Archive of SID

مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ٦ شماره ٣ صفحه های ١٣٥ تا ١٤٨ (١٣٨٤)

اثر پساب و لجن فاضلاب کارخانه پلی اکریل ایران بر برخی ویژگی های مرفولوژیکی و غلظت عناصر در چمن، میمون و قرنفل[1]

EFFECTS OF WASTE WATER AND SEWAGE SLUDGE OF IRAN POLYACRILE FACTORY ON SOME MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS AND ION CONCENTRATION OF LAWN, SNAPDRAGON AND SWEET WILLIAMS

حسین شبانیان بروجنی, محمد علی حاج عباسی, مصطفی مبلی و مجید افیونی[2]

چکیده

جمع آوری، تصفیه و استفاده از لجن و پساب فاضلاب در کشاورزی و فضای سبز یکی از سودمندترین راه های به کارگیری حداکثر منابع آبی، حفظ محیط زیست و تامین حاصلخیزی خاک می باشد. البته وجود فلزهای سنگین در لجن و پساب فاضلاب ممکن است استفاده از این مواد را محدود گرداند. هدف از انجام این پژوهش ارزیابی رشد گیاهان قرنفل، میمون و چمن با به کارگیری دو نوع پساب تصفیه شده کارخانه پلی اکریل ایران و دو سطح لجن فاضلاب در مقایسه با آب چاه (شاهد) بود. آزمایش به صورت کرت های خرد شده با طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه کارخانه یاد شده با خاک لوم- سیلتی[3] صورت گرفت. انواع پساب و سطوح مختلف لجن فاضلاب به عنوان فاکتور اصلی و گیاهان به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. لجن فاضلاب و پساب ها بر وزن خشک و طول اندام هوایی گیاهان به طور متفاوتی تاثیر گذاشتند. قرنفل در تیمار ١٠٠ تن لجن در هکتار و میمون در تیمارهای ٥٠ و ١٠٠ تن لجن در هکتار افزایش وزن خشک داشتند. هر دو تیمار لجن فاضلاب ارتفاع بوته، تعداد شاخه گل دهنده و تعداد گلچه در گل آذین میمون را افزایش دادند که علت آن بالا بودن مواد آلی، نیتروژن و فسفرلجن اضافه شده به خاک بود. همچنین لجن فاضلاب باعث افزایش میزان کلروفیل در گیاهان شد که علت آن میزان بالای منیزیم جذب شده توسط گیاهان بوده است. استفاده از پساب ها باعث افزایش درصد بوته های خشک شده میمون و کاهش ارتفاع در قرنفل شد که می تواند به دلیل غلظت بالای نمک های محلول در آن ها باشد. تنها در چمن, پساب ها باعث رشد بیشتر شدند. برای کاهش اثرهای محدوده کننده پساب ها در آبیاری می توان نسبت های مشخصی از آب با کیفیت مناسب را با پساب ها آمیخت و محدودیت ها را تا حد قابل قبولی کاهش داد.

واژه های کلیدی: پساب، چمن، قرنفل، گل میمون، لجن فاضلاب.

مقدمه

رشد و کاربرد فناوری های جدید در صنعت و کشاورزی کیفیت خاک را به مخاطره انداخته و در نتیجه زندگی انسان ها را به ویژه در شهرهای بزرگ مورد تهدید قرار می دهد. کمبود آب در ایران و سایر نواحی

١- تاریخ دریافت: ٨٣/٦/٢٥ تاریخ پذیرش: ٨٤/٥/٢٤

٢- به ترتیب دانشجوی پیشین کارشناسی ارشد بخش خاکشناسی, دانشیار گروه خاکشناسی, دانشیار گروه علوم باغبانی و دانشیار گروه خاکشناسی, دانشکده کشاورزی, دانشگاه صنعتی اصفهان, اصفهان, جمهوری اسلامی ایران.

٣- Fluventic Haplocambids

www.SID.ir

Archive of SID

خشک یکی از عوامل محدود کننده تولید محصول های کشاورزی و گسترش فضای سبز محسوب می شود. از سوی رشد بی رویه جمعیت و افزایش آلودگی های محیط، مسئولین و سازمان های دولتی را بر آن داشته است تا در پی راه حل هایی برای رفع کمبود آب باشند. برخی از این راه حل ها عبارتند از کنترل تبخیر و هدر رفتن آب رودخانه ها، استفاده از منابع آب دور دست، شیرین کردن آب های شور و استفاده از پساب. در اغلب کشورهایی که با کمبود آب روبه رو هستند. پساب فاضلاب می تواند به دلیل غنی بودن از نظر عناصر مورد نیاز گیاه، ارزان ترین و قابل دسترس‌ترین منبع تامین آب برای آبیاری محسوب شود (۳). اما برای بهره گیری دوباره از آب نیاز است که از کیفیت آن آگاهی داشته و برای کاربرد آن در بخش های گوناگون روال درستی در نظر گرفته شود. از پساب های شهری و صنعتی پس از تصفیه و رساندن آن به مرز استاندارد می توان در آبیاری کشتزارها، پارک ها، جنگل ها و مصارف صنعتی بهره برداری نمود (٤). استفاده از پساب برای آبیاری در تعدادی از کشورها به ویژه در نواحی گرم و خشک متداول بوده و سابقه طولانی دارد (٥). استفاده از پساب خانگی برای آبیاری در قرن نوزدهم همراه با توسعه سیستم جمع آوری فاضلاب به علت افزایش جمعیت مورد توجه قرار گرفت. در دهه های ۱۸۷۰ تا ۱۸۹۰ مزارعی در انگلستان، آلمان، فرانسه، ایتالیا و استرالیا از فاضلاب خام استفاده می کردند. در همان سال ها در کالیفرنیا ۳۵ مزرعه از پساب برای آبیاری استفاده کردند. این مزارع تا سال ۱۹٦٦ به ۱٤۳ مزرعه افزایش یافت (۱٤).

لجن تولید شده در تصفیه خانه های فاضلاب منبع غنی از عناصر پر مصرف و کم مصرف مورد نیاز گیاه می باشد و به همین دلیل به عنوان کودی ارزان قیمت مورد توجه کشاورزان قرار گرفته است (۷ , ۱٤). با کاربرد پساب ها و لجن فاضلاب بر پایه مدیریت صحیح و رساندن ویژگی های فیزیکی, شیمیایی و میکروبی آن با استانداردهای بین المللی می‌توان از ارزش های بالقوه این منبع به نحو شایسته و مطلوبی استفاده کرد. نتایج پژوهش سابی و همکاران[۱] (۲۰) در دو گیاه درمنه[۲] و آتریپلکس[۳] نشان داد که طول برگ گیاهان در کرت های دارای لجن فاضلاب نسبت به کرت های شاهد به طور معنی داری بزرگتر بود. رضائی نژاد و افیونی (۷) گزارش کردند که افزودن لجن فاضلاب شهری به خاک باعث افزایش معنی دار ماده آلی، میزان آهن، مس، روی، فسفر و پتاسیم قابل جذب در خاک شد. همچنین غلظت قابل جذب آهن، روی، مس و سرب عصاره گیری شده با EDTA بین تیمارها دارای تفاوت معنی دار بود ولی غلظت فلزهای سمی در خاک کمتر از حد بحرانی گزارش شد. خیامباشی (٦) گزارش کرد که لجن فاضلاب شهری در مقادیر ۲۲/٥ و ٤٥ تن لجن خشک در هکتار عملکرد دو گیاه کاهو و اسفناج را افزایش داد. وی همچنین گزارش نمود که کاربرد لجن فاضلاب باعث افزایش مقدار کل و قابل جذب عناصر روی، مس، منگنز و سرب در خاک شد و نیز استفاده از لجن فاضلاب تا سطح ٤٥ تن در هکتار سبب افزایش معنی دار در غلظت مس و منگنز در اندام هوایی و روی و منگنز در ریشه کاهو و اسنفاج شد.

در کارخانه پلی اکریل ایران در اصفهان سالانه حجم زیادی پساب و لجن فاضلاب تولید می شود که دفع مستقیم آن از راه رودخانه ممکن است آثار نامطلوب بهداشتی و زیست محیطی به وجود آورد. بنابراین در صورتی که بتوان از این پساب ها و لجن فاضلاب آن در آبیاری اراضی کشاورزی و فضای سبز استفاده کرد، سبب صرفه جویی د رمصرف آب و کود شیمیایی خواهد شد. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی اثر پساب و لجن فاضلاب صنعتی کارخانه پلی اکریل ایران بر رشد و ویژگی های مرفولوژیکی گیاهان قرنفل[٤]، میمون[٥] و چمن اسپورت[٦] بود.

۱- Sabye *et al.* ۲- *Artemisia* spp. ۳- *Atriplex* spp. ٤- *Dianthus barbatus*

٥- *Antirrhinum majus* ٦- 10% *Festuca rubra*, 35% *Poa pratensis* and 55% *Lolium perenne*

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش ها

این پژوهش در مزرعه پژوهشی کارخانه پلی اکریل ایران واقع در ٤٥ کیلومتری جنوب غربی شهر اصفهان انجام شد. این منطقه در عرض جغرافیایی ٣٢ درجه و ٢٥ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ٥١ درجه و ٤٠ دقیقه شرقی قرار دارد. ارتفاع از سطح دریا ١٨٥٠ متر است. میانگین سالانه دما و بارندگی در منطقه به ترتیب ١٤/٥ درجه سانتی گراد و ١٤٠ میلیمتر می باشد. بافت خاک محل آزمایش از نوع لوم- سیلتی بود و مشکلی از نظر شوری یا قلیایی بودن نداشت. این خاک بر اساس سیستم جامع رده بندی، خاک Fluventic Haplocambids است (٩).

در این پژوهش اثر دو نوع پساب خروجی به زاینده رود و سرریز پساب، دو سطح لجن فاضلاب کارخانه پلی اکریل ایران شامل ٥٠ و ١٠٠ تن در هکتار بر رشد گیاهان چمن از نوع اسپرت، قرنفل و میمون مورد بررسی قرار گرفت. همچنین آب چاه دستگرد (آب زراعی محل) به عنوان شاهد مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش به صورت کرت های خرد شده با طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد که ٥ تیمار پساب و لجن فاضلاب به عنوان فاکتور اصلی و ٣ نوع گیاه زینتی به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. پس از انجام عملیات خاک ورزی، زمین به ١٥ کرت اصلی به ابعاد ٦×٦ متر تقسیم شد و هر کرت اصلی به ٣ کرت فرعی به ابعاد ٦×٢ متر تقسیم شد. پس از افزودن لجن فاضلاب هوا خشک به میزان محاسبه شده به کرت های مورد نظر تا عمق ٣٠ سانتی متری با خاک آمیخته شد. نهال های یکسان میمون و قرنفل به فاصله ٢٥×٢٥ سانتی متر در نیمه آبان ١٣٧٩ نشاء گردیدند. همزمان کشت چمن نیز به میزان ٢٥ گرم بذر در متر مربع صورت گرفت. آبیاری تیمارهای شاهد، ٥٠ و ١٠٠ تن لجن در هکتار با آب چاه دستگرد انجام شد و آبیاری تیمارهای پساب حسب مورد با سرریز تصفیه پساب یا پساب خروجی به زاینده رود صورت گرفت. در طول فصل رشد مبارزه با علف های هرز به روش مکانیکی انجام شد.

تجزیه شیمیایی پساب های فاضلاب صنعتی و آب چاه

برای اندازه گیری قابلیت هدایت الکتریکی از دستگاه هدایت سنج مدل ٦٤٤ و برای تعیین pH از دستگاه pH متر مدل ٦٢٠ استفاده شد. پتاسیم قابل جذب به روش شعله سنجی با دستگاه فلیم فتومترکورنینگ مدل ٩٠ اندازه گیری شد. غلظت قابل جذب آهن، روی، مس، منگنز، کبالت، نیکل، سرب و کادمیم توسط دستگاه جذب اتمی پرکین المر مدل ٣٠٣٠ تعیین شد (١٦, ١٨). کربنات و بی‌کربنات به روش آدریانو و دونر و کلرید و سولفات با استفاده از روش رودز اندازه گیری شد (١٩).

تجزیه شیمیایی لجن فاضلاب صنعتی

برای اندازه گیری عناصر کم مصرف و فلزهای سنگین در لجن فاضلاب کارخانه پلی اکریل ایران، تمامی شکل های عناصر یاد شده به وسیله محلول دو اسید $HClO_4$ ٧٠٪ و HNO_3 غلیظ (به نسبت ٢:١) وارد فاز محلول شدند و غلظت عناصر سنگین و کم مصرف موجود در عصاره لجن به وسیله دستگاه جذب اتمی پرکین المر مدل ٣٠٣٠ تعیین شد (١٣, ١٩). اندازه گیری مواد آلی لجن به روش اکسایش تر انجام شد (١٢). نیتروژن کل لجن خشک به روش کلدال اندازه گیری شد (٢١). فسفر قابل جذب به روش اولسن[١] (١٧) و سدیم و پتاسیم قابل جذب به ترتیب با روش های عصاره گیری با استات آمونیوم نرمال ودستگاه فلیم فتومتر تعیین شد

١- Olsen

www.SID.ir

Archive of SID

(۱۵). کلسیم و منیزیم با روش پیشنهادی لانیون و هلد تعیین شد (۱۹). کربنات و بی کربنات به ترتیب با استفاده از روش های آدریانو و دونر و رودز (۱۹) اندازه گیری شدند.

نمونه برداری و تجزیه شیمیایی گیاهان

نمونه برداری از گیاهان ۱۸۰ روز پس از کاشت (نیمه های اردیبهشت) صورت گرفت. برای گیاهان میمون و قرنفل به طور تصادفی ۱۲ بوته از گیاهان هر کرت گزینش و اندام هوایی آن ها برداشت شد. برای چمن نیز شاخساره از دو سانتیمتری بالای خاک قطع شد. پس از اندازه گیری های مرفولوژیکی اندام هوایی به مدت ٤٨ ساعت در آون تهویه دار در دمای ٦٥ درجه سانتی گراد خشک و توزین شده و برای تجزیه های شمیایی آسیاب شد. برای اندازه گیری غلظت عناصر یک گرم از نمونه های خشک و پودر شده گیاهی به کروزه چینی منتقل شد و در کوره الکتریکی ٥٥٠ درجه سانتیگراد عمل خاکستر گیری انجام شد. سپس ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک دو مولار به کروزه افزوده شده و با حرارت دادن ملایم مواد خاکستر شده در اسید حل شد. محلول به دست آمده از کاغذ صافی واتمن ٤٢ عبور داده شده و حجم نهایی عصاره با آب مقطر به ۱۰۰ میلی لیتر رسید (۲۰). غلظت منیزیم، سدیم و پتاسیم با روش شعله سنجی در دستگاه فلیم فتومترکورنینگ مدل ۹۰ (۱۵) و فسفر با روش رنگ سنجی در دستگاه اسپکتروفتومترمدل ۲۰ در طول موج ٦٦٠ نانومتر اندازه گیری شد (۱۷). نیتروژن کل نمونه های گیاهی به روش کلدال (۲۱) اندازه گیری شد.

اندازه گیری ویژگی های مرفولوژیکی گیاهان

برای تعیین تاثیر تیمارهای به کار رفته بر رشد و نمو گیاهان از پارامترهای مختلفی همچون وزن خشک اندام هوایی میمون و قرتفل، وزن خشک چمن در متر مربع، ارتفاع یا طول ساقه میمون و قرنفل و درصد بوته های خشک شده میمون در هر کرت ۱۸۰ روز پس از کاشت و تعداد شاخه گل دهنده میمون و تعداد گل در گل آذین میمون در پایان رشد زایشی استفاده شد.

اندازه گیری کلروفیل در گیاه

سه گرم برگ تازه و سالم برداشته و به مقدار کافی خرد شد. آنگاه قطعه های خرد شده در هاون کوبیده شده و ٥ میلی لیتر استون ۸۰٪ به آن اضافه شد. کلروفیل حل شده در بالن ژوژه ٥٠ میلی لیتری جمع آوری شد. این عمل چند مرتبه انجام شد تا برگ های کوبیده شده حالت زرد رنگ به خود گرفته و دیگر دارای کلروفیل نباشند. در پایان, پس از صاف کردن، نمونه را به حجم ٥٠ میلی لیتر رسانده و برای اندازه گیری میزان کلروفیل از دستگاه اسپکتروفتومتر استفاده شد. ابتدا با استفاده از استون دستگاه کالیبره شد و آنگاه در طول موج های ٦٤٥ و ٦٦٣ نانومتر و با استفاده از فرمول های زیر میزان کلروفیل a و b اندازه گیری شد. مقدار کل کلروفیل در گیاه مجموع کلروفیل های a و b است (۱).

$$C_a\ (mg\ l^{-1}) = 2.7\ A_{663} - 2.69 A_{645}$$
$$C_b\ (mg\ l^{-1}) = 22.9\ A_{645} - 4.68 A_{663}$$

که در آن A جذب نور درطول موج مربوطه، C_a غلظت کلروفیل a و C_b غلظت کلروفیل b می باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

تجزیه های آماری

پس از جمع آوری داده‌ها برای انجام محاسبات آماری بر اساس آزمایش کرت های خرد شده و مقایسه میانگین ها به روش LSD در سطح احتمال ۵٪ از نرم افزارهای SAS و SPSS (13.0 for Windows) استفاده شد.

نتایج و بحث

ویژگی های پساب ها، آب چاه و لجن فاضلاب

برخی ویژگی های شیمیایی پساب های مورد استفاده و آب چاه در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس استانداردهای ارائه شده سازمان کشاورزی و خواروبار جهانی[۱] تیمارهای سرریز پساب و خروجی به زاینده رود از نظر شوری هر دو در کلاس C_4 قرار می گیرند. یعنی برای گیاهان متحمل به شوری با آبشویی و زهکشی مناسب می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. از نظر سدیم هر دو در گروه S_3 قرار دارند (۲، ۱۸). تیمار سرریز پساب از نظر کلرید در کلاس Cl_3 قرار می گیرد یعنی در صورت استفاده از آن در آبیاری گیاهان نیمه متحمل به طور خفیف تا متوسط نشانه های مسمومیت کلرید را نشان می دهند. تیمار خروجی به زاینده رود از نظر کلرید در کلاس Cl_4 قرار می گیرد یعنی این تیمار به طور معمول برای گیاهان متحمل توصیه می شود و آبشویی و زهکشی برای زمین های آبیاری شده با آن لازم است و در صورت استفاده از این تیمار برخی از گیاهان متحمل، نشانه های مسمومیت کلرید را به طور متوسط نشان می دهند. تیمار شاهد (آب چاه) از نظر شوری در کلاس C_3 و از نظر خطر سدیم در کلاس S_1 و از نظر کلرید در کلاس Cl_2 قرار می گیرد. یعنی این آب برای آبیاری برخی از محصول های کشاورزی مناسب است اما در صورت عدم آبشویی و زهکشی مناسب شوری خاک به مرور گسترش پیدا می کند. همچنین، در صورت استفاده از این تیمار گیاهان حساس, به طور خفیف تا متوسط نشانه های مسمومیت کلرید را نشان خواهند داد (۲، ۱۸). با توجه به استانداردهای FAO (۱۸) غلظت عناصر کم مصرف و فلزهای سنگین در تیمارهای آب چاه، سرریز پساب و خروجی به زاینده رود از بیشترین میزان مجاز آن ها برای آبیاری کمتر است.

برخی ویژگی های شیمیایی لجن فاضلاب مورد استفاده در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (۱۱) مقادیر کادمیم، روی، نیکل و سرب در لجن فاضلاب مورد استفاده از استاندارد حد مجاز فلزهای سنگین برای اراضی کشاورزی کمتر است. بنابراین استفاده از این پساب ها و لجن به ویژه برای گیاهان زینتی (غیر خوراکی) نبایستی از نظر فلزهای سنگین مشکلی ایجاد نماید. افزون بر این که برخی از ویژگی های آن برای خاک و گیاهان زیر کشت مفید است که درزیر بررسی خواهد شد.

اثر پساب و لجن فاضلاب بر غلظت برخی عناصر در اندام هوایی گیاهان

نیتروژن

تاثیر پساب ها و لجن فاضلاب بر درصد نیتروژن در اندام هوایی گیاهان در جدول ۳ آمده است. در اندام هوایی چمن غلظت نیتروژن از ۱/۷٪ در تیمار شاهد به ۳/۲ و ۲/۷٪ در تیمارهای خروجی به زاینده رود وسرریز پساب افزایش یافت. در اندام هوایی قرنفل درصد نیتروژن از ۱/۵٪ در تیمار شاهد به ۲/۷، ۳/۱ و ۳٪ به ترتیب در تیمارهای ۱۰۰ تن لجن درهکتار، خروجی به زاینده رود و سرریز پساب افزایش یافت. در اندام هوایی میمون نیتروژن از ۲٪ در تیمار شاهد به ۳/۱، ٤/٤، ٤ و ٤/۲٪ به ترتیب در تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ تن لجن در هکتار، خروجی به زاینده رود و سر ریز پساب به طور معنی دار افزایش یافت. مواد گیاهی خشک دارای به تقریب

۱- Food and Agricultural Organization (FAO)

www.SID.ir

Archive of SID

۲ تا ٤٪ نیتروژن هستند و نیتروژن یک جزء تشکیل دهنده اولیه برای ترکیبات آلی بی شماری مانند اسیدهای آمینه، پروتئین ها و اسید نوکلئیک ها است (۸). با توجه به استاندارد پیشنهاد شده (۱۸) غلظت نیتروژن در اندام هوایی گیاهان چمن، قرنفل و میمون در تمام تیمارها به میزان کافی برای رشد گیاه می باشد. برهمکنش تیمارها و گیاهان نشان می دهد که بیشترین غلظت نیتروژن در اندام هوایی مربوط به گیاه میمون در تیمار ۱۰۰ تن در هکتار لجن فاضلاب و کمترین غلظت نیتروژن در اندام هوایی مربوط به قرنفل در تیمار شاهد می باشد.

جدول ۱- اسیدیته، قابلیت هدایت الکتریکی و غلظت برخی از عناصر اندازه گیری شده در آب چاه، خروجی به زاینده رود و سرریز پساب کارخانه پلی اکریل ایران (میانگین ٤ تکرار).

Table 1. pH, EC, and ion concentration in well water, waste water to the river, and waste water of Iran Polyacrile Factory (data are the means of four replicates).

سر ریز پساب Waste water	خروجی به زاینده رود Waste water to river	آب چاه Well water	واحد Unit	ویژگی ها Properties
7.9	7.9	8.4	–	pH
3.2	3.9	1	dSm^{-1}	EC
279.8	287.1	76.2	$mg\ l^{-1}$	کلسیم Ca
17.9	42.4	28.7	$mg\ l^{-1}$	منیزیم Mg
376.1	465.1	82.54	$mg\ l^{-1}$	سدیم Na
27.8	22.53	1.42	$mg\ l^{-1}$	پتاسیم K
119	346	89	$mg\ l^{-1}$	کلرید Cl
110.6	125.8	214.3	$mg\ l^{-1}$	بیکربنات HCO_3^{-1}
4.5	3.0	27.8	$mg\ l^{-1}$	کربنات CO_3^{-2}
978	1040	115	$mg\ l^{-1}$	سولفات SO_4^{-2}
0.02	0.06	ND†	$mg\ l^{-1}$	کبالت Co
0.03	0.03	0.01	$mg\ l^{-1}$	مس Cu
ND	ND	ND	$mg\ l^{-1}$	کادمیم Cd
0.02	0.04	0.01	$mg\ l^{-1}$	منگنز Mn
0.03	0.03	ND	$mg\ l^{-1}$	سرب Pb
0.34	0.3	0.01	$mg\ l^{-1}$	آهن Fe
0.45	0.7	0.06	$mg\ l^{-1}$	روی Zn
0.02	0.02	ND	$mg\ l^{-1}$	نیکل Ni

† ND کمتر از حد تشخیص دستگاه.

† Not detected by the instrument.

فسفر

لجن فاضلاب به میزان ۵۰ و ۱۰۰ تن در هکتار باعث افزایش فسفر در اندام هوایی چمن شد (جدول ۳). در اندام هوایی قرنفل با افزایش ۱۰۰ تن در هکتار لجن غلظت فسفر افزایش پیدا کرد. غلظت فسفر در اندام هوایی میمون از ۰/۳٪ در تیمار شاهد به ۰/٤٤ و ۰/۵۸٪ به ترتیب در تیمارهای ۱۰۰ تن لجن در هکتار و پساب خروجی به زاینده رود افزایش یافت (جدول ۳) که علت آن وجود فسفر کافی در لجن و یا پساب می باشد. با توجه به

www.SID.ir

Archive of SID

استاندارد پیشنهاد شده (۱۸)، غلظت فسفر در اندام هوایی گیاهان در تمام تیمارها برای رشد کافی مناسب می‌باشد. برهمکنش تیمارها و گیاهان نشان می دهد که بیشترین غلظت فسفر در اندام هوایی مربوط به گیاه میمون در تیمار خروجی به زاینده‌رود و کمترین غلظت فسفر در اندام هوایی مربوط به میمون و قرنفل در تیمار سر ریز پساب می باشد. ریشه های گیاهان می‌توانند فسفات را از محلول هایی با غلظت خیلی کم فسفات جذب کنند و به طور معمول میزان فسفات یاخته های ریشه و شیره آوند چوبی ۱۰۰ و ۱۰۰۰ برابر زیادتر از محلول خاک است. این موضوع نشان می‌دهد که جذب فسفات بر خلاف یک شیب خیلی تند غلظت انجام می‌شود و یک جذب فعال است (۸).

جدول ۲- اسیدیته، قابلیت هدایت الکتریکی و غلظت برخی از عناصر اندازه گیری شده در لجن فاضلاب صنعتی کارخانه پلی اکریل ایران (میانگین ٤ تکرار).

Table 2. pH, EC, and ion concentration in swage sludge of Iran Polyacrile Factory (data are the means of four replicates).

مقدار Value	واحد Unit	خصوصیات Properties	مقدار Value	واحد Unit	ویژگی ها Properties
1.12	%	بیکربنات HCO_3^-	6.7	–	pH
12.12	%	مواد آلی OM	8.3	dS/m	EC (1:5)
2840	($mg\ kg^{-1}$)	آهن† Fe	0.7	درصد	نیتروژن N
340	($mg\ kg^{-1}$)	روی† Zn	2.4	درصد	فسفر P
335	($mg\ kg^{-1}$)	منگنز† Mn	0.15	درصد	پتاسیم K
55	($mg\ kg^{-1}$)	کبالت† Co	0.25	درصد	سدیم Na
10	($mg\ kg^{-1}$)	کادمیم† Cd	0.2	درصد	کلسیم Ca
5	($mg\ kg^{-1}$)	نیکل† Ni	0.2	درصد	منیزیم Mg
95	($mg\ kg^{-1}$)	سرب† Pb	0.18	درصد	کلر Cl
85	($mg\ kg^{-1}$)	مس† Cu	0	درصد	CO_3^{2-}

† Extraction method is digestion by nitric and perchloric acids.

† عصاره گیری به روش هضم با اسید نیتریک و اسید پرکلریک.

پتاسیم

غلظت پتاسیم اندام هوایی چمن از ٦٪ در تیمار شاهد به ۷/٦ و ۷/۸٪ به ترتیب درتیمارهای خروجی به زاینده رود و سرریز پساب افزایش پیدا کرد (جدول ۳). در اندام هوایی قرنفل غلظت پتاسیم تنها در تیمار ۱۰۰ تن لجن درهکتار نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد. در اندام هوایی میمون غلظت پتاسیم از ٤/۱٪ در تیمار شاهد به ۵/۲، ٦/۳، ٦/٤ و ۵/۸٪ به ترتیب در تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ تن لجن در هکتار و خروجی به زاینده رود و سرریز پساب افزایش یافت که این افزایش در تیمارهای ۱۰۰ تن لجن درهکتار و خروجی به زاینده رود نسبت به تیمار شاهد معنی دار گردید (جدول ۳).

www.SID.ir

Archive of SID

سدیم

غلظت سدیم در اندام هوایی چمن از ۰/۲۷٪ در تیمار شاهد به ۰/۵٤ و ۰/٦٪ به ترتیب در تیمارهای خروجی به زاینده رود و سرریز پساب افزایش یافت (جدول ۳). در اندام هوایی قرنفل و میمون برای دو تیمار خروجی به زاینده رود و سرریز پساب نیز جذب سدیم افزایش نشان داد که دلیل آن بالا بودن غلظت سدیم در این دو تیمارمی باشد (جدول ۱) در حالی که در لجن فاضلاب کارخانه میزان سدیم بسیار اندک بوده است (جدول ۲).

جدول ۳- اثر تیمار های مختلف پساب و لجن فاضلاب کارخانه پلی اکریل بر غلظت عناصر (درصد) در اندام هوایی خشک شده گیاهان.

Table 3. Effect of different treatments of waste waters and sewage sludge of Iran Polyacrile Factory on dried shoot ion concentrations.

گیاه Species	تیمار	نیتروژن	پتاسیم	سدیم	منیزیم	فسفر
چمن Lawn	آب چاه Well water	1.7b†	6.0b	0.27a	0.02a	0.3b
	لجن فاضلاب 50 t ha^{-1} Sewage sludge	1.7b	6.6ab	0.28c	0.02a	0.5a
	لجن فاضلاب 100 t ha^{-1}Se wage sludge	1.8b	6.0b	0.22d	0.015a	0.5a
	خروجی به زاینده رود Waste water to river	3.2a	7.6ab	0.54b	0.02a	0.4b
	سر ریز پساب Waste water	2.7a	7.8a	0.6a	0.016a	0.3b
قرنفل Sweet Willams	آب چاه Well water	1.5b	4.7b	0.23e	0.033ab	0.3ab
	لجن فاضلاب 50 t ha^{-1} Sewage sludge	2.0b	5.3b	0.28d	0.045ab	0.38ab
	لجن فاضلاب 100 t ha^{-1} Se wage sludge	2.7a	7.7a	0.35c	0.045ab	0.44a
	خروجی به زاینده رود Waste water to river	3.1a	6.0ab	0.66a	0.046a	0.3ab
	سرریز پساب Waste water	3.0a	5.2b	0.54b	0.03b	0.2b
میمون Snapdragon	آب چاه Well water	2.0c	4.0b	0.4b	0.05a	0.3bc
	لجن فاضلاب 50 t ha^{-1} Sewage sludge	3.1b	5.2ab	0.36b	0.06a	0.29bc
	لجن فاضلاب 100 t ha^{-1} Se wage Sludge	4.4a	6.3a	0.37b	0.05a	0.44ab
	خروجی به زاینده رود Waste water to river	4.0a	6.4a	0.64a	0.05a	0.58a
	سرریز پساب Waste water	4.2a	5.8ab	0.58a	0.05a	0.2c

† Means in each column and for each species followed by similar letter are not significantly different (P<0.05 LSD).

† در هر ستون ودر هر گیاه میانگین هایی که دارای حروف یکسان هستند در سطح احتمال ٥٪ با آزمون LSD بدون تفاوت معنی‌دار می باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

منیزیم

در اندام هوایی چمن و میمون غلظت منیزیم تفاوت معنی داری را بین تیمارهای مختلف نشان نداد ولی در اندام هوایی قرنفل افزایش غلظت منیزیم در تیمار خروجی به زاینده رود تفاوت معنی داری را نشان داد (جدول ۳). منیزیم به طور معمول به مقداری کمتر از Ca یا K توسط گیاهان جذب می شود. معروف ترین نقش منیزیم، وجود آن در مرکز مولکول کلروفیل است. مقدار منیزیم در بافت های گیاهی حدود ۰/۵٪ ماده خشک است (۸). در مقایسه با استاندارد پیشنهاد شده (۱۸) مقدار منیزیم در اندام هوایی گیاهان چمن، میمون وقرنفل در همه تیمارها برای رشد گیاه کافی می باشد. به عبارتی پساب ها و لجن ها نقش عمده ای از نظر تامین منیزیم برای گیاهان مورد آزمایش نداشته اند زیرا در خاک شاهد (تیماری که تنها آب چاه دریافت کرده) به اندازه کافی منیزیم وجود داشته است. واثقی و همکاران (۱۰) و خیامباشی (٦) نیز گزارش کرده‌اند که افزودن لجن فاضلاب باعث افزایش غلظت برخی عناصر در خاک شده و از این راه غلظت آن ها را در گیاه نیز افزایش داده است.

اثر پساب و لجن فاضلاب بر ویژگی های گیاهان

وزن خشک اندام هوایی قرنفل

افزایش سطح لجن فاضلاب باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی بوته قرنفل شد به طوری که این افزایش در تیمار ۱۰۰ تن لجن در هکتار نسبت به تیمارشاهد معنی دار بود (جدول ٤). دلیل احتمالی افزایش وزن خشک تک بوته قرنفل در تیمار ۱۰۰ تن لجن در هکتار مربوط به اثرهای مطلوب مواد آلی لجن فاضلاب و همچنین عناصر غذایی پتاسیم، نیتروژن و فسفر موجود در آن می باشد. در پژوهش انجام شده توسط واثقی و همکاران نیز سطوح مختلف لجن فاضلاب شهری باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی کاهو و اسفناج گردید (۱۰). عدم وجود تفاوت معنی دار در وزن خشک تک بوته قرنفل در تیمار سرریز پساب نسبت به شاهد به احتمال به دلیل قابلیت هدایت الکتریکی بالاتر تیمار سرریز پساب نسبت به تیمار شاهد می باشد (جدول ۱) بر خلاف این که غلظت عناصر کم مصرف در تیمار سرریز پساب نسبت به تیمار شاهد بیشتر است.

جدول ٤- اثر تیمارهای آب چاه، پساب ها و لجن فاضلاب بر وزن خشک وطول اندام هوایی قرنفل.

Table 4. Effect of well water, waste water and sewage sludge on dry weight and shoot length of sweet Willaim.

تیمارها Treatments	وزن خشک اندام هوایی (گرم) Shoot dry weight (g)	طول اندام هوایی (سانتی متر) Shoot length (cm)
آب چاه Well water	16b†	44a
لجن فاضلاب 50 t ha^{-1} Sewage sludge	20.2ab	43.6a
لجن فاضلاب 100 t ha^{-1} Sewage sludge	23.1a	41a
خروجی به زاینده رود Waste water to river	20ab	31.3b
سرریز پساب Waste water	16b	23.3b

† Means in each column followed by similar letter are not significantly different (P<0.05 LSD).

† در هر ستون میانگین هایی که دارای حرف مشترک هستند بدون تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD هستند.

www.SID.ir

Archive of SID

ارتفاع گیاه قرنفل

تیمارهای خروجی به زاینده رود و سرریز پساب باعث کاهش ارتفاع قرنفل نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ٤). به احتمال قابلیت هدایت الکتریکی بالا و غلظت زیاد کلرید تیمارهای سرریز پساب و خروجی به زاینده رود سبب این کاهش ارتفاع در اندام هوایی گیاه قرنفل نسبت به تیمارهای دیگر شده است.

وزن خشک اندام هوایی و ارتفاع بوته میمون

تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ تن لجن فاضلاب در هکتار باعث افزایش معنی دار وزن خشک اندام هوایی و ارتفاع بوته میمون نسبت به تیمار شاهد شد به طوری که لجن فاضلاب وزن خشک اندام هوایی میمون را به حدود سه برابر افزایش داد (جدول ۵). وجود مواد آلی و عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و دیگر عناصر مورد نیز گیاه در لجن فاضلاب باعث افزایش در رشد گیاه میمون در تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ تن لجن در هکتار نسبت به سایر تیمارها شده است. مشابه این نتیجه توسط واثقی و همکاران (۱۰) موقعی که از لجن فاضلاب شهری به میزان ۵۰ تا ۲۰۰ تن در هکتار برای کشت کاهو و اسفناج استفاده کردند به دست آمد.

جدول ۵- اثر تیمارهای مختلف آب چاه، پساب و لجن فاضلاب بر برخی از ویژگی های گیاه میمون.

Table 5. Effect of well water, waste water, and sewage sludge on different characteristics of snapdragon.

تیمار Treatments	وزن خشک اندام هوایی (گرم) Shoot dry weight (g)	طول اندام هوایی (سانتی متر) Shoot length (cm)	بوته خشک شده (درصد) Dried plants (%)	تعداد شاخه گل دهنده در بوته Inflorescence/ plant (No.)	تعداد گلچه در گل آذین Florets/ inflorescence (No.)
آب چاه Well water	4.8c†	19.6b	4.2b	11b	13bc
لجن فاضلاب 50 t ha^{-1} Sewage sludge	14.2a	30.3a	3b	12ab	19a
لجن فاضلاب 100 t ha^{-1} Sewage sludge	12.6ab	30.3a	5.6b	16a	15.6b
خروجی به زاینده رود Waste water to river	6.3c	22.6b	14.2a	11.3ab	11c
سر ریز پساب Waste water	4.4c	22.3b	12a	11.6ab	17.6bc

† Means in each column followed by similar letter are not significantly different (P<0.05 LSD).

† در هر ستون میانگین هایی که دارای حرف مشترک هستند بدون تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD هستند.

تعداد شاخه گل دهنده و تعداد گلچه در گل آذین گیاه میمون

در مورد بوته‌های زینتی، به کارگیری معیارهای کمی که تنها رشد و نمو را بررسی کند کافی نیست بلکه هدف زیبایی و تعداد گل است. اثر تیمارهای لجن و پساب فاضلاب بر تعداد شاخه گل دهنده و تعداد گلچه در گل آذین گیاه میمون در جدول ۵ نشان داده شده است. تعداد شاخه گل دهنده در بوته میمون با افزایش سطح لجن به صورت معنی داری افزایش پیدا کرد به طوری که ۱۰۰ تن لجن فاضلاب در هکتار حدود ۵۰٪ بر تعداد شاخه های گل میمون نسبت به شاهد افزود. از سوی دیگر تعداد گلچه در گل آذین میمون نیزاز ۱۳ گلچه در تیمار شاهد به

www.SID.ir

Archive of SID

حدود ۱۶ و ۱۹ گلچه به ترتیب در تیمارهای ۱۰۰ و ۵۰ تن لجن درهکتار فاضلاب افزایش پیدا کرد (جدول ۵). این افزایش به ویژه در موقعی که گل میمون به عنوان گل بریدنی تولید شود اهمیت ویژه ای خواهد یافت. دلیل افزایش تعداد گلچه به ویژه در تیمار ۵۰ تن لجن درهکتار نسبت به شاهد می تواند به دلیل ویژگی کودی لجن ها باشد.

درصد بوته های خشک شده گیاه میمون

درصد بوته های خشک شده میمون از ٤/٢٪ در تیمار شاهد به ١٤/٢ و ١٢٪ به ترتیب در تیمارهای خروجی به زاینده رود و سرریز پساب افزایش پیدا کرد که این افزایش نسبت به تیمارهای شاهد و ۵۰ و ۱۰۰ تن لجن در هکتار معنی دار گردید (جدول ۵). یکی از دلایل بالا بودن درصد بوته های خشک شده میمون در تیمارهای خروجی به زاینده رود و سر ریز پساب قابلیت هدایت الکتریکی بالای آن ها است (جدول ۱). این نتایج نشان می دهد گیاه میمون به شوری و کلرید حساس می باشد.

وزن خشک بریده چمن

وزن خشک اندام هوایی چمن از ۳۳۱ گرم در متر مربع در تیمار شاهد به ٣٦١، ٤٢٥، ٤٦٤ و ٤٣٦ گرم در متر مربع به ترتیب در تیمار های ۵۰ و ۱۰۰ تن در هکتار، خروجی به زاینده رود و سرریز پساب افزایش یافت (شکل ۱). این افزایش در تیمار های خروجی به زاینده رود و سرریز پساب نسبت به تیمار شاهد معنی دار بود که دلیل این افزایش چندان روشن نیست.

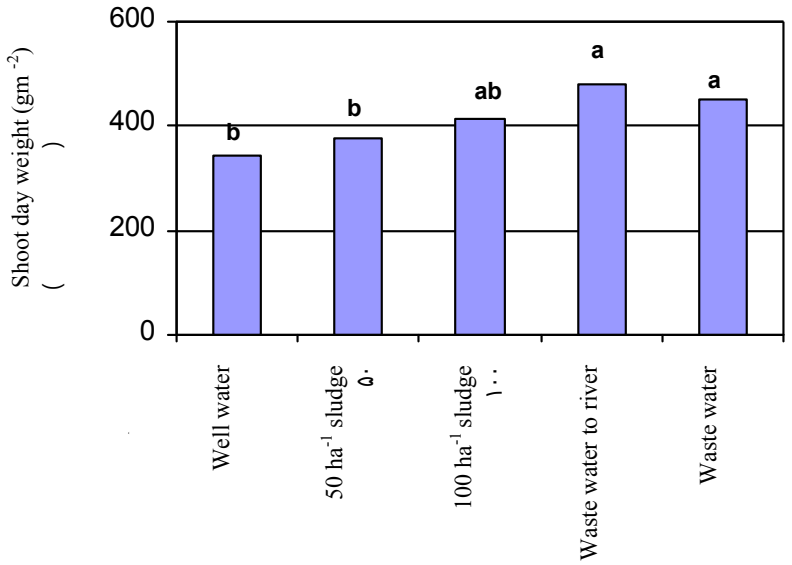

Fig. 1. Effect of different treatments of waste water and sewage sludge on lawn shoot dry weight.

شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف پساب و لجن فاضلاب بر وزن خشک اندام هوایی چمن.

اثر پساب و لجن فاضلاب بر غلظت کلروفیل در برگ گیاه

اثر پساب و لجن فاضلاب بر غلظت کلروفیل در گیاهان چمن و قرنفل در شکل ۲ نشان داده شده است. در قرنفل غلظت کلروفیل از ٤٧٨ میلی گرم در کیلو گرم وزن تر گیاه در تیمار شاهد به ٥٩٦، ٧٢٦، ٥٦٣ و ٥٣١ میلی گرم در کیلوگرم به ترتیب در تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ تن لجن در هکتار، خروجی به زاینده رود و سرریز پساب افزایش پیدا کرد. البته این افزایش غلظت تنها در تیمار ۱۰۰ تن لجن در هکتار نسبت به تیمار شاهد معنی دار شد. در گیاه چمن نیز غلظت کلروفیل از ۷۵ میلی گرم در کیلوگرم وزن تر در تیمار شاهد به ٣٦١، ١٩٥، ١٣٥ و ٢٩٣

www.SID.ir

Archive of SID

میلی گرم در کیلوگرم وزن تر برگ به ترتیب در تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ تن لجن درهکتار، خروجی به زاینده رود و سرریز پساب افزایش پیدا کرد. تنها افزایش غلظت کلروفیل برگ چمن در تیمار ۵۰ تن لجن در هکتار نسبت به تیمار شاهد معنی دار شد. دلیل این افزایش بالا بودن غلظت منیزیم در لجن فاضلاب می باشد (جدول ۲). منیزیم از عناصر اصلی در ساختار کلروفیل بوده و در این بررسی نیز همبستگی بین میزان کلروفیل برگ و منیزیم مثبت و معنی دار بوده است ($r = ۰/۹۰$).

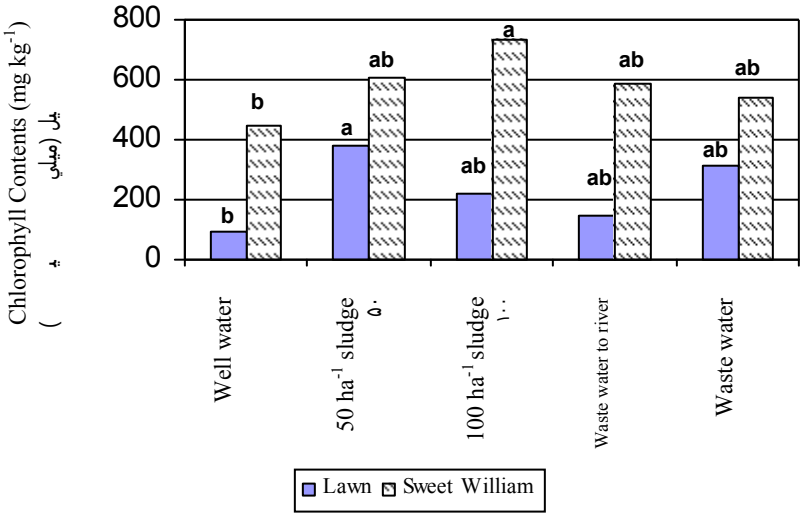

Figure 2. Effect of different trea tments of waste water and sewage sludge on lawn and Sweet William chlorophyll contents.

شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف پساب و لجن فاضلاب بر غلظت کلروفیل چمن و قرنفل.

نتیجه گیری

در مجموع مقایسه شاخص های رشد گیاهان میمون، قرنفل و چمن نشان می دهد که تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ تن لجن در هکتار در بیشتر موارد دارای اثر مثبت و معنی داری بوده اند. لجن فاضلاب به دلیل دارا بودن میزان بالای نیتروژن و فسفر سبب افزایش رشد و نمو و میزان کلروفیل شده است. همچنین به احتمال, بر اثر تجزیه مواد آلی لجن فاضلاب و ایجاد اسیدهای آلی و دی اکسید کربن, برخی از عناصر کم محلول موجود در خاک، حل شده و زودتر جذب گیاه می شوند. همچنین مقایسه شاخص های رشد نشان می دهد که تیمارهای پساب خروجی به زاینده رود و سرریز پساب در بیشتر موارد دارای تاثیر کم یا حتی منفی بوده اند که این را می توان به دلیل شرایط محدود کننده رشد (EC و کلر زیاد و SAR بالا و ESP زیاد) در این تیمارها دانست. برای کاهش اثرهای محدود کننده کیفیت پساب ها مانند EC, SAR و ESP می توان نسبت های مشخصی از آب با کیفیت مناسب و پساب ها را آمیخت و همراه افزایش حجم آب قابل استفاده در آبیاری محدودیت های بالا را تا حد قابل مناسبی کاهش داد. البته شایان ذکر است که یافته ها و توصیه های یاد شده ویژه منطقه (خاک) مورد بررسی بوده و در صورت استفاده از این مواد (لجن و پساب) بایستی علاوه بر گیاهان، وضعیت خاک مزرعه از نظر فیزیکی (ویژگی های هیدرولیکی و ساختار)، شیمیایی (CEC, pH و EC) و بیولوژیکی (تعداد و نوع موجودات و مواد آلی) همراه با گذشت زمان و به طور جداگانه مورد بررسی قرار گیرد.

www.SID.ir

Archive of SID

سپاسگزاری

بخشی از هزینه های این پژوهش از طریق طرح پژوهشی "استفاده از پساب خروجی و لجن تولیدی تصفیه خانه کارخانه پلی اکریل ایران (اصفهان) در آبیاری فضای سبز" پرداخت شده که به این وسیله قدردانی می‌شود. همچنین از آقای دکتر وکیل التجار و آقایان مهندس رحیلی، شریفی، هرندی و آقای نصر برای همکاری های بی دریغ قدردانی و تشکر می شود. از کارکنان آزمایشگاه خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان برای همکاری های بی دریغ و تجزیه های آزمایشگاهی قدردانی و تشکر می شود.

منابع REFERENCES

۱- آئینه چی، ی. (برگردان). ۱۳٦۸. روش های نوین تجزیه شیمیایی گیاهان. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۷۷ ص.

۲- افیونی، م.، ف. نوربخش و ر. مجتبی پور. ۱۳۷٦. خاک های شور و سدیمی و اصلاح آن ها. انتشارات ارکان. ۲۱۹ ص.

۳- ترابیان، ع. و ق. هاشمی. ۱۳۷۸. آبیاری فضای سبز با پساب تصفیه شده تصفیه خانه های تهران. مجله آب و فاضلاب ۳۱-۲۹:۲۵.

٤- حاج رسولی ها، ش. و ع. صفری سنجانی. ۱۳۷۹. ارزیابی کیفیت پساب تصفیه خانه فاضلاب شمال اصفهان برای کشاورزی. مجله آب و فاضلاب ۲٦-۲۳: ۳۳.

٥- حسینیان، م. ۱۳٦۰. اصول طراحی تصفیه خانه های فاضلاب شهری و پساب صنعتی. انتشارات حسینیان. ٥۱۷ صفحه.

٦- خیامباشی، ب. ۱۳۷٦. اثر استفاده از لجن فاضلاب به عنوان کود در آلایش و انباشت عناصر سنگین در خاک و گیاه. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۷- رضائی نژاد، ی. و م. افیونی. ۱۳۷۹. اثر مواد آلی بر خصوصیات شیمیایی خاک و جذب عناصر به وسیله ذرت وعملکرد آن. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱۹-۲۹: ٤.

۸- سالار دینی، ع. ۱۳۷۱. حاصلخیزی خاک. موسسه انتشارات دانشگاه تهران، ٤٤۱ ص.

۹- شبانیان بروجنی، ح. ۱۳۸۱. بررسی اثر پساب و لجن فاضلاب کارخانه پلی اکریل بر رشد و غلظت عناصر سنگین چند نمونه گیاهان فضای سبز و گندم. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی, دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۱۰- واثقی، س.، ح. شریعتمداری، م. افیونی و م. مبلی. ۱۳۸۰. اثر لجن فاضلاب بر غلظت فلزات سنگین در کاهو و اسفناج در خاک های با pH متفاوت. مجله علوم و فنون باغبانی ایران. جلد ۱٤۲-۱۲٥: ۲.

11. Chaney, R.L. 1989. Scientific of proposed sludge rule. Biocycle 30:80-85.
12. Chapman, H.D. and P.F. Praff. 1961. Methods of Analysis for Soil, Plant and Water. University of California, Division of Agricultural Science, U.S.A.
13. Clup. P.L. and G.L. Clup. 1978. Advanced wastewater treatment, 2nd edition, Van-Nostr and Rienhold, New York, U.S.A.
14. Crook, J. 1978. Health aspects of water reuse in California. J. Environ. Div. ASCE 104 (EE4): 601–610.
15. Knudsen, D. and G.A. Peterson. 1990. Lithium, sodium and potassium. In: Page, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeney. (eds.), Method of Soil Analysis. Part 2. 2nd ed. Agronomy Monograph. ASA Madison WI, U.S.A 225-246.
16. Lindsay, W.L. and W.A. Norvell. 1987. Development of DTPA soil testing for Zn, Fe, Mn, and Cu. Soil Sci. Soc. Amer. J. 42:421-428.

www.SID.ir

Archive of SID
17. Olsen, S.R. and L.E. Sommera. 1990. Phosphorous. In: Page, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeney (eds). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties Methods. Agronomy Monograph # 9, ASA, Madison, WI, U.S.A.
18. Pais, I.J. and B.J. Jones. 1997. The Handbook of Trace Elements. St. Lucue Press, N.W., Boca Raton, FL, U.S.A.
19. Page, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeney. 1992. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties Methods. Agronomy Monograph # 9, ASA, Madison, WI, U.S.A.
20. Sabye, B.R., R.L. Rendelton and R.L. Webb. 1990. Effect of municipal sewage sludge application on two reclamation shrub species in copper mine spoils. J. Environ. Qual. 19:580-586.
21. Westerman, R.E.L. 1990. Soil Testing and Plant Analysis. SSSA, Madison, WI, U.S.A.
www.SID.ir