمپوست، عملکردقدن به صورت معنی داری از تیمارهای مصرف کودکمپوست بالاتر بود. با توجه به نتایج به دست آمده در این مطالعه عنوان شد که نمی توان کودکمپوست را قبل از کشت چغندرقد مصرف کرد علت آن می تواند نیتروژن آزاد شده در زمان قندسازی باشد، که در دسترس گیاه قرار گرفته و موجب کاهش معنی دار عملکردقدن می گردد.

کبیری نژاد و همکاران (Kabirinejad et al. 2007) مطالعه ای را در اصفهان روی گیاه ذرت انجام دادند. کاربرد ۵۰ تن در هکتار کود کمپوست در مقایسه با کوددومی باعث افزایش معنی دار غلظت های کل و قابل عصاره گیری با DTPA سرب در خاک رسی و

حداکثر مقدار مجاز فلزات سنگین و هم چنین حداکثر مجاز مصرف کودهای کمپوست و لجن فاضلاب در کشاورزی تعیین نموده اند (Chang et al. 1984 ; Davies et al. 1972 ; Pescod 1992). به طور کلی مصرف کمپوست می تواند سبب کاهش فرسایش، تبدیل فلزات سنگین به فرم آلی و از دسترس خارج کردن آن ها از جذب گیاه و هم چنین بهبود بخشیدن به فعالیت میکروبی خاک باشد. لذا در بسیاری از محل هایی که نیاز به کشت یا فضای سبز دارند مثل کارخانه ها و کنار جاده ها، جهت بهبود و قابل کشت شدن آن ها از کمپوست استفاده می شود (Alexander 1999; Stratton et al. 2000).

با تمام خصوصیات مثبتی که تاکنون نتایج تحقیقات از کودهای کمپوست نشان داده اند ولی باید توجه داشت این کودها از لحاظ خصوصیات میکروبی، شیمیائی و فیزیکی برای گیاهان یا خاک، مضر نباشند. لذا بایستی برای کمپوست های تولید شده معیار استاندارد در نظر گرفت تا همواره کودهای تولید شده در حد مرغوب به بازار عرضه گردند. بنابراین تمام کودهایی که به عنوان کودکمپوست تولید می شوند نمی توانند مفید باشند و باید در خصوص استانداردها و موارد چگونگی حاصلخیز کردن خاک، تعیین آلودگی و زیان هایی که ممکن است به محیط زیست وارد کنند، کارا بودن و عدم ضدیت با محیط طبیعی، تعیین اثر روی موجودات مفید محیط مورد توجه کافی قرار گیرند (Robin et al. 2001). در مطالعه ای که توسط مرجوی (2001) در دو دوره کامل تناوب طی سال های ۱۳۷۲ تا ۱۳۷۶ در کرت های ثابت در منطقه

هیچ یک از لایه‌های خاک نداشت. با توجه به مقادیر زیاد کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب موجود در اصفهان و کاربرد آن در زراعت استان، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر لجن فاضلاب و مقایسه آن با کمپوست زباله شهری بر صفات کمی و کیفی چغندرقد در یک تناوب چهار ساله چغندرقد، ذرت علوفه‌ای، پیاز، گندم و چغندرقد در ایستگاه تحقیقاتی آبیاری و زهکشی رودشت اصفهان انجام شد.

### مواد و روش‌ها

این مطالعه طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۴ در ایستگاه تحقیقاتی آبیاری و زهکشی رودشت اصفهان انجام شد. ایستگاه در ۶۵ کیلومتری شرق اصفهان در طول جغرافیایی ۵۲ درجه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۲/۵ درجه شمالی و ارتفاع ۱۴۵۰ متر از سطح دریا قرار دارد. آب مورد نیاز این آزمایش از کانال انتقال آب (با شوری متوسط ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر) ایستگاه در طی فصل رشد تأمین شد. تجزیه خصوصیات شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی قبل از کشت اول چغندرقد در جدول ۱ ارائه گردیده است.

مقدار سرب ریشه و ساقه شد. هم‌چنین در بررسی دیگری در اصفهان (Abtahi et al. 2009) که جهت بررسی تأثیر کوتاه مدت کمپوست زباله شهری بر مقدار روی و مس در خاک و گیاه ذرت انجام شد مشاهده گردید که بیشترین غلظت روی و مس جذب شده در تیمارهایی که بیش از ۵۰ تن در هکتار کود کمپوست دریافت کرده بودند، به طور معنی‌داری بیشتر از شاهد و تیمار مصرف کود شیمیایی بود. مصرف کمپوست اثر معنی‌داری بر مقدار روی و مس در اندام هوایی داشت. مقدار این عناصر در اندام هوایی در خاک شنی لومی بیشترین و در خاک رسی کمترین بود. نتایج این تحقیق نشان داد که افزودن کود کمپوست به خاک باید براساس مقدار و افزایش میزان قابل جذب این عناصر در خاک ارزیابی گردد. هودجی و افیونی (Hodaji and Afyoni 2007) در مطالعه‌ای در یک خاک رسی تحت کشت شاهی، کاهو و اسفناج اعلام کردند که مصرف لجن فاضلاب سبب افزایش معنی‌دار مقدار سرب در اندام هوایی شاهی نسبت به تیمار شاهد و کود شیمیایی می‌گردد. مصرف لجن فاضلاب اثر معنی‌داری بر مقدار سرب قابل استخراج با DTPA در

جدول ۱ نتایج تجزیه شیمیایی نمونه مرکب خاک محل اجرای آزمایش قبل از اجرای آزمایش (سال ۱۳۷۹)

عمق نمونه برداری (سانتی‌متر)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته	کربن‌آلی (درصد)	مس	آهن	سرب	روی	منگنز	کادمیم	فسفر	پتاسیم
قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم)											
۰-۳۰	۳/۲	۷/۸	۰/۵۵	۱/۵	۶	۲	۱/۱	۹/۴	۰	۷	۳۴۰

کمپوست زباله شهری و کود لجن فاضلاب به همراه تیمار شاهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در

این تحقیق در کرت‌های ثابت با مساحت ۴۰ مترمربع اجرا شد. آزمایش با چهار تیمار کودآلی

به دلیل این که میزان عرف مصرف در منطقه مورد مطالعه برای کمپوست زباله شهری به طور میانگین ۳۵ تن در هکتار و برای لجن فاضلاب ۲۵ تن در هکتار بود تیمارها طوری انتخاب شدند که حد بالا و پائین مصرف عرفی این کودها در منطقه مورد مطالعه قرار گیرد. نتایج تجزیه شیمیایی کود کمپوست زباله شهری و کود لجن فاضلاب مورد استفاده در طول این بررسی در جدول ۲ ارائه شده است.

یک تناوب چهار ساله (چغندرقد، ذرت علوفه‌ای، پیاز، گندم و چغندرقد) در سه تکرار از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۳ اجرا شد. تیمارها عبارت بودند از: ۱- عدم کاربرد کودآلی در طول دوره‌های آزمایش (شاهد). ۲- کود کمپوست زباله شهری به میزان ۲۵ تن در هکتار. ۳- کود کمپوست زباله شهری به میزان ۵۰ تن در هکتار. ۴- لجن فاضلاب به میزان ۱۵ تن در هکتار و ۵- لجن فاضلاب به میزان ۳۰ تن در هکتار.

جدول ۲ خصوصیات شیمیایی کود کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب استفاده شده در طول دوره تناوب (چهار مرحله)

کادمیم	سرب	مس	روی	منگنز	آهن	منیزیم	کلسیم	سدیم	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	C/N	اسیدیته	هدایت الکتریکی دسی زیمنس بر متر	نمونه
												(درصد)			
												(میلی گرم در کیلوگرم)			
۶/۹	۱۰۴	۲۵۸	۵۳۲	۲۶۱	۷۰۵۶	۰/۶	۳/۵	۰/۶	۰/۸	۰/۵	۱/۶	۱۴	۷	۲۱/۳	کمپوست زباله شهری لجن فاضلاب
۸/۸	۱۱۲	۴۱۸	۴۷۲	۲۵۳	۷۹۴۵	۰/۶	۴/۱	۰/۴	۰/۸	۰/۵	۲/۶	۱۰	۶/۹	۱۱/۶	

کودآلی مجدداً پشته‌های عرضی بسته شدند. در اولین مرحله نمونه برداری خاک در سال ۱۳۷۹، پس از کربندی و قبل از اعمال تیمارهای کودهای آلی، نسبت به نمونه‌گیری مرکب از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری و در پنج تکرار از خاک محل اجرای آزمایش گردید (جدول ۱). سپس تیمارهای کودآلی (جدول ۲) طبق نقشه آزمایش مصرف شدند و پس از مخلوط کردن آن‌ها با خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری، کشت چغندرقد انجام گرفت. پس از اتمام کشت نسبت به نمونه برداری از گیاه به تفکیک اندام هوایی و ریشه انجام شد. نمونه‌های گیاهی برای تجزیه‌های لازم به آزمایشگاه منتقل شدند و پس از شستشو با آب معمولی

تیمارهای کودهای آلی قبل از کشت چغندرقد، ذرت علوفه‌ای، گندم و چغندرقد با ترکیب ذکر شده در سال‌های آزمایش به خاک محل کشت اضافه شد. خاک محل آزمایش از لحاظ رده‌بندی جدید تاکسونومی از نوع Fine mixed thermic typic torri fluvents بود و جزء بافت سنگین با کلاس سیلتی رسی محسوب می‌گردید. در ابتدا در سال ۱۳۷۹ پس از انتخاب زمین نسبت به تسطیح و کربندی زمین اقدام شد و به دلیل ثابت بودن کرت‌ها، کربندی طوری صورت پذیرفت که پس از پایان هر کشت و آماده‌سازی مجدد زمین جهت کشت بعدی تنها پشته‌های عرضی تخریب و پس از یک شخم سطحی و اعمال تیمارهای

و آب مقطر، جهت خشک کردن در دمای ۷۵ درجه در آون تهویه دار قرار گرفتند. هم چنین از خاک محل اجرای آزمایش به تفکیک تیمار و تکرار نمونه برداری از عمق ۰-۳۰ سانتی متر صورت پذیرفت. سپس کربن آلی به روش تیتراسیون، فسفر با استفاده از روش اولسون با دستگاه اسپکتوفتومتر، پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر و عناصر مس، روی، آهن، منگنز، سرب، کادمیم، توسط دستگاه جذب اتمی طبق روش‌های استاندارد (عصاره‌گیری با DTPA) اندازه‌گیری شدند (Council on Soil Testing and Plant Analysis 1974). در دی ماه سال اول برداشت چغندر قند صورت پذیرفت و عملکرد ریشه گیاه محاسبه شد. در سال‌های بعد نیز اعمال تیمارهای کودی و کشت‌های پیش‌بینی شده در تناوب انجام گرفت. کلیه عملیات انجام گرفته در ابتدا و انتهای کشت سال اول در سال آخر نیز (سال ۱۳۸۴ و کشت مجدد چغندر قند) صورت گرفت. در هر سال نمونه خاک از تمام کرت‌ها تهیه و نسبت به تعیین خصوصیات شیمیایی آن اقدام گردید. کلیه عملیات داشت از قبیل آبیاری به موقع، مبارزه با علف‌های هرز و آفات و بیماری‌ها، عرضه کودسربک نیتروژن از منبع اوره براساس دو تقسیم از میزان کل ۳۵۰ کیلوگرم در هر هکتار قبل از کشت و پس از تنک به صورت یکسان برای تمامی کرت‌ها در دو سال کشت چغندر قند در تناوب انجام شد. پس از رسیدگی فیزیولوژیکی در هر دو سال کشت در اول و آخر تناوب، تمام کرت‌های فرعی برداشت، شمارش و توزین شدند. جهت تعیین عملکرد کمی و کیفی از دو ردیف وسط تمام کرت‌های آزمایشی

پس از حذف اثر حاشیه، تمام بوته‌ها برداشت و عملکرد ریشه مشخص گردید. از ریشه‌های شسته شده چغندر قند به کمک دستگاه خمیرگیر نمونه تهیه شده و با استفاده از دستگاه بتالایزر صفات کیفی خمیر شامل درصد قند ناخالص به روش پلاریمتری، میزان سدیم و پتاسیم به روش فلیم فتومتری و نیتروژن مضره به روش عدد آبی اندازه‌گیری شد. میزان قند ملاس نیز با استفاده از فرمول راینفلد (Reinefeld and Ammerich 1986) برآورد گردید. نتایج دو سال کشت چغندر قند به صورت جداگانه با نرم افزار SAS تجزیه شد و به دلیل یکنواختی واریانس خطا در دو سال تجزیه مرکب انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و گروه‌بندی تیمارها با نرم افزار MSTATC انجام شد.

## نتایج و بحث

### تغییرات عناصر در خاک

از متن جدول ۳، تجزیه واریانس استنباط می‌شود که اثرات کودهای کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب موجب تغییر معنی‌دار در عناصر مورد بررسی در خاک در سال اول و آخر تناوب شدند.

### کربن آلی

با توجه به جدول ۴ بیشترین میزان درصد کربن آلی در خاک، در سال اول (۷۹) و آخر تناوب (۸۴) با مصرف بیشتر کود کمپوست زباله و لجن فاضلاب به دست آمد. در سال اول تناوب بالاترین درصد کربن آلی

**پتاسیم**

براساس جدول ۴ در سال اول تناوب با مصرف ۵۰ تن کود کمپوست در هکتار بیشترین میزان پتاسیم قابل جذب نسبت به شاهد مشاهده شد. در سال آخر تناوب پس از سه مرحله دیگر عرضه کودهای آلی، پتاسیم خاک کمپوست ۵۰ تن هم‌چنان بیشتر از تیمارهای دیگر بود و میزان آن نیز نسبت به سال اول تناوب افزایش نشان داد. پتاسیم قابل جذب در سال آخر تناوب در تیمار کمپوست ۵۰ تن در هکتار نسبت به شاهد حدود ۴۵ درصد افزایش ولیکن تیمار لجن فاضلاب ۳۰ تن در هکتار نسبت به شاهد حدود هشت درصد کاهش نشان داد. در نتیجه جهت افزایش پتاسیم قابل جذب در خاک، مصرف کود کمپوست زباله نسبت به کود لجن فاضلاب بهتر است. افزایش پتاسیم قابل جذب در خاک، تأثیری بر میزان جذب این عنصر در ریشه چغندرقد نداشت (جدول ۶).

**منگنز**

در سال اول تناوب بالاترین منگنز با کاربرد تیمار کمپوست ۵۰ تن در هکتار حاصل شد. این روند در سال آخر تناوب نیز حفظ شد. در مجموع کود کمپوست باعث افزایش بیشتر منگنز در خاک نسبت به کود لجن فاضلاب شد (جدول ۴).

**مس**

بر اساس جدول ۴ تیمار لجن ۳۰ تن در هکتار به صورت معنی‌داری توانست مس قابل جذب در خاک را در سال اول و آخر تناوب افزایش دهد. بعد از تیمار لجن ۳۰ تن، تیمارهای لجن ۱۵ تن و کمپوست ۵۰

خاک مربوط به مصرف تیمارهای ۵۰ تن کمپوست و ۳۰ تن لجن فاضلاب بود که به صورت معنی‌دار از سایر تیمارها بالاتر بودند. در سال آخر تناوب نیز این روند در مورد کمپوست ۵۰ تن مشاهده شد. روند صعودی درصد کربن آلی در خاک محل آزمایش با مصرف بیشتر کود آلی می‌تواند با جذب نیتروژن کل توسط ریشه چغندرقد همراه باشد، این پدیده در تیمارهای مصرف کود آلی نسبت به تیمار شاهد در سال آخر تناوب نیز مشاهده شد (جدول ۶).

**فسفر**

میزان فسفر خاک در سال اول تناوب با مصرف کودهای آلی افزایش نشان داد و با گذشت زمان در سال آخر تناوب این میزان افزایش در تیمارهای کود لجن فاضلاب بخصوص در سطح دوم آن افزایش چشم‌گیری یافت. با افزایش میزان فسفر در خاک میزان جذب این عنصر در ریشه چغندرقد نیز افزایش نشان داد (جدول ۶). این افزایش جذب در تیمارهای کود لجن فاضلاب به مراتب بیشتر از تیمارهای کود کمپوست بود. به طوری که میزان افزایش جذب فسفر در سال ۷۹ در تیمار لجن ۳۰ تن نسبت به شاهد ۵۰ درصد و در سال ۸۴، ۷۰ درصد بود. این در حالی است که همین افزایش در تیمار کمپوست ۵۰ تن نسبت به شاهد در سال‌های ۷۹ و ۸۴ به ترتیب ۱۷ درصد کاهش و ۵۰ درصد افزایش نشان داد. در نتیجه مشخص گردید که کود لجن فاضلاب منبع سرشاری از فسفر قابل جذب در خاک می‌باشد که به دنبال آن نیز می‌تواند باعث جذب بیشتر این عنصر در ریشه چغندرقد شود (جدول ۴).

در خاک، کود کمپوست زباله شهری توانست روی بیشتری را در خاک تأمین نماید که به دنبال آن میزان جذب این عنصر در ریشه گیاه چغندر قند نیز بیشتر گردید.

### آهن

کودهای کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب تقریباً هر کدام به یک اندازه میزان آهن قابل جذب خاک را در سال اول و آخر تناوب افزایش دادند و این پدیده با گذشت زمان دستخوش تغییر نشد. هر چند که در هر دوره تناوب تفاوت‌های آماری بین تیمارهای وجود داشت ولی با ارزیابی دو دوره تناوب مشاهده می‌گردد که اختلاف چندانی در غلظت آهن سال ۸۴ نسبت به سال ۷۹ مشاهده نمی‌گردد (جدول ۴).

### سرب

تیمار کمپوست ۵۰ تن در سال اول و آخر تناوب موجب افزایش معنی‌دار سرب خاک گردید. کود لجن فاضلاب در مجموع مقدار سرب کمتری نسبت به کود کمپوست به خاک وارد کرد. تیمار شاهد کمترین مقدار سرب قابل جذب را داشت. این موضوع نشان داد که کودهای آلی لجن فاضلاب و کمپوست شهری می‌توانند در همان مرحله اولیه عرضه، میزان سرب قابل جذب را در خاک بالا ببرند. این روند در سال آخر تناوب (۸۴) نیز تکرار شد (جدول ۴) و بیان‌گر آن است که گذشت زمان نیز تغییرات چندانی در سرب قابل جذب در خاک ایجاد نمی‌کند.

تن و نهایتاً تیمارهای کمپوست ۲۵ تن و شاهد در رده‌های پایین‌تر قرار گرفتند. به طوری که میزان مس قابل جذب در خاک در سال آخر تناوب از ۱/۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم تیمار شاهد به ۷/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم تیمار لجن ۳۰ تن رسید، در حالی که در تیمار کمپوست ۵۰ تن میزان مس قابل جذب در خاک به میزان ۴/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم رسید. در نتیجه تیمارهای کودی لجن فاضلاب باعث افزایش بیشتر میزان مس قابل جذب در خاک نسبت به تیمارهای مصرف کمپوست گردید. این پدیده موجب گردید که لجن فاضلاب جذب بالاتر عنصر مس در ریشه چغندر قند را داشته باشد (جدول ۶).

### روی

در سال اول تناوب عرضه کودهای آلی (سال ۷۹)، بیشترین میزان روی مربوط به تیمار لجن ۳۰ تن و سپس تیمارهای کود کمپوست بود (جدول ۴) و لیکن با گذشت زمان و عرضه سه نوبت دیگر تیمارهای کودهای آلی این روند تغییر کرد، به طوری که در سال آخر تناوب بالاترین روی قابل جذب در خاک مربوط به تیمار کمپوست ۵۰ تن بود و تیمارهای لجن فاضلاب در رتبه بعدی قرار گرفتند. با توجه به جدول شماره ۶ تقریباً می‌توان همین روند را در جذب روی در ریشه چغندر قند مشاهده کرد. در نتیجه در سال اول عرضه کودهای لجن فاضلاب و کمپوست زباله شهری، میزان روی قابل جذب خاک و به تبع آن جذب بیشتر این عنصر در ریشه چغندر قند در تیمار لجن فاضلاب ۳۰ تن و با گذشت زمان و فرصت بیشتر فعل و انفعالات کود



س مربوط به عناصر مورد تجزیه در خاک محل آزمایش بعد از برداشت چغندر قند در سال های اول (۷۹) و آخر تناوب (۸۴) (عمق ۰-۳۰ سانتی متری)

۸۴	۷۹	۸۴	۷۹	۸۴	۷۹	۸۴	۷۹	۸۴	۷۹	۸۴	۷۹	۸۴	۷۹	۸۴
سرب		آهن		روی		مس		منگنز		پتاسیم		فسفر		
میانگین مربعات														
۰/۱۳	۰/۳۰	۰/۷۹	۰/۷۸	۲/۷۴	۲/۴۸	۱/۸۸	۰/۲۱	۰/۰۴	۰/۱۷	۲۵۸۸	۱۶۴/۹۰	۴۷/۵۶	۱۱/۱۴	۰/۰۱
۰/۵۹**	۱/۳۲**	۸/۷۱**	۴/۸۳*	۱۳**	۲۲/۶۵**	۱۵/۹۲**	۸/۱۵**	۱/۳۵*	۲/۱۶**	۱۰۸۸۲**	۳۲۵۹**	۴۷۶**	۱۷/۳۲*	۰/۰۹
۰/۲۳	۰/۱۴	۱/۰۲	۰/۹۸	۰/۴۳	۲/۳۱	۰/۶۵	۰/۱۶۸	۰/۲۳	۰/۱۰	۴۱۱	۱۶۹/۸۷	۱۴/۳۰	۴/۶۰	۰/۰۱
۱۷/۴۷	۱۳/۸۰	۱۷/۴۱	۱۳/۶۱	۱۸/۶۵	۳۸/۶۰	۱۹/۲۶	۱۳/۷۹	۱۳/۷۵	۴/۳۰	۷/۴۱	۴/۶۸	۲۹/۸۱	۲۰/۵۱	۱۲/۲

در سطح احتمال پنج و یک درصد

گین عناصر مورد تجزیه در خاک محل آزمایش بعد از برداشت چغندر قند در سال های اول (۷۹) و آخر تناوب (۸۴) (عمق ۰-۳۰ سانتی متری)

۸۴	۷۹	۸۴	۷۹	۸۴	۷۹	۸۴	۷۹	۸۴	۷۹	۸۴	۷۹	۸۴	۷۹	
سرب		آهن		روی		مس		منگنز		پتاسیم		فسفر		
میلی گرم در کیلوگرم														
۱/۳۵c	۱/۹۸c	۳/۳c	۵/۸c	۰/۴d	۱/۱c	۱/۳c	۱/۸c	۳cb	۶/۶c	۲۵۲c	۲۵۲bc	۵c	۷/۱b	۰/۵۷
۲/۸۹b	۲/۹۳b	۵/۲bc	۷/۶abc	۲/۵c	۳/۵bc	۲/۶c	۲/۴bc	۲/۷c	۹/۴a	۲۹۴b	۲۸۰b	۴/۳c	۱۰ab	۰/۶۸b
۴/۹۷a	۳/۷۳a	۷/۲ab	۸/۸a	۶/۰a	۵/۵b	۴/۶b	۲/۸b	۳/۸ab	۷/۸b	۳۶۵a	۳۳۰a	۷/۸c	۱۲/۳a	۱/۰۴
۲/۰۷bc	۲/۳۳bc	۶/۳ab	۶/۱bc	۳/۸bc	۲/۱c	۵/۲b	۲/۳bc	۳/۶abc	۷/۱bc	۲۰۰d	۲۸۰b	۲۸/۸b	۹/۶ab	۰/۸۳
۲/۴۳b	۲/۸۰b	۷/۶a	۸/۰ab	۴/۶b	۹/۲a	۷/۲a	۶/۸a	۴/۴a	۶/۷c	۲۳۱cd	۲۴۲c	۴۳/۱a	۱۳/۳a	۰/۸۴

شترک دارند از لحاظ آماری دارای تفاوت معنی دار نمی باشند

جذب در خاک باشد. همان گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود بیشترین فسفر قابل جذب اندازه‌گیری شده در سال آخر تناوب (۸۴) در تیمار لجن فاضلاب ۳۰ تن در هکتار بود.

#### پتاسیم

کودهای آلی تأثیری بر میزان پتاسیم ریشه در سال اول تناوب (۷۹) نداشتند و گذشت زمان نیز تأثیری بر این وضعیت نداشت. مصرف کودهای آلی در هر دو سال کشت چغندر قند در تناوب، تأثیر معنی‌داری بر مقدار پتاسیم جذب شده توسط ریشه نگذاشت (جدول ۶).

#### آهن

بالاترین جذب آهن در سال اول تناوب در تیمار لجن ۳۰ تن در هکتار و کمترین مقدار جذب آهن مربوط به تیمار شاهد بود. در سال آخر تناوب پدیده فوق تکرار شد، با این تفاوت که تیمارهای لجن ۱۵ و ۳۰ تن بالاترین جذب آهن و تیمارهای کمپوست ۵۰ و ۲۵ تن و شاهد کمترین مقدار جذب را داشتند (جدول ۶). در نتیجه می‌توان گفت که لجن فاضلاب نسبت به کمپوست دارای فعل و انفعالات بیشتری در خاک می‌باشد و با افزودن این کود به خاک میزان فعالیت باکتری‌ها جهت تولید مواد آلی بالا می‌رود. این فعالیت‌ها میزان  $CO_2$  موجود در خاک را افزایش می‌دهد و در نتیجه آهن  $Fe^{+3}$  موجود در خاک به آهن  $Fe^{+2}$  و قابل دسترس برای گیاه تبدیل می‌گردد و شرایط برای جذب آهن توسط گیاه فراهم و میزان جذب آهن در ریشه چغندر قند در تیمار کودهای لجن فاضلاب بیشتر می‌گردد (Havlin et al. 2005). بالا

#### تغییرات عناصر در ریشه چغندر قند

نتایج تجزیه واریانس مشخص کرد که کودهای کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب موجب تغییر معنی‌دار در عناصر مورد بررسی در ریشه چغندر قند بجز نیتروژن در سال اول، پتاسیم در دو سال کشت و عنصر منگنز در سال آخر تناوب گردید (جدول ۵).

#### نیتروژن کل

در سال اول تناوب (۷۹) مصرف کودهای آلی تغییری در نیتروژن کل ریشه چغندر قند ایجاد نکرد. ولیکن در سال آخر تناوب (۸۴) مصرف کودهای کمپوست شهری و لجن فاضلاب به صورت معنی‌دار موجب افزایش نیتروژن کل ریشه گردیدند (جدول ۶). این موضوع بر درصد قندناخالص تأثیر گذاشت و در سال آخر تناوب (۸۴) مصرف کودهای آلی به خصوص کود لجن فاضلاب موجب کاهش معنی‌دار در درصد قندناخالص گردید (جدول ۶).

#### فسفر

بر اساس جدول ۶ در سال ۷۹ (سال اول تناوب) عرضه کودهای آلی کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب تفاوت معنی‌دار با شاهد (به جز تیمار لجن ۳۰ تن در هکتار) از جهت فسفر ریشه نداشتند. بالاترین میزان جذب فسفر در ریشه چغندر قند با گذشت زمان و عرضه سه نوبت دیگر کودهای آلی مربوط به کود لجن فاضلاب بود. تیمارهای کمپوست مقدار جذب فسفر کمتری داشتند و کمترین مقدار جذب فسفر مربوط به تیمار شاهد بود. در نتیجه لجن فاضلاب شرایط مناسب‌تری را جهت جذب بیشتر فسفر در ریشه چغندر قند نسبت به تیمارهای کود کمپوست فراهم نمود. این پدیده می‌تواند به دلیل بالاتر بودن میزان فسفر قابل

بودن مقدار آهن قابل دسترس در خاک در این تیمار (جدول ۴) نیز مؤید این موضوع می‌باشد.

## روی

براساس جدول ۶ در سال اول تناوب (۷۹) میزان جذب روی به ترتیب دارای بالاترین مقدار در تیمارهای لجن فاضلاب ۱۵ و ۳۰ و سپس در تیمارهای کمپوست ۲۵ و ۵۰ تن در هکتار بود. با گذشت زمان و انجام فعل و انفعالات لازم این روند تغییر کرد، به طوری که بالاترین مقدار روی ریشه در سال آخر تناوب (۸۴) در تیمارهای کمپوست ۲۵ و ۵۰ و سپس در تیمارهای لجن ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار مشاهده شد. کمترین مقدار جذب روی در ریشه در هر دو سال در تیمار شاهد به دست آمد. لذا در کوتاه مدت میزان جذب عنصر روی توسط چغندرقد در تیمارهای لجن فاضلاب نسبت به کود کمپوست روند بالاتری داشت، در حالی که با گذشت زمان، شرایط مناسبی جهت جذب بیشتر روی در تیمارهای کود کمپوست نسبت به تیمارهای کود لجن فاضلاب برای چغندرقد مشاهده شد.

## مس

میزان جذب مس در ریشه چغندرقد در سال اول تناوب (۷۹) با کاربرد کود آلی لجن فاضلاب بالاترین مقدار بود. این پدیده در سال آخر تناوب (۸۴) نیز مشاهده شد. با این تفاوت که تیمارهای کمپوست با تیمارهای لجن فاضلاب از لحاظ آماری در یک گروه قرار گرفتند. در این تناوب مشخص گردید که کود لجن فاضلاب باعث جذب بیشتر مس در ریشه چغندرقد نسبت به کود کمپوست شهری می‌شود (جدول ۶).

## منگنز

با توجه به جدول شماره ۶ در سال اول تناوب (۷۹) کود کمپوست باعث بیشترین مقدار جذب منگنز در ریشه چغندرقد شد، ولی با گذشت زمان در سال آخر تناوب (۸۴) هیچگونه تفاوت معنی‌داری بین تیمارها کودی و شاهد برای جذب منگنز در ریشه چغندرقد مشاهده نشد.

## جمع‌بندی تغییر عناصر در خاک و ریشه چغندرقد

بررسی نتایج خاک دو سال کشت چغندرقد در اول و آخر تناوب نشان داد که تیمار کمپوست مصرف ۵۰ تن در هکتار به صورت مداوم موجب افزایش معنی‌دار مقادیر کربن آلی، پتاسیم قابل جذب و سرب قابل جذب خاک می‌گردد. همین پدیده برای تیمار لجن فاضلاب مصرف ۳۰ تن در هکتار برای عناصر فسفر قابل جذب و مس قابل جذب اتفاق افتاد. این موضوع نشان‌گر برتری هر کدام از کودهای آلی کمپوست و لجن فاضلاب در تامین عناصر ذکر شده در خاک می‌باشد. در مورد عنصر روی، در سال اول تناوب لجن فاضلاب ۳۰ تن و در سال آخر تناوب کمپوست ۵۰ تن بالاترین روی قابل جذب را در خاک داشتند. با گذشت زمان، کود کمپوست شهری توانست میزان روی قابل جذب خاک را به صورت معنی‌دار افزایش دهد (Marjovi 2001; Marjovi and Jahadakbar 2001). کود لجن فاضلاب نسبت به کود کمپوست زباله شهری از لحاظ جذب بیشتر عناصر جذب شده در ریشه چغندرقد (به استثنای پتاسیم و منگنز) کارایی بالاتری داشت، که این پدیده با گذشت زمان تکرار گردید (به استثنای عنصر روی که با گذشت زمان جذب آن در تیمارهای کمپوست شهری بیشتر شد).

جدول ۵ تجزیه واریانس مربوط به عناصر مورد تجزیه در ریشه چغندر قند در سال‌های اول (۷۹) و آخر (۸۴) تناوب

۸۴	۷۹	۸۴	۷۹	۸۴	۷۹	۸۴	۷۹	۸۴	۷۹	۸۴	۷۹	۸۴	۷۹
نیترژن کل		فسفر		پتاسیم		آهن		روی		مس		منگنز	
میانگین مربعات													
۲۸	۴۶/۳۲	-/۱۹	۰/۵۹	۳/۵۲	۰/۰۳	۴۱/۴۵	۱۰۸۸	۰/۰۳	۰/۳۲۹	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴
۵۰	۳۳۵/۹۴*	۴/۸۳	۰/۹۱**	۱۳/۲۹**	۵۷/۷۹**	۱۶۷۸*	۲۹۶۶**	۰/۱۲	۰/۰۳۸	۰/۰۰۴**	۰/۰۰۰۷*	۰/۱۵*	۰/۰۰۰۰
۳۲	۴۷/۶۳	۱/۳۷	۰/۰۷	۴/۲۹	۷/۲۱	۱۵۶	۴۱۲	۰/۰۷	۰/۰۸۹	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۰
۲۶/۴۸	۱۵/۰۲	۱۶/۲۷	۴/۷۸	۱۶/۴۷	۲۰/۷۷	۱۷/۴۳	۱۶/۶۸	۱۹/۰۹	۲۲/۶۹	۱۱/۸۰	۱۸/۸۹	۱۶/۹۱	۱۵/۰۰

بودن در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۶ میانگین‌های عناصر مورد تجزیه در ریشه چغندر قند در تیمارهای مختلف در سال‌های اول (۷۹) و آخر (۸۴) تناوب

۸۴	۷۹	۸۴	۷۹	۸۴	۷۹	۸۴	۷۹	۸۴	۷۹	۸۴	۷۹	۸۴	۷۹
منگنز		مس		روی		آهن		پتاسیم		فسفر		درصد	
میلی گرم در کیلوگرم						درصد							
۲۲/۵a	۴۲/۵b	۵/۶b	۵/۷b	۳/۳c	۸/۳c	۵۴/۰b	۸۶/۳c	۱/۱۰a	۱/۴۶a	۰/۱۰d	۰/۰۶b	۰/۱۸۹	۰/۰۰۰
۲۱/۰a	۵۹/۵a	۶/۸ab	۵/۰c	۱۹/۸a	۱۰/۱bc	۴۳/۴b	۱۰۴/۳bc	۱/۵۳a	۱/۲۵a	۰/۱۲cd	۰/۰۴b	۱/۳۰	۰/۰۰۰
۲۷/۱a	۵۰/۰ab	۷/۷ab	۵/۵cd	۱۹/۳a	۱۲/۵bc	۴۱/۲b	۱۲۲/۰bc	۱/۵۲a	۱/۲۱a	۰/۱۵bc	۰/۰۵b	۱/۰۷۰	۰/۰۰۰
۲۳/۵a	۳۸/۰b	۹/۵a	۶/۵a	۱۲/۴b	۱۴/۰b	۹۵/۸a	۱۳۶/۳b	۱/۴۵a	۱/۴۱a	۰/۱۸a	۰/۰۵b	۱/۴۴	۰/۰۰۰
۱۳/۵a	۳۹/۷b	۷/۴ab	۶/۰ab	۱۲/۸b	۱۹/۷a	۹۷/۹a	۱۷۹/۰a	۱/۶۰a	۱/۲۵a	۰/۱۷ab	۰/۰۹a	۱/۳۴	۰/۰۰۰

مشترک دارند از لحاظ آماری دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند

جدول ۷ تجزیه واریانس صفات کمی و کیفی تاثیر کودهای آلی در دو کشت چغندر قند در تناوب زراعی در رودشت اصفهان

منابع تغییرات آزادی	درجه	میانگین مربعات								
		عملکرد ریشه	درصد قند ناخالص	عملکرد قند ناخالص	سدیم ریشه	پتاسیم ریشه	نیترژن مضره ریشه	ضریب استحصال	درصد قند مالس	عملکرد قند خالص
تکرار	۲	۲۳/۷۱	۰/۸۰	۰/۶۹	۰/۱۸	۰/۱۰۰	۲/۰۰	۶/۵۶	۰/۱۰	۰/۷۲
تیمار	۴	۱۷۲/۵۷	۴/۶۵	۱/۸۱	۲/۱۰	۰/۶۳	۴/۷۳	۹۴/۵	۰/۸۰	۰/۸۳
اشتباه الف	۸	۱۶/۹۱	۱/۲۷	۱/۰۸	۰/۴۶	۰/۲۲	۱/۱۷	۵/۸۵	۰/۰۵	۰/۹۸
سال	۱	۷۳۴**	۳۳/۹۸**	۱/۸۹	۶۲/۸۱**	۴۰/۰۲**	۳۳**	۲۵۸۹**	۲۸/۸**	۱۱/۶۹**
سال×تیمار	۴	۲۸/۴۳	۲/۶۲	۱/۷۹*	۲/۳۷**	۰/۲۸	۰/۵۸	۵۱/۷*	۰/۳۳	۲/۵۹**
سال×تکرار	۲	۰/۹۷	۱/۶۹	۰/۳۶	۰/۴۶	۰/۴۲	۰/۵۴	۱۵/۸	۰/۲۵	۰/۸۱
اشتباه ب	۷	۳۷/۸۹	۰/۸۷	۰/۴۲	۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۲۱	۱۲/۳۴	۰/۱۲	۰/۲۷
ضریب تغییرات	-	۱۱/۰۱	۵/۴۲	۶/۸۱	۱۴/۶۲	۶/۸۴	۹/۹۵	۴/۷۲	۸/۶۹	۷/۳۸

\* و \*\* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

### بررسی خصوصیات کمی و کیفی چغندر قند

سال بر تمام صفات کمی و کیفی به جز عملکرد قندناخالص چغندر قند تأثیر معنی دار گذاشت. میانگین تیمارهای کودآلی مورد مطالعه در دو سال تناوب تفاوت معنی دار نداشتند. در عین حال اثرات سال در تیمار بر عملکرد قندناخالص، سدیم ریشه، ضریب استحصال و عملکرد قندخالص تأثیر معنی دار داشت (جدول ۷). در جدول ۸ تأثیر مصرف کودهای آلی مورد مطالعه در دو سال کشت چغندر قند در تناوب بر برخی از صفات کمی و کیفی چغندر قند که روند تغییرات آن در دو سال آزمایش متفاوت بود نشان داده شده است. در مورد عملکرد قندناخالص، در سال اول تناوب (۷۹) با مصرف لجن ۱۵ تن در هکتار بالاترین عملکرد قندناخالص به دست آمد ولی در سال آخر کشت چغندر قند در تناوب (۸۴)، بالاترین عملکرد قندناخالص با تیمار مصرف ۵۰ تن کود کمپوست شهری حاصل شد

هرچند که با سایر تیمارها و شاهد این سال تفاوت معنی داری نداشت. این موضوع می تواند به علت کاهش درصد قندناخالص چغندر قند در سال آخر کشت چغندر قند در تناوب (۸۴) نسبت به سال اول کشت چغندر قند در تناوب (۷۹) باشد. همان طوری که مشخص است در سال اول عرضه کودهای لجن فاضلاب و کمپوست در کشت چغندر قند (۷۹)، میزان عملکرد قند چغندر قند تابع مستقیم عملکرد ریشه است، در نتیجه عملکرد قند آن نیز تغییراتی شبیه به عملکرد ریشه دارد ولی با گذشت زمان و عرضه مداوم کودهای آلی مورد مطالعه و کاهش درصد قندناخالص در سال آخر کشت چغندر قند در تناوب (۸۴) بین تیمارهای مختلف از لحاظ عملکرد قند تفاوتی مشاهده نمی شود. علت این امر را می توان به عوامل کاهش دهنده درصد قند در ریشه چغندر قند جستجو نمود. یکی از این عوامل می تواند ناخالصی های ریشه باشد.

می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که عرضه کودهای لجن فاضلاب و کود کمپوست زیاله شهری می‌توانند در کوتاه مدت اثرات مفیدی بر عملکرد قندناخالص در چغندر قند داشته باشند اما با گذشت زمان اثرات آن تعدیل و در نهایت بی اثر می‌گردد. لذا این نوع کودها برای کشت چغندر قند به صورت استفاده مداوم توصیه نمی‌گردد. همین نتیجه را مرجوی و جهاداکبر (2001) برای مصرف کود کمپوست شهری اعلام کردند.

**جدول ۸** مقایسه میانگین عملکرد قندناخالص، سدیم ریشه، ضریب استحصال و عملکرد قندخالص چغندر قند در سال‌های ۷۹ و ۸۴

سال	عملکرد قند ناخالص تن در هکتار		سدیم میلی اکی والان گرم در یکصد گرم ریشه چغندر قند		ضریب استحصال درصد		عملکرد قند خالص تن در هکتار	
	۱۳۷۹	۱۳۸۴	۱۳۷۹	۱۳۸۴	۱۳۷۹	۱۳۸۴	۱۳۷۹	۱۳۸۴
شاهد	۷/۴۹c	۹/۵۶b	۱/۹۸e	۴/۲۰bc	۸۴/۶۳a	۷۲/۵۹b	۶/۳۵d-f	۶/۹۴b-e
کمپوست ۲۵ تن	۹/۲۹۵b	۹/۹۹ab	۲/۰۵e	۵/۱۲b	۸۴/۸۷a	۶۴/۸۰cd	۷/۸۹b	۶/۴۹c-f
کمپوست ۵۰ تن	۹/۴۰b	۱۰/۲۵ab	۲/۶۰de	۳/۷۱cd	۸۳/۴۰a	۷۰/۶۳bc	۷/۸۲b	۷/۶b-d
لجن ۱۵ تن	۱۰/۹۶a	۹/۱۷b	۲/۱۴e	۶/۳۲a	۸۳/۳۴a	۵۹/۰de	۹/۱۴a	۵/۴۰f
لجن ۳۰ تن	۹/۴۴b	۹/۹۵ab	۲/۴۲e	۶/۳۰a	۸۰/۹۳a	۵۷/۲۵e	۷/۶۶bc	۵/۷۱ef

میانگین‌هایی که برای هر صفت دارای حروف مشترک می‌باشند فاقد تفاوت آماری در سطح پنج درصد می‌باشند.

فاضلاب به دست آمد. این موضوع موجب کاهش معنی‌دار عملکرد قندخالص و ضریب استحصال تیمارهای لجن فاضلاب گردید، اما عملکرد قندناخالص تیمار کودهای لجن فاضلاب به خاطر افزایش عملکرد ریشه با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار نداشت. هر چند که عرضه کودهای کمپوست شهری و به خصوص لجن فاضلاب توانست عملکرد ریشه چغندر قند را نسبت به شاهد افزایش دهد ولیکن چون جهت تولید بیشتر، عملکرد قندخالص نباید کاهش یابد مصرف کودهای آلی به خصوص لجن فاضلاب برای تولید قندخالص به صورت مداوم در تناوب چغندر قند توصیه نمی‌گردد.

بر اساس جدول ۸، در دو سال مطالعه سدیم ریشه در سال آخر تناوب (۸۴) نسبت به سال اول تناوب (۷۹) با مصرف کودهای آلی به صورت معنی‌دار افزایش یافت. این افزایش موجب کاهش معنی‌دار درصد قندناخالص در سال آخر تناوب در ریشه چغندر قند شد. افزایش سدیم ریشه یکی از عوامل اصلی در کاهش درصد قندناخالص می‌باشد این موضوع توسط محققین زیادی مورد تأیید قرار گرفته است (Ebrahimian et al. 2005; Jahadakbar and Marjovy 2003). بیشترین جذب سدیم ریشه و کمترین ضریب استحصال در تیمارهای کود لجن

## نتیجه گیری

شد). مصرف کودهای آلی کمپوست شهری و لجن فاضلاب توانست عملکرد ریشه چغندر قند را افزایش دهد. ولی مصرف این کودها درصد قندناخالص را کاهش داد. این کاهش با مصرف لجن فاضلاب نسبت به کمپوست شهری بیشتر بود. لذا عملکرد قندناخالص که حاصل ضرب عملکرد ریشه و درصد قندناخالص می باشد با مصرف کودهای آلی مورد مطالعه به صورت معنی دار نسبت به شاهد افزایش پیدا نکردند. ناخالصی های ریشه با مصرف کودهای آلی کمپوست شهری و لجن فاضلاب به صورت معنی دار افزایش یافتند. با مصرف مداوم کودهای آلی کمپوست و لجن فاضلاب عملکرد قندناخالص نسبت به سال اول تناوب به صورت معنی دار کاهش یافت. در نتیجه مصرف این نوع کودها به خصوص کود لجن فاضلاب برای منطقه رودشت اصفهان و در خاک های ریز بافت به صورت مداوم برای کشت چغندر قند قابل توصیه نمی باشد.

مقادیر کربن آلی، پتاسیم و سرب قابل جذب خاک در تیمار کمپوست ۵۰ تن و تیمار لجن فاضلاب ۳۰ تن برای عناصر فسفر و مس قابل جذب خاک بیش از سایر تیمارها بود. عنصر روی در خاک، در سال اول تناوب برای تیمار لجن فاضلاب ۳۰ تن و در سال آخر تناوب در تیمار کمپوست مصرف ۵۰ تن بالاترین مقدار قابل جذب در خاک را نسبت به سایر تیمارها داشتند. لذا با گذشت زمان، کود کمپوست شهری توانست میزان روی قابل جذب خاک را به صورت معنی دار افزایش دهد. کود لجن فاضلاب نسبت به کود کمپوست شهری از لحاظ بیشتر عناصر جذب شده در ریشه چغندر قند (به استثنای پتاسیم و منگنز) از کارایی بالاتری برخوردار بود که این روند در سال آخر تناوب در کشت چغندر قند مشاهده گردید (به استثنای عنصر روی که با گذشت زمان جذب آن در تیمارهای کمپوست شهری بیشتر

## References:

## منابع مورد استفاده:

- Abtahi A, Hodaji M, Hajrasoliha S, Afyony M. Effect of short-term use of municipal compost on zinc and copper concentrations in soil and corn. Third National Congress of Recycling and Using Renewable Resources in Organic Farming. Isfahan, Islamic Azad University Khvargan, Faculty of Agriculture. 2009. (in Persian)
- Alexander R. Compost markets grow with environmental application. Biocycle. 1984. 4: 43-48
- Baghori A. Investigation Chemical contamination of soils in Zayandarood river marginal lands. MS thesis, Tehran University School of Public Health. 1989.(in Persian, abstract in English)

- Chang AC, Warneke JE, Page AL, Lund LJ. Accumulation of heavy metals in sewage sludge treated soils. *J. Environ. Qual.* 1984. 13(1): 87-91.
- Cortellini L. Effects of content of organic matter, nitrogen and heavy metals in plants after application of compost and sewage sludge. In: De Bertoldi et al. (Eds). *The Science of Composting*. Pub. Blackie, London. 1999 . pp. 457-468
- Council on Soil Testing and Plant Analysis. *Handbook on reference methods for soil testing*. Council on Soil Testing and Plant Analysis, 1974. Athens, Greece.
- Dalzell HW, Biddlestone AJ, Gray KR, Thurairagan K. *Soil management: compost production and use in tropical and subtropical environments*. 1987. FAO Soils Bulletin No.56.
- Davies DB, Eagle DJ, Finney JB. *Soil management*. Suffolk Farming Press. 1972. PP: 254.
- Ebrahimian, HR, Ranji Z, Rezaei M. Sift resistance resource sugar beet to salinity in the greenhouse and field. Final report. 84/419. A.R.E.O. IR. 2005 (in Persian, abstract in English)
- Havlin JL., Tisdale SL, Beaton JD, Nelson WL. *Soil Fertility and Fertilizers*. Pearson Prentice Hall. 2005. 515p
- Hodaji M, Afyoni M. Lead concentrations in soil treated with sewage sludge and its uptake by plants. *Third National Congress on Recycling and Renewable Resources in Organic Farming*. Isfahan, Islamic Azad University Khovrasgan, Faculty of Agriculture. 24 to 26 May . 2007. ( in Persian, abstract in English)
- Jahadakbar MR, Marjovy AR,. *Effect of salinity on nitrogen and potassium efficiency in sugar beet farming*. Final Report. Center for Organization Research and Training documentation about Iranian Agriculture. 2003. (in Persian, abstract in English)
- Jeangille P. *Substrata for horticulture in subtropical and tropical regions*. 1991. Pub. FAO.
- Kabirinejad SM, Hodaji M, Afyoni M, Azadany N. Comparison of compost fertilizer and manure application on the concentration of lead in soil under corn cultivation. *Third National Congress Recycling and Renewable Resources in Organic Farming*. Isfahan,



- Islamic Azad University Khovrasgan, Faculty of Agriculture, 24 to 26 May 2007.(in Persian, abstract in English)
- Marjovi AR. Effects of municipal compost on crop rotation .Final Report No. 553/81 dated 11/10/81 soil water Institute.2001.(in Persian, abstract in English)
- Marjovi AR, Jahadakbar MR. Effects of municipal compost on soil chemical properties and quantitative and qualitative traits of sugar beet. Journal of Research and sugar beet, 2001. 18(1): 1-15 . (in Persian, abstract in English)
- Pescod MB. Waste water treatment and use in agriculture. FAO.1992.
- Pescode MB, Arar A. Treatment and use of sewage effluent for Irrigation. Butter Worths London. 1985. FAO Regional Seminar in Nicosia, Cyprus.
- Reinefeld E, Ammerich E. Zur Bewertung der Bewertung der Qualität von zuckerruben; Z. Zuckerind. 1986.111, 730-738.
- Rhimi G. Studies on the effects of compost fertilizer salt Valvdgy amount of heavy metals uptake by corn from soils containing compost fertilizer. MS thesis, College of Agriculture, Isfahan University of Technology.1990.(in Persian, abstract in English)
- Rafi M. Soil Physics, Tehran University Press .1990. 296.
- Robin AK, Szmids K, Andrew A, Dickson W. Use of compost in agriculture, Frequently Asked Questions (FAQs) .2001. Remade Scotland
- Stratton ML, Barker A. Ragsdale A. Sheet composting overpowers weeds in restoration project. 2000.Biocyale 4: 57-59.
- Szmids RAK. Principles of composting. Technical Note.TN446. Pub.1997. SAC
- Szmids RAK. Report of the National waste strategy for Scotland. Composting Task Group. 1999.