

多花黑麦草对啤酒废水净化功能的研究*

戴全裕 (中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

陈 钊 (江苏省宜兴市安全环保新技术研究所, 宜兴 214200)

Purification of beer wastewater by *Lolium multiflorum*. Dai Quanyu (Nanjing Institute of Geography and Limnology, Academia Sinica, Nanjing 210008) and Chen Zhao (Yixing Institute of New Technology for Safety and Environmental Protection of Jiangsu Province, Yixing 214200). —Chin. J. Appl. Ecol., 1993, 4(3): 334—337.

Purification efficiency of beer wastewater by *Lolium multiflorum* is studied by means of soilless cultivation technique. After a 120 hours static experiment, the purification rate of TN, TP, COD, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, $\text{NO}_2^- - \text{N}$, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ and turbidity is respectively 54.1, 82.19, 66.34, 69.69, 90.91, 57.80 and 92.59% in March, and that of TN, TP, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, COD and turbidity is 95.2, 98.34, 99.76, 75.09 and 82.98 in May. It is proved that *Lolium multiflorum* can be used for purifying beer wastewater under lower temperature.

Key words *Lolium multiflorum*, Beer wastewater, Purification function.

1 引言

利用水生高等植物净化污水,国内外已有很多报道^[1-4,6,7]. 1992年丁树荣等首先利用人工基质无土栽培多花黑麦草(*Lolium multiflorum* Lam.)净化缙丝废水获得成功^[2],是利用陆生植物于高等水生植物净化塘中以净化有机污水的首例,并提出了解决在亚热带和温带冬季低温地区,利用高等水生植物净化污水时冬季不能有效运转难题的新途径.而作者于1987—1992年开展了对耐寒水生植物和陆生植物的筛选工作,结果也证明多花黑麦草是一种耐寒性较强的植物,它在10℃时就能正常生长,且经过专门的无土栽培,能很好地在啤酒废水中生长和完成其生活史.黑麦草又是优质牧草,一次栽种多次收割,在净化啤酒废水的同时,又可获得较高的经济效益,能够达到环境、经济和生态3种效益的统一,现将试验结果报道如下.

2 材料与方法

2.1 多花黑麦草的生物学特性

由于黑麦草生长快,分蘖多,繁殖力强,茎叶柔嫩、光滑,品质极好,各种家畜及草食性鱼类都喜食.近年来在我国有了很大的发展.

黑麦草喜湿润海洋性气候,10℃左右能较好生长,27℃以下为生长最适宜温度,35℃以上则生长不良或中途死亡,其耐肥性很强,适于肥沃的粘土或粘壤土^[5],说明黑麦草能大量吸收营养盐,制造有机物质,可以利用这种特性来净化污水.黑麦草在陆上播种季节,长江流域一带秋播时间为9—11月,而春播以3月中、下旬为宜.

2.2 多花黑麦草在啤酒废水中无土栽培技术

为了适应污水净化的需要,必须将植物体移到水上生长.本文采用秋播或春栽两种方法将多花黑麦草栽于水面,结果都获得成功,说明多花黑麦草有一定的耐水能力.

2.2.1 载体的设计与选择 由于黑麦草在水面上不能直立生长,故载体的设计与选择极为重要.除飘浮水生植物外,凡是不能直立在水面上生长的植物移至水面都需要载体,不同植物需要用不同载体.黑麦草具须根

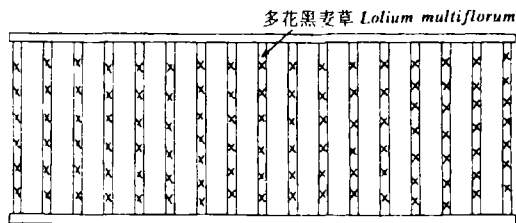


图1 多花黑麦草的毛竹飘浮式载体
Fig. 1 Floating carrier with bamboo materials for *Lolium multiflorum*

* 国家自然科学基金资助项目.

参加工作的还有张 珩、戴玉兰、陈忠全、蒋敦齐等.

本文于1992年8月13日收到,12月8日改回.

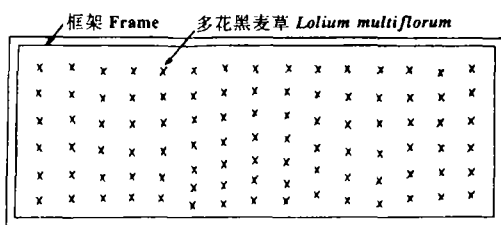


图2 多花黑麦草的泡沫塑料飘浮式载体

Fig. 2 Floating carrier with plastic foam for *Lolium multiflorum*.

系,只需要设计普通型飘浮式载体即可.具体结构见图1、2.

2.2.2 实验条件和方法 由于条件限制,本文未做动态模拟试验,但是为了探索多花黑麦草在水中有何大的净化能力,作者选用无锡市酿酒总厂排放啤酒废水做了静态试验,其方法为:取若干清洁的玻璃培养缸(高30cm,直径30cm),其中1只不放植物为对照缸.取上述水上无土栽培的带根多花黑麦草约1.5kg,放入盛有15kg啤酒废水的玻璃培养缸内培养,测定其在不同时间内的废水水质变化.

测定项目有:气温、水温、pH、TN、TP、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、COD、混浊度以及植物的生长状况等.

3 结果与讨论

3.1 在较低温度下的静态试验结果(3月份)

3月份的气温和水温都比较低,气温为10.8—14.4℃,水温为10.6—13.4℃,黑麦草已对啤酒废水中的污染物表现出较好的净化能力.当停留时间为120h时,其对TN的净化率为54.12%,TP的净化率为82.19%, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 为69.69%, $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 为90.91%, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 为57.8%,浊度为92.5%.若以单位时间(天)和重量来计算,则黑麦草对TN的去除负荷为12.21 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 鲜重,TP为4.93 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 鲜重, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 为4.3 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 鲜重, $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 为0.02 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 鲜重, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 为0.25 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 鲜重,COD为70.0 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 鲜重,浊度为74.0 $\text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 鲜重(表1).

3.2 在较高温度下静态试验结果(5月份)

5月份气温为18.8—24℃,水温为17.9—21.5℃,接近多花黑麦草最适生长温度,所以对废水的净化效果明显地较3月份高.例如当实验条件基本上与3月份相似的情况下(废水量为15kg,植物量为1.803kg),停留时间为120h时,则黑麦草对TN的净化率为95.2%,TP为98.34%, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 为99.76%,COD为75.09%,浊度为82.98%.若以单位时间、单位重量计

算,则黑麦草对TN的去除负荷为77.82 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 鲜重(以下均为鲜重),TP 10.83 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 49.1 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,COD 147.39 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 和浊度 64.89 $\text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ (表2).

3.3 黑麦草对啤酒废水净化效果的比较

由图3—6可见,5月份的净化率显然比3月份高,其原因主要是气温和水温已达到黑麦草最适宜温度,所以净化能力特别强,其中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除,在废水中几乎检不出来.

3.4 多花黑麦草在啤酒废水中的生长状况

据1991年12月2—19日观察,多花黑麦草在无

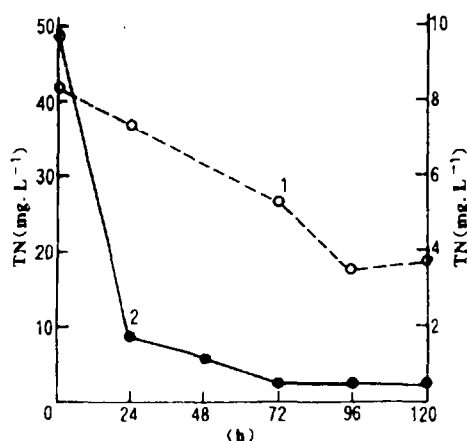


图3 多花黑麦草对TN的净化能力

Fig. 3 Purification effect of TN with *Lolium multiflorum*.
1. 3月 March, 2. 5月 May.

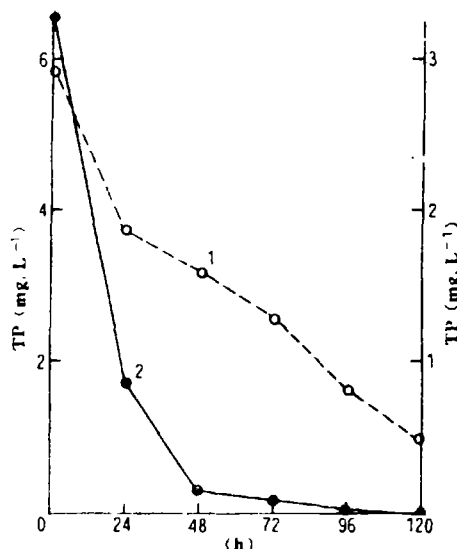


图4 多花黑麦草对TP的净化能力

Fig. 4 Purification effect of TP with *Lolium multiflorum*.
1. 3月 March, 2. 5月 May.

表 1 多花黑麦草在较低温度下对啤酒废水的净化效果
Tab. 1 Purification effects of beer wastewater with *Lolium multiflorum* under lower temperature

停留时间 Detention time (h)	废水量 Waste- water (kg)	植物量 Plants (kg)	气温·水温· Air Water temp. temp.		pH	TN		TP		COD		NH ₄ ⁺ -N		NO ₂ ⁻ -N		NO ₃ ⁻ -N		浊度 Turbidity	
			(°C)	(°C)		mg. L ⁻¹	R, %	mg. L ⁻¹	R, %	mg. L ⁻¹	R, %	mg. L ⁻¹	R, %	mg. L ⁻¹	R, %	mg. L ⁻¹	R, %	(°)	R, %
起始 Starting point	15	1.5	10.8	10.6	6.95	8.647	—	2.999	—	101.34	—	3.085	—	0.011	—	0.218	—	40	—
24	15	1.5	10.8	11.0	7.05	7.529	12.93	1.904	36.51	89.61	11.57	2.583	16.27	0.007	36.36	0.151	30.73	17.7	55.75
48	15	1.5	11.5	11.5	7.25	8.175	5.45	1.639	45.35	76.56	24.45	2.886	6.45	0.005	54.55	0.120	45.0	15.5	61.25
72	15	1.5	11.8	11.6	7.10	5.380	38.13	1.333	55.55	78.01	23.02	1.181	61.72	0.006	45.45	0.092	57.80	13.0	67.50
96	15	1.5	12.0	11.8	7.16	3.765	56.46	0.814	72.86	71.53	29.42	0.457	85.19	0.002	81.82	0.105	51.83	5.0	87.50
120	15	1.5	14.4	13.4	7.10	3.967	54.12	0.534	82.19	66.34	34.54	0.935	69.69	0.001	90.91	0.092	57.80	3.0	92.50

• 测定时间 Determination time A. M 8:00; R, %: 净化率 Purification rate.

表 2 多花黑麦草在较高温度下对啤酒废水的净化效果
Tab. 2 Purification effects of beer wastewater with *Lolium multiflorum* under higher temperature

停留时间 Detention time (h)	废水量 Waste- water (kg)	植物量 Plants (kg)	气温· Air temp.		水温· Water temp.	pH	TN		TP		NH ₄ ⁺ -N		COD		浊度 Turbidity	
			(°C)	(°C)			mg. L ⁻¹	R, %	mg. L ⁻¹	R, %	mg. L ⁻¹	R, %	mg. L ⁻¹	R, %	(°)	R, %
起始 Starting point	15	1.803	18.8	18.8	18.5	7.22	49.13	—	6.62	—	29.58	—	117.96	—	47	—
24	15	1.803	19.2	19.2	18.3	6.91	7.60	84.53	1.76	73.41	1.24	95.81	84.99	27.95	26	44.68
48	15	1.803	20.0	20.0	17.9	6.82	5.09	89.64	0.37	94.41	0.84	97.16	48.43	58.94	9.5	79.79
72	15	1.803	21.5	21.5	19.2	7.01	3.09	93.71	0.21	96.83	0.19	99.36	37.58	68.14	7.5	84.04
96	15	1.803	23.0	23.0	21.5	7.22	2.76	94.38	0.12	98.19	0.14	99.53	39.40	66.60	8.5	81.91
120	15	1.803	24.0	24.0	20.5	7.15	2.36	95.2	0.11	98.34	0.07	99.76	29.38	75.09	8.0	82.98

• 测定时间 Determination time A. M 8:00; R, %: 净化率 Purification rate.

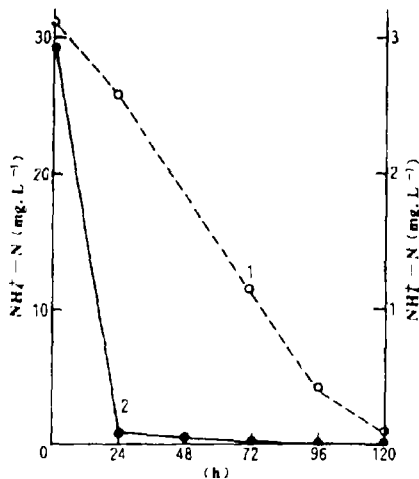
图5 多花黑麦草对 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的净化能力

Fig. 5 Purification effect of $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ with *Lolium multiflorum*.

1. 3月 March, 2. 5月 May.

锡市酿酒总厂氧化塘水面上均生长良好,水上株高由原来的 6.23cm 增加到 19.27cm(增加 2.09 倍),水下根系长由原来的 16.57cm 增加到 27.65cm(增加 0.69 倍)

表3 多花黑麦草在啤酒废水中的生长状况

Tab. 3 Growing status of *Lolium multiflorum* in beer wastewater

日期 (月.日) Date (month. date)	面积 Area (m^2)	植物重量 Plant weight (g)	气温 Air temp. ($^{\circ}\text{C}$)	水温 Water temp. ($^{\circ}\text{C}$)	植株平均高度 Plant height (cm)	根系平均长度 Root length (cm)	产量 Yield ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)
12. 2	0.44×0.83	$w_0 = 525$	13.4	12.5	6.23	16.57	14.38
12. 7	0.44×0.83	$w_{11} = 1400$	13.0	11.5	12.07	26.70	38.35
12. 15	0.44×0.83	$w_{12} = 2800$	8.0	8.5	16.55	27.25	76.71
12. 19	0.44×0.83	$w_{13} = 4350$	6	7	19.27	27.65	119.17

3.5 多花黑麦草的经济价值

多花黑麦草的营养成份是很丰富的,据报道(P. McDonald, 1966),黑麦草营养期的粗蛋白质含量达 18.6%,粗脂肪 3.8%,粗纤维 21.2%,无氮浸出物 48.3%,粗灰分 8.1%(DM),已与凤眼莲营养成分相当(凤眼莲含粗蛋白质 19.67%,粗脂肪 3.28%,粗纤维 18.03%,无氮浸出物 37.7%和粗灰分 21.32%).但是后者对家畜、家禽和鱼类的适口性很差,而前者的适口性很好,是几种最佳禾本科牧草中可消化物质产量最高的一种青饲料,国内外均得到了广泛的应用.因此利用水面种植黑麦草,既节省了土地面积,又净化了水质,并可生产大量的优质青饲料,从而对促进畜牧业及渔业的发展具有重要的经济意义.

倍),总重量由原来的 525g 增加到 4350g(增加 7.29 倍).这说明多花黑麦草在较低温度条件下(水温 7—12.5 $^{\circ}\text{C}$)在水面上生长很好,其根系比陆生黑麦草发达得多,牧草品质也比陆生者鲜嫩得多(表 3).

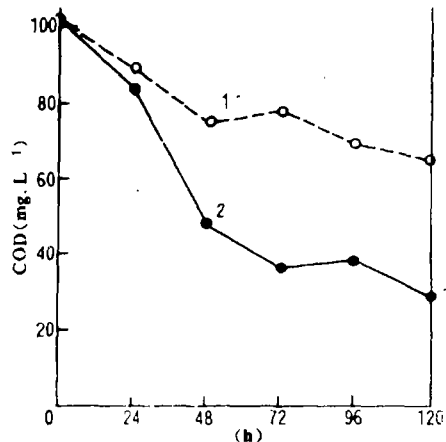


图6 多花黑麦草对 COD 的净化能力

Fig. 6 Purification effect of COD with *Lolium multiflorum*.

1. 3月 March, 2. 5月 May.

参考文献

- 1 丁树荣. 1984. 高产水生维管束植物在城镇污水资源化中的作用及其发展前景. 中国环境科学, 4(2): 10—15.
- 2 丁树荣等. 1992. 利用人工基质无土栽培多花黑麦草净化螺旋废水的研究. 中国环境科学, 12(1): 9—15.
- 3 戴树桂等. 1987. 凤眼莲对污水中重金属的净化. 环境化学, 6(2): 43—49.
- 4 戴全裕. 1983. 水生高等植物对太湖重金属的监测及其评价. 环境科学学报, 3(3): 213—222.
- 5 南京农学院主编. 1980. 饲料生产学. 农业出版社, 北京, 128—133.
- 6 Quan Yu Dai, et al. 1992. Studies on the purification of Silver-containing waste water and the reclamation of Silver by *Eichhornia crassipes* and other aquatic plants. Chinese Science Bulletin, 137(12): 1028—1032.
- 7 Wolverton, B. C. et al. 1975. Water hyacinths and *Alligator* for Removal of Silver, Cobalt and Strontium from Polluted Water. NASA. Tech. Memo. TM-X-72727.