

# 黄粉虫幼虫对锌富集作用的探讨

鄢 铮

(福建省福州市农业科学研究所, 福建 福州 350018)

**摘要:** 在饲料中添加不同量的硫酸锌喂养黄粉虫 (*Tenebrio molitor* L.) 幼虫, 测定幼虫的锌含量和体重变化, 计算黄粉虫幼虫的特定生长率和幼虫对锌的生物积累系数, 分析黄粉虫幼虫对锌的富集作用。结果表明, 在硫酸锌含量为  $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  时, 幼虫体内锌含量最高, 干物质含量最高, 对锌的积累系数最高, 幼虫增重明显优于不添加硫酸锌的对照组; 硫酸锌含量过高, 幼虫的生长受到抑制。

**关键词:** 黄粉虫; 锌; 富集作用; 生物积累系数

中图分类号: S 816.7

文献标识码: A

## Zinc bioaccumulation in *Tenebrio molitor* larva

YAN Zheng

(Fuzhou Institute of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350018, China)

**Abstract:** *Tenebrio molitor* L. larvae were fed on a diet with varying amounts of zinc sulfide to study the zinc bioaccumulation in the insect. Weight of and zinc concentration in the larvae were determined. And, the special growth rate and zinc bioaccumulation factor (BAF) in the larvae were also calculated for the analysis. The result showed that, when the zinc concentration in the diet was  $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , the zinc concentration and BAF in larva were significantly higher than those in the other groups. The weight gain was also higher than the control. When the dietary zinc concentration was higher than  $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , normal larval growth was retarded.

**Key words:** *Tenebrio molitor* L.; zinc; bioaccumulation; bioaccumulation coefficient

锌是动物生命活动不可或缺的微量元素之一, 它广泛存在于动物机体一切组织细胞中, 在维持机体生命活动, 保持正常发育, 进行免疫调节等方面均起到重要作用<sup>[1-2]</sup>。缺锌会导致动物发育减缓, 骨骼受损, 影响生殖系统、免疫功能和代谢等<sup>[3-4]</sup>。在动物生产中, 锌化物作为饲料中微量元素添加剂得到广泛应用。但无机锌大剂量应用容易造成环境污染等问题, 而有机锌则能较好解决这些弊端<sup>[5]</sup>。目前, 有关科技人员已采用在饲料或培养基中添加无机锌盐, 主要通过鸡、奶牛、食用菌等生物来合成富锌的鸡蛋、牛奶及食用菌<sup>[6-9]</sup>, 从而达到将无机态的锌转化为有机态, 提高生物体对锌的利用率。而利用昆虫进行锌转化的报道还较少见。杨冠煌等<sup>[10]</sup>研究表明, 黄粉虫可作为有益微量元素的“载体”, 进行定向定量生产。为此, 本试验通过在饲料中添加含锌化合物, 研究黄粉虫幼虫积累锌元素程度以及饲料中硫酸锌含量对其生长的影响, 为将黄粉虫幼虫作为富锌高蛋白饲料乃至

富锌高蛋白食品提供定量依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试虫源为福州市农业科学研究所生物工程中心繁育的黄粉虫种群, 采用纯麦麸和少量菜叶喂养。在室内饲养5代后, 用筛子筛选出大小相近的黄粉虫幼虫, 饲养50 d, 试验开始前和结束后, 将黄粉虫幼虫各停食1 d。试验中添加的锌化物为分析纯硫酸锌(天津市化学试剂研究所)。试验用塑料透明碗(深圳象太郎实业有限公司)底径为7.1 cm, 口径12.3 cm, 高7.0 cm。试验条件为室内温度( $23 \pm 2$ )℃, 相对湿度60%~80%, 自然光照。

### 1.2 试验方法

饲料中硫酸锌的含量设置为5个水平:  $50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $400 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $800 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 对照组(CK)饲料

为纯麦麸, 每个处理设3个重复。每个塑料碗放入100头黄粉虫幼虫, 加入拌有不同含量硫酸锌的麦麸30 g。试验期间, 每天观察黄粉虫幼虫活动和取食情况, 及时捡出死亡个体, 并记录死亡数。试验结束后, 用筛子将虫体和剩余的麦麸分离, 烘干待检测。

### 1.3 黄粉虫幼虫干物质含量的测定

将试验结束后黄粉虫称重( $W_1$ ), 在(70±1)℃烘箱中烘24 h后, 置于干燥器内冷却, 再次称重( $W_2$ )。

$$\text{干物质含量}(\%) = (W_2/W_1) \times 100$$

$$\text{特定生长率} = (\ln W_t - \ln W_0) \times 100/t$$

其中 $W_0$ 为试验开始时黄粉虫幼虫个体鲜重,  $W_t$ 为试验结束时黄粉虫个体鲜重,  $t$ 为试验时间(d)

$$\text{幼虫对锌的生物积累系数 (BAF)} = C_1/C_0$$

其中 $C_1$ 为试验结束后黄粉虫幼虫体内锌含量,  $C_0$ 为试验开始时黄粉虫幼虫体内锌含量

### 1.4 黄粉虫幼虫锌含量检测方法

参照文献[8], 用ICP-AES(电感耦合等离子体-原子发射光谱)法测定幼虫体内锌含量。

### 1.5 数据统计分析

记载并计算出幼虫增重量、特定生长率、幼虫

锌含量、幼虫对锌的生物积累系数、幼虫死亡率、幼虫干物质含量, 所得数据用DPS V7.55软件进行统计分析, 并进行Duncan's多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 硫酸锌含量对黄粉虫幼虫生长的影响

在饲料中添加不同含量硫酸锌, 在(23±2)℃条件下饲养黄粉虫幼虫50 d后测定其体重的变化, 结果见表1。经方差分析和Duncan's多重比较结果表明, 硫酸锌含量为50 mg·kg<sup>-1</sup>时, 幼虫的增重与对照组, 无显著差异, 但干物质含量大于对照组, 差异达到极显著水平; 饲料中硫酸锌含量为100 mg·kg<sup>-1</sup>时, 幼虫增重及干物质含量均极显著高于对照; 硫酸锌含量为200 mg·kg<sup>-1</sup>时, 幼虫增重与对照组无显著差异, 但干物质含量小于对照组, 且差异极显著; 硫酸锌含量大于200 mg·kg<sup>-1</sup>时, 幼虫增重小于对照组, 且差异达到极显著水平, 干物质含量差异均达到极显著水平。说明在饲料中添加适量的硫酸锌可以促进黄粉虫幼虫的生长, 但硫酸锌含量过高会影响黄粉虫幼虫正常取食, 抑制新陈代谢, 促使其消耗和分解体内的碳水化合物、蛋白质、脂肪等物质, 从而提高了体内的含水量, 减少干物质量。

表1 硫酸锌含量对黄粉虫幼虫生长的影响

Table 1 Effect of zinc concentration on growth of *T. molitor* L. larvae

处理 (mg·kg <sup>-1</sup> )	试验开始时幼虫均重 (mg·头 <sup>-1</sup> )	试验结束时幼虫均重 (mg·头 <sup>-1</sup> )	幼虫增重 (mg·头 <sup>-1</sup> )	幼虫干物质含量 (%)
50	60.4±0.3	172.4±6.2bBC	112.0±5.9bB	40.3±0.2bB
100	60.0±0.8	203.8±3.2aA	143.8±2.4aA	41.3±0.1aA
200	59.8±0.6	177.9±2.1bB	118.1±1.5bB	36.7±0.3dD
400	60.8±0.4	163.3±2.5cCD	102.5±2.1cC	34.5±0.3eE
800	60.3±1.1	158.6±1.5cD	98.4±0.5cC	32.6±0.4fF
0(CK)	60.2±0.5	174.6±4.7bB	114.4±4.3bB	37.5±0.4cC

注: 采用Duncan's检验, 同列数据后标不同小写字母表示差异达显著水平( $P < 0.05$ ), 不同大写字母表示差异达极显著水平( $P < 0.01$ ); 下表同。

### 2.2 饲料中硫酸锌含量对黄粉虫幼虫锌含量的影响

表2是用含不同硫酸锌的麦麸经过50 d喂养后, 黄粉虫幼虫(干物质)的锌含量以及幼虫对锌的生物积累系数。方差分析和Duncan's多重比较表明, 硫酸锌含量对黄粉虫幼虫锌含量和生物积累系数影响显著( $P < 0.05$ )。硫酸锌含量为100 mg·kg<sup>-1</sup>组的幼虫锌含量、锌生物积累系数均高

于其他试验组, 且差异达到极显著水平。当硫酸锌含量大于100 mg·kg<sup>-1</sup>时, 随着饲料中硫酸锌的增加, 幼虫体内的锌含量却极显著降低。表明硫酸锌含量为100 mg·kg<sup>-1</sup>时幼虫能较好地吸收锌, 大于这个含量时, 饲料中的锌不能被幼虫充分吸收利用; 小于这个含量时, 幼虫对锌吸收的潜力没有得到有效的发挥。

### 2.3 硫酸锌含量对黄粉虫幼虫死亡率的影响

从表 3 可以看出, 硫酸锌含量大于  $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  时, 幼虫的取食量与对照组相比均显著降低, 死亡率显著或极显著增加。随着硫酸锌含量的增加,  $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  处理的幼虫特定生长率达到最高, 与其他组差异极显著。若含量超过  $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 特定生长率反而降低。说明硫酸锌含量过高的情况下, 黄粉虫幼虫不仅生长受到抑制, 生存也受到威胁。因此, 喂养黄粉虫幼虫时, 硫酸锌的含量一定要严格掌握, 否则, 不但不能明显提高黄粉虫幼虫的含锌量, 甚至影响其生长发育。

表 2 硫酸锌含量对黄粉虫幼虫含锌量以及幼虫对锌的积累系数的影响

Table 2 Effect of dietary zinc concentration on zinc concentration and BAF in *T. molitor* L. larvae

处理 ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	幼虫锌含量 ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	积累系数
50	197.3 ± 0.7dD	1.2700 ± 0.0000dD
100	453.1 ± 0.8aA	2.9176 ± 0.0050aA
200	317.6 ± 0.6bB	2.0450 ± 0.0035bB
400	270.0 ± 0.9cC	1.7386 ± 0.0007cC
800	183.4 ± 0.7eE	1.1809 ± 0.0004eE
0(CK)	155.3 ± 0.6fF	1.0000 ± 0.0000fF

表 3 硫酸锌含量对黄粉虫幼虫生长和存活的影响

Table 3 Effect of zinc concentration on growth and survival of *T. molitor* L. larvae

处理 ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	试验期间取食量 (g)	死亡率 (%)	特定生长率 (%)
50	19.29 ± 1.60aA	8.33 ± 1.53cD	2.10 ± 0.06cC
100	20.19 ± 1.19aA	11.67 ± 2.08eCD	2.45 ± 0.01aA
200	14.42 ± 0.82bB	16.00 ± 1.73bBC	2.19 ± 0.09bB
400	13.83 ± 1.81bB	17.33 ± 2.52bAB	1.98 ± 0.02dD
800	13.10 ± 1.12bB	21.67 ± 2.06aA	1.94 ± 0.02dD
0(CK)	18.98 ± 1.34aA	11.33 ± 1.53cCD	2.13 ± 0.04cBC

### 3 讨 论

本试验研究表明, 在饲料中硫酸锌含量为  $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  时, 幼虫体内锌含量最高, 干物质含量最高, 对锌的积累系数最高, 幼虫增重明显优于不

添加硫酸锌的对照组。当饲料中硫酸锌含量高于  $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  时, 黄粉虫幼虫减少进食, 生长受到抑制, 特定生长率显著减少, 黄粉虫幼虫含水量也随之提高, 干物质含量相应减少。这与国内的科技人员曾报道过量的微量元素会对黄粉虫的生长产生不良影响相一致<sup>[11- 14]</sup>。因而在生产富锌黄粉虫时, 喂养黄粉虫幼虫的硫酸锌含量一定要严格掌握, 在满足生长的条件下选择最佳积累条件, 以免产生不良影响。

### 参考文献:

- [1] 韩鲁强. 硫酸锌在动物生产中的应用 [J]. 山西师范大学学报: 自然科学版 (研究生论文专刊), 2008, 22 (3): 56- 58.
- [2] 周琼, 吴珍泉, 李忠荣, 等. 美洲大蠊的营养价值与饲用安全性分析 [J]. 福建农业学报, 2007, 22 (3): 276- 278.
- [3] LORENTZEN M, MAAGE A. Trace element status of juvenile Atlantic salmon *Salmo salar* L fed a fish meal based diet with or without supplementation of zinc, iron, manganese and copper from first feeding [J]. Aquaculture Nutrition, 1999, 5 (3): 163- 171.
- [4] 沈志明, 富群华. 锌、铜、硒对动物生殖的影响 [J]. 上海实验动物科学, 1999, 19 (4): 236- 238.
- [5] 王素仙, 付学锋. 氨基酸螯合锌在动物生产中的应用 [J]. 饲料研究, 2009 (3): 36- 39.
- [6] 李建新, 李春野, 李光. 微波消解-火焰原子吸收法测定富锌鸡蛋中锌含量及其变化规律初探 [J]. 中国卫生检验杂志, 2002, 12 (5): 567.
- [7] 洪霞, 冯玉升. 生物转化富铁、富锌、富硒鲜奶的研究 [J]. 中国奶牛, 2005 (1): 18- 20.
- [8] 徐尔尼, 刘文群, 李曼, 等. 食用菌对铁、锌、硒生物富集作用的探讨 [J]. 食品科技, 1999 (4): 12- 14.
- [9] 生吉萍, 申琳, 茹炳根. 富锌培养对转金属硫蛋白侧耳菌丝生长和锌有机化程度的影响 [J]. 光谱学与光谱分析, 2009, 29 (3): 812- 814.
- [10] 杨冠煌. 中国昆虫资源利用和产业化 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 19.
- [11] 杨明禄, 杨伟, 周祖基. 黄粉虫幼虫对硒的耐受性及富集能力 [J]. 塔里木大学学报, 2005, 17 (3): 5- 7.
- [12] 赵万勇, 杨兆芬, 强承魁. 稀土氧化镧对黄粉虫生长发育和繁殖的影响 [J]. 昆虫知识, 2005, 42 (4): 444- 449.
- [13] 高红莉, 周文宗, 张硌, 等. 黄粉虫幼虫对硒的生物积累 [J]. 昆虫知识, 2007, 44 (6): 886- 890.
- [14] 王锋, 李宝平. 黑泥对黄粉虫幼虫生产性能蛋白质含量及钙铁锌含量的影响 [J]. 农业与技术, 2008, 28 (5): 77- 79.

(责任编辑: 刘新永)