



## تاثیر بقایای گیاهی روی مقدار کربن آلی و نیتروژن کل لجن فاضلاب

محمد علی بهمنیار \*

استاد، گروه علوم خاک، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

سید مصطفی عمادی

دانشیار، گروه علوم خاک، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مهدی قاجار سپانلو

دانشیار، گروه علوم خاک، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مهدی حسینی

دانش آموخته دکتری، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس تهران

### چکیده

لجن فاضلاب یک محصول جانبی است که در مقادیر زیاد در طی فرآیندهای تصفیه فاضلاب تولید می‌شود. کمپوست لجن فاضلاب برای اصلاح خاک معمولاً کارآمدترین و مقرون به صرفه‌ترین روش تصفیه است و به کشاورزان اجازه می‌دهد تا از کودهای شیمیایی کمتری استفاده کنند. هدف از این مطالعه، بررسی میزان کربن آلی کل و نیتروژن کل در لجن فاضلاب تصفیه خانه فاضلاب شهر ساری به صورت خام و اصلاح شده با کمپوست بود. تیمارهای آزمایشی شامل سرشاخه مرکبات و کاه و کلش برنج بودند که با نسبت‌های ۱:۱، ۱:۳، ۱:۵ و ۱:۷ با لجن فاضلاب مخلوط شدند. نتایج نشان می‌دهد که تیمارها روی کربن آلی، نیتروژن کل و نسبت کربن به نیتروژن در سطح آماری یک درصد تاثیر معنی‌داری داشته‌است. مقدار کربن آلی کل در مراحل اول و سوم در تیمار سرشاخه مرکبات ۱:۱ به اندازه ۲۰/۸۶ و ۱۶/۸۲ درصد و در مرحله دوم در تیمار کاه برنج ۱:۱ به اندازه ۲۲/۱۸ درصد نسبت به شاهد افزایش یافته است. مقدار نیتروژن کل در سرشاخه مرکبات در مراحل اول و سوم به ترتیب ۳۲/۴۶ و ۳۴/۴۲ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. فعل و انفعالات انجام شده بر کربن آلی کل و نیتروژن کل در لجن فاضلاب روی نسبت کربن به نیتروژن اثر گذاشته‌است و بیشترین نسبت کربن به نیتروژن مربوط به سرشاخه مرکبات ۱:۱ بود.

**واژگان کلیدی:** سرشاخه مرکبات، کاه برنج، نیتروژن کل، کربن آلی کل

## مقدمه

لجن فاضلاب یک محصول جانبی است که در مقادیر زیاد در طی فرآیندهای تصفیه فاضلاب تولید می‌شود. به دلیل وجود آلاینده‌هایی مانند مواد شیمیایی آلی و فلزات سنگین سمی و پاتوژن‌های بالقوه، لجن فاضلاب خام خطرناک است و نگرانی‌های زیست محیطی جدی در مورد استفاده از آن به عنوان اصلاح کننده خاک ایجاد می‌کند (Hait and Tare, 2012). میزان تولید سالانه لجن فاضلاب با جمعیت شهری جهان افزایش می‌یابد. به دلیل این افزایش و مشکلات مربوط به دفع لجن، این محصول چالش‌های قابل توجهی را در چندین منطقه از جهان ایجاد کرد (Mousavi et al, 2022).

کمپوست لجن فاضلاب برای اصلاح خاک معمولاً کارآمدترین و مقرون به صرفه ترین روش تصفیه است و به کشاورزان اجازه می‌دهد تا از کودهای شیمیایی کمتری استفاده کنند. از آنجایی که دارای محتوای بالایی از مواد آلی و عناصر مغذی ضروری گیاهی است، لجن فاضلاب به عنوان یک کود زیستی مناسب است (Guilayn et al, 2019). لجن فاضلاب به بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک کمک می‌کند (Alvarenga et al, 2015). به دلیل وجود آلاینده‌های خاص، فلزات سنگین سمی و موجودات بیماریزا، در اثر استفاده در کشاورزی موجب اثرات نامطلوب زیست محیطی می‌شود (Lillenberg et al, 2010). مطالعاتی برای ارزیابی استفاده از کمپوست برای تبدیل لجن به محصول ایمن برای کاربرد کشاورزی انجام شده است (Singh et al, 2020; Garcia-Gomez et al, 2014). کمپوست یک روش متداول بیوارگانیک برای تبدیل مواد زائد آلی به کودهای زیستی با ارزش هستند. در کمپوست سازی، باکتری ها و قارچ‌های سازگار با محیط زیست مواد زائد را تجزیه می‌کنند و مواد آلی پایدار را افزایش می‌دهند (Hait and Tare, 2012). کمپوست نیز به عنوان یک فرآیند سازگار با محیط زیست شناخته می‌شود که در آن میکروارگانیسم‌ها مواد آلی را تجزیه می‌کنند و آن را به یک اصلاح کننده سالم برای خاک‌های کشاورزی تبدیل می‌کنند (Bernal et al, 2009). بنابراین هدف از این مطالعه، بررسی میزان کربن آلی کل و نیتروژن کل در لجن فاضلاب تصفیه خانه فاضلاب شهر ساری به صورت خام و اصلاح شده با کمپوست بود.

## مواد و روش ها

این مطالعه به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل سرشاخه مرکبات و کاه و کلش برنج بود که با نسبت‌های ۱:۱، ۱:۳، ۱:۵ و ۱:۷ با لجن فاضلاب مخلوط شد. در این تحقیق از لجن خام فاضلاب تصفیه‌خانه شهر ساری استفاده شد. به منظور کمپوست‌سازی موثر و کمک به ایجاد شرایط مناسب برای تولید کمپوست لجن فاضلاب، از سرشاخه مرکبات و کاه و کلش برنج، به عنوان عوامل حجیم کننده مقرون به صرفه (قابل تهیه در منطقه) استفاده گردید. در این مطالعه از ۹ تیمار شامل: ۱) شاهد (لجن فاضلاب، بدون استفاده از بقایای گیاهی (سر شاخه مرکبات و کاه و کلش برنج))؛ ۲) نسبت یک به یک لجن فاضلاب و کاه و کلش؛ ۳) نسبت ۳ به ۱ فاضلاب و کاه و کلش؛ ۴) نسبت ۵ به ۱ فاضلاب و کاه و کلش؛ ۵) نسبت ۷ به ۱ فاضلاب و کاه و کلش؛ ۶) نسبت ۱ به ۱ لجن فاضلاب و سرشاخه مرکبات؛ ۷) نسبت ۳ به ۱ لجن فاضلاب و سرشاخه مرکبات؛ ۸) نسبت ۵ به ۱ لجن فاضلاب و سرشاخه مرکبات؛ ۹) نسبت ۷ به ۱ لجن فاضلاب و سرشاخه مرکبات استفاده شد. کربن آلی کل در سه مرحله در تاریخ های ۱۴۰۲/۳/۱۰، ۱۴۰۲/۴/۱۰ و ۱۴۰۲/۵/۱۰ به روش اکسیداسیون با دی کرومات پتاسیم (Nelson, 1982)، نیتروژن کل در دو مرحله ۱۴۰۲/۳/۱۰ و ۱۴۰۲/۵/۱۰ به وسیله دستگاه کج‌دال (علی احمادی و بهبانی زاده، ۱۳۷۲) اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.



## نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که تیمارها روی کربن آلی کل، نیتروژن کل و نسبت کربن به نیتروژن در سطح آماری یک درصد تاثیر معنی‌داری داشته‌اند (جدول ۱).

جدول ۱. تجزیه واریانس کادمیوم کل و قابل جذب در کمپوست و زغال زیستی لجن فاضلاب

منابع تغییرات		درجه آزادی	میانگین مربعات					
			کربن آلی کل		نیتروژن کل		نسبت کربن به نیتروژن	
			۱۴۰۲/۵/۱۰	۱۴۰۲/۴/۱۰	۱۴۰۲/۳/۱۰	۱۴۰۲/۵/۱۰	۱۴۰۲/۳/۱۰	۱۴۰۲/۵/۱۰
تیمار	۸		۶/۵۱۵**	۵/۲۸۸**	۵/۶۷**	۰/۹۷۱**	۱/۲۵۹**	۴/۱۵۸**
بلوک	۲		۲/۱۱ ns	۰/۸۳۹ ns	۱/۱۰۹ ns	۰/۲۶۷**	۰/۰۲۲ ns	۰/۶۵۹*
خطا			۱/۳۰۸	۱/۳۴۳	۱/۱۸۴	۰/۰۱۷	۰/۲۹۷	۰/۷۱۹
ضریب تغییرات			۴/۳۹	۴/۱۷	۴/۱۸	۲/۹۷	۱۲/۵۵	۵/۳۳
** معنی دار در سطح یک درصد			* معنی دار در سطح پنج درصد			ns اختلاف معنی‌داری وجود ندارد		

## کربن آلی:

میزان کربن آلی در مراحل ۱ و ۲ در تیمارهای کاه و کلش برنج در همه نسبت‌ها در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری بیشتر بوده، به نظر می‌رسد ترکیبات آلی موجود در کاه و کلش برنج به سرعت تجزیه شده و مقدار کربن آلی کمپوست لجن فاضلاب را افزایش می‌دهد. اما در مرحله ۳، مقدار کربن آلی در تیمار برنج ۱:۱ به طور معنی‌داری نسبت به شاهد بیشتر بوده و سایر نسبت‌های کاه و کلش برنج تاثیر معنی‌داری در میزان کربن آلی نداشته، به نظر می‌رسد در این مرحله میزان ترکیبات آلی موجود در نسبت‌های ۱:۳، ۱:۵ و ۱:۷ تقریباً به طور کامل تجزیه و به کربن آلی تبدیل شده و به همین دلیل اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نداشته‌اند، اما در تیمار کاه برنج ۱:۱ هنوز ترکیبات آلی تجزیه نشده وجود داشت که به مرور زمان تجزیه شده و بر مقدار کربن آلی خاک تاثیر معنی‌داری گذاشته است. تاثیر سرشاخه مرکبات روی کربن آلی لجن فاضلاب در نسبت بالا (۱:۱، ۱:۳ و ۱:۵) دیده شد زیرا میزان کربن آلی در تیمارهای سرشاخه مرکبات با نسبت‌های ۱:۱، ۱:۳ و ۱:۵ به طور معنی‌داری نسبت به شاهد در هر سه مرحله بیشتر بوده و نسبت ۱:۷ تاثیر معنی‌داری روی کربن آلی نداشته است. بیشترین میزان کربن آلی در مراحل ۱، ۲ و ۳ به ترتیب در تیمارهای لجن فاضلاب با سرشاخه مرکبات ۱:۱، کاه و کلش برنج ۱:۱ و سرشاخه مرکبات ۱:۱ دیده شد. به طور کلی با افزایش بقایای گیاهی میزان کربن آلی ورودی به لجن فاضلاب افزایش یافته است (جدول ۲).

## نیتروژن کل

میکروارگانیزم‌های موجود در لجن فاضلاب برای تجزیه بقایای گیاهی (کاه برنج و سرشاخه مرکبات) افزوده شده به لجن نیاز به عناصر غذایی مخصوصاً نیتروژن داشتند به همین دلیل، میزان نیتروژن در تیمارهای بقایای گیاهی نسبت به شاهد کمتر بود. در مرحله ۱، بقایای گیاهی با نسبت‌های ۱:۱ و ۱:۵ به طور معنی‌داری میزان نیتروژن را نسبت به شاهد کاهش داده اما در مرحله ۳، بقایای گیاهی در همه نسبت‌ها به طور معنی‌داری نیتروژن کل را نسبت به شاهد کاهش داده است. به طور کلی در مرحله ۳ با افزایش میزان بقایای گیاهی مقدار نیتروژن کل لجن فاضلاب کاهش یافت (جدول ۲).

## نسبت کربن به نیتروژن



بیشترین نسبت کربن به نیتروژن مربوط به تیمار سرشاخه مرکبات ۱:۱ بوده که به طور معنی داری نسبت به شاهد بیشتر است. نسبت کربن به نیتروژن در تیمار سرشاخه مرکبات ۱:۱ به اندازه ۷۹/۸۷ درصد در مرحله ۱ و ۷۸/۸۹ درصد در مرحله ۳ نسبت به شاهد افزایش یافته، که می توانیم به افزایش کربن آلی و کاهش نیتروژن کل در این تیمار نسبت دهیم. روند تغییرات نسبت کربن به نیتروژن تقریباً مشابه روند تغییرات نیتروژن بود به این صورت که، در مرحله ۱، بقایای گیاهی با نسبت های ۱:۱ و ۱:۵ به طور معنی داری این نسبت را در مقایسه با شاهد افزایش داده اما در مرحله ۳، بقایای گیاهی در همه نسبت ها (به جز سرشاخه مرکبات ۱:۷) به طور معنی داری این نسبت را در مقایسه با شاهد افزایش داده است (جدول ۲). مقدار ضریب تبیین ( $R^2$ ) بین نسبت کربن به نیتروژن با کربن آلی کل و نیتروژن کل ۰/۳۸۶ و ۰/۹۲۷ در مرحله ۱ و ۰/۵۹۷ و ۰/۹۳۲ در مرحله ۲ بود، این ارزیابی نشان می دهد که این نسبت به میزان نیتروژن کل بستگی دارد و تغییرات نیتروژن کل کنترل کننده این نسبت است.

جدول ۲. مقایسه میانگین تاثیر نسبت های مختلف سرشاخه مرکبات و کاه و کلش برنج روی کربن آلی کل، نیتروژن کل و نسبت کربن به نیتروژن

نسبت کربن به نیتروژن		نیتروژن کل		کربن آلی کل			خصوصیات تیمار
۱۴۰۲/۵/۱۰	۱۴۰۲/۳/۱۰	۱۴۰۲/۵/۱۰	۱۴۰۲/۳/۱۰	۱۴۰۲/۵/۱۰	۱۴۰۲/۴/۱۰	۱۴۰۲/۳/۱۰	
مرحله ۳	مرحله ۱	مرحله ۳	مرحله ۱	مرحله ۳	مرحله ۲	مرحله ۱	
۷/۸۳ b	۶/۹۵ ab	۳/۶۳ e	۳/۹۲ cde	۲۸/۳۷ abc	۲۸/۳۷ a	۲۷/۰۹ ab	کاه و کلش برنج ۱:۱
۶/۱۱ d	۶/۱۲ bcd	۴/۴۷ cd	۴/۳۶ bcd	۲۷/۳۱ bcd	۲۶/۷۹ abc	۲۶/۴۸ abc	کاه و کلش برنج ۱:۳
۶/۳۹ cd	۷/۱۸ ab	۴/۳۵ d	۳/۷۸ de	۲۷/۳۷ bcd	۲۵/۵۹ bc	۲۶/۲۳ abc	کاه و کلش برنج ۱:۵
۶/۱۹ d	۵/۳۳ cd	۴/۴۵ cd	۴/۸ abc	۲۷/۴۲ bcd	۲۵/۵۳ bc	۲۵/۵۳ bc	کاه و کلش برنج ۱:۷
۸/۷۳ a	۸/۴ a	۳/۴۱ e	۳/۳۵ e	۲۹/۷۲ a	۲۷/۱۸ ab	۲۸/۰۴ a	سرشاخه مرکبات ۱:۱
۶/۸۱ c	۵/۷۸ bcd	۴/۲۷ d	۴/۷۱ abcd	۲۸/۹۹ ab	۲۶/۵۲ abc	۲۶/۵۲ abc	سرشاخه مرکبات ۱:۳
۶/۳ cd	۶/۷۴ bc	۴/۵۹ c	۳/۸۷ cde	۲۸/۸۲ ab	۲۶/۴۶ abc	۲۵/۹۳ bc	سرشاخه مرکبات ۱:۵
۵/۳۶ e	۴/۶۹ d	۴/۹۶ b	۵/۳۱ a	۲۶/۵۸ cd	۲۴/۹۴ cd	۲۴/۹۳ cd	سرشاخه مرکبات ۱:۷
۴/۸۸ e	۴/۶۷ d	۵/۲ a	۴/۹۶ ab	۲۵/۴۴ d	۲۳/۲۲ d	۲۳/۲ d	شاهد

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بر مبنای آزمون LSD در سطح ۵ درصد است

## بحث و نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از کاربرد سرشاخه مرکبات و کاه و کلش برنج با نسبت های مختلف بیانگر آن است که این بقایای گیاهی سبب افزایش کربن آلی لجن فاضلاب شد. این نتایج مشابه با یافته های سایر پژوهشگران بود که گزارش کردند با افزایش کاه و کلش گندم در لجن فاضلاب، میزان کربن آلی کل افزایش یافته است (Dume et al, 2023). اما برای تجزیه این بقایای گیاهی به وسیله میکروارگانیسم ها، نیتروژن مصرف شده و مقدار این عنصر تغذیه ای در لجن فاضلاب با افزایش میزان بقایای گیاهی کاهش یافته که کمترین مقدار نیتروژن کل مربوط به سرشاخه مرکبات ۱:۱ است. فعل و انفعالات انجام شده بر کربن و نیتروژن آلی کل در لجن فاضلاب روی نسبت کربن به نیتروژن اثر گذاشته که بیشترین نسبت کربن به نیتروژن مربوط به سرشاخه مرکبات ۱:۱ بود.



## منابع

علی اخیایی، مریم و بهبانی زاده علی اصغر، شرح روش های شیمیایی خاک، جلد اول، مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهران، نشریه شماره ۸۹۳، ۱۳۷۲.

- Alvarenga, Paula. Mourinha, Clarisse. Farto, Márcia. Santos, Teresa. Palma, Patrícia. Sengo, Joana. and Cunha-Queda, Cristina. (2015). Sewage sludge, compost and other representative organic wastes as agricultural soil amendments: benefits versus limiting factors. *Waste Management*. 40. 44–52
- Bernal, María Pilar. Alburquerque, José Antonio. and Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology*. 100(22). 5444–5453
- Dume, Bayu. Hanc, Ales. Svehla, Pavel. Michal, Pavel. Chane, Abraham Demelash. And Nigussie, Abebe. (2023). Composting and vermicomposting of sewage sludge at various C/N ratios: technological feasibility and end-product quality. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 263(15). 115255
- Garcia-Gomez, Concepción. Fernandez, María Dolores. and Babin, Mar. (2014). Ecotoxicological evaluation of sewage sludge contaminated with zinc oxide nanoparticles. *Arch Environ Contam Toxicol*. 67(4). 494–506
- Guilayn, Felipe. Jimenez, Julie. Martel, J.L. Rouez, Maxime. Crest, Marion. and Patureaua, Dominique. (2019). First fertilizing-value typology of digestates: a decision-making tool for regulation. *Waste Management*. 86(1). 67–79.
- Hait, Subrata. and Tare, Vinod. (2012). Transformation and availability of nutrients and heavy metals during integrated composting–vermicomposting of sewage sludge. *Ecotoxicol Environ Saf*. 79. 214–224
- Lillenberg, M. Yurchenko, S. Kipper, K. Herodes, K. Pihl, V. Lohmus, R. Ivask, M., Kuu, A. Kutti, S. Litvin, S.V. and Nei, L. (2010). Presence of fluoroquinolones and sulphonamides in urban sewage sludge and their degradation as a result of composting. *Journal of Environmental Science & Technology*. 7. 307–312
- Mousavi, Seyed Majid. Brodie, Graham. Payghamzadeh, Kamal. Raiesi, Tahereh. Srivastava, A.K. (2022). Lead (Pb) bioavailability in the environment, its exposure and effects. *Journal of Advance in. Environmental Health Research*. 10(1). 1-13
- Nelson, R.E. (1982). Carbonate and gypsum. In: *Methods of Soil Analysis. Part II*. Page, A. L. (Ed.). American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA
- Singh, Narendra. Tang, Yuanyuan. and Ogunseitan, Oladele A. (2020). Environmentally sustainable management of used personal protective equipment. *Environmental science & technology*. 54(14). 8500-8502



## The effect of plant residues on organic carbon and total nitrogen content of sewage sludge

**Mohammad Ali Bahmanyar**

Professor, Department of Soil Science, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari

**Seyed Mostafa Emadi**

Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari

**Mehdi Ghajar Sepanlou**

Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari

**Mehdi Hosseini**

PhD graduate, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran

### Abstract

Sewage sludge is a byproduct that is produced in large quantities during wastewater treatment processes. Composting sewage sludge is usually the most efficient and cost-effective treatment method for soil amendment and allows farmers to use less chemical fertilizers. The aim of this study was to investigate the amount of total organic carbon and total nitrogen in raw and composted sewage sludge. The experimental treatments included citrus branch and rice straw, which were mixed with sewage sludge at ratios of 1:1, 1:3, 1:5, and 1:7. The results show that the treatments had a significant effect on organic carbon, total nitrogen and the ratio of carbon to nitrogen at the statistical level of 1%. The amount of total organic carbon increased by 20.86% and 16.82% in the first and third stages in the 1:1 citrus branch treatment and in the second stage in the 1:1 rice straw treatment by 22.18% compared to the control. The amount of total nitrogen in citrus branches in the first and third stages was reduced by 32.46% and 34.42%, respectively, compared to the control. The interactions performed on total organic carbon and total nitrogen in sewage sludge affected the ratio of carbon to nitrogen, and the highest ratio of carbon to nitrogen was 1:1 in the citrus branch.

**Key words:** citrus branch, rice straw, total nitrogen, total organic carbon