

# 人工湿地中植物的生理生态研究进展

岳莉然<sup>1</sup>,高春义<sup>2</sup>,李永峰<sup>1</sup>

(1.东北林业大学,黑龙江 哈尔滨 150040;2.黑龙江省城市规划设计研究院,黑龙江 哈尔滨 150040)

**摘要:**人工湿地的设计建造是通过湿地自然生态系统中的物理、化学和生物作用的优化组合来实现对废水的有效处理。植物是人工湿地的重要组成部分。通过分析人工湿地的组成及植物种类,阐述了人工湿地中植物生理生态方面的研究内容,包括植物的生长规律、光合及蒸腾作用、根系输氧作用和植物种类间的相互作用以及研究中存在的若干问题。

**关键词:**人工湿地;植物;生理生态;污水净化

**中图分类号:**X703

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2011)06-0143-03

人工湿地是指通过模拟天然湿地的结构与功能,选择一定的地理位置与地形,根据人们的需要人为设计与建造的湿地。人工湿地的设计建造是通过湿地自然生态系统中的物理、化学和生物作用的优化组合来实现对废水的有效处理。人工湿地生物净化技术的基本原理是:在一定的填料上种植特选的植物,将污水投放到人工建造的类似于沼泽的湿地上。当富营养化水流过人工湿地时,经沙石、土壤过滤,植物吸收及植物根际的多种微生物活动,使水质得到净化。植物是人工湿地的重要组成部分。植物的生长繁殖、光合和蒸腾作用、及植物之间的他感作用等生理生态方面的研究对人工湿地系统的稳定、提高污水净化效果有着至关重要的影响。

## 1 人工湿地的组成

人工湿地的组成包括:基质、植物和微生物。其中水生植物的作用有:(1)将污水中的部分污染物作为自身生长的养料而被吸收;(2)能够将某些有毒物质的重金属富集、转化、分解成无毒物质;(3)根系生长有利于污水均匀地分布在人工湿地植物床过水断面上,向根区输送氧气创造有利于微生物降解有机污染物的良好根区环境;(4)增加或稳定床体的透水性;(5)释放促进生物化学反应的酶和影响酶的分布;(6)增强和维持介质的水力

传导,维持人工湿地系统的稳定;(7)湿地植物的抑藻效应<sup>[1-3]</sup>。

## 2 人工湿地中植物的种类

湿地中存在众多种类的水生植物,通常称之为湿地植物。按照其形态和生活习性,可以分为4种类型,挺水植物:如芦苇、香蒲、鸂尾等;漂浮植物:如凤眼莲、水浮莲、槐叶萍等;浮叶植物:如睡莲等;沉水植物:常见种类为眼子菜科、水鳖科、茨藻科和金鱼藻科等<sup>[1]</sup>。

另外还有适应湿地环境的乔灌,但为数不多,如两栖榕<sup>[4]</sup>,白千层、池杉和红树林中的部分树种如秋茄、桐花树和白骨壤<sup>[5]</sup>。

已经发现其中有很多种类对有机污染和重金属污染具有很强的净化能力<sup>[6-7]</sup>。朱斌等<sup>[8]</sup>通过对近10年有关水生植物在净化水质方面的部分国内外期刊文献(共95篇)的统计后仅列出了研究频度排在前12位的45种植物(包括陆生植物美人蕉),就涉及30科、44属,不仅涵盖上述所有的植物生态类型,而且几乎所有的植物都曾被作为人工湿地植物加以利用。国外最常用的植物种类是芦苇、香蒲、灯心草、凤眼莲、黑三棱、水葱等植物;在国内,常选用的具有观赏价值和经济价值的植物有水葱、风信子、香蒲、吉祥草、灯心草等。

目前,植物生理生态方面研究报道的人工湿地植物有:天南星科的海芋、斜纹粗肋草、喷雪黛粉叶等<sup>[9]</sup>;龙舌兰科的密叶竹焦;姜科的艳山姜;鸂尾科的黄花鸂尾等;芦苇、香蒲、黑三棱、三种红树、水烛等<sup>[10-13]</sup>。

## 3 人工湿地中植物的生理生态研究

人工湿地是一种半自然或人工的生境,兼具

收稿日期:2011-03-07

第一作者简介:岳莉然(1978-),女,吉林省永吉县人,在读博士,讲师,从事人工湿地植物及微生物生理生态研究。E-mail:ms\_yueliran@163.com。

通讯作者:李永峰(1961-),男,黑龙江省依春市人,博士,教授,博士生导师,从事环境工程与生物能源研究。E-mail:dr\_lyf@163.com。

有天然湿地积水的特征,又具有人工控制、强化的特点,且有污水胁迫条件存在,在这样的生境中,植物的生理与天然环境下相比有其独特之处。然而目前对于人工湿地植物的生理生态研究却为数不多,或是不够深入。更多的研究集中在植物对污水的净化效果上<sup>[14-18]</sup>。植物生长越旺盛,根系越发达,其净化污水的能力、输氧或穿透的作用越大<sup>[1]</sup>。研究胁迫条件下的植物生理,有助于对湿地植物的选择,为维持植物的正常生长及净化污水的能力提供依据。

### 3.1 植物生长规律的研究

对人工湿地植物生长规律的研究主要集中于生长期、生活史的研究<sup>[9]</sup>,及株高、叶片数、生物量的增长率测定<sup>[19]</sup>。涂燕<sup>[19]</sup>对广州地区 21 种观赏植物在人工湿地中的生长规律研究得到姜花的株高及生物量的增长率等最高,白鹤芋叶片数增长率最高,广东万年青分蘖数最多。任廷丽<sup>[11]</sup>、罗穗华<sup>[20]</sup>对 3 种红树植物的研究表明,生长(茎高、生物量和茎径)与季节密切相关,海桑好于桐花树,桐花树好于木榄。王玉彬<sup>[13]</sup>对 4 种植物的生长特性研究表明,不同植物的生长显示不同季节格局。近年来,国外在植物选种方面开展了一些研究工作,对芦苇、香蒲等植物的生物量和积累量进行了比较,结果表明,芦苇、香蒲和黑三棱具有较高的氮磷吸收能力。

### 3.2 光合及蒸腾作用的研究

光合作用是植物的生长、繁殖及净化污水的能量来源<sup>[21-22]</sup>,产生 O<sub>2</sub> 为植物根区微生物的好氧呼吸提供氧源。研究人工湿地条件下植物的光合作用特征对发挥植物在人工湿地中的作用非常必要。不同的湿地植物,其生长速度对污染物的吸收转化能力、泌氧能力有显著差异,其中生长的微生物也有所不同<sup>[23]</sup>。环境条件的改变能导致植物光合途径的变化、对植物的光合作用和呼吸作用等生理生态特性亦有影响<sup>[24]</sup>。

目前对人工湿地植物净化效果与光合、蒸腾作用关系的研究不多见,维维国<sup>[12]</sup>试验测定了湿地植物——芦苇的光合及蒸腾作用随温度、光强和湿地水深改变的变化,研究光合及蒸腾作用对脱氮效果的影响,结果表明植物光合及蒸腾作用与湿地 TN 去除率呈显著相关,因此湿地植物净光合速率可作为人工湿地植物选择的一个重要指标。植物的蒸腾作用影响湿地氨氮挥发作用,潜流式人工湿地脱氮系统中,氨氮挥发量极为有限,

仅占总氮去除率的 0.2% 以下。

任廷丽<sup>[11]</sup>对 3 种红树植物的生长状况、净光合速率、蒸腾速率和气孔传导率等进行了研究,结果表明,1 d 中,3 种红树植物的净光合速率、蒸腾速率、气孔传导率和光量子强度两两呈现显著相关。陈歆<sup>[10]</sup>对北固山湿地优势植物光合特性的研究表明,芦苇的光合速率高于藭草,日光合量也大,生物量高、长势快,当年栽植当年见效。靖元孝<sup>[4]</sup>的研究表明,生长在人工湿地的两栖榕与在自然状态条件下生长的两栖榕相比,前者的净光合速率、蒸腾速率、气孔传导率和相对生长速率均略低于后者,但没有明显差异( $P > 0.05$ )。人工湿地中的两栖榕由于具有正常的光合作用和水分代谢,从而保持正常的生长速率。

### 3.3 根系输氧作用的研究

Bendix<sup>[25]</sup>和 Tornbjerg<sup>[26]</sup>等对宽叶香蒲和水烛内部气体输导规律进行了对比研究,结果表明,在相同的环境条件下,水烛的气体交换容量是宽叶香蒲的 2 倍,水烛的根系输氧作用更为有效,因此后者能生长在较深的水体中,这样便可以解释两种香蒲的不同生长深度<sup>[25-26]</sup>。湿地中溶解氧水平与湿地硝化能力密切相关,湿地溶解氧分布与植物的光合作用有关,各种植物湿地的根部泌氧量大小不同,其中芦苇根系泌氧能力较强。

### 3.4 不同植物种类之间的相互作用

不同种类植物生长在一起,存在着相互之间的作用,包括两个方面:一是对光、水、营养等环境因素的竞争;另一是植物之间通过释放化学物质,影响周围植物的生长,包括促进和抑制作用<sup>[27]</sup>。人工湿地常用的植物,如香蒲、芦苇等也存在这样的相生相克作用。Sczepanska 报道了宽叶香蒲、水葱、木贼(*Equisetum limosum*)、苔草等植物体腐烂产生的化感物质对芦苇生长、繁殖具有抑制作用<sup>[28]</sup>。黑藻(*Hydrilla verticillata*)对金鱼藻属的一种(*Ceratophyllum* sp.)亦具有抑制作用<sup>[29]</sup>。某些植物的枯枝落叶经水淋或微生物的作用也释放出克生物质,抑制植株自身的生长。宽叶香蒲枯枝烂叶腐烂后阻碍其本身新芽的萌发和新苗的生长<sup>[30]</sup>;芦苇腐烂后产生的乙酸、硫化物等在芦苇组织中的富集,抑制芦苇本身的生长发育,造成大面积的芦苇衰退<sup>[31]</sup>。因此,研究人工湿地植物的相生相克作用,对人工湿地杂草的生物控制和防治、净水植物的优化组合及减少残体对湿地植物的生长抑制均具有重要意义。

#### 4 存在问题

目前对湿地植物生理生态的研究较少,且多集中在芦苇等少数几个种上,虽然有一定代表性但从物种多样性方面不能满足实际人工湿地的需求。研究多着重于植物根部微生物功能的发挥,而主要靠植物自身的吸收功能来进行废水处理的机理研究还较少,这是由于对植物吸收污染物后的生长规律及对生物量的资源化利用缺少深入的研究。

研究中仅对人工湿地中植物的特性进行研究,与当地自然状态下的该种特性对比较少。

试验内容少,有的仅简单说明生长状况差或好,无准确的数字说明。

对于湿地植物的又一问题——衰退(Die-back)近年来研究少。除直接损伤、擦伤外,水质和基质的不同组成、水位的高低及富营养状态都能引起水生植物的衰退<sup>[32-34]</sup>。

大多数湿地植物有一个春夏季萌芽、秋冬季枯死的生长周期,如何利用不同生长周期的植物特性研究较少。

缺少不同水质条件下植物对逆境响应的研究。

#### 参考文献:

- [1] 马安娜. 北京地区人工湿地优势植物筛选及净化效果研究[D]. 北京:首都师范大学,2007.
- [2] 吴建强,阮晓红,王雪. 人工湿地中水生植物的作用和选择[J]. 水资源保护,2005,21(1):1-6.
- [3] 张洪刚,洪剑明. 人工湿地中植物的作用[J]. 湿地科学,2006,4(2):146-154.
- [4] 靖元孝,杨丹菁,陈章和,等. 两栖榕在人工湿地的生长特性及其对污水的净化效果[J]. 生态学报,2003,23(3):614-619.
- [5] 陈桂珠,陈桂葵,谭凤仪,等. 白骨壤模拟湿地系统对污水的净化效应[J]. 海洋环境科学,2000,19(4):24-26.
- [6] 李林锋,年跃刚,蒋高明. 人工湿地植物研究进展[J]. 环境污染与防治,2006,28(8):616-620.
- [7] 贺锋,吴振斌. 水生植物在污水处理和水质改善中的应用[J]. 植物学通报,2003,20(6):641-643.
- [8] 朱斌,陈飞星. 利用水生植物净化富营养化水体的研究进展[J]. 上海环境科学,2002,21(9):564-567.
- [9] 刘其霞. 人工湿地植物营养元素积累及其生态化学计量学研究[D]. 杭州:浙江大学,2006.
- [10] 陈款. 北固山湿地优势植物的光合作用特性及人工修复技术研究[D]. 镇江:江苏大学,2005.
- [11] 任延丽. 人工湿地中三种红树植物生理生态特性研究[D]. 广州:华南师范大学,2005.
- [12] 雒维国. 潜流型人工湿地对氮污染物的去除效果研究[D]. 南京:东南大学,2005.
- [13] 王玉彬. 四种湿地植物生长特性与污水净化效果研究[D]. 广州:华南师范大学,2007.
- [14] 徐大勇. 人工湿地植物生理生态及其去污机理研究[J]. 安徽农业科学,2008,36(3):1144-1146.
- [15] 耿琦鹏,洪剑明. 人工湿地净化污水机理研究进展[J]. 南水北调与水利科技,2006,4(5):43-45.
- [16] 尹士君,汤金如. 人工湿地中植物净化作用及其影响因素[J]. 煤炭技术,2006,25(12):115-118.
- [17] 白峰青,郑丙辉,田自强. 水生植物在水污染控制中的生态效应[J]. 环境科学与技术,2004,27(4):99-100.
- [18] 刘松岩,何涛,周本翔. 水生植物净化受污染水体研究进展[J]. 安徽农业科学,2006,34(19):5019-5021.
- [19] 涂燕. 广州市种观赏植物在人工湿地中的生长及净化效果研究[D]. 广州:华南师范大学,2007.
- [20] 罗穗华. 红树植物人工湿地处理生活污水的净化效应及其机理研究[D]. 广州:中山大学,2005.
- [21] Shimp J F, Tracy J C, Davis LC, et al. Beneficial-effects of plants in the remediation of soil and groundwater contaminated with organic materials-Critical Reviews [J]. Environ Sci. Technol., 1993,23(1):41-47.
- [22] 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.
- [23] Rosgers K H, Breen P F, Chick A J. Nitrogen removal in experimental wetland treatment systems: evidence for the role of aquatic plants [J]. Res JWPCF, 1991, 63(3):934-941.
- [24] Smith W K, Donahue R A. Simulated influence of altitude on photosynthetic CO<sub>2</sub> uptake potential in plants [J]. Plant, Cell and Environment, 1991,14:133-146.
- [25] Bendix M, Tornbjerg T, Brix H. Internal gas transport in *Typha latifolia* L. and *Typha angustifolia* L. : 1. Humidity-induced pressurization and convective through flow [J]. Aquatic Bot., 1994,49:75-89.
- [26] Tornbjerg T, Bendix M, Brix H. Internal gas transport in *Typha latifolia* L. and *Typha angustifolia* L. : 2. Convective through flow pathways and ecological significance [J]. Aquatic Bot., 1994,49:91-105.
- [27] 孙文浩,余叔文. 相生相克效应及其应用[J]. 植物生理学通讯,1992,28(2):81-87.
- [28] Szczepanska W. Allelopathy among the aquatic plants [J]. Pol. Arch. Hydrobiol., 1971,18(1):17-30.
- [29] Kulshreshtha M, Gopal B. Allelopathic influence of *Hydrilla verticillata* (L.) Royle on the distribution of *Ceratophyllum-species* [J]. Aquatic Bot., 1983,16(2):207-209.
- [30] McNaughton S J. Autotoxic feedback in relation to germination and seedling growth in *Typha latifolia* [J]. Ecol., 1968,49:367-369.
- [31] Armstrong J, Armstrong W, Wu Z, et al. Arole for phytotoxins in the Phragmites die-back syndrome [J]. Folia Geobot. Phytotax, 1996,31:127-142.
- [32] Gersberg R M, Elkins B V, Lyon S R, et al. Role of aquatic plants in wastewater treatment by artificial wetlands [J]. Wat. Res., 1986,20(3):363-368.

# 植物 LIM 蛋白家族研究进展

蔡兴怀<sup>1,2</sup>, 江海洋<sup>1</sup>

(1. 安徽农业大学 生命科学学院, 安徽 合肥 230036; 2. 安徽中澳科技职业学院, 安徽 合肥 230031)

**摘要:**真核生物的 LIM 蛋白作为发育调节因子在细胞的基本生命活动(如转录因子调控或细胞骨架构建)中起重要作用。LIM 蛋白家族是在植物界中广泛存在的比较保守的结构基因家族。通过介绍 LIM 蛋白家族及其结构特征,进一步分析了植物 LIM 蛋白、LIM 蛋白与其它蛋白间的作用及 LIM 蛋白的功能。

**关键词:**LIM 蛋白; LIM 结构域; 转录因子; 结构; 功能

**中图分类号:**Q74      **文献标识码:**A      **文章编号:**1002-2767(2011)06-0146-04

LIM 结构域蛋白是分子结构中含有一个或多个 LIM 结构域的蛋白质家族,广泛存在于真核生物中,其家族中的蛋白质通过 LIM 结构域与一些结构蛋白、激酶、转录因子等多种蛋白相互作用,在信号转导、细胞分化和细胞骨架的形成中发挥重要作用,是机体发育过程中重要的调节物。

## 1 LIM 蛋白家族及其结构特征

### 1.1 LIM 结构域

Lin-Is1-Mec domain(LIM 结构域)最早是在

线虫的 *Lin-1*、*Is1-1* 基因和大鼠的 *Mec-3* 基因编码的 DNA 结合蛋白中分离鉴定出来的,并以这三个转录因子的首字母命名。在动物和植物所有的几十种 LIM 蛋白中,LIM 结构域都是高度保守的,富含半胱氨酸和组氨酸,一般含有 50 多个氨基酸残基,保守氨基酸序列为: CX<sub>2</sub> CX<sub>17~19</sub> HX<sub>2</sub> CX<sub>2</sub> CX<sub>16~20</sub> CX<sub>2</sub> C/H/D(见图 1a)。其二级结构推测为反向平行折叠, Zn<sup>2+</sup> 结合部位在疏水端(见图 1b),三级结构为保守的半胱氨酸残基、组氨酸残基形成的具有 Zn<sup>2+</sup> 结合口袋的稳定结构<sup>[1]</sup>。

### 1.2 LIM 蛋白家族

LIM 蛋白是一类介导蛋白质-蛋白质间相互作用、分子结构中具有 1 个或多个锌指结构的

收稿日期:2011-04-10

第一作者简介:蔡兴怀(1981-),男,安徽省肥东县人,在读硕士,助教,从事作物生物技术方面的研究与教学工作。E-mail:caixinghuai@acac.cn。

[33] 成水平,况琪军,夏宜. 香蒲、灯心草人工湿地的研究: I. 净化污水的效果[J]. 湖泊科学,1997,9(4):351-358.

[34] Ostendorp W. "Die-back" of reeds in Europe-A critical review of literature[J]. Aquatic Bot., 1989, 35: 25-26.

## Research Progress on the Physiology and Ecology of Plants in Constructed Wetland

YUE Li-ran<sup>1</sup>, GAO Chun-yi<sup>2</sup>, LI Yong-feng<sup>1</sup>

(1. Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040; 2. Heilongjiang Urban Planning Institute, Harbin, Heilongjiang 150040)

**Abstract:** The design and construction of constructed wetlands realized the effective waste water treatment through the optimum combination of the natural ecological system of physical, chemical and biological action. Plant is an important part in constructed wetland. Through analyzing the composition of constructed wetland and plants species, the physiology and ecology studies on wetland plant were reviewed, including the growth of plants, photosynthesis and transpiration, root oxygen role and the interaction between plants species and some problems existing in the research.

**Key words:** constructed wetlands; plant; physiology and ecology; sewage purification