

不同预处理方法对沼液养殖微藻的影响*

巫小丹¹ 刘伟¹ 阮榕生^{1,2,3} 王允圆¹ 万益琴^{1,3} 胡蓓娟¹
张锦胜^{1,2} 彭红¹ 郑洪立¹ 刘玉环^{1,2,3}†

(1. 南昌大学生物质转化教育部工程研究中心, 江西 南昌 330047;

2. 南昌大学食品科学与技术国家重点实验室, 江西 南昌 330047;

3. 南昌昌明环能科技有限公司, 江西 南昌 330047)

摘要 比较了不同预处理方法对养猪沼液的灭虫效果和后期微藻养殖的影响, 拟优选出最佳的预处理办法。结果表明, 养猪沼液在开放环境中放置一定时间后, 易出现原生动物、微型后生动物和其他无脊椎动物, 而对微藻生长影响较为严重的主要是原生动物和微型后生动物; 用 40 mg/L 的漂白粉处理可以基本杀灭养猪沼液中的食藻害虫, 处理后的养猪沼液只需放置 4 d 后就可以接种、培养微藻; 这种预处理方法成本相对较低, 每吨养猪沼液的处理成本仅约为 0.050 0 元; 这种预处理方法操作简单, 而且对养猪沼液中的营养素破坏较少, 为利用养猪沼液实现规模化微藻养殖解决了一个棘手的问题。

关键词 养猪沼液 微藻 食藻害虫 预处理 漂白粉

Impacts of different pretreatment methods on microalgae cultivation in biogas slurry WU Xiaodan¹, LIU Wei¹, RUAN Rongsheng^{1,2,3}, WANG Yunpu¹, WAN Yiqin^{1,3}, HU Beijuan¹, ZHANG Jinsheng^{1,2}, PENG Hong¹, ZHEN Hongli¹, LIU Yuhuan^{1,2,3}. (1. Engineering Research Center of Biomass Conversion, Ministry of Education, Nanchang University, Nanchang Jiangxi 330047; 2. State Key Laboratory of Food Science, Nanchang University, Nanchang Jiangxi 330047; 3. Nanchang Changming Eco-Energy Technology Co., Ltd., Nanchang Jiangxi 330047)

Abstract: It is of great significance for controlling algae-eating pests in the process of microalgae cultivation. In this paper, different pretreatment methods were performed before microalgae cultivation in swine biogas slurry, the insecticidal effect of different pretreatment methods as well as their influence on microalgae cultivation was thoroughly compared so as to select the best pretreatment method. Results showed that protozoa, metazoan and other invertebrates appeared after biogas slurry placed in open environment for a certain period, protozoa and metazoan had a great influence on the growth of microalgae. After applying 40 mg/L of bleaching powder, algae-eating pests in swine biogas slurry were basically killed, and inoculated of microalgae could performed after only 4 days. The cost of bleaching powder method was relatively low, the per ton pretreatment cost of only about 0.050 0 yuan. This method was easy to operate, and nutrient in swine biogas slurry was little damaged. This paper had important guiding significance for achieving the large-scale culture of microalgae in swine biogas slurry.

Keywords: swine biogas slurry; microalgae; algae-eating pests; pretreatment; bleaching powder

养猪沼液成分复杂, N、P 含量高, 并含有丰富的有机物^[1]。在开放自然环境中, 养猪沼液非常有利于一些细菌、杂藻等微生物的生长繁殖, 而这些微生物的出现又促进了其掠食者原生动物(如钟虫)、微型后生动物(如轮虫、线虫), 甚至各种无脊椎动物幼虫(如孑孓)等的出现, 从而构成了非常复杂的食物链^[2]。在资源化利用养猪沼液的过程中, 如果直接将微藻接种到养猪沼液中, 就增加了食藻害虫的食源, 同时微藻的快速繁殖也会促进养猪沼液中溶氧

量的提高, 刺激捕食者数量猛增, 使得微藻被吞食而抑制生长, 甚至全部消失。

养猪沼液中的食藻害虫可以捕食其中的细菌、藻类和其他浮游动物^[3], 而且有一部分原生动物能将微藻作为唯一的食物来源^[4-5]。这些食藻害虫对不利环境的抵抗能力强^[6], 可以通过分泌胶体形成包裹来抵抗不利环境, 一旦环境好转, 又开始迅速繁殖^[7], 这也是养猪沼液中食藻害虫难以处理的原因之一。目前, 已有较多关于食藻害虫治理的报道。

第一作者: 巫小丹, 女, 1984 年生, 硕士, 实验师, 研究方向为微藻生物质资源开发利用。* 通讯作者。

* 国家“863 计划”项目(No. 2012AA021205、No. 2012AA021704、No. 2012AA101809); 国家自然科学基金资助项目(No. 21266022); 科技部合作项目(No. 2010DFB63750); 江西省科技战略性新兴产业研发项目(No. 2013AFC30044); 江西省教育厅科技落地计划项目(No. KJLD12011); 江西省科技重大专项(No. 2012ABG04103)。

如贾述竟^[8]用制霉菌素处理钟形虫;徐晓平等^[9]用溴氰菊酯处理轮虫;甘志凯等^[10]研究了 pH 对草履虫的杀灭作用,这些方法都取得了很好的杀虫效果。但是养猪沼液中的食藻害虫种类比较复杂,而且养猪沼液的成分也复杂,以上方法均不适于养猪沼液的灭虫。因此,观察养猪沼液养殖微藻过程中出现的食藻害虫种类,并针对这些食藻害虫找到简单方便、高效环保的防控方法非常有必要。

本课题组在以往的研究过程中发现,利用养猪沼液养殖微藻的一个关键难点就是控制这些食藻害虫的繁殖。因此,对养猪沼液进行适当的预处理很有必要。考虑微藻养殖和养猪沼液净化的双重需求,预处理必须满足如下要求:(1)处理的药物成本、设备成本,以及处理方法的能耗要低;(2)处理后养猪沼液不能影响后期的微藻繁殖生长。本研究比较了不同预处理方法对养猪沼液的灭虫效果和后期微藻养殖的影响,拟优选出较佳的预处理办法,以期利用养猪沼液实现规模化养殖微藻找出有效的途径。

1 材料与方 法

1.1 主要材料

本实验藻种小球藻 (*Chlorella vulgaris*) FACHB-31(简称小球藻)由中国科学院武汉水生研究所淡水藻种库提供。

所用养猪沼液取自南昌市某公司的养猪场。

漂白粉,氨水,生石灰,盐酸,洗洁精,双效灵(主要成分是阿维菌素溶液)、鱼虫净(主要成分是溴氰菊酯溶液),甲维特杀(主要成分是甲氨基阿维菌素苯甲酸盐溶液),虫克 AEC(主要成分是伊维多拉菌素原粉)。

1.2 主要仪器

UV9100 系列紫外—可见分光光度计、LWD200-37FT 荧光倒置显微镜、Mettler Toledo 320-S pH 计。

1.3 实验方法

1.3.1 沼液养殖小球藻过程中主要生物群落的观察及计数方法

将小球藻按照 20%(体积分数,下同)接种量接入 100 L 用 300 目纱布过滤的养猪沼液中,置于玻璃温室内的开放式平板反应器中培养 21 d,每天搅拌 3~4 次,监测藻液中的生物种类和数量,并查阅相关文献和资料进行比对^[11-12]。无脊椎动物个体较大,采用五点取样法直接计数,样方大小为 20 cm×20 cm×20 cm,然后取平均值作为密度;其他生物个体较小,计数时采用五点取样法,5 个取样点分别用胶头滴管取一滴管(0.05 mL,下同)藻液在显微镜下观察计数,再取平均值作为密度。

1.3.2 不同预处理方法的灭虫效果比较

将小球藻按照 20%接种量接入 10 L 用 300 目纱布过滤的养猪沼液中,当藻浓度明显开始下降、在显微镜观察下可以发现许多食藻害虫时,将藻液混合均匀,各取 300 mL 藻液加入到 12 个 500 mL 的锥形瓶中,编号为 1~12 号,各组处理方法见表 1。处理 10、24 h 后分别在显微镜下观察各组藻液中的食藻害虫数量。

1.3.3 不同浓度漂白粉的灭虫效果比较

将小球藻按照 20%接种量接入 10 L 用 300 目纱布过滤的养猪沼液中,当藻浓度开始下降、显微镜观察发现许多食藻害虫时,进行计数。将藻液混合均匀,分别取 3 滴管藻液进行计数,然后取平均值计算食藻害虫密度。再各取 2 L 混均的藻液依次加入 5 个 5 L 锥形瓶中,编号为 1~5 号,并分别按 0、10、20、30、40 mg/L 加入漂白粉,10、24 h 后在显微镜下观察食藻害虫密度。

1.3.4 不同预处理方法对微藻养殖的影响

取 500 mL 锥形瓶 5 个,分别编号为 1~5 号。其中,1 号加入 200 mL 静置 10 d 的养猪沼液上清液;2 号加入 200 mL 经煮沸 3 min 后再冷却至室温的养猪沼液;其他加入 200 mL 用 300 目纱布过滤的养猪沼液。3 号不处理作为对照组;4 号加入 40 mg/L 漂白粉;5 号用生石灰调节 pH 至 12.00,2 h 后用盐酸调回 pH 至 8.00。然后将小球藻按照 20%接种量接入各个锥形瓶,每天检测藻浓度(以 680 nm 处的吸光度(OD₆₈₀)表征),并用显微镜观察

表 1 不同预处理方法
Table 1 Different pretreatment methods

编号	预处理方法	编号	预处理方法
1	不处理(对照组)	7	加热至 100 ℃处理 3 min 后,冷却至室温
2	用 4 层 120 目滤布过滤	8	按 $1.50 \times 10^{-5} \sim 2.25 \times 10^{-5}$ mL/L 加入鱼虫净
3	按 50 mg/L 加入漂白粉	9	按 $2.25 \times 10^{-5} \sim 4.50 \times 10^{-5}$ g/L 加入虫克 AEC
4	加入 0.05%(体积分数)的氨水	10	按 $2.55 \times 10^{-5} \sim 3.75 \times 10^{-5}$ mL/L 加入甲维特杀
5	用生石灰水调节 pH 至 12.19	11	按 $4.50 \times 10^{-5} \sim 5.25 \times 10^{-5}$ mL/L 加入双效灵
6	用盐酸调节 pH 至 5.86	12	按 0.01 mL/L 加入洗洁精

各组的食藻害虫群落变化。其中,4号接种后的第6天再次接入10%的小球藻。

1.3.5 漂白粉预处理养猪沼液的最佳培养时间确定

取500 mL锥形瓶4个,分别编号为1~4号,分别加入用300目纱布过滤的养猪沼液200 mL。1~4号分别投加40 mg/L漂白粉后放置0、2、4、5 d,然后将小球藻按照10%接种量接入各个锥形瓶,每天检测藻液的OD₆₈₀,并用显微镜观察各组的食藻害虫群落变化。

2 结果与分析

2.1 沼液养殖小球藻过程中主要生物群落的观察结果

实验发现,在培养的初始几天,小球藻迅速生长,藻液越来越浓绿,但是培养两周时,藻液由绿色转变为淡黄褐色,藻浓度迅速降低,且底部有很多絮凝沉淀。在前期的藻液中发现了轮虫、草履虫、钟虫、变形虫、漫游虫等生物,数量增加迅速,而小球藻浓度迅速下降,说明藻液中的微型后生动物和原生动物对小球藻的养殖有很大的危害。此外,还可以看见少量的斜生栅藻、四尾栅藻等杂藻,后期藻液中还出现了蚊子幼虫、线虫等(见表2)。

表2 沼液养殖小球藻过程中观测到的生物种类和数量
Table 2 The species and quantity of microbe during the process of microalgae cultivation in biogas slurry

生物类型	生物名称	培养两周时的密度 (个·滴 ⁻¹)	培养末期的密度
原生动	草履虫	19	27个/滴
	钟虫	8	17个/滴
	变形虫	5	19个/滴
	漫游虫	1	3个/滴
微型后生动物	轮虫	2	9个/滴
无脊椎动物	蚊子幼虫	0	2个/L
	线虫	0	9个/L
杂藻	直舟形藻	6	11个/滴
	四尾栅藻	16	37个/滴
	斜生栅藻	7	8个/滴

可见,养猪沼液在开放环境中储存一定时间后,易出现原生动物、微型后生动物和其他无脊椎动物,而对微藻生长影响较为严重的主要是原生动物和微型后生动物。

2.2 不同预处理方法的灭虫效果比较结果

不同预处理方法在沼液养殖微藻过程中的灭虫效果见表3。由表3可见,3、4、5、7号实验组均有较好的灭虫效果,而其他各组的灭虫效果均不理想。由表4可见,7号实验的耗能太大,不适于大规模养

猪沼液的灭虫处理;4号实验虽然药剂添加量少、成本低,但是会增加沼液的氮含量,恶化水质,而且残留氨会对后期微藻生长繁殖产生不利影响;3、5号实验处理方法的灭虫效果很好,而且药剂添加量少、成本低、操作简单,比较适合养猪沼液的灭虫处理。

表3 不同预处理方法对食藻害虫的杀灭效果¹⁾

Table 3 Insecticidal effect of different pretreatment methods

编号	10 h	24 h	编号	10 h	24 h
1	+	+	7	-	-
2	+	+	8	+	+
3	-	-	9	+	+
4	-	-	10	+	+
5	-	-	11	+	+
6	+	+	12	+	+

注:1)“-”代表无食藻害虫;“+”代表有食藻害虫。

表4 4种灭虫效果较好方法的成本比较

Table 4 Cost comparison of four pretreatment methods with good insecticidal effect

编号	处理每吨养猪沼液的 用药量或最低电耗	药剂或耗能的 市场价格	每吨养猪沼液的 处理成本/元
3	50 g	1 250 元/t	0.062 5
4	0.5 g	550 元/t	0.000 3
5	843.2 g	350 元/t	0.295 1
7	81.67 kW·h	0.8 元/(kW·h)	65.336 0

2.3 不同浓度漂白粉的灭虫效果比较结果

不同食藻害虫对漂白粉的耐受能力存在差异。处理前的藻液中发现了草履虫、钟虫、变形虫、漫游虫、轮虫,密度分别为13、2、7、1、2个/滴。从表5可以看出,随着漂白粉浓度的增加,对藻液中食藻害虫的伤害也越来越大,当漂白粉质量浓度达到40 mg/L(每吨养猪沼液的处理成本仅为0.050 0元)时,已基本可以杀灭所有食藻害虫,而且在后续观察中没有再发现这些食藻害虫的出现。同时还发现,个体小的食藻害虫对漂白粉的耐受力相对较弱。

2.4 不同预处理方法对微藻养殖的影响结果

养猪沼液上清液中一般食藻害虫数量较少^[13]。由图1可见,1号实验的藻浓度先上升,而后随着虫害爆发,藻的生长繁殖受到一定抑制,藻浓度趋于平稳;3号实验作为对照,未做灭虫处理,藻浓度先上升后受到严重抑制,因为随着藻浓度的增加,食藻害虫快速繁殖生长,吞食小球藻。4号实验在前5天藻浓度有所下降,且看不到藻的生长迹象,因为漂白粉中的次氯酸盐对小球藻有很大的伤害,但次氯酸盐在开放式环境中见光易分解,因此在第6天尝试再次接入10%的小球藻作为藻种,小球藻开始生长繁殖,藻浓度逐渐上升。可见,在漂白粉处理5 d以后,藻液中的余氯不再对小球藻的生长产生伤害。总体来看,2号和再次接种的4号实验保持着较高

表5 不同质量浓度漂白粉的灭虫效果比较
Table 5 Insecticidal effect of bleaching powder with different concentration

漂白粉 (mg·L ⁻¹)	10 h		24 h	
	种类	密度 /(个·滴 ⁻¹)	种类	密度 /(个·滴 ⁻¹)
0	草履虫	17	草履虫	23
	钟虫	4	钟虫	7
	变形虫	11	变形虫	13
	漫游虫	2	漫游虫	2
	轮虫	2	轮虫	3
10	草履虫	15	草履虫	20
	钟虫	4	钟虫	7
	变形虫	11	变形虫	12
	漫游虫	1	漫游虫	2
	轮虫	1	轮虫	2
20	草履虫	11	草履虫	13
	钟虫	3	钟虫	5
	变形虫	8	变形虫	9
	漫游虫	1	漫游虫	2
	轮虫	2	轮虫	2
30	草履虫	5	草履虫	6
	钟虫	2	钟虫	2
	变形虫	6	变形虫	5
	漫游虫	1	漫游虫	1
	轮虫	2	轮虫	2
40	草履虫	5	草履虫	6
	钟虫	2	钟虫	2
	变形虫	6	变形虫	5
	漫游虫	1	漫游虫	1
	轮虫	2	轮虫	2

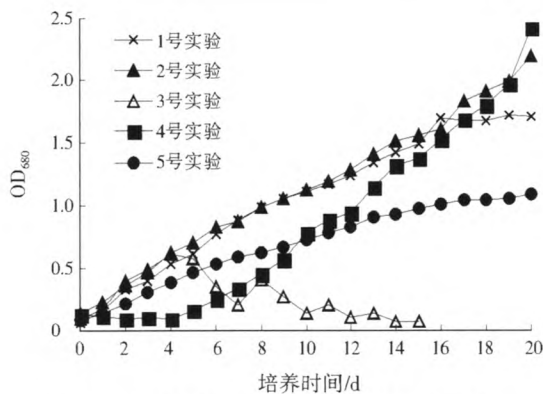


图1 不同预处理方法对微藻养殖的影响
Fig.1 Effects of different pretreatment methods on microalgae cultivation in biogas slurry

的藻生长速率,且最终获得的藻生物量也较其他实验组高,说明这两种预处理方法不仅很好杀灭了养猪沼液中的食藻害虫,而且对养猪沼液中的营养物质破坏较少。5号实验中小球藻的生长速率相对较慢,而且最终获得的藻生物量不高,可能是因为在调节pH至12.00时,养猪沼液中出现了一些絮凝沉淀,使某些营养物质遭到了破坏而不能被小球藻有效利用。

综合小球藻的养殖效果、灭虫处理成本和连续性处理能力来看,4号实验的灭虫处理方法最为理

想。因为漂白粉添加量少、成本低,而且易分解、实验操作简单,适用于大规模、连续化处理养猪沼液。但是投加漂白粉后需要放置一段时间之后才可以接种藻液,否则小球藻会被残留的次氯酸盐抑制,因此需要明确漂白粉预处理养猪沼液的最佳培养时间。

2.5 漂白粉预处理养猪沼液的最佳培养时间

随着时间的推移,漂白粉中的次氯酸盐可以转化为易挥发或无害的成分。从图2可以看出,1号实验在投加漂白粉后马上接种藻液,藻浓度持续下降;2、3、4号实验的小球藻在初始的2d生长较慢,从第3天开始均出现了较快的生长趋势,3、4号实验的生长速率相差不大,均大于2号实验。这说明投加漂白粉后放置2d再接种藻液,就不会完全杀死小球藻,但仍然会对其生长产生一定抑制作用,而放置4、5d后再接种藻液,则基本不会对小球藻后期的生长造成伤害。

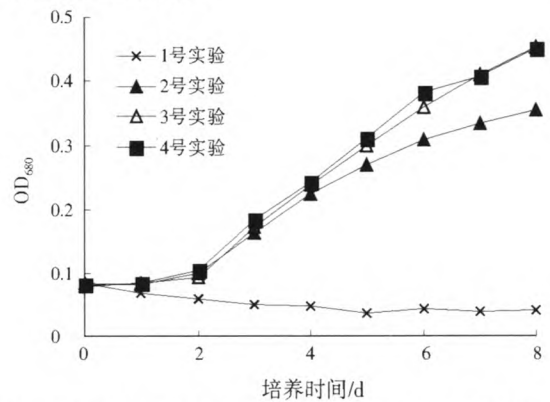


图2 漂白粉处理养猪沼液的培养时间对养殖微藻的影响
Fig.2 Effects of processing time on growth of microalgae in biogas slurry

可见,40 mg/L漂白粉处理养猪沼液后,养猪沼液需至少放置4d,才可进行接种、培养微藻。

3 结 语

(1) 养猪沼液在开放环境中储存一定时间后,易出现原生动物、微型后生动物和其他无脊椎动物,对微藻生长影响较为严重的主要是原生动物和微型后生动物。

(2) 用40 mg/L的漂白粉处理可以基本杀灭养猪沼液中的食藻害虫,处理后的养猪沼液只需放置4d后就可以接种、培养微藻。这种预处理方法成本相对较低,每吨养猪沼液的处理成本仅约为0.0500元;这种预处理方法操作简单,而且对养猪沼液中的营养物质破坏较少,为利用养猪沼液实现规模化微藻养殖解决了一个棘手的问题。

(下转第18页)

表2 不同进水负荷阶段的氨氮质量浓度
Table 2 Influent NH₄⁺-N concentration of different treatment stages

进水负荷阶段	氨氮/(mg·L ⁻¹)
I	186
II	502
III	834
IV	1 250

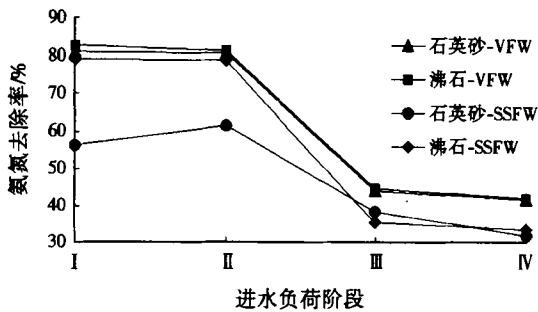


图18 不同进水负荷下的氨氮去除率

Fig. 18 The NH₄⁺-N removal rate of wetlands under different influent loading

潜流人工湿地。4种人工湿地单元的氨氮去除率均出现波动现象,这是由于在初期基质有吸附作用,但随着基质吸附饱和导致氨氮去除率下降。此后,由于人工湿地吸附能力再生、植物生长旺盛、根系发达、耐污能力增强使氨氮去除率上升并趋于稳定。

由图18可知,各人工湿地单元去除氨氮的效果随进水氨氮的上升而逐渐下降,在高进水负荷阶段最明显。在I、II阶段,各人工湿地单元处理效果相近,其中石英砂-VFW和沸石-VFW单元的氨氮去除率均大于80%,石英砂-SSF和沸石-SSF单元的氨氮去除率分别为60%和79%左右。在III、IV高进水负荷阶段,各人工湿地单元氨氮去除率下降明显,其中石英砂-VFW和沸石-VFW单元的氨氮去除率分别降至42%、44%左右,而石英砂-SSF和沸石-SSF单元则分别降至31.68%、33.15%。各人工湿地单元对于氨氮污染负荷的抗冲击能力和对氨氮的去除率排序为:沸石-VFW>石英砂-VFW>沸石-SSF>石英砂-SSF。以沸石为基质的人工湿地对氨氮的抗冲击能力高于以石英砂为基质的人工湿地。

3 结论

(1) Langmuir等温吸附方程更适合用于描述5种基质对氨氮的吸附,沸石具有最大饱和吸附量, Q₀为1.049 8 mg/g。由准二级动力学方程得出沸石具有最大的平衡吸附量,吸附能力最强。

(2) 4种人工湿地单元中,沸石-VFW单元对氨氮的去除率平均为81.04%,效果要好于其他3种人工湿地单元。

(3) 4种人工湿地单元在不同进水负荷阶段对

氨氮的去除率排序为:沸石-VFW>石英砂-VFW>沸石-SSF>石英砂-SSF。在高进水负荷阶段中垂直潜流人工湿地具有更好的适应能力。

参考文献:

- [1] 王妍艳,张彩莹,安可栋.改进型波形潜流人工湿地处理猪场废水[J].环境工程学报,2012,29(9):47-52.
- [2] 温泉.氧化塘处理猪场废水厌氧消化液的研究[D].成都:四川大学,2011.
- [3] 胡启智,朱凤榕,王军.猪场废水处理技术研究进展[J].农业灾害研究,2012,2(4):46-49.
- [4] 王健.表面流人工湿地污水处理技术应用探讨[J].安徽建筑工业学院学报,2010,18(4):51-55.
- [5] 赵艳红,董文华,郑小飞.人工湿地在新农村生活污水中的应用[J].工业安全与环保,2012,38(8):67-69.
- [6] 赵桂瑜,周琪.页岩陶粒对水体中磷的吸附作用及动力学[J].环境污染与防治,2007,29(3):182-185.
- [7] 许文来,张建强.河沙对污水中有机物吸附作用与动力学[J].水处理技术,2011,37(5):30-33.

编辑:陈泽军 (修改稿收到日期:2013-08-27)

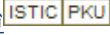
(上接第12页)

参考文献:

- [1] 祝其丽,王文国,何明雄,等.规模化养殖场畜禽粪便发酵还田负荷——以四川省邛崃市为例[J].环境污染与防治,2012,34(7):85-89.
- [2] 陈红,韩宏蕾,辛丽花.废水处理系统中微生物群落变化与水质净化[J].环境科学与管理,2012,37(1):90-95.
- [3] 谢钦铭,李长春,彭赐莲,等.鄱阳湖原生动动物群落生态的初步研究[J].江西科学,2000,18(1):40-44.
- [4] CANTER H M, HEANEY S I, LUND J W G. The ecological significance of grazing on planktonic populations of cyanobacteria by the ciliate *Nassula*[J]. New Phytologist, 1990, 114(2): 247-263.
- [5] TAKAMURA N, YASUNO M. Food selection of the *Ciliated Protozoa, Condylostoma vorticella* (Ehrenberg) in Lake Kasumigaura[J]. Japanese Journal of Limnology, 1983, 44(3): 184-189.
- [6] 黄美莹.培养小球藻时杂藻和害虫的防治[J].人民军医,1996(5):15-16.
- [7] 李探微,彭永臻,朱晓.活性污泥中原生动物特征和作用[J].给水排水,2001,27(4):24-27.
- [8] 贾述竟.对虾、河蟹育苗中防治钟虫病的有效方法[J].水产科学,1996(3):36-38.
- [9] 徐晓平,席贻龙,储昭霞,等.溴氰菊酯对蓼花臂尾轮虫实验种群动态的影响[J].动物学报,2005,51(2):251-256.
- [10] 甘志凯,张燕.实验草履虫对酸碱耐受限度的测定[J].江西化工,2009(4):131-134.
- [11] 周凤霞,陈剑虹.淡水微生物图谱[M].北京:化学工业出版社,2005.
- [12] 沈蕴芬.原生动物学[M].北京:科学出版社,1999.
- [13] 黎良新,周丛炬.沼液分层综合利用技术[J].农业环境与发展,2007,24(1):45-46.

编辑:卜岩枫 (修改稿收到日期:2013-10-12)

不同预处理方法对沼液养殖微藻的影响

作者: 巫小丹, 刘伟, 阮榕生, 王允圃, 万益琴, 胡蓓娟, 张锦胜, 彭红, 郑洪立
作者单位: 巫小丹, 刘伟, 王允圃, 胡蓓娟, 彭红, 郑洪立(南昌大学生物质转化教育部工程研究中心, 江西南昌, 330047), 阮榕生(南昌大学生物质转化教育部工程研究中心, 江西南昌330047; 南昌大学食品科学与技术国家重点实验室, 江西南昌330047; 南昌昌明环能科技有限公司, 江西南昌330047), 万益琴(南昌大学生物质转化教育部工程研究中心, 江西南昌330047; 南昌昌明环能科技有限公司, 江西南昌330047), 张锦胜(南昌大学生物质转化教育部工程研究中心, 江西南昌330047; 南昌大学食品科学与技术国家重点实验室, 江西南昌330047)
刊名: 环境污染与防治 
英文刊名: Environmental Pollution and Control
年, 卷(期): 2014, 36(1)

参考文献(13条)

1. 祝其丽;王文国;何明雄 规模化养殖场畜禽粪便发酵还田负荷--以四川省邛崃市为例 2012(7)
2. 陈红;韩宏蕾;辛丽花 废水处理系统中微生物群落变化与水质净化 2012(1)
3. 谢钦铭;李长春;彭赐莲 鄱阳湖原生动物群落生态的初步研究 2000(1)
4. CANTER H M;HEANEY S I;LUND J W G The ecological significance of grazing on planktonic populations of cyanobacteria by the ciliate *Nassula* 1990(2)
5. TAKAMURA N;YASUNO M Food selection of the Ciliated Protozoa, *Condylostoma vorticella* (Ehrenberg) in Lake Kasumigaura 1983(3)
6. 黄美莹 培养小球藻时杂藻和害虫的防治 1996(5)
7. 李探微;彭永臻;朱晓 活性污泥中原生动物的特征和作用 2001(4)
8. 贾述竞 对虾、河蟹育苗中防治钟虫病的有效方法 1996(3)
9. 徐晓平;席贻龙;储昭霞 溴氰菊酯对粤花臂尾轮虫实验种群动态的影响 2005(2)
10. 甘志凯;张燕 实验草履虫对酸碱耐受限度的测定 2009(4)
11. 周凤霞;陈剑虹 淡水微型生物图谱 2005
12. 沈蕴芬 原生动物学 1999
13. 黎良新;周丛钜 沼液分层综合利用技术 2007(1)

引用本文格式: 巫小丹, 刘伟, 阮榕生, 王允圃, 万益琴, 胡蓓娟, 张锦胜, 彭红, 郑洪立 不同预处理方法对沼液养殖微藻的影响[期刊论文]-环境污染与防治 2014(1)