

利用水葫芦净化养鳖废水的问题研究

沈明卫¹, 陈志银¹, 苗香雯¹, R. Mercks²

(1. 浙江大学农业生物环境工程研究所, 浙江 杭州 310029; 2. 比利时鲁汶大学土壤肥力与土壤生物学实验室)

摘 要: 甲鱼的代谢废物及残余饵料是养殖水体的主要污染源, 同时也是可被水生植物(水葫芦)利用的高能、优质的营养物质。针对在甲鱼废水池中养殖的用于净化水体的水葫芦经常出现幼叶发白症状的问题, 采用 4 种处理来分析诊断其原因, 即: ①延长废水在水葫芦池中的停留时间; ②用硝酸将原始废水的 pH 值调节到 6.5 左右; ③添加微量 Fe-EDTA; ④先用硝酸将废水 pH 调至 6.5 左右后, 再添加微量 Fe-EDTA。试验表明, 这 4 种方法均能使水葫芦克服缺绿症状而正常生长。考虑到废水处理的经济性, 处理①和②具有一定的实用价值。

关键词: 水葫芦; 养殖废水; 净化

中图分类号: X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0267(2002)04-0337-03

Utilization of Water – Hyacinth in Purifying Waste Water from Turtle Pond (WWTP)

SHEN Ming-wei¹, CHEN Zhi-yin¹, MIAO Xiang-wen¹, R. Mercks²

(1. Institute of Agricultural Bioenvironmental Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China; 2. Laboratory of Soil Fertility and Soil Biology, K. U Leuven)

Abstract: The effluents and the feed residues from raising pond for turtle are the main pollutants of aquaculture system. These waste products are characterized by high – energy and high – quality nutrients that may be further utilized by aquatic plant (water hyacinth). Aiming at the symptom of the tender leaves and stems of water – hyacinth often turn white while purifying WWTP (the wastewater from turtle pond), this paper describes four kinds of treatments to evaluate and diagnose this problem. The result showed that: (1) prolong incubating time of WWTP in the water hyacinth pond; (2) addition of HNO₃ to adjust pH value to about 6.5; (3) Addition of some trace Fe – EDTA; (4) Addition of HNO₃ to adjust pH value to about 6.5 first and then some trace Fe – EDTA. It has been found that all these four methods could make the water – hyacinth disappearance of the symptom of iron deficiency and developing healthily. In considering of economic gain the treatments (1) and (2) exhibited to be available.

Keywords: water – hyacinth; wastewater from turtle pond; purification

甲鱼集约化加温养殖池中的水体由于甲鱼代谢废物、残余饵料等的分解而导致其水质在短时间内迅速恶化, 实践中常采用频繁换水的方法来解决这一问题, 这不但造成能源的巨大浪费, 同时, 不加节制的污水排放致使河流、湖泊富营养化, 破坏了生态环境。为此, 浙江大学农业生物环境工程研究所尝试了一种“甲鱼 – 水葫芦”的水生动植物循环养殖系统, 利用在依托于养鳖温室的半坡塑料大棚中培植水葫芦来净化养鳖废水, 以达到废水回用或达到排放标准的目

的。

在长达 3 年多的实际运行中发现, 在废水池中生长、繁殖的水葫芦生长状况很不稳定, 其幼叶及嫩茎

常常呈现病态的白色, 影响了整个系统的正常运行。经过仔细的观测和分析, 我们认为这可能是由于缺乏一必需元素所致。而铁元素是植物叶绿素合成所必需的, 因此缺铁便会产生缺绿症, 同时铁又是植物体内最难移动的元素之一, 故缺铁症状首先出现在嫩叶上。为验证水葫芦幼叶等的发白是否是由于废水缺铁所致, 进行了如下的试验。

1 材料和方法

水葫芦从郊区池塘引入, 试验开始前, 首先用自来水清洗掉水葫芦根部的附着物, 然后用蒸馏水漂洗。试验用水为养鳖温室当天排放的养殖废水, 在每个经过蒸馏水冲洗并晾干的塑料桶内加 3 L 该废水, 然后放入 3 株健壮、大小匀称的水葫芦。试验分为 4 种处理(下文用代号表示): ① TPWW(养鳖废水, 不添加任何其他成分); ② TPWW + HNO₃(用硝酸将养鳖

废水的 pH 值调至 6.5 左右); ③ TPWW + Fe - EDTA(在养鳖废水中添加微量 Fe - EDTA, 使之在废水中的计算浓度为 $50\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$); ④ TPWW + HNO_3 + Fe - EDTA(用硝酸将废水 pH 值调至 6.5 后, 加入与处理③中等量 EDTA 铁)。每个处理为 5 个重复, 试验在浙江大学农业生物环境工程研究所的玻璃温室内进行, 每天定时用蒸馏水来补给在试验过程中由于蒸发和植株吸收所失去的水分, 使每个塑料桶中的水位一直保持在 3 L 的位置。

试验从 1999 年 7 月 13 日开始, 至 8 月 1 日结束, 试验过程中每天用便携式 HI9024 型 pH 计与 ATC Sonde 型 EC 计测量塑料桶内养殖废水的 pH 和 EC 值; 每隔 3—5 d 分别用靛酚法 (Indophenol Method)、联氨硫酸还原法 (Hydrozine Sulfate Reduction Method)、抗坏血酸还原法 (Ascorbic Acid Reduction Method) 测量废水中的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ + $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 以及 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 的浓度变化情况。

2 试验结果与讨论

在整个试验期间, 日平均气温在 $35\text{ }^\circ\text{C}$ 左右, 因各塑料桶处在相同的环境条件下, 故以下讨论中不考虑环境因素对水葫芦生长的影响。

2.1 pH 和 EC 的变化情况

在水葫芦净化养鳖废水的过程中, 废水的 pH 与 EC 值的变化如表 1 所示。从表 1 可以看出, 4 种处理中 EC 值是持续下降的, 这表明水葫芦在不断吸收废水中的营养物质。pH 值的变化情况一方面由于水葫芦的呼吸作用, CO_2 从叶茎部运输到根部并释放到水体中, 使得 pH 值下降; 另一方面, 由于植株在生长过程中, 根据需要会选择性地吸收不同的营养元素, 使得废水的 pH 值发生变化。自 7 月 19 日至 22 日, 处理①中的水葫芦的幼叶出现叶脉间失绿, 有的已经明显发白, 而用其他 3 种方法处理的水葫芦在生长过程中没有发现上述症状。从总体上来看, 各处理中的水葫芦在 7 月 13 日至 7 月 21 日期间生长相对比较旺盛, 分枝分蘖多。而从 7 月 22 日至 8 月 1 日, 各处理中的水葫芦生长减慢, 不再有新生幼叶出现, 但处理①中水葫芦发白的幼叶却在这一期间转变为绿色。

养鳖池由于经常采用石灰消毒, 排放出来的甲鱼废水中 pH 值较高, 一般都在 8.0—8.5 之间。在这种微碱性的废水中, 铁往往会形成不溶性化合物, 从而很难被水葫芦吸收利用, 致使其一度出现缺铁症状。随着水葫芦呼吸作用的进行, CO_2 被源源不断地释放到水体中, 废水逐渐变为微酸性, 此时废水中的不溶性铁化合物逐步溶解而成为能被水葫芦吸收的形态, 幼叶的缺铁症状也随之缓和、消失。

表 1 水葫芦净化桶中废水的 pH、EC 变化情况
Table 1 pH, EC variations in the wastewater grown water - hyacinth

日期	处理①		处理②		处理③		处理④	
	pH	EC	pH	EC	pH	EC	pH	EC
7 月 13 日	8.36	2.53	6.68	2.87	8.29	2.63	6.63	3.13
7 月 14 日	8.26	2.47	7.58	2.50	8.20	2.40	7.59	2.83
7 月 15 日	7.67	1.70	7.00	1.89	7.57	1.73	7.12	2.16
7 月 16 日	7.50	1.43	6.70	1.82	7.45	1.54	6.90	2.01
7 月 17 日	7.36	1.37	6.53	1.91	7.36	1.43	6.55	1.97
7 月 18 日	7.25	1.31	6.49	1.83	7.28	1.33	6.50	1.89
7 月 19 日	7.06	1.27	5.57	1.80	6.88	1.31	5.89	1.85
7 月 20 日	6.80	1.12	4.86	1.71	6.36	1.18	5.31	1.77
7 月 21 日	6.25	1.05	4.13	1.65	5.98	1.06	4.85	1.70
7 月 22 日	5.65	0.74	3.80	1.43	5.36	0.76	4.35	1.50
7 月 23 日	5.16	0.70	3.52	1.31	4.50	0.71	3.87	1.42
7 月 24 日	4.49	0.63	3.26	1.27	3.88	0.68	3.50	1.30
7 月 25 日	4.09	0.60	3.24	1.21	3.73	0.60	3.44	1.23
7 月 26 日	4.37	0.52	3.15	1.09	3.59	0.64	3.29	1.12
7 月 27 日	4.76	0.42	3.11	0.87	3.90	0.47	3.22	0.98
7 月 28 日	4.81	0.37	3.09	0.75	3.96	0.46	3.20	0.87
7 月 29 日	4.92	0.31	3.06	0.69	4.02	0.43	3.18	0.81
7 月 30 日	5.02	0.28	3.08	0.61	4.43	0.36	3.18	0.65
7 月 31 日	5.10	0.26	3.10	0.56	4.92	0.25	3.16	0.57
8 月 1 日	5.17	0.23	3.11	0.52	5.10	0.18	3.15	0.51

在本试验中还观察到, 废水中的 pH 值在达到一定值后有略微上升的趋势, 这一方面由于随着试验的进行, 废水中的营养物质日益匮乏(见表 2), 植株的新陈代谢水平降低, 呼吸作用也随之减弱; 另一方面, 每天补给的蒸馏水的 pH 值接近于 7, 也起了一定的缓冲作用。

以本研究所实际运行的水生动植物综合养殖生态系统为例, 加温养殖温室內共有 40 个养鳖池, 每个养鳖池贮水体积为: (长×宽×水深) 4 m×3 m×0. 50 m=6. 0 m³, 平均换水时间为 20 d 左右。依托式半坡塑料大棚内废水净化池的总容积为 22 m³。也就是说, 每天有两个池的水量, 即大约 12 m³ 的废水流向水葫芦净化池, 其平均停留时间只有 22÷12≈1. 83 d, 而在这短短的 2 d 内废水一直处于微碱性状态(见表 1), 所以造成水葫芦的铁饥渴而出现生长异常的情况。

2. 2 NH₄⁺ - N、NO₃⁻ - N + NO₂⁻ - N 和 PO₄³⁻ - P 的浓度变化情况

从表 2 中可以看出, 处理②和④中的 NH₄⁺ - N 的浓度下降速度较其他两个处理略为缓慢, 这是由于硝酸的加入, 使废水偏离微碱性, 因而造成化学平衡方程式: NH₃ + H₂O→NH₄⁺ + OH⁻ 向形成更多 NH₄⁺ 的方

表 2 NH₄⁺ - N、NO₃⁻ - N + NO₂⁻ - N 和 PO₄³⁻ - P 的浓度变化

Table 2 The concentration variations of NH ₄ ⁺ - N、NO ₃ ⁻ - N + NO ₂ ⁻ - N 和 PO ₄ ³⁻ - P					
日期	测量元素 /mg·L ⁻¹	4 种处理方式			
		①	②	③	④
7 月 13 日	NH ₄ ⁺ - N	248	248	248	248
7 月 16 日		60	94	61	88
7 月 21 日		8. 4	30	10	25
7 月 26 日		0. 5	7	0. 3	6
8 月 1 日		—	—	—	—
7 月 13 日	NO ₃ ⁻ - N + NO ₂ ⁻ - N	0. 391	0. 427	0. 391	0. 431
7 月 16 日		0. 098	0. 12	0. 108	0. 124
7 月 21 日		—	—	—	—
7 月 26 日		—	—	—	—
8 月 1 日		—	—	—	—
7 月 13 日	PO ₄ ³⁻ - P	6. 049	6. 049	6. 049	6. 049
7 月 16 日		2. 827	3. 555	2. 491	3. 905
7 月 21 日		1. 516	1. 088	1. 334	1. 093
7 月 26 日		—	—	—	—
8 月 1 日		—	—	—	—

注: “—”表示用上述介绍的方法不能测出。

向发展, 废水中气态 NH₃ 减少, 溢出到空气中的量也随之减少。另外, 废水中铁元素的缺乏与否对水葫芦吸收营养元素 N 没有明显影响。值得注意的是, 由于废水中的 NO₃⁻ - N 及 NO₂⁻ - N 含量一直很低, 可见水葫芦主要是靠吸收 NH₄⁺ - N 来满足生长的 N 需求。

养殖废水中的可溶性正磷酸盐含量相当低, 并且在各处理中其浓度下降的速度不大, 这可能是由于水葫芦根系形成的微生物区能分解有机物, 废水中的有机磷被逐步释放出来的缘故。分析表 2 不难看出, 硝酸的加入对水葫芦吸收磷元素有一定的影响, 但 EDTA 铁的作用并不明显。

一般来说, EDTA 铁在碱性溶液中效率较低, 但在本试验处理③中的水葫芦未出现幼叶发白现象, 这可能是由于水葫芦巨大的根系吸附了一部分 EDTA 铁, 由于植株的呼吸作用, 在根部局部小区域内形成微酸性环境, 从而提高了 EDTA 铁的有效性。

3 结论与展望

在具体解决水葫芦幼叶生长异常的问题上, 4 种处理各具特色。由于废水中不是没有 Fe 元素存在, 所以如何创造条件使水葫芦能有效利用废水中铁元素是值得探索的问题。

(1) 延长废水在水葫芦池(废水净化池)中的停留时间无疑是经济的方法。停留时间的确定与水葫芦的分布密度、生长状况、环境条件等有关, 这有待于进一步的深入研究。

(2) 用硝酸将刚排放出来的养鳖废水调至微酸性, 在开始的几天中发现, 由于废水自身的调节和缓冲作用, 废水很快转为中性。但 HNO₃ 的加入使废水保持微碱性的时间减少, 从而促进了不溶性铁化合物的溶解。

(3) 从本试验的结果来看, EDTA 铁的加入并没有促进水葫芦对主要营养元素 N、P 的吸收, 而且 EDTA 铁的价格较高。考虑到整个废水处理系统的经济性, 处理①和②具有一定的实际应用价值。

参考文献:

[1] 李秀辰, 等. 孔石莼养鲍污水的静态净化研究[J]. 农业工程学报, 1998, 14(1): 3 173 - 3 175.
[2] 曾广文, 等. 植物生理学[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1998.