

# 垃圾填埋场人造湿地植物和土壤主要特性

邹明, 史锬

大连交通大学环境与化学工程学院, 大连 116028

**摘要** 通过对瓦房店生活垃圾填埋场人造湿地中的芦苇、野大豆、水稻、酸模和艾草等主要植物及土壤进行研究, 测定植物覆盖度、生物量、氮含量和土壤粒径组成、不同粒径和不同区土壤氮和碳含量, 确定环境适应能力强、覆盖度高、根系发达和含氮量低的植物, 作为人造湿地建成初期重点栽培的湿地植物, 以便待湿地维护调理成熟后, 将其用于处理垃圾渗滤液; 分析湿地未处理污水的土壤相关性状, 为污水处理方案的设计提供参数。结果表明, ① 酸模、芦苇和艾草的覆盖度、茎叶和根生物量显著高于其他植物 ( $P < 0.05$ ); ② 0~0.2、0.2~0.9 和 0.9~4.0mm 粒径土壤的质量分数分别为 4.59%、19.00% 和 36.18%; ③ 0.9~4.0mm 粒径土壤氮和碳含量显著低于其他两种粒径土壤 ( $P < 0.05$ ); ④ 芦苇区土壤氮和碳含量显著高于其他区土壤 ( $P < 0.05$ )。由此得出结论, 酸模、芦苇和艾草可作为人造湿地处理污水的主要植物; 0.9~4.0mm 粒径土壤应是该湿地基质中用于处理污水的重要组成部分; 芦苇对土壤中氮和碳的吸收量不高, 应与相关植物混种, 以达到较好的处理效果。

**关键词** 湿地植物; 覆盖度; 生物量; 氮; 碳

**中图分类号** X21

**文献标识码** A

**文章编号** 1000-7857(2010)17-0077-06

## Main Characteristics of Plants and Soil in Constructed Wetland by Landfill

ZOU Ming, SHI Kun

School of Environmental and Chemical Engineering, Dalian Jiaotong University, Dalian 116028, Liaoning Province, China

**Abstract** The purpose of the research is to select and cultivate plants with strong adaptability to environment, high coverage, well-developed root system, low nitrogen content during the initial construction days of the constructed wetland, and these wetland plants will be used for treatment of landfill leachate after the wetland is constructed. The main characteristics of soil before treatment are analyzed, and the parameters obtained will provide some reference for the design of sewage treatment. The plants selected are *Phragmites communis*, *Glycine soja*, *Oryza sativa*, *Rumex acetosa* and *Artemisia argyi*, and the soil is on a constructed wetland in Wafangdian Municipal Landfill. The cover degree, biomass, nitrogen content of those plants, particle size composition of the soil, nitrogen and carbon contents of the soil in different size and different plant areas were analyzed. The results show that: (1) The cover degree, stem-leaf and root biomass of *Rumex acetosa*, *Phragmites communis* and *Artemisia argyi* are significantly higher than those of others ( $P < 0.05$ ). (2) The weight percentage contents of the soil with the diameter of 0~0.2, 0.2~0.9 and 0.9~4.0mm were about 4.59%, 19.00% and 36.18%. (3) The nitrogen and carbon contents of the soil where *Phragmites communis* grows are significantly higher than those of others ( $P < 0.05$ ). (4) The nitrogen and carbon contents of the soil with the diameter of 0.9~4.0mm are significantly lower than those of others ( $P < 0.05$ ). It is concluded that *Rumex acetosa*, *Phragmites communis* and *Artemisia argyi* should be further cultivated, and used for sewage treatment as the main wetland plants; the soil with the diameter of 0.9~4.0mm will become the main part of the matrix for the sewage treatment; *Phragmites communis* does not require very high contents of nitrogen and carbon, so it should be mixed with the related plant species in order to achieve a better treatment results.

**Keywords** wetland plant; cover degree; biomass; nitrogen; carbon

收稿日期: 2010-05-15; 修回日期: 2010-08-17

基金项目: 农业部引进国际先进农业科学技术计划(948计划)项目(660087)

作者简介: 邹明, 硕士研究生, 研究方向为环境土壤学, 电子信箱: reading\_2006@china.com.cn, 史锬(通信作者), 教授, 研究方向为应用生态学、土壤痕量重金属运移规律, 电子信箱: skshikun@sohu.com

## 0 引言

利用人造湿地系统处理污水的方法是一种高效、经济和操作简易的新型污水处理技术。人造湿地是由湿地植物、微生物、土壤基质和土壤动物等构成的复合生态工程<sup>[1-2]</sup>。不同组成部分具有不同的作用。植物能直接去除污染物,如通过植物体吸收氮、磷、重金属,根系可对悬浮固体(Suspend Solid,SS)阻挡截留等,更重要地是,植被可影响湿地处理床的通风和微生物状况<sup>[3-4]</sup>,植物根系对介质具有穿透作用,在介质中形成许多微小的气室或间隙,增强介质疏松度<sup>[5-6]</sup>,还可输送氧气到根区,提供根区微生物生长、繁殖和降解所需的氧<sup>[7]</sup>。土壤基质主要通过过滤、吸附、共沉、离子交换和微生物分解等过程实现对污水的高效净化<sup>[8]</sup>。因此,人造湿地植物和土壤在处理污水的过程中起着极其重要的作用。人造湿地的缺点是占地面积较广,利用人工方法对土壤基质进行的改造有限,且成本较高而效果不明显,但湿地植物对土壤的作用却是显著的。目前,全球发现的湿地高等植物多达6700余种,但已被用于处理湿地且产生效果的仅几十种,很多植物还未被试用过<sup>[9]</sup>。常见的人造湿地植物主要有芦苇(*Phragmites communis*)、香蒲(*Typha latifolia*)、茭白(*Zizania caduciflora*)、藜草(*Phalaris arundinacea*)、蔗草(*Scirpus triquetter*)、水葱(*Scirpus validus*)、水毛草(*Scirpus mucronatus*)、菖蒲(*Acorus calamus*)、灯心草(*Juncus effusus*)和风车草(*Cyperus alternifolius*)等<sup>[10-11]</sup>。美国的湿地主要以芦苇构建植被;丹麦、捷克和印度等国的湿地主要用芦苇和宽叶香蒲<sup>[12-13]</sup>;中国的湿地主要种植芦苇、香蒲、风车草和灯心草等。总的看来,芦苇和香蒲是最常用的人造湿地植物,主要应用于生活污水和工矿废水等处理<sup>[14]</sup>。

然而,湿地处理污水的机制复杂多变,不易被精确监控,对一些与操作和运行相关的参数很难确定。所以,目前大多数情况下,人造湿地的运行存在着不同程度的缺陷。如果仅凭经验粗略的对湿地进行操作和运行,往往无法达到较好的处理效果,有时甚至会导致许多严重问题的出现。因此,在人造湿地首次运行前,对其初始状态进行详细地考查研究很有必要。了解和掌握人造湿地潜力的相关资料,对其潜力的大小做出科学的评估并根据结果对其进行改良的做法是一项明智之举。本文拟通过研究瓦房店生活垃圾填埋场人造湿地未处理污水前主要植物和土壤特性,分析并选择环境适应能力强、覆盖度高、根系发达和含氮量低的植物,作为人造湿地建成初期重点栽培的湿地植物,待湿地维护调理成熟后,将其用于处理垃圾渗滤液;研究所得的土壤相关性状的资料,可为污水处理方案的设计提供参数。对湿地系统处理污水的能力和方式进行科学的分析、评估和设计,有助于实际操作中提高污水处理的效果,减少盲目操作带来的问题。

## 1 材料和方法

### 1.1 工程概况

人造湿地建于瓦房店生活垃圾填埋场内,为潜流式人造

湿地,占地面积1000m<sup>2</sup>,基质主要成分是土壤和碎石,基质层厚度为20cm。该湿地共分为5个区,分别为对照区(无植物区)、自然区(当地原生植物区)、芦苇区、野大豆(*Glycine soja*)区和水稻(*Oryza sativa*)区(人工种植区)。各区平行排列,面积均为20m<sup>2</sup>。自然区主要植物有酸模(*Rumex acetosa*)、艾草(*Artemisia argyi*)、稗草(*Echinochloa crusgalli*)、藜(*Chenopodium album*)和狗尾草(*Setaria viridis*)等。芦苇、野大豆和水稻种植于4月,株距为0.5m。该湿地的设计用途是处理填埋场垃圾渗滤液。

### 1.2 材料

样品:分别在春季(4月)、夏季(7月)和秋季(10月)取样。植物样包括芦苇、野大豆、水稻、酸模、艾草、稗草、藜和狗尾草;土壤样是5个区的土壤。

试剂:98%浓硫酸、0.001mol/L盐酸(标酸)、40%氢氧化钠溶液、0.4mol/L重铬酸钾-硫酸溶液、硫酸钾和五水合硫酸铜均为化学纯;2%硼酸溶液、0.1mol/L重铬酸钾、0.2mol/L硫酸亚铁溶液(标液)、溴甲酚绿、甲基红、95%乙醇、0.1%甲基橙和邻菲罗啉均为分析纯;石蜡(固体)等。加速剂:4.5g硫酸钾+1.5g五水合硫酸铜;硼酸-指示剂:1L2%硼酸溶液+20mL指示剂(0.5g溴甲酚绿+0.1g甲基红+100mL95%乙醇);邻菲罗啉指示剂:1.485g邻菲罗啉+0.695g硫酸亚铁+100mL水。

仪器:KDY-9810型凯氏定氮仪、真空电子干燥箱、精密电子天平、电热恒温油浴锅、植物粉碎机。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 植物覆盖度、生物量和氮含量测定

理论上植物覆盖度的测定应将植物地上部分对其生长区域的地面做垂直投影,总投影面积与区域面积之比即为其覆盖度。在实际野外试验中做垂直投影和计算投影面积的可操作性不强。为了操作和估算的方便易行,将投影区近似地看作矩形,用卷尺直接测量植物地上部平行于该区区长和宽两边的边线所达到的最大长度作为矩形的长和宽,将此矩形面积近似地作为植物的投影面积。将某种植物在该区所有近似投影面积相加得到该植物得覆盖面积。覆盖度的计算公式为

$$\text{覆盖度} = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_n}{S} \times 100\% \quad (1)$$

式中, $S_1, S_2, \dots, S_n$ 为近似投影面积,m<sup>2</sup>;S为区域面积,m<sup>2</sup>。

植物茎叶(根)生物量以鲜重测定。根据植物的生长和分布情况确定3个具有代表性的采样点,每个采样点划定1m×1m样方取样。将植株表面泥沙等杂质清理干净,把植株茎叶和根分开称量,生物量取3个采样点的均值。生物量计算公式为

$$\text{生物量} = \frac{M}{A} \quad (2)$$

式中, $M$ 为植物茎叶(根)品质,kg; $A=1\text{m}^2$ 。

用凯氏定氮法测定植物氮含量。称取一定量植物茎叶(根),放入干燥箱,在105℃下干燥30min,然后在80℃下干燥8h以上,干燥至恒重。含水率计算公式为

$$\gamma = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\% \quad (3)$$

式中,  $M_1$  为茎叶(根)鲜重, kg;  $M_2$  为茎叶(根)干重, kg。

将干燥的植物茎叶(根)用粉碎机粉碎, 称取 0.2000~0.3000g(精确到 0.0001)于烧杯内, 加催化剂浓硫酸 8mL, 加速剂 6g, 摇匀过夜。盖上表面皿, 置于通风厨内电热板上加热消解, 待溶液呈棕色时, 升高温度, 消煮至溶液呈透明绿时, 再加热 10~30min, 取下冷却。将消煮液转移到消煮管内, 加入 10mL 去离子水稀释样品, 用凯氏定氮仪进行处理。用盐酸滴定处理液中吸收的氨, 颜色由蓝紫突变被紫红色时为终点。氮含量计算公式为

$$N(\%) = (1-\gamma)[1.401C_{\text{标酸}}(V-V_0)/W] \quad (4)$$

式中,  $\gamma$  为含水率, %;  $C_{\text{标酸}}$  为标准酸浓度, mol/L;  $V$  为滴定样品消耗标准酸的量, mL;  $V_0$  为滴定空白消耗标准酸的量, mL;  $W$  为样品质量(干重), g。

### 1.3.2 土壤组成、氮和碳含量测定

从 0~20cm 深处取一定量(湿重)土样, 过 0.2、0.9 和 4.0mm 孔径筛子, 得到 0~0.2、0.2~0.9、0.9~4.0 和 >4.0mm 粒径土壤(由于粒径 >4.0mm 组分主要为石头, 故不做氮和碳含量测定), 称量各组分土壤品质(湿重)。计算各组分土壤质量占总质量的百分数。

用凯氏定氮法测定土样氮含量。将不同粒径土壤放入干燥箱, 120°C 下干燥 30min, 然后在 105°C 下干燥 8h 以上, 直至恒重。含水率计算公式与式(3)相似。将干燥的土壤在研钵中磨碎至过 100 目筛。称取 1.0000g 左右(精确到 0.0001)土样进行操作, 具体方法与植物含氮量测定方法相似。

用重铬酸钾容量法(外加热法)测定土样碳含量。称取 0.1000g 左右(精确到 0.0001)土样, 放入干燥试管中, 用滴定管加入 0.4mol/L  $K_2Cr_2O_7$ -硫酸溶液 5mL, 将 16 个试管盛于铁丝笼中(其中 1 个为空白), 放入 185~190°C 的石蜡油浴锅中, 将温度降至 170~180°C 并保持恒定, 待试管内液体沸腾产生气泡时开始计时, 煮沸 5min 后取出试管, 冷却后将试管内容物转移至三角瓶中(用去离子水润洗), 用 0.2mol/L  $FeSO_4$  溶液滴定, 颜色由橙色经蓝绿色至砖红色为终点。分别用凯氏定氮法和重铬酸钾容量法(外加热法)测定氮和碳含量。碳含量计算公式为

$$C_C(\%) = (1-\gamma)[0.003 \times 1.1C_{FeSO_4}(V_0-V)/W] \quad (5)$$

式中,  $\gamma$  为样品含水率, %; 0.003 为 1 个毫克当量碳的克数; 1.1 为氧化校正系数;  $C_{FeSO_4}$  为  $FeSO_4$  标准液的浓度, mol/L;  $V_0$  为滴定空白消耗  $FeSO_4$  标准液的量, mL;  $V$  为滴定样品消耗  $FeSO_4$  标准液的量, mL;  $W$  为样品质量(干重), g。

### 1.3.3 统计方法

采用  $q$  检验法(Newman-kueuls)法对多个样本平均数进行差异显著性分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 植物覆盖度、生物量和氮含量

图 1 为 4、7 和 10 月植物覆盖度的变化。植物随着季节生

长, 覆盖度都有不同程度的增长。芦苇、酸模和艾草的增长最大, 野大豆和水稻次之, 稗草、藜和狗尾草较平稳。10 月时, 酸模覆盖度在所有植物中最大, 达 20.17%, 芦苇和艾草其次, 分别为 15.90 和 14.00%, 稗草、藜和狗尾草较小, 均值为 8.85%, 野大豆和水稻的增幅虽然较大, 但覆盖度却最小, 均值仅为 5.89%。同一季节芦苇、酸模和艾草与其他植物相比, 始终保持相对较高的覆盖度, 说明这几种植物对环境具有较好的适应能力, 能够大量的生长繁殖, 从而保持较高的覆盖度, 有利于保持和提高人造湿地的处理效率。植物对污染特殊的逆境能产生一定的抗性, 并且这种抗性在一定程度上具有遗传性, 可以进行代间传递<sup>[15]</sup>。

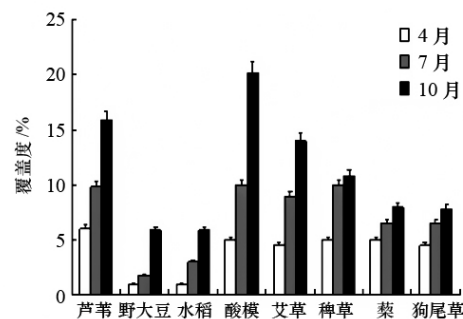


图 1 植物覆盖度

Fig. 1 Cover degree of different kinds of plants

图 2 和图 3 表示植物茎叶和根生物量的变化。随着植物的生长, 其茎叶和根生物量均有所增长。芦苇、酸模、艾草和藜茎叶和根生物量增幅最为明显, 其他植物较平稳。同一季节芦苇、酸模、艾草和藜与其他植物相比, 始终保持相对较大的茎叶和根生物量, 且差距明显。茎叶生物量在 10 月最大, 芦苇、酸模、艾草和藜均达到 4.00~4.50kg/m<sup>2</sup>, 稗草和狗尾草在 2.50~3.00kg/m<sup>2</sup>, 野大豆和水稻均在 2.50kg/m<sup>2</sup> 以下。此时的根生物量也最大, 芦苇、艾草和酸模分别为 1.47、1.24 和 0.92kg/m<sup>2</sup>, 其余均在 0.70kg/m<sup>2</sup> 左右以下。植物茎叶生物量大小反映了其茎叶的茂盛程度。茎叶茂盛, 则蒸腾作用旺盛, 有利于提高根系的吸收效率, 加快水分的挥发和重金属离子在植物体中的富集。根生物量大小反映了其根的发达程度, 污水中的 BOD<sub>5</sub> (Biological Oxygen Demand, 5 日生物需氧量)、COD (Chemical Oxygen Demand, 化学需氧量)、TN (Total Nitrogen, 总氮) 和 TP (Total Phosphorus, 总磷) 等, 主要依靠附着生长在水生植物根区表面及附近的微生物去除, 同时也消耗大量的溶解氧<sup>[16]</sup>。此外, 人造湿地处理污水过程中, 其中众多生物新陈代谢过程(包括植物根系腐烂), 产生大量有机质并积累起来, 使基质通透性降低<sup>[17]</sup>。植物根系对土壤具有穿透和疏松的作用, 不同区域, 不同植物根的形状、大小和分布都有很大的差异, 根系发达的植物对其周围土壤的穿透作用较强, 能够有效地缓解土壤的板结。因此选择根系比较发达的物种对污染物的去除有利<sup>[18]</sup>。

图 4 和图 5 表示植物茎叶和根氮含量的变化。随着植物

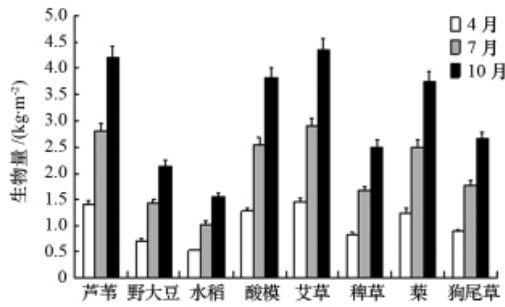


图2 植物茎叶生物量

Fig. 2 Biomass above the earth for different kinds of plants

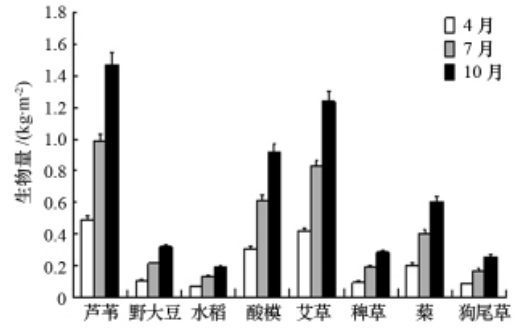


图3 植物根生物量

Fig. 3 Biomass below the earth for different kinds of plants

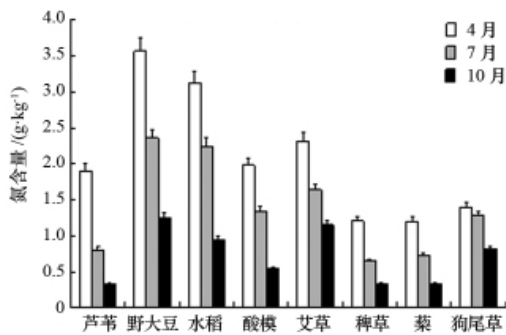


图4 植物茎叶氮含量

Fig. 4 Nitrogen content of different kinds of plant's stem leaves

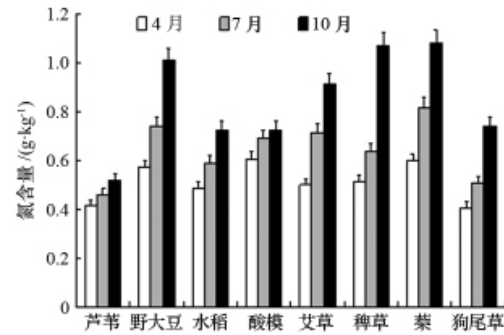


图5 植物根氮含量

Fig. 5 Nitrogen content of different kinds of plant's descending axis

的生长,茎叶氮含量呈下降趋势。同一季节,野大豆和 水稻与其他植物相比,茎叶氮含量始终较高。10月达到最低值,野大豆、水稻、艾草和狗尾草茎叶氮含量在 0.98g/kg 左右,芦苇、酸模、稗草和藜氮茎叶氮含量在 0.39g/kg 左右。而根氮含量却呈增长趋势,芦苇和酸模仅有小幅增长,其他植物在 4—7 月有小幅增长,7—10 月有大幅增长。10 月时,野大豆、艾草、稗草和藜达 1.05g/kg 左右,水稻、酸模和狗尾草在 0.79g/kg 左右,芦苇最小,仅为 0.52g/kg。植物的生长代谢产物会给其所生长的土壤区带入养分,土壤养分越多,其容纳和处理污水的能力就会降低,因此,湿地植物应具有较低的氮含量这一特点。此外,植物对污染物的直接吸收是人造湿地除污的途径之一,但去除量比例相对总去除量较小,一般都低于 10%,而且,由于植物能力有限,这一比例会随污水浓度的增大而降低。这表明,通过植物吸收去除污染物不是人造湿地除污的主要途径<sup>[7]</sup>。为了增强人工湿地的污染物净化能力和景观效果,有利于植物的快速生长,一般在人工湿地中选择一种或几种植物作为优势种搭配栽种。不同植物的去污能力不同,观赏价值也不同,搭配栽种可以互补长短,达到更好的处理效果和景观效果<sup>[9]</sup>。

通过对表 1 中的资料比较发现,植物平均覆盖度大小顺序为酸模>芦苇>艾草>稗草>藜>狗尾草>水稻>野大豆;茎叶

平均生物量大小顺序为艾草>芦苇>酸模>藜>狗尾草>稗草>野大豆>水稻;根平均生物量大小顺序为芦苇>艾草>酸模>藜>野大豆>稗草>狗尾草>水稻;茎叶平均氮含量大小顺序为野大豆>水稻>艾草>酸模>狗尾草>芦苇>藜>稗草;根平均氮含量大小顺序为藜>野大豆>稗草>艾草>酸模>水稻>狗尾草>芦苇。通过差异显著性分析发现,酸模、芦苇和艾草覆盖度、茎叶和根生物量显著高于其他种植物 ( $P<0.05$ );不同植物之间,茎叶和根含氮量差异不显著 ( $P<0.05$ )。

表 1 植物覆盖度、生物量和含氮量均值

Table 1 Analysis of coverage, biomass and nitrogen content

植物	覆盖度 /%	生物量/(kg·m <sup>-2</sup> )		氮含量/(g·kg <sup>-1</sup> )	
		茎叶	根	茎叶	根
芦苇	10.57	2.80	0.98	1.01	0.47
艾草	9.17	2.90	0.82	1.71	0.71
酸模	11.72	2.55	0.61	1.29	0.68
藜	6.50	2.50	0.40	0.75	0.83
野大豆	2.89	1.42	0.21	2.39	0.77
稗草	8.60	1.67	0.19	0.73	0.74
狗尾草	6.25	1.77	0.17	1.16	0.55
水稻	3.30	1.03	0.13	2.11	0.60

### 2.2 土壤组成、氮和碳含量

对5个区土壤组成进行差异显著性分析,发现差异不显著( $P>0.05$ )。因此,5个区土壤组成的平均值可以代表湿地土壤组成:0~0.2、0.2~0.9和0.9~4.0mm粒径土壤质量含量分别为4.59%、19.00%和36.18%。

图6表示5个区不同粒径土壤氮和碳含量的变化。总体来看,氮含量随粒径的增大而减小,其中0~0.2和0.2~0.9mm两种粒径土壤间氮含量相差不大,而0.9~4.0mm粒径土壤氮含量却明显低于上述两种粒径土壤。在同一时期,芦苇和自然区土壤氮含量始终较大,但随着植物的生长,野大豆和水稻区土壤氮含量却明显降低且小于上述两种土壤。碳含量变化规律性较氮含量略差些,但总体也反映出粒径大的,碳含量较小,反之较大,其中0~0.2和0.2~0.9mm粒径土壤碳含量相差不大,碳含量与粒径大小无显著规律,而0.9~4.0mm粒径

土壤碳含量却明显低于上述两种粒径土壤。土壤粒径越大,有机质含量越低,但空隙度高,透水性好,吸附性高,保温性好,含氧量大,有利于污染物的截留和微生物生长<sup>[20]</sup>。随着植物的生长,芦苇区土壤碳含量减幅不大,野大豆、水稻和自然区土壤碳含量减幅较大,同一时期,芦苇区土壤碳含量均高于其他区土壤。说明芦苇对土壤中氮和碳的吸收量不高,应与相关植物混种,以达到较好的处理效果。

对表2中的资料比较发现,不同粒径土壤氮含量均值顺序为0~0.2mm>0.2~0.9mm>0.9~4.0mm;碳含量均值顺序为0~0.2mm>0.2~0.9mm>0.9~4.0mm。不同区域土壤平均氮含量顺序为芦苇>自然>野大豆>水稻>对照;平均碳含量顺序为芦苇>野大豆>自然>水稻>对照。差异显著性分析发现,0.9~4.0mm粒径土壤氮含量和碳含量显著低于其他两种粒径( $P<0.05$ );芦苇区土壤氮和碳含量显著高于其他区( $P<0.05$ )。

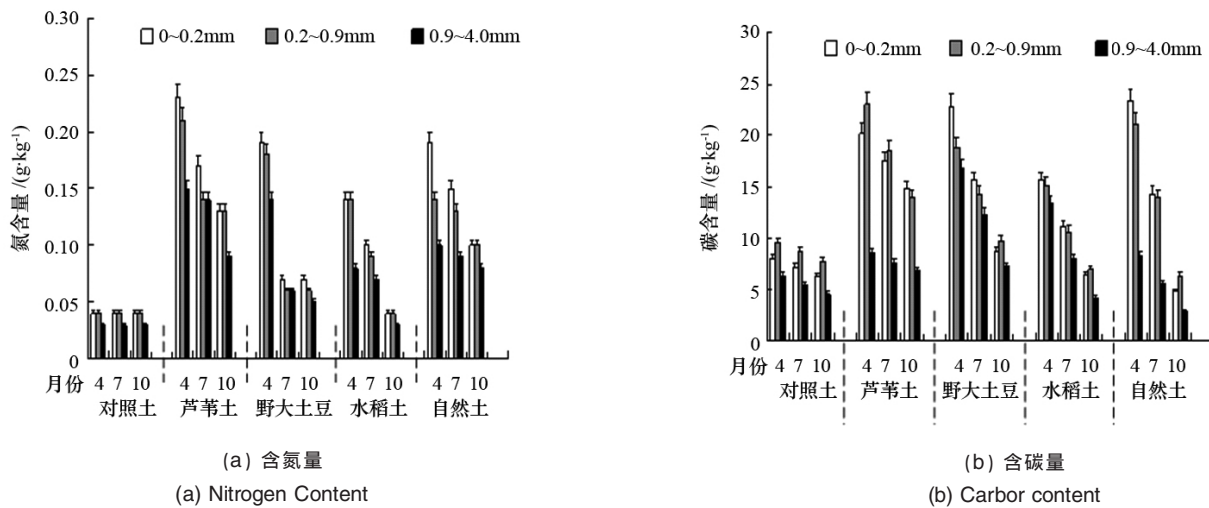


图6 不同粒径土壤氮和碳含量  
Fig. 6 Nitrogen and carbon content of different kinds of size grade of soil

表2 5个区不同粒径土壤氮和碳含量分析  
Table 2 Analysis of nitrogen and carbon contents of different kinds of size grade of soil

区域	粒径/mm					
	0~0.2		0.2~0.9		0.9~4.0	
	氮含量/(g·kg <sup>-1</sup> )	碳含量/(g·kg <sup>-1</sup> )	氮含量/(g·kg <sup>-1</sup> )	碳含量/(g·kg <sup>-1</sup> )	氮含量/(g·kg <sup>-1</sup> )	碳含量/(g·kg <sup>-1</sup> )
对照区	0.04	7.97	0.04	7.07	0.04	6.17
芦苇区	0.20	17.25	0.15	14.55	0.12	11.87
野大豆区	0.17	19.50	0.06	14.10	0.06	8.53
水稻区	0.12	14.72	0.09	9.92	0.04	5.81
自然区	0.14	17.56	0.12	11.26	0.09	4.66

### 3 结论

1) 本研究区中,酸模、芦苇和艾草覆盖度、茎叶生物量和根生物量显著高于其他种植物( $P<0.05$ )。结合该人造湿地所处位置的自然环境及所面临的高污染物的处理现状分析,这

3种植物具有较大的潜力,将作为处理填埋场垃圾渗滤液的主要人造湿地植物,应予以养护和增种。

2) 土壤组成:0~0.2、0.2~0.9和0.9~4.0mm粒径土壤质量含量平均值分别为4.59%、19.00%和36.18%;0.9~4.0mm粒径

土壤氮含量和碳含量显著低于其他两种粒径土壤 ( $P < 0.05$ )。这一粒径的土壤含量较大,且具有较好的土壤特性,具有处理污水的潜力,它将成为该人造湿地基质中用于处理渗滤液的重要组成部分。

3) 芦苇区土壤氮和碳含量显著高于其他区 ( $P < 0.05$ )。植物生长的土壤氮含量和碳含量较高,一定程度上表明植物在生长过程中,对这两种物质的吸收量相对较少,但芦苇具有较强的适应能力,并拥有发达的根系,能够很好地弥补其不足。在运行过程中,应及时补种相关植物,确保不同植物数量保持在合理有效的范围内,以达到较好的处理效果。

### 参考文献 (References)

- [1] 夏汉平. 人工湿地处理污水的机制与效率[J]. 生态学杂志, 2002, 17(4): 51-59.  
Xia Hnaping. *Chinese Journal of Ecology*, 2002, 21(4): 51-59.
- [2] 梁继东, 周启星, 孙铁珩. 人工湿地污水处理系统研究及性能改进分析[J]. 生态学杂志, 2003, 22(2): 49-55.  
Liang Jidong, Zhou Qixing, Sun Tieheng. *Chinese Journal of Ecology*, 2003, 22(2): 49-55.
- [3] 吴晓磊. 人工湿地废水处理机制[J]. 环境科学, 1995, 16(3): 83-86.  
Wu Xiaolei. *Environment Science*, 1995, 16(3): 83-86.
- [4] 郑雅杰. 人工湿地系统处理污水新模式的探讨 [J]. 环境科学进展, 1995, 3(6): 1-8.  
Zheng Yajie. *Development of Environment Science*, 1995, 3(6): 1-8.
- [5] Brix H. Treatment of wastewater in the rhizosphere of wetland plants—The root zone method [J]. *Water Science and Technology*, 1987, 19(6): 107-118.
- [6] Beven K, Germann P. Macropores and water flow in soils[J]. *Water Resources Research*, 1982, 18(5): 1311-1325.
- [7] 成水平, 吴振斌, 况琪军. 人工湿地植物研究 [J]. 湖泊科学, 2002, 14(2): 179-184.  
Cheng Shuiping, Wu Zhenbin, Kuang Qijun. *Journal of Lake Sciences*, 2002, 14(2): 179-184.
- [8] 石岩, 万新南. 人工湿地系统在垃圾渗滤液处理中的应用 [J]. 水土研究, 2005, 12(1): 38-40.  
Shi Yan, Wan Xinnan. *Research of Soil and Water Conservation*, 2005, 12(1): 38-40.
- [9] Kadlec H R, Knight R L. Treatment wetlands[M]. Boca Raton, FL: Lewis Publishers, 1996.
- [10] 陈毓华, 汪俊三, 梁明易, 等. 华南地区 11 种高等水生维管植物净化城镇污水效益评价[J]. 农村生态环境, 1995, 11(1): 26-29.  
Chen Yuhua, Wang Junsan, Liang Mingyi, et al. *Rural Ecological Environment*, 1995, 11(1): 26-29.
- [11] 周凤霞. 水生维管束植物对污水的净化效应及其应用前景 [J]. 污染防治技术, 1998, 11(3): 160-162.  
Zhou Fengxia. *Pollution Control Technology*, 1998, 11(3): 160-162.
- [12] Juwarkar A S, Oke B, Juwarkar A, et al. Domestic wastewater treatment through constructed wetland in India[J]. *Water Science and Technology*, 1995, 32(3): 291-294.
- [13] Vymazal J, Kadlec R H, Brix H. Constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic—state of the art [J]. *Water Science*, 1995, 32(3): 357-364.
- [14] 刘春常, 安树青, 夏汉平, 等. 几种植物在生长过程中对人工湿地污水处理效果的影响[J]. 生态环境, 2007, 16(3): 860-865.  
Liu Chunchang, An Shuqing, Xia Hanping, et al. *Ecology and Environment*, 2007, 16(3): 860-865.
- [15] Helal H M, Sauerbeck D. Carbon turnover in the rhizosphere[J]. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 1989, 152(2): 211-216.
- [16] 段昌群. 植物对环境污染的适应与植物的微进化 [J]. 生态学杂志, 1995, 14(5): 43-50.  
Duan Changqun. *Chinese Journal of Ecology*, 1995, 14(5): 43-50.
- [17] 崔理华, 朱夕珍, 骆世明. 污水渗滤湿地处理系统技术的研究进展[J]. 应用生态学报, 2003, 14(4): 623-626.  
Cui Lihua, Zhu Xizhen, Luo Shiming. *Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(4): 623-626.
- [18] 王佳, 舒新前. 人工湿地植物的作用和选择 [J]. 环境与可持续发展, 2007, 4(1): 62-64.  
Wang Jia, Shu Xinqian. *Environment and Sustainable Development*, 2007, 4(1): 62-64.
- [19] 周益洪, 周恭民, 梅亚青. 人工湿地处理垃圾渗滤液 [J]. 环境卫生工程, 2005, 13(3): 10-13.  
Zhou Yihong, Zhou Gongmin, Mei Yaqing. *Environmental Engineering*, 2005, 13(3): 10-13.
- [20] 王红旗, 刘新会, 李国学, 等. 土壤环境学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007.  
Wang Hongqi, Liu Xinhui, Li Guoxue, et al. *Soil environment*[M]. Beijing: China Higher Education Press, 2007.

(责任编辑 王芷)

### ·学术动态·

## “第二届全国社会计算会议”征文



中国自动化学会将于 2010 年 12 月 18—19 日在北京召开“第二届全国社会计算会议”。

征文内容: 面向社会问题的计算理论和方法研究, 基于计算与仿真的社会学研究, 社会网络及语义网分析与挖掘, 社会行为建模, 网络化社会态势分析与预警研究及应用, 社会环境下的数据挖掘、机器学习、信息检索、人工智能, 群体思维与社会智能研究及应用, 情感挖掘, 文化动力学, 网络环境中信息、情绪与影响传播过程, 万维网的普及对社会发展的影响研究及应用, 社会环境下的信任、风险和安全, 基于 Web 的情报与安全信息学研究及应用, 社会计算系统及平台的设计与结构, 社会计算应用及实证研究, 计算实验方法研究, 人工生命与人工社会建模, 军事计算与军事仿真, 互联网多媒体内容语义分析与应用。

征文截止时间: 2010 年 10 月 18 日。

电话: 0731-84573389; 电子信箱: 13874934509@139.com; 联系人: 邱晓刚。

会议网址: [http://www.caa.org.cn/index.php?me\\_id=36&ac\\_id=275](http://www.caa.org.cn/index.php?me_id=36&ac_id=275)。