کاربردهای لجن فاضلاب در کشاورزی

جلال امیدی[1*] (نویسنده مسئول) و سمانه عبدالمحمدی[2]

۱*- کارشناسی‌ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران، jalalomidi58@yahoo.com

۲- کارشناسی‌ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران، abu_tilon@yahoo.com

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۹

Applications of sewage sludge in agriculture

Jalal Omidi[1*] (Corresponding author) and Samaneh Abdolmohammadi[2]

1*- M.Sc, Department of Horticulture, University of Guilan, Rasht, Iran, jalalomidi58@yahoo.com

2- M.Sc, Department of Horticulture, University of Guilan, Rasht, Iran, abu_tilon@yahoo.com

Received: August 2020 Accepted: November 2020

چکیده

رشد بی‌رویه جمعیت به ویژه در مناطق شهری و پدید آمدن کلان‌شهرها، تمرکز جمعیتی و دخالت بی‌رویه بشر در طبیعت، موج مصرف‌گرایی همگام با پیشرفت تکنولوژی موجب تولید مواد زائد جامد متنوع با طیف وسیع در جهان گردیده است. بسیاری از مواد جامد زائد تولید شده خصوصاً از فعالیت صنعتی به دلیل افزایش جمعیت، توسعه شهرها، وارد هوا و خاک شده و نهایتاً سبب آلودگی شده‌اند. امروزه ابداع شیوه‌های نوین مدیریت بهره‌برداری از منابع و استفاده از سیستم‌های زراعی کم‌نهاده به منظور دست‌یابی به اهداف کشاورزی پایدار و حفظ محیط‌زیست، اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. لجن فاضلاب دارای ماده آلی فراوان و عناصر ضروری مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن و فسفر است. کاربرد لجن فاضلاب به عنوان کود در زمین‌های کشاورزی علاوه بر داشتن برتری‌های اقتصادی، گزینه مناسبی نیز برای رفع مشکل زیست‌محیطی آن است. محدودیت اصلی مصرف لجن فاضلاب وجود غلظت‌های بالای فلزات سنگین مانند سرب و کادمیوم می‌باشد. کاربرد لجن فاضلاب در زمین‌های کشاورزی باید با در نظر گرفتن تمامی جنبه‌های مفید و مضر آن صورت گیرد و حفظ سلامت مصرف‌کنندگان محصولات کشاورزی باید در اولویت همه برنامه‌ها باشد. در این نوشتار سعی شده است تا جنبه‌های مفید و مضر کاربرد لجن فاضلاب در کشاورزی مورد بررسی قرار گیرد.

کلمات کلیدی: جامدات زیستی، فاضلاب، کشاورزی، کود

Abstract

Indiscriminate population growth, especially in urban areas and the emergence of metropolises, population concentration and involuntary human intervention in nature, the wave of consumerism along with the advancement of technology has led to the production of diverse solid waste with a wide range in the world. Many of the wastes produced, especially from industrial activity, have entered the air and soil due to population growth, urban development, and ultimately pollution. Nowadays, the development of new methods of managing resource utilization and the use of low-input farming systems in order to achieve sustainable agricultural goals and environmental protection has become particularly important. Sewage sludge is rich in organic matter and essential elements needed by plants such as nitrogen and phosphorus. The use of sewage sludge as fertilizer in agricultural fields, in addition to having economic advantages, is also a good option to solve its environmental problems. The main limitation of wastewater sludge consumption is the presence of high concentrations of heavy metals such as lead and cadmium. The use of sewage sludge in agricultural fields should be done by considering all its beneficial and harmful aspects, and maintaining the health of consumers of agricultural products should be a priority in all programs. This article tries to examine the useful and harmful aspects of the use of sewage sludge in agriculture.

Key Words: Agriculture, Bio-solids, Fertilizer, Sewage

مقدمه و کلیات

بیوسالیدها یا جامدات زیستی در درجه اول مواد جامد آلی غنی از مواد مغذی هستند که تحت فرآیند تصفیه فاضلاب شهری تولید می‌شوند و قبلاً به عنوان لجن فاضلاب نامیده می‌شدند (شکل ۱). مواد جامد فاضلاب هنگامی در طی فرآیند تصفیه تثبیت شوند، تبدیل به بیوسولیدها می‌شوند (شکل ۲) که در کشاورزی می‌توان از آن به عنوان یک عامل آهک یا کود استفاده کرد (Epstein, 2003). (شکل ۳). به طور سودمند می‌توان از بیوسولیدهای غنی از مواد مغذی برای تهویه خاک استفاده کرد. کشاورزان اغلب به دنبال جایگزین‌هایی برای کودهای معمولی هستند و محصولی می‌خواهند که توان رقابتی از لحاظ کیفیت و قیمت با کودهای معمولی را داشته باشد (Michalk *et al.*, 2003). بیوسالیدها به کشاورزان سطح بالایی از مواد آلی و همچنین نیتروژن (N) ، فسفر (P) و سایر مواد مغذی را که برای رشد گیاهان ضروری هستند ارائه می‌دهند و به ساختار خاک، حفظ رطوبت، محتوای رطوبت و ظرفیت تبادل کاتیونی کمک می‌کنند. مواد مغذی موجود در بیوسولیدها از طریق انتشار آهسته (کندرها شدن) با ۱۵ تا ۲۵ درصد نیتروژن و فسفر در سال اول و بقیه آن در سال‌های بعدی در دسترس هستند (Eamens and Waldren, 2008). نکته مهم این است که بیوسولیدها می‌توانند حاوی مقادیر کم فلزات سنگین مانند سرب و کادمیوم و پاتوژن‌ها باشند. بنابراین ارزیابی اثرات زیست‌محیطی بیوسالیدها قبل از هر نوع کاربرد آن‌ها در کشاورزی لازم و ضروری است (Eamens, 2006).

شکل ۱- لجن فاضلاب

Fig 1- Sewage sludge

شکل ۲- بیوسالید

Fig 2- Biosalid

شکل ۳- کود حاصل از لجن فاضلاب

Fig 3- Fertilizer from sewage sludge

دفع لجن (بیوسالید) یک مسئله جهانی است و روش‌های دفع متنوع با توجه به شرایط محلی انتخاب می‌شوند. روش دفع لجن معمولاً به روش دفع نهایی پساب وابسته است و از آن تاثیر می‌پذیرد. با این حال وضع مقررات برای انتخاب روش دفع متناسب لجن بطوریکه موجب آسیب‌رساندن به محیط‌زیست نشود، ضروری است (Farzadkia *et al*., 2009). یکی از روش‌های مدیریت لجن فاضلاب، کاربرد آن در کشاورزی و اصلاح خاک است. بیوسالید باعث بهبود بافت خاک، افزایش مواد مغذی و حاصلخیزی خاک می‌شود. معمولا برای دفع لجن در زمین بایستی به توپوگرافی زمین، نوع گیاه مدنظر همچون درختان، محصولات علوفه‌ای و محصولات کشاورزی توجه نمود. تعیین خصوصیات فیزیکی لجن نیز برای انتخاب روش‌های کاربری و انتقال لجن ضروری است. همچنین خصوصیات بیولوژیکی و شیمیایی لجن نیز در انتخاب روش دفع مناسب ضرورت دارد (Basim *et al*., 2012). بطور متوسط سالانه ۳۰ میلیون تن لجن فاضلاب در جهان تولید می‌شود، که حدود ۲۱ میلیون تن آن به عنوان کود به زمین‌های کشاورزی اضافه می‌گردد. لجن فاضلاب به دلیل وجود عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و همچنین ماده آلی فراوان به عنوان کودی ارزان‌قیمت مورد توجه کشاورزان قرار گرفته است (واثقی و همکاران، ۱۳۸۰). کاربرد بیوسالیدها در کشاورزی علاوه بر کاهش هزینه‌های مربوط به دفع لجن فاضلاب می‌تواند بخش زیادی از فسفر مورد نیاز بسیاری از گیاهان را تأمین نماید (Tamrabet *et al*., 2009). از طریق بررسی پتانسیل برتری‌ها و خطرات کاربرد لجن فاضلاب در زمین‌های کشاورزی مشخص شد که کاربرد لجن فاضلاب در زمین‌های زراعی علاوه بر این که عناصر ضروری مورد نیاز گیاهان را تأمین نموده، مسایل زیست‌محیطی و اقتصادی مربوط به دفن و سوزاندن لجن را نیز مرتفع می‌سازد (Singh and Agrawal, 2010). با توجه به توصیه‌های وزارت جهاد و کشاورزی مبنی بر مصرف کمتر کودهای شیمیایی، به منظور پیشگیری از آلودگی محیط‌زیست و همچنین با توجه به دلایل اقتصادی که کشاورزان را به مصرف بیشتر کودهای آلی ترغیب نموده، بررسی اثر لجن فاضلاب بر بر خاک از اهمیت خاصی

برخوردار شده است (واثقی و همکاران،۱۳۸۰). با تدوین جنبه‌های زیست‌محیطی و بهداشت عمومی مرتبط با این مواد، بسیاری دیگر از انواع بیوسالید نظیر تثبیت‌شده به روش قلیایی، تثبیت‌شده به روش حرارت‌دهی و بیوسالید گرانول شده و نیز نوع دیگری از این مواد به صورت مایع که کمتر پردازش شده‌اند، قابل استفاده است. آژانس حفاظت از محیط زیست امریکا در سال ۱۹۹۹ گزارش کرده است که تقریباً ٦/٩ میلیون تن جامدات خشک لجن فاضلاب در سال ۱۹۹۸ تولیدشده که از این مقدار ٦٠ درصد مورد استفاده سودمند قرار گرفت و ٤٠ درصد بدون این که تلاشی برای بازیابی مواد مغذی و سایر مواد ارزشمند آن صورت گیرد دفع شد. قوانینی که بر استفاده از این مواد ارزشمند اثر می‌گذارد شامل تأثیر غیرمستقیم از قانون آب سالم (۱۹۷۷) و (۱۹۸۷) و قانون ممنوعیت انباشت در اقیانوس (۱۹۸۸) و تأثیر مستقیم مربوط به بخش ۵۰۳ قانون CFR40 می‌باشد. این بخش که در سال ۱۹۹۳ تدوین‌شده است مقررات مربوط به کاربرد و دفع بیوسالیدها را به وضوح تعریف کرده و به ابزاری مفید برای مدیران این بخش در امور تجاری تبدیل کرده است.

– **الزامات استفاده سودمند:** تحت مفاد اصلاحیه قانون آب سالم، آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا در سال ۱۹۹۳ بنا بر کد ٤٠ قانون فدرال، استانداردهایی را برای استفاده یا دفع لجن فاضلاب تدوین نمود. هدف از تنظیم این قوانین، تضمین این نکته است که بیوسالید به روشی استفاده یا دفع شود که سلامت انسان و محیط‌زیست را حفظ کند (Wun Jern, 2006).

– **حدود آلاینده:** برای تعیین کیفیت کلی بیوسالیدها سه پارامتر معمولاً مورد ارزیابی قرار می‌گیرد که به شرح زیر است: سطح آلاینده‌ها (فلزات)، سطوح کیفی به لحاظ میزان پاتوژن و کاهش جذب ناقلی (Wun Jern, 2006).

– **سطح آلاینده‌ها:** برای فراهم کردن امکان کاربرد این مواد باکیفیت متغیر در زمین، بخش ۵۰۳ حدود مختلفی از غلظت آلاینده‌ها را به فراخور کاربرد و دفع ارائه کرده است: حدود سقف غلظت آلاینده، نرخ‌های بارگذاری تجمعی آلاینده و نرخ بارگذاری سالانه آلاینده بر مبنای وزن خشک. حدود سقف غلظت آلاینده باید برای بیوسالیدهایی که در زمین به کار می‌روند و نیز آن دسته‌ای که برای فروش به صورت فله و یا به شکل بسته‌بندی ارائه می‌شوند به طور تمام و کمال اعمال شود. نرخ‌های بارگذاری تجمعی آلاینده برای جامدات زیستی توده‌ای به کار می‌رود. این حد از استاندارد حداکثر غلظت‌های مربوطه را داراست، ولی حدود سقف غلظت آلاینده را برآورده نمی‌کند. در حقیقت این میزان‌ها مقدار آلاینده موجود در توده زیستی برای کارکرد در یک ناحیه از زمین برای کل طول عمر مکان کاربرد دارند. نرخ‌های سالانه بارگذاری آلاینده برای جامدات زیستی که حدود حداکثر غلظت مربوطه به خود را دارا است. این دسته به صورت بسته‌بندی درآمده و به صاحبان منازل فروخته می‌شود (Wun Jern, 2006).

– **کاهش پاتوژن‌ها:** دومین پارامتر در تعیین کیفیت بیوسالیدها وجود یا عدم وجود پاتوژن‌هایی نظیر باکتری سالمونلا، ویروس‌های روده‌ای و تخمک زنده کرم است. زیست‌توده‌های تثبیت شده بر اساس سطح حضور پاتوژن

به دو کلاس A و B طبقه‌بندی می‌شوند. در صورتی که پاتوژن عملا کمتر از سطوح قابل شناسایی باشند، جامدات زیستی دارای کلاس A خواهند بود. انواع لجن‌های تثبیت‌شده که برای کاربرد در زمین، چمن‌زارها یا باغچه‌های خانگی به صورت بسته‌بندی فروخته و عرضه می‌شوند، باید از کلاس A برخوردار باشند. اگر پاتوژن‌ها تا سطوحی کاهش یابند که تا زمانی که برای جلوگیری از مواجهه با آن‌ها پس از کاربرد در زمین اعمالی صورت گیرد که برای سلامت عموم و محیط‌زیست خطر نداشته باشند، جامدات زیستی کلاس B نامیده می‌شوند (Wun Jern, 2006).

- **کاهش جذب ناقلین:** جذابیت با بیومس برای ناقلین که جانوران و حشراتی نظیر جوندگان، مگس و پرندگان می‌باشد، سومین پارامتر کیفیت جامدات زیستی است. بخش ۵۰۳ ده گزینه برای کاهش جذب ناقلین ارائه کرده است که شامل برخی از فرآیندهای تثبیت است که پاتوژن‌ها را کاهش می‌دهد؛ بنابراین در یک طرح قابل‌قبول، کارکرد جامدات زیستی کلاسB در زمین، روش‌های کاهش جذب ناقلین را می‌توان با روش‌های کاهش پاتوژن تلفیق کرد (Wun Jern, 2006).

اثرات مفید کاربرد لجن فاضلاب در خاک‌های کشاورزی

- **امکان تولید کمپوست مشترک لجن فاضلاب با انواع زائدات بیولوژیکی:** مدیریت صحیح لجن تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری، مواد زائد آلی و محصولات جانبی و زائدات بیولوژیکی تولیدشده در صنایع زراعی نقش مهمی در ارتقاء بهداشت و سلامت جامعه و محیط‌زیست دارد. با توجه به وجود پتانسیل بالایی از زائدات آلی که قابلیت کمپوست شدن را دارند و مزایای کمپوست و کو-کمپوست در تامین مواد مغذی خاک و اصلاح باروری آن و تامین کود آلی مناسب در جهت برآورده کردن نیاز در کشاورزی و از طرفی خطر دفع نامناسب زائدات بیولوژیکی، لجن فاضلاب و افزایش خطر تهدیدات استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی، می‌طلبد تا با توجه بیشتر به کمپوست و تهیه کمپوست مشترک از مواد آلی از پتانسیل‌های موجود در این بخش استفاده شود (زوزلی و اعلاء، ۱۳۹۸).

- **ارزش بالای عناصر غذایی کل و قابل جذب در لجن فاضلاب:** ارزش عناصر غذایی بیوسالید یا لجن فاضلاب از نظر غلظت کل و قابل جذب عناصری نظیر مس، روی، منگنز و آهن نسبتا بالا بوده و حاوی مقادیر قابل توجهی مواد مغذی ضروری برای رشد گیاه است. بنابراین کاربرد آن در کشاورزی به عنوان کود دارای پتانسیل بالایی می‌باشد (رحمانی و همکاران، ۱۳۹۳).

- **افزایش ماده آلی:** بیوسالیدها حاوی مقادیر زیادی مواد آلی هستند و این یکی از اصلی ترین دلایلی است که کشاورزان مایل به استفاده از آن هستند. ماده آلی از طریق افزایش ظرفیت نگه‌داری آب خاک و بهبود دانه‌بندی خاک و کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک، سبب بهبود خواص فیزیکی خاک و محیط رشد ریشه می‌شود. استفاده از بیوسولیدها همچنین می‌تواند ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را افزایش دهد. در چنین شرایطی گیاهان بهتر قادر به تحمل دوره‌های خشکی، استخراج آب و استفاده از مواد مغذی هستند. سطح بالای مواد آلی موجود در

بیوسولیدها نیز می‌تواند به گیاه در کاهش دسترسی جهت جذب فلزات سنگین کمک کند. بسته به شرایط آب و هوایی، ساختار خاک و مدیریت آن، این تأثیرات باید برای چندین سال دوام داشته باشد. ماده آلی عرضه شده از طریق کاربرد بیوسالیدها در زمین‌های کشاورزی ممکن است رشد جمعیت مفید میکروبی خاک را که غیر فعال‌کننده پاتوژن‌ها هستند و در چرخه عناصر غذایی و دسترس بودن آن مهم هستند و به بهبود خصوصیات فیزیکی خاک کمک می‌کنند، تقویت کند (Martin and Kelso, 2009).

- افزایش میزان محصولات کشاورزی در زمین‌های اصلاح شده با لجن فاضلاب: در تحقیقی که در بخش علوم محیط زیست خاک و گیاه در دانشگاه ویرجینیا در زمینه استفاده از لجن فاضلاب به منظور رفع احتیاجات گیاهان و بهبود خاک کشاورزی انجام گرفت، خصوصیات این ماده از نظر مواد آلی، ظرفیت نگه داری آب، هوادهی خاک و منبع انرژی برای کرم‌های خاکی و میکروارگانیسم‌های مفید خاک گزارش شد. نتایج این مطالعات نشان داد که محصولات کشاورزی در زمین‌های اصلاح شده با لجن، خیلی بیشتر از زمین‌هایی است که توسط کود تجاری حاصلخیز شده‌اند. گزارش‌های ۲۵ ساله این تحقیق، حاوی شواهد زیادی مبنی بر مزایای کاربرد لجن تولیدی مطابق با قوانین بوده است. در گزارش مذکور بر وجود پایش و کنترل دائمی بر روی کاربرد لجن به منظور پاسخگویی به شک و نگرانی عمومی مردم تاکید شده است (Evanylo, 1999).

اثرات مضر کاربرد بیوسالیدها در کشاورزی

- افزایش هدایت الکتریکی: کاربرد لجن فاضلاب می‌تواند باعث افزایش هدایت الکتریکی خاک شود و استفاده از آن در مقادیر زیاد ممکن است در خاک‌های با شوری بالا مشکل ساز باشد؛ برای جلوگیری از اثر سوء لجن فاضلاب بر شوری، مدیریت مناسب آبیاری خاک، مانند آبیاری با آب شیرین یا آبشویی با آب نیمه شور توصیه می‌گردد (زارع و همکاران، ۱۳۹۳).

- افزایش غلظت فلزات سنگین: Perez-Murcia و همکاران (۲۰۰۶) با بررسی تأثیر لجن فاضلاب بر رشد کلم بروکلی گزارش نمودند، افزودن لجن فاضلاب باعث افزایش غلظت فلزات سنگین در کلم بروکلی شد. Kedniz و همکاران (۲۰۰۶) اثرات کاربرد لجن فاضلاب و نیتروژن را بر رشد سورگوم دانه‌ای در ترکیه بررسی نمودند. نتایج آنان نشان داد بعد از کاربرد لجن فاضلاب، غلظت فلزات سنگین در برگ و دانه کم‌تر از سطوح سمی برای انسان و دام بوده و می‌توان از لجن فاضلاب به عنوان کود نیتروژن در تولید ذرت سورگوم دانه‌ای استفاده نمود (رحمانی و همکاران، ۱۳۹۳).

- خطرات میکروبیولوژیکی بیوسولیدها: فرآیندهای تصفیه فاضلاب به منظور کاهش تعداد پاتوژن‌های موجود در بیوسولیدها طراحی شده‌اند. اگرچه تعداد باکتری‌ها بعد از کاربرد بیوسالید کاهش می‌یابد، اما برخی از آن‌ها پس از استفاده از بیوسولیدها ممکن است برای برخی از ماه‌ها پایدار باشند و حتی می‌توانند افزایش پیدا کنند. این به خودی خود خطرات قابل توجهی برای سلامتی به همراه ندارد، اگرچه در حین استفاده از فرآورده‌های بهداشتی

معمولی اعمال می‌شود. تحقیقات نشان داده است که مدیریت مناطقی که بیوسالید در آن مطابق دستورالعمل NSW استفاده می‌شود خطراتی را که برای سلامتی انسان و چرای حیوانات دارد، به طور مستقیم یا از طریق زنجیره غذایی به حداقل می‌رساند (Martin and Kelso, 2009).

– مواد تجزیه‌پذیر باقیمانده در زمین‌های کشاورزی که بیوسالید در آن استفاده شده است سمی است: در پرتقال و ورونای ایتالیا نیز در دانشکده علوم دانشگاه BEJA تحقیقی مشترک در مورد ارزیابی شیمیایی و سم‌شناسی بر روی مواد تجزیه‌پذیر باقیمانده در زمین‌های کشاورزی، سه نوع پسماند قابل تجزیه شامل لجن تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، کمپوست حاصل از پسماندهای جامد شهری و کمپوست پسماندهای باغی را بررسی کردند. در این تحقیق، پس از انجام آنالیز زیست‌سنجی با کرم‌های خاکی، لجن تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به دلیل میزان بالای فلز روی که باعث مرگ و میر قابل ملاحظه کرم‌های خاکی گردید، سمی شناخته شد (Alvarenge *et al.*, 2007).

نتیجه‌گیری کلی

قیمت ارزان و در دسترس بودن لجن فاضلاب از یک طرف و از طرف دیگر مزایای مثبت آن، استفاده از این ماده را به عنوان کود در کشاورزی مطرح می‌کند. با توجه به اینکه بررسی منابع نشان می‌دهد استفاده کوتاه مدت این ماده نمی‌تواند زیانی به گیاه برساند و در طولانی مدت باعث تجمع عناصر سنگین در خاک می‌شود می‌توان از این ماده به عنوان کود در کشاورزی استفاده کرد البته در صورتی که بتوان به همراه آن از مواد اصلاحی مانند زئولیت (نوعی کانی سیلیکاتی) که استفاده از آن منجر به حذف فلزات سنگین می‌شود استفاده کرد. مشکل تجمع فلزات سنگین نیز برطرف خواهد شد. در ایران لجن فاضلاب عمدتاً به دلیل ارزانی قیمت این فرآورده در کشت گیاهان دارای خام‌خوری مخصوصاً سبزیجات استفاده شده و به دلیل وجود آلاینده‌های آلی و معدنی مختلف در آن‌ها، خطر بروز انواع بیماری‌ها در مصرف‌کننده‌ها افزایش می‌یابد (عسگری‌لجایر و همکاران، ۱۳۹٤). بنابراین در مورد محصولات کشاورزی و سبزیجات تحت کشت کودهای دارای مواد آلاینده مانند لجن فاضلاب پیشنهادات ترویجی ذیل جهت حصول نتایج بهتر ارائه می‌شود.

– استفاده از معادلات ارزیابی خطر برای به دست آوردن خطرات مصرف آن‌ها توسط گروه‌های مختلف سنی مصرف‌کننده پیشنهاد می‌شود. با محاسبه شاخص‌های خطرپذیری مصرف‌کننده‌ها، میزان خطرپذیری گروه‌های مختلف سنی مصرف‌کننده ناشی از مصرف گیاهان کشت شده تحت لجن پرتوتابی شده و نشده به دست می‌آید.

– پرتوتابی لجن فاضلاب قبل استفاده در زمین‌های کشاورزی پیشنهاد می‌شود. زیرا پرتوتابی لجن فاضلاب باعث حذف بیمارگرهای خطرناک و مواد بازدارنده رشد گیاه موجود در آن‌ها شده و رشد و عملکرد گیاهان را افزایش می‌دهد.

– انتخاب نوع گیاهان برای کشت در شرایط مصرف لجن فاضلاب نیز بسته به متابولیسم، نیازهای تغذیه‌ای، تحمل آن به تنش و تغییر خاصیت کودی و سلامتی این فرآورده با سطوح پرتوتابی می‌تواند انجام شود.

– در راستای رسیدن بـه پایـداری در موضـوع فاضـلاب، بایستی یک تغییر نگرش اساسی اتفاق بیفتد و فاضـلاب را به عنوان یک ترکیب زائد که بایستی حذف و دور ریختـه شود ندید. امروزه در مـدیریت ضـایعات و زبالـه‌هـا (کـه فاضلاب‌ها نیز جزء مهم آن‌ها است) مفهوم دور ریختن در حـال جـایگزینی بـا مفهـوم منبعـی تجدیـدپـذیر هسـت. فاضلاب نیز از این امر مستثنا نیست (رضـائی و سـعادت، ۱۳۹۷).

– کشور ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشـک واقـع شـده است استفاده از منابع جدید از جملـه آب‌هـای نامتعـارف همانند فاضلاب‌ها و پسـاب‌هـا بـرای تـأمین آب اهمیـت خاصی دارند. استفاده از آن‌ها علاوه بر تامین آب، می‌تواند باعث آزادسازی عناصر غذایی و انرژی مورد نیـاز گیاهـان از طریق کـاربرد لجـن فاضـلاب بـرای مصـارف مربوطـه گردد.

منابع

۱) رحمانی، ح. ر، معیری، م، مظاهری کوهانستانی، ز، خدابخش، ن و ح، شریفی. ۱۳۹۳. بررسی برخی ویژگی‌های کیفی و غلظت عناصر سنگین در لجن فاضلاب خشک شده تصفیه‌خانه شاهین-شهر اصفهان. علوم و تکنلوژی محیط زیست، دوره ۱۶، شماره ۲: ۵۵– ۶۶.

۲) رضائی، ح و س، سعادت. ۱۳۹۷. استفاده از فاضلاب در کشاورزی: فرصت‌ها، چالش‌ها و راهکارها. نشریه علمی و ترویجی مدیریت اراضی، جلد ۶، شماره ۲: ۲۱۳– ۲۳۲.

۳) زارع، م. چرم، م. و ن، معلمی. ۱۳۹۳. اثر لجن فاضلاب شهری تصفیه شده بر خصوصیات شیمیایی و عناصر غذایی ضروری خاک و خصوصیات فیزیولوژیکی نهال زیتون. مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی) جلد ۳۷، شماره ۲: ۱– ۱۵.

۴) زوزلی، م.ع، و ع، علاء. ۱۳۹۸. مروری بر کمپوست مشترک لجن فاضلاب شهری با انواع زائدات بیولوژیکی. مجله سلامت و بهداشت، سال دهم، شماره ۱: ۱۹– ۳۳.

۵) عسگری‌لجایر، ح، نجفی، ن. ا، و ا، مقیسه. ۱۳۹۴. بررسی امکان استفاده از لجن فاضلاب پرتوتابی شده با گاما در تولید گیاهان مختلف. نشریه تابش و فناوری هسته‌ای، سال دوم، شماره ۳: ۲۷– ۳۷.

۶) واثقی، س.، شریعتمداری، ح.، افیونی، م. و م، مبلی. ۱۳۸۰. اثر لجن فاضلاب بر غلظت فلزات سنگین در گیاهان کاهو و اسفناج در خاک‌های با pH متفاوت. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، دوره ۲، شماره ۳و ۴: ۱۲۵– ۱۴۰.

۷) هاشمی‌مجد، ک. ۱۳۹۲. تولید کمپوست و ورمی‌کمپوست از ضایعات آلی. انتشارات آییژ. ۱۹۲ ص.

8) Akdeniz, H., Yilmaz, I., Bozkurt, M.A., and Keskin, B. 2006. The effect of sewage sludge and nitrogen applications on crain sorghum grown *(Sorghum vulgare* L.*)* in Van-Turkey. Polish Journal of Environmental Studies, 15 (1) : 19-26.

9) Alvarenge, P., Palma, P., Goncalves, A.P., Fernandes, R.M., Cunha-Queda, A.C., Duarte, E., and Vallini, G. 2007. "Evolution of chemical and ecotoxicological characteristics of biodegradable organic residues for application to agricultural Land." Environmental International, 33: 505-513.

10) Basim, Y., Farzadkia, M., Jaafarzadeh, N., Hendrickx, T. 2012. Sludge reduction by lumbriculus variegatus in Ahvas wastewater treatment plant. Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering, 9 (1): 4. 1-5.

11) Eamens, G.J. and Waldren, A.M. 2008. Salmonella uptake in sheep exposed to pastures after biosolids application to agricultural land. Australian Journal of Soil Research, 46 (4): 302-308.

12) Epstein, E. 2003. Land application of sewage sludge and biosolids. CRC Press, Lewis Publishers, Florida.

13) Evanylo, G. K., T. 1999. Agriculture land application of biosolid in Virginia: Risks and concern, Virgina Tech. and Virginia State University Pub., Virginia.
14) Farzadkia, M., Jafarzadehhaghighifard, N., Lovymi. 2009. Optimization of bacteriological quality of biosolids by lime addition. Journal of Environmental Health Science and Engineering, 6 (1):29-34.
15) Martin, L and Kelso, G. 2009. Use of biosolids in agriculture. PRIMEFACT 859, USE OF BIOSOLIDS IN AGRICULTURE, PP: 1- 4.
16) Michalk, D., Whatmuff, M.S., Eamens, G., Osborne, G. and Gibson, T.S. 2003. Benefits and risks associated with biosolids application to agricultural production systems – experience from NSW Australia. In Waste management, Oxford Press and IBH, pp: 157-201.
17) Perez-Murcia, M.D., Moral, R., Moreno-Caselles, J., Perez-Espinosa, A., and Paredes, C. 2006. Use of composted sewage sludge in growth media for broccoli. Bioresource Technology, 97: 123-130.
18) Singh, R.P and Agrawal, M. 2010. Variations in heavy metal accumulation, growth and yield of rice plants grown at different sewage sludge amendment rates. Ecotoxicology and Environmental Safety, 73: 632-641.
19) Tamrabet, L., Bouzerzour, H., Makhlouf, K., and Makhlouf, M. 2009. The effect of sewage sludge application o Dorum Wheat (Triticum durum). International Journal of Agriculture and Biology. 11 (6): 741-745.
20) Wun Jern, N.G. 2006. INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT. National University of Singapore, Imperial College Press, 153 pp.