

足所规定的河段水质标准(在允许偏差范围内),从而求解排污口的排污应削减率。

(3) 总流程图如图 6。

## 八、结 论

1. 根据我国的国情和国力,借鉴国外的经验和教训,NWQMIS 的开发应采取“统筹安排、突出重点、远近结合、逐步开发”的原则。近期开发的重点是河流水质管理信息系统部份,其核心的使用功能是水质评价、模拟

预测以及部分的排污削减量规划。开发的目的是实现水质管理的决策支持,并为科研、规划人员提供各种水质信息查询和加工服务。

2. 设计和开发了河流水质管理信息流结构、水质评价、水质模拟、排污削减量计算的模式和程序。对关键的水质模拟和排污削减量程序研制了计算机软件,已在 IBM-PC 微机上通过,并给出了相应的算例。

(收稿日期: 1988 年 2 月 23 日)

# 城市下水污泥养殖的蚯蚓对产蛋鸡的影响\*

金家志 邵凤君 陆 华 王彦弘

(农牧渔业部环境保护科研监测所)

近年来在我国兴起的蚯蚓养殖热中,有相当一部分是用城市下水污泥、垃圾和各类工厂排放的污水沉降底泥等废物做饵料进行养殖的。用城市下水污泥养殖蚯蚓不仅能使污泥得到一定程度的净化、而且还可得到大量蚯蚓<sup>[1]</sup>。这种蚯蚓如能加以有效的利用将会给污泥的资源化提供一个新途径。

蚯蚓的营养价值很高,蛋白质含量按干重计达 50% 以上,营养成份和热能可与鱼粉和大豆相比<sup>[2]</sup>。近年来已成为动物性蛋白饲料的一种新来源。目前,我国已有专门化的工厂生产饲料用蚯蚓粉。许多研究证明,用普通饵料养殖的蚯蚓喂鸡,能够提高鸡的生产性能、并且可以完全代替鱼粉使用<sup>[3]</sup>。然而却很少有人研究用城市下水污泥养殖的蚯蚓做饲料的效果。

由于蚯蚓对多种毒物有积累作用<sup>[4]</sup>,因此用污泥养殖的蚯蚓体内无疑会含有有害成分。本试验的目的就是要研究污泥养殖的蚯蚓做饲料时对鸡的生产性能、健康状况及禽、蛋重金属残留量等方面的影响,以便评价这

种蚯蚓做为饲料的使用价值。

## 一、试材和方法

### 1. 主要试材

蛋鸡: 同日龄商品代来亨母鸡, 1986 年 4 月开产, 笼养。

饲料: 天津市饲料公司试验厂生产的产蛋鸡配合料。

蚯蚓: 大平二号, 用天津市纪庄子污水处理厂消化脱水污泥养殖, 不加其它任何饵料。

### 2. 试验方法

将产蛋数和蛋重相近的 24 只母鸡随机分成两组。每组 12 只, 笼养、喂配合料, 饮自来水, 任其自由采食。经两周适应性饲养后, 设一组为对照、另一组为处理组。在处理组的饲料中加入 10% 的鲜蚯蚓。具体做法是: 蚯蚓由污泥中采集出来后用清水洗去体表的污泥, 放置 24 小时以上, 使其排空消化道的

\* 本文经梁永彬研究员审阅, 在此表示谢意。

内容物。喂前把彻底洗净的活蚯蚓用沸水浸烫,捞出后切碎并均匀拌入饲料。饲喂时间从5月3日始至7月1日止,总计60天。其间测量和记录各组每天的产蛋数,蛋重和饲料消耗量,并三次收集鲜蛋样品进行重金属分析。试验结束时,停食12小时,测量体重后颈部放血致死。摘取肝脏,称重,计算相对肝重。取胸肌和肾脏,连同肝一起做重金属含量分析。其中Ca、Pb、Ni用无焰原子吸收法,Cu、Zn用火焰原子吸收法,Hg用冷原子吸收法测定。

## 二、结果与讨论

### 1. 鸡的生产性能

图1是饲喂试验期间每10天的产蛋曲线。两组的产蛋量、产蛋率、蛋重、饲料消耗量及饲料报酬的测定结果见表1。从产蛋情况看,处理组的产蛋量自饲喂蚯蚓起逐渐升高,大约经过30天开始下降,到40天后产蛋量下降到饲喂蚯蚓前的水平之下。若以30天划线,可把整个试验期分成前期(前30天)和后期(后30天)两部分。与对照组相比,处理组前期产蛋量高,但差异不显著;后期则显

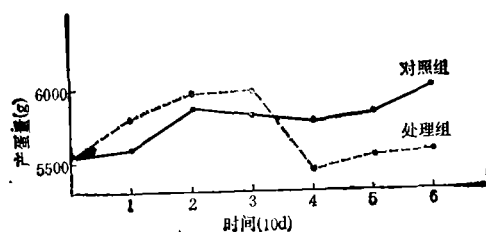


图1 每10日的产蛋曲线

著地低于对照。由此可见对产蛋量的不利影响是饲喂蚯蚓约一个月之后出现的。处理组的产蛋率变化情况与产蛋量的变化相似,也是前期高,后期低。处理组在整个试验期间的蛋重平均值都极显著地低于对照组。从饲料消耗量来看,在整个试验期间处理组都极显著地高于对照组。如果与产蛋量结合起来考虑,处理组的饲料报酬(蛋料比)在前期虽然低于对照,但差异并不显著;在后期由于处理组产蛋量显著低于对照而饲料消耗又极显著地高于对照,因此饲料报酬的降低是非常显著的。就整个试验期间的平均值来看,两组间饲料报酬的差异也是非常显著的,处理组每产1kg蛋要比对照组多消耗0.25kg饲料。上述情况表明,产蛋鸡加饲城市下水污泥养殖的蚯蚓后对生产性能产生了不利的影响。

表1 鸡生产性能的比较(平均值±标准差)

|             | 前期(30天)           | 后期(30天)           | 全期(60天)           |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 日平均产蛋量(g)   |                   |                   |                   |
| 对照组         | 577±58.6          | 593±63.6          | 585±61.1          |
| 处理组         | 592±50.0          | 553±60.4          | 572±58.4          |
| 组间差异        | 不显著               | 显著( $t=2.486$ )   | 不显著               |
| 平均产蛋率(%)    |                   |                   |                   |
| 对照组         | 87.5±8.7          | 88.9±9.1          | 88.2±8.9          |
| 处理组         | 92.5±7.7          | 84.7±9.1          | 88.6±9.2          |
| 组间差异        | 显著( $t=2.357$ )   | 不显著               | 不显著               |
| 日平均饲料消耗量(g) |                   |                   |                   |
| 对照组         | 1377±41           | 1328±100          | 1348±83           |
| 处理组         | 1477±61           | 1505±92           | 1494±82           |
| 组间差异        | 非常显著( $t=3.784$ ) | 极显著( $t=6.135$ )  | 极显著( $t=5.841$ )  |
| 蛋料比         |                   |                   |                   |
| 对照组         | 1:2.38±0.29       | 1:2.27±0.31       | 1:2.32±0.30       |
| 处理组         | 1:2.48±0.18       | 1:2.62±0.31       | 1:2.57±0.27       |
| 组间差异        | 不显著               | 非常显著( $t=3.745$ ) | 非常显著( $t=2.905$ ) |
| 平均蛋重(g)     |                   |                   |                   |
| 对照组         | 54.9±1.1          | 55.5±1.0          | 55.2±1.1          |
| 处理组         | 53.3±1.0          | 54.4±1.5          | 53.8±1.4          |
| 组间差异        | 极显著( $t=5.833$ )  | 非常显著( $t=3.364$ ) | 极显著( $t=6.091$ )  |

响。

### 2. 相对肝重及健康状况

为了解饲喂城市下水污泥养殖的蚯蚓对鸡体健康可能造成的影响,测量了鸡的相对肝重(肝体比)。每组各测 7 只鸡,测定结果见表 2。

从表 2 可以看出处理组相对肝重的平均值为 2.61,对照组为 1.98。数据经  $t$  值测验,两组间具有显著性差异,说明处理组的肝

脏相对增大了。在处理组剖检的 7 只鸡中,有 6 只鸡的肝脏表现出边缘钝圆、质脆和体积增大,整个肝脏呈肿胀状态并有少量的出血点。其中,有一只鸡在左侧肝叶的表面长有如蚕豆大小的紫色硬质肿块;另一只在左右两侧肝叶上也各长一个同样的肿块。对照组的鸡肝没有上述的病变。这些情况表明,饲喂污泥养殖的蚯蚓使鸡的肝脏受到了损伤。

表 2 相对肝重的测量结果 肝重(g)/体重(100g)

|     | 个 体 测 量 值 |      |      |      |      |      |      | 平均值±标准差   | $t$ 值 |
|-----|-----------|------|------|------|------|------|------|-----------|-------|
|     | 1.64      | 1.98 | 1.96 | 1.79 | 2.02 | 3.27 | 2.21 | 1.98±0.22 | 2.355 |
| 处理组 | 2.20      | 2.48 | 2.21 | 1.91 | 3.45 | 3.65 | 2.35 | 2.61±0.67 |       |

表 3 饲料中重金属的含量 单位: ppm(风干重)

| 含 量 \ 金 属 | Cd         | Pb         | Hg          | Ni        | Cu       | Zn      |
|-----------|------------|------------|-------------|-----------|----------|---------|
| 组别        |            |            |             |           |          |         |
| 对 照 组     | 0.12±0.034 | 0.23±0.040 | 0.029±0.009 | 1.3±0.021 | 5.6±0.38 | 31±0.35 |
| 处 理 组     | 0.21±0.024 | 0.31±0.010 | 0.084±0.004 | 1.7±0.098 | 6.5±0.14 | 37±2.1  |

表 4 鸡蛋和鸡体组织中重金属的含量 单位: ppm(鲜重计)

|              |       | Cd               | Pb          | Hg          | Ni          | Cu               | Zn       |
|--------------|-------|------------------|-------------|-------------|-------------|------------------|----------|
| 蛋*<br>(n=30) | 对 照 组 | 0.001±0.000      | 0.070±0.025 | 0.018±0.004 | 0.032±0.020 | 0.86±0.14        | 15±1.8   |
|              | 处 理 组 | 0.001±0.000      | 0.058±0.021 | 0.019±0.006 | 0.038±0.021 | 0.93±0.16        | 15±1.8   |
|              | 组间差异  | 不 显 著            | 不 显 著       | 不 显 著       | 不 显 著       | 不 显 著            | 不 显 著    |
| 胸 肌<br>(n=7) | 对 照 组 | 0.023±0.005      | —           | 0.024±0.003 | 0.19±0.092  | 0.91±0.10        | 4.6±0.54 |
|              | 处 理 组 | 0.016±0.015      | —           | 0.024±0.004 | 0.18±0.084  | 0.64±0.14        | 4.8±0.75 |
|              | 组间差异  | 不 显 著            |             | 不 显 著       | 不 显 著       | 非常显著( $t=3.32$ ) | 不 显 著    |
| 肝<br>(n=7)   | 对 照 组 | 0.13±0.041       | 0.13±0.030  | 0.051±0.017 | 0.16±0.040  | 13±1.8           | 46±9.5   |
|              | 处 理 组 | 0.15±0.056       | 0.10±0.025  | 0.061±0.021 | 0.21±0.038  | 11±2.7           | 45±13    |
|              | 组间差异  | 不 显 著            | 不 显 著       | 不 显 著       | 不 显 著       | 不 显 著            | 不 显 著    |
| 肾<br>(n=7)   | 对 照 组 | 0.63±0.17        | 0.20±0.041  | 0.081±0.033 | 0.22±0.046  | 7.1±1.3          | 21±3.8   |
|              | 处 理 组 | 1.1±0.26         | 0.17±0.088  | 0.081±0.016 | 0.19±0.041  | 8.5±1.1          | 23±4.3   |
|              | 组间差异  | 非常显著( $t=3.75$ ) | 不 显 著       | 不 显 著       | 不 显 著       | 显著( $t=2.18$ )   | 不 显 著    |

\* 三次测定的总平均值

### 3. 重金属含量

饲料、鸡蛋、胸肌、肝、肾样品中 Cd、Pb、Hg、Ni、Cu、Zn 含量的分析结果见表 3 和

表 4。

从饲料的 6 种金属分析结果可以看出,含有蚯蚓的饲料中重金属含量都高于对照

组。但是,主要的有害金属 Cd、Pb、Hg 的含量都低于美国毒物中心提出的饲料标准 (Cd0.25、Pb1.5、Hg0.2 ppm)<sup>[5]</sup>。处理组饲料中另三种元素含量与非污染的谷物相比,也在其正常含量 (Ni0.1—5, Cu2—10, Zn20—50 ppm) 的范围之内<sup>[6]</sup>。由此可见,处理组饲料中所含有的 6 种金属元素均属允许含量。

从表 4 可以看出,在两组之间鸡蛋、胸肌、肝和肾中 6 种金属元素的含量除处理组的胸肌 Cd 明显降低、肾 Cu 和肾 (d) 显著增加外,其余都没有显著性差异。尽管处理组饲料中 Cd、Pb、Hg、Zn 的含量明显高于对照组,但除了增加肾 Cd 含量外并没有显著增加肌肉和蛋的含量。这说明重金属向蛋、肉转移的量是很有限的。从分析结果还可以看出, Cd、Pb、Hg 主要分布在肾脏中,其次是肝脏; Cu 和 Zn 主要分布在肝脏,其次是肾脏; Ni 在各组织间分布是较均衡的。这里应该着重指出的是 Cu,它是动物的营养元素,是构成一些酶如细胞色素氧化酶、氨氧化酶的主要成分,参与机体的重要代谢过程。在本试验中,处理组与对照组饲料中的 Cu 含量没有显著性差异,但是处理组胸肌 Cu 显著降低、肾 Cu 显著升高。这意味着饲喂污泥养殖的蚯蚓使鸡体的 Cu 排泄增加、Cu 储量降低,鸡体的正常代谢功能受到了干扰。

综合上述三个方面的结果可以认为,加饲污泥养殖的蚯蚓使产蛋鸡受到了毒害。本试验蚯蚓的加入量按鲜重计为 10%,折合干重约为 2% 左右。据资料介绍<sup>[7]</sup>:用 6% 的冻干或自然干燥的蚯蚓喂鸡时对饲料摄入量、饲料报酬及脏器比均无明显影响,剖检也无异常现象。因此本试验处理组饲料中加入

的蚯蚓量是不会因蚯蚓自身作用而造成鸡体中毒的。对鸡产生的有害影响看来主要是污泥中的各种有害物质通过蚯蚓的吸收积累造成的。从两组饲料重金属的分析结果来看,主要毒物的含量对鸡也是安全的。有试验证明<sup>[8]</sup>,即使蛋鸡料中含有更多的 Cd、Pb、Li、Cu、Zn,对鸡的生产性能和健康状况也没有出现不良反应。可见单是蚯蚓体内所积累的重金属是不会引起这样明显的鸡体中毒的。究竟是哪类毒物造成的危害,还是多种毒物共同作用的结果,这有待于进一步研究。

由于给鸡饲喂城市下水污泥养殖的蚯蚓,不仅使产蛋鸡的生产性能降低了而且鸡体的健康也受到了损害。因此,我们认为,用这类污泥养殖的蚯蚓做为鸡饲料加以利用是不适宜的。

从这个研究结果可以得到一点启示,在利用含有害成分的废弃物时,凡涉及到人的食物链的都应做深入的毒理学研究。为了保护人体健康,对一些用城市下水污泥或工业废水污泥养殖的蚯蚓做药材或做动物饲料时都应加以必要的限制。

#### 参 考 文 献

- [1] 金家志等人,农业环境保护, (3), 16—18 (1986).
- [2] 张宏志等人,动物学杂志, (2), 18—21 (1984).
- [3] 许智芳等人,蚯蚓及其养殖, 92—93 页,科学出版社, 1985 年.
- [4] Hancla, Katsuhisa et al., *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **13** (4), 427—432 (1984).
- [5] 潘中华,国外农业环保动态, (1), 29 (1984).
- [6] 汶谷政夫,重金属测定法 (日),第 9、72、64 页,博友社, 1978 年.
- [7] 刘文奎,饲料研究, (9), 18 (1985).
- [8] Thomas, D. Hinesly et al., *J. Agric. Food Chem.*, **33**, 173—180 (1985).

(收稿日期: 1987 年 6 月 23 日)

#### Studies on development and Design of the Information System of Water Quality Management

Fu Guowei and Cheng Zhenhua (Department of Environmental Engineering, Tsinghua University, Beijing)

The principal purpose of the research projects is to establish a scientific methodology for water quality management. In this paper, development techniques of the national information system of water quality management, supply-demand functional analysis in the system, design of information flow structure, programming of evaluating water quality and of water quality simulation for rivers system, programming of reducing sewage discharge have been discussed. If the research results mentioned above are put into practise, management of water quality in China would approach to a new stage of decision-making computerized. (See pp. 2—10)

#### Effects of Earthworms Cultivated in Municipal Sewage Sludge on Feeding Laying Hens

Jin Jiazhi, Sao Pengjun, Lu Hua and Wang Yanhong (Institute of Agro-Environmental Protection and Monitoring, Ministry of Agriculture, Tianjin)

The earthworms cultivated in municipal sewage sludge was treated with boiling water and then added to the diets of laying white Leghorn hens at rates of 10% (fresh weight). The diets containing earthworms were fed to hens for 60 days. Feed intake, egg production, egg weight and the rate of egg lay were determined daily throughout the experiment. Relative liver weight was measured and tissues were collected for chemical analyses and pathological examination at the end of experiment. The results showed that the consumption of feed increased significantly ( $P < 0.05$ ) during the experiment, egg production reduced significantly ( $P < 0.05$ ) after 30 days and hen livers were injured. Health and performance were affected adversely. However, the elemental concentrations of six metals (Cd, Pb, Hg, Ni, Cu and Zn) in eggs and breast muscle did not increase significantly. (See pp. 10—13)

#### Chemical Characteristics of Glacier Ice, Snow and Water in the Headwaters of the Yangtze River

Pu Jianchen, Wang Ping and Huang Cuilan (Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Academia Sinica)

Detailed research on the hydrochemical characteristics of the glacier ice, snow, glacier melt water and river water at the headwaters of the Yangtze River was done in this paper.

The results show that the mineralization degree of snow and ice in the headwaters is 3.94—22.44 mg/L, which is one of the low mineralization region in China.

Its pH is 6.48—6.98. The pH of glacier melt water and river water is 7.26—7.92 with mineralization degree usually under 200 mg/L, only in the middle-lower reaches of the main stream of the Tuotuo River, there appears high mineralization water. The ions in various waters are mainly composed of the anion  $\text{HCO}_3^-$  and cation  $\text{Ca}^{2+}$ . In snow and ice,  $\text{Ca}^{2+} \leq \text{Na}^+ + \text{Mg}^{2+}$ , in glacier melt water and river water  $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{Mg}^{2+}$ , the content of  $\text{Cl}^-$  in both types of water is nearly the same. The contents of those principal ions increase along with increase on mineralization degree. The hydrochemical type is  $\text{CF}^a$  and  $\text{CM}^b$ . These characteristics mean that the precipitation of this region is influenced by the warm and wet air currents from the Indian Ocean. the main supply of rivers is melt water of snow and ice, but the influence of the natural environment over the hydrochemical composition can't be neglected. (See pp. 14—19)

#### Spectrum Analysis of Environmental Noise in Urban Districts

Cheng Yanzun and Xiao Mingyan (Chongqing Institute of Architecture and Engineering, Sichuan Province)

This paper gives a detailed spectrum analysis on urban environment noise. From the analytical results, it can be seen that average octave-band sound levels of ambient noise are  $L_{10} > L_{eq} > K_{50} > L_{90}$  and traffic noise level, industrial noise level and social noise level are A weighted sound levels.

If ambient noise levels are substitute into different values ( $L_{OB} - L_A$ ) between the octave-band sound level and A weighted sound level, it can be seen that the octave-band sound level relative to A weighted sound level  $L_{OB} - L_A$  of industrial noise, traffic noise or social noise is as much as the same average spectrum distributive regularity, so that common relative octave-band sound level can be used steadfastly by changing A weighted ambient noise level into the octave-band sound level. This investigation have come to the above mentioned conclusion, we can use average relative octave sound level measured in 36 points or noise rating curves (NR curves) by changing A-weighted ambient noise level into the octave-band sound level, this transformation will keep certain precision. (See pp. 19—26)

#### A Model for Measuring Hot-Smoke Clouds by Means of Laser Radar

Wang Zhensheng et al. (Department of Environmental Engineering, Tsinghua University, Beijing)

Smoke clouds exhausting from two boiler funnels with different heights have been measured by laser radar. A model of the lift of hot-smoke clouds in the area has been established by analysing the measured data in which