

# F 污染桑叶对家蚕繁殖力的影响<sup>\*</sup>

陈玉银 邵四海<sup>\*\*</sup> 吴天军 吴玉澄 (浙江农业大学, 杭州 310029)

**【摘要】** 对不同抗 F 性蚕品种的幼虫短期添食梯度浓度 NaF 研究 F 对桑蚕生殖的影响, 结果表明, 只要个体能正常羽化产卵, F 对怀卵数、产卵数、产卵率和孵化率都无明显影响, 低浓度的 F 对强抗 F 性品种蚕的生殖似有促进作用; 但 5 龄期添食高浓度的 F 可引起怀卵数、产卵数和孵化率下降; F 主要浓集在马氏管、中肠等组织中, 蚕卵中 F 的含量极低。

**关键词** 桑蚕 F 污染 生殖

**Effect of fluoride pollution on fecundity of *Bombyx mori*.** Chen Yuyin, Shao Sihai, Wu Tianjun and Wu Yucheng (Zhejiang Agricultural University, Hangzhou 310029). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 1996, 7(4): 424~428.

Artificial administration of gradient NaF solution to the fourth or fifth instar larvae of *Bombyx mori* larvae for 48 or 96 hours shows that NaF administration to the fourth instar for 48 hours has no negative effect on the fecundity of *B. mori* if the female larvae has normal pupation, eclosion and egg laying, but the number of formed and laid eggs, percentage of laid eggs and hatchability are significantly decreased when high concentration of fluoride is fed to the fifth instar larvae. However, low concentration of fluoride has a positive effect on the fecundity of the highly fluoride resistant variety - Zhenong 1. The ingested fluoride mainly distributed in midgut tissues and Malpighian tubules is not transferred to the eggs.

**Key words** *Bombyx mori*, Fluoride pollution, Fecundity.

## 1 引言

随着乡镇企业的迅猛发展, 特别是农村小型砖瓦窑的大量出现, 大气 F 污染日趋严重, 由此带来的蚕茧、蚕种生产减产甚至颗粒无收事件时有发生。目前, 大气 F 污染的控制还难以根本解决。F 污染对蚕茧生产的危害、F 化物对蚕幼虫期的影响等已有较多的报道<sup>[3, 6, 8]</sup>, 但 F 化物对蚕的生殖以及蚕卵影响还未见报道。本文用梯度浓度 NaF, 短期添食不同抗 F 性桑蚕品种幼虫的不同发育时期, 探求 F 在桑蚕系统的分布动态及对生殖、卵质等的影响, 从而为蚕种的生产以及 F 毒理的研究提供参考依据。

## 2 材料与方法

### 2.1 供试材料

供试蚕品种为 2 个抗 F 性差异很大的原种: 浙农 1 号和杭 8, 浙农 1 号的  $LC_{50}$  值比杭 8 大近 10 倍<sup>[9]</sup>。饲养时期为春蚕期, 用不同浓度的 NaF 溶液浸渍桑叶。

### 2.2 处理方法

用去离子水配制 0、30、60、120、240、480 和 960  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  的 NaF 溶液, 新鲜采摘的叶片分别在上述溶液中浸泡 10 min 后捞起, 自然晾干后于冰箱中备用。每次处理的桑叶均取样测定桑叶中的实际含 F 量, 用 0.1  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  高氯酸-F 离子选择性电极法测定<sup>[4]</sup>。

<sup>\*</sup> 美国 EARTH WATCH 基金资助项目。

<sup>\*\*</sup> 现在湖北农学院工作。

1995 年 5 月 22 日收到, 9 月 18 日改回。

2.3 试验设计

分别在 4 龄起蚕饲以不同处理的桑叶 48 h 或 5 龄饲食 1 d 后连续添食 48 和 96 h, 然后改用普通良桑饲养至上簇. 试验共设 7 区, 重复 3 次, 每区饲养 200 条蚕. 各区桑叶的实际含 F 量: 4 龄期添 F 分别为 24.7、53.3、99.2、272.2、390.6、603.6 和 1035.3  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 5 龄期添 F 分别为 24.7、58.9、110.5、188.5、374.2、618.3 和 1113.1  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . 浙农 1 号 5 龄添 F 48 h 区进行 F 在蚕体内的分布动态检查, 添 F 48 h 后, 各处理分别取 30 条蚕抽取血液、解剖出中肠和马氏管, 并收集蚕粪及各区所产卵, 测定 F 含量. 血液和蚕卵为新鲜样品直接测定, 其它样品都在 80℃ 下烘干后再测定. 化蛾产卵后调查 10 只正常羽化雌蛾产卵量, 解剖检查雌蛾腹中残卵量, 调查孵化率等.

3 结果与分析

3.1 F 在桑蚕体内的积累和分布

由图 1 可知, 蚕幼虫食下氟化物后, 无论是血液、蚕体各器官, 还是蚕粪中, F 含量都随添 F 浓度的增加而明显增加, 其中马氏管中的含 F 量超过所食桑叶中的 F 浓度, 是主要的 F 浓集器官. 而蚕卵中不仅 F 含量低, 且各浓度添食区间的差异也不明显, 与所食桑叶和蚕体各主要器官中的 F 含量相比, 蚕卵 F 含量甚微. 蚕卵含水率为 63.12%, 若以干重计, 含 F 量也不超过 2.5  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 说明被幼虫所吸收的 F 并不转移至蚕卵中.

3.2 4 龄期添 F 对产卵量及怀卵数影响

表 1 4 龄期添 F 对生殖的影响(平均值  $\pm$  SD)

Table 1 Effect of fluoride on the fecundity by artificial administration to the fourth instar larvae (M  $\pm$  SD)

处 理 Treatment	浙农 1 号 Zhenong 1			杭 8 Hang 8		
	怀卵数 Formed eggs	产卵数 Laid eggs	产卵率(%) Laid egg percent	怀卵数 Formed eggs	产卵数 Laid eggs	产卵率(%) Laid egg percent
CK	631 $\pm$ 30	568 $\pm$ 28	92.97 $\pm$ 0.4	571 $\pm$ 26	513 $\pm$ 32	88.29 $\pm$ 0.9
I	672 $\pm$ 50	637 $\pm$ 32	94.83 $\pm$ 0.3	528 $\pm$ 59	471 $\pm$ 57	88.77 $\pm$ 0.8
II	656 $\pm$ 35	610 $\pm$ 33	93.00 $\pm$ 0.3	543 $\pm$ 38	458 $\pm$ 62	83.90 $\pm$ 2.9
III	641 $\pm$ 34	577 $\pm$ 36	90.80 $\pm$ 0.6	—	—	—
IV	640 $\pm$ 33	590 $\pm$ 36	92.20 $\pm$ 0.5	—	—	—
V	637 $\pm$ 48	590 $\pm$ 37	92.65 $\pm$ 0.6	—	—	—
VI	626 $\pm$ 49	564 $\pm$ 35	90.06 $\pm$ 0.4	—	—	—

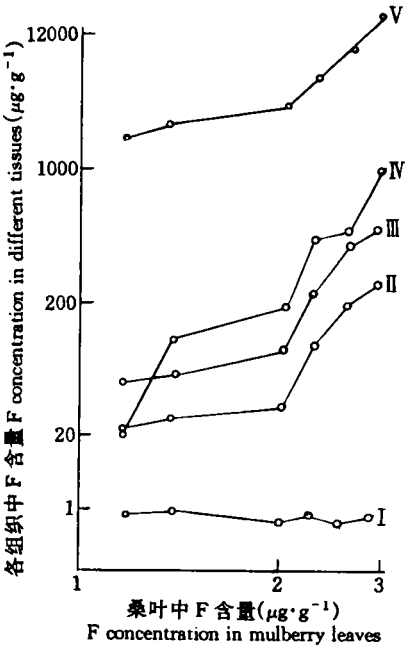


图 1 F 在蚕体各组织中的分布  
Fig.1 Distribution of F in different tissues of silkworm.  
I. 卵 Eggs, II. 脂肪体 Fat body, III. 粪 Feces, IV. 中肠 Midgut, V. 马氏管 Malpighian tubules.

4 龄期连续添 F 48 h 后改用普通良桑, 调查正常羽化产卵的 10 只雌蛾产卵量及怀卵数(表 1). 4 龄期连续添 F 48 h, 对怀卵数、产卵量和产卵率基本无影响. 虽各区之间有些差异, 特别是 F 敏感性品种杭 8 似乎有所下降, 但都未达统计显著水平; 而对强抗 F 性的浙农 1 号则低浓度区比对照还高, 有促进作用的趋势. 因此, 在 4 龄期短期接触 F 化物, 一定浓度的 F 可以引

起蚕中毒,生命力下降,龄期延长,特别是高浓度还导致大量死亡,至化蛹产卵仅剩无几(F 敏感品种杭 8 全部死亡),一旦存活,能正常羽化产卵的个体,其造卵数、产卵量及产出率均未受影响。

3.3 5 龄期添 F 对产卵量及怀卵数影响

5 龄饷食 1 d 后连续添食系列浓度的 F 48 或 96 h,调查 F 对生殖的影响(表 2)。由表 2 可见,5 龄期添 F 48 h,对高抗 F 性品种浙农 1 号,高浓度 F 添食区(V、VI)的怀卵数、产卵数及产卵率均降低,而其它各区之间无显著差异。对 F 敏感品种杭 8 则有随 F 浓度增加怀卵数、产卵量随之下降低的趋势,只有处理Ⅲ(188.5  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )达统计显著水平。在生物进化过程中,为了保证种的延续,在非正常环境下,有首先保证生

殖生长、延繁后代的特性,所以, F 添食处理后虽然生命力大大下降,特别是高 F 浓度情况下,但是只要个体还能存活,其怀卵数、产卵能力基本不受影响。如浙农 1 号在 374.2  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 以下处理区,添 F 48 h,由于有较长一段时间的恢复,虽然龄期随着添 F 浓度的增加而延长,而对生殖并无显著不良影响。但超过这个浓度(如处理 V、VI),少量生存个体怀卵数和产卵率均显著下降。对于 F 敏感品种杭 8 也有相似的趋势,在某一浓度范围内(如 110.5  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 以下处理区),虽然结茧率、化蛹率、化蛾率也下降,但生殖能力并未受到影响,而以较高 F 浓度添食(188.5  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 区),生殖受到严重影响;当然更高的添 F 浓度则引起全部死亡。

表 2 5 龄期添 F 48 和 96 h 对生殖的影响(平均值±SD)  
Table 2 Effects of fluoride on the fecundity by artificial administration to the fifth instar larvae for 48 and 96 hours ( M ± SD)

添 F 时间 Time (h)	处 理 Treatment	浙农 1 号 Zhenong 1			杭 8 Hang 8		
		怀卵数 Formed eggs	产卵数 Laid eggs	产卵率(%) Laid egg percent	怀卵数 Formed eggs	产卵数 Laid eggs	产卵率(%) Laid egg percent
48	CK	607±49	568±38	91.74±0.4	553±34	493±32	88.15±0.9
	I	658±31	598±54	94.83±0.2	522±46	468±43	88.88±0.8
	Ⅱ	609±40	564±46	93.00±0.3	534±54	466±57	86.46±2.9
	Ⅲ	615±24	558±51	90.80±0.9	461±62	366±76*	79.39±2.5*
	Ⅳ	617±57	566±45	92.20±1.6	—	—	—
	V	596±52	522±49*	92.65±1.5*	—	—	—
	Ⅵ	560±67	480±72*	90.06±2.4*	—	—	—
96	CK	607±49	557±45	92.97±0.4	553±34	493±32	88.15±0.3
	I	661±40	566±38	94.83±0.3	539±41	478±67	87.56±2.2
	Ⅱ	610±51	553±49	93.00±0.3	521±40	461±49	88.01±0.6
	Ⅲ	608±48	551±56	90.80±0.6	—	—	—
	Ⅳ	604±45	552±52	92.20±0.5	—	—	—

\* p<0.05.

5 龄期连续添 F 96 h 后再改用普通良桑饲养,结果浙农 1 号在 618.3  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 及以上浓度区至化蛾时每区只有 1~2 只蛾子羽化,有的即使羽化也不产卵,无法统计。杭 8 则在 188.5  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 添 F 区就已全部死亡。表 3 可见,5 龄期连续添 F 96 h,生殖能力有随 F 浓度增高而下降的趋势,但均未达统计显著水平。

试验结果表明, F 对生殖的影响要比对生命力及茧性状的影响小得多。值得注意的是,象浙农 1 号这样强抗 F 品种,在低 F 浓度添食区反而怀卵数及产卵量有增加的趋势。不管是 4 龄期添 F(53.3  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ),还是 5 龄期添 F(58.9  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) 48 h 或 96 h,都是处理 I 比任何一区的都好,低浓度 F 似有促进生殖的效应。

表3 F 对蚕卵孵化率的影响(平均值±SD)  
Table 3 Effect of fluoride on the hatchability of silkworm eggs (M ± SD)

处 理 Treatment	浙农 1 号 Zhenong 1			杭 8 Hang 8		
	S	F-48	F-96	S	F-48	F-96
CK	94.52±0.3	92.92±0.2	94.92±0.1	94.00±0.3	93.88±0.1	93.88±0.1
I	96.60±0.2	94.80±0.1	95.39±0.1	93.14±0.3	94.61±0.1	88.10±0.6*
II	95.48±0.2	89.19±2.9	94.39±0.1	—	88.56±2.7*	70.99±7.3**
III	95.65±0.2	93.97±0.3	93.37±0.1	—	81.66±2.3**	—
IV	92.97±0.6	90.79±2.3	88.97±3.0*	—	—	—
V	96.37±0.3	84.68±2.3*	—	—	—	—
VI	95.32±0.2	81.56±6.3*	—	—	—	—

S:4 龄期添 F Fluoride administration to the fourth instar larvae; F-48:5 龄期添 F 48 h Fluoride administration to the fifth instar larvae for 48 hours; F-96:5 龄期添 F96 h Fluoride administration to the fifth instar larvae for 96 hours. \* p<0.05, \*\* p<0.01.

3.4 F 对蚕卵孵化率的影响

对所得卵进行盐酸即浸处理, 孵化后调查孵化率.

在 4 龄期添食系列浓度 NaF 48 h 对孵化率无明显影响, 说明对卵质无明显影响. 5 龄添食系列浓度 F 48 h 或 96 h, 除高浓度区外(浙农 1 号 V、VI 区, 杭 8 II 以上区), 孵化率也无显著差异, 即 5 龄期添 F 在一定浓度及时间内对卵质并无多大影响. 只有对某一特定品种来说超出一个极限浓度时(如浙农 1 号 618.3 μg·g<sup>-1</sup>, 杭 8 110.5 μg·g<sup>-1</sup>)才会有显著的不良影响. 但从表 3 中仍可以发现低浓度 F 添食区(I)孵化率未达到显著水平.

4 讨 论

幼虫期是蚕的唯一取食阶段, 从饲养实验观察可知, F 中毒蚕由于食欲减退, 食量减少以及 F 中毒引起的一系列生理生化过程紊乱, 因而营养积累减少, 特别是脂肪体的发育严重受阻而营养不足, 继而导致蛹期卵黄发生中断和卵母细胞重吸收. 因此也会影响到蚕的生殖——造卵功能及卵质等. 据报道<sup>[1]</sup>, 对 F 敏感性蚕品种全龄饲以含 F 低于 60 μg·g<sup>-1</sup> 的桑叶, 结果单蛾造卵数、产卵数减少, 卵质下降. 但从

本试验结果看, 高浓度的 F 短期添食, 特别是在 4 龄期添食 48 h, 只要该个体能发育至化蛾产卵, 对生殖几乎无不良影响. 也就是说, 虽然高浓度 F 化物可引起茧性状及虫、蛹、蛾期生命力严重下降, 但是通过一定时间的恢复, 生物的本能要保证后代的繁衍, 其体内积累的营养已足够生殖生长的需要. 在 5 龄期添食 F 浓度超出一定的极限时则会影响到产卵量、怀卵数及孵化率. 因为生殖器官、卵等的形成在蛹期, F 不对生殖起直接的影响, 而是通过营养代谢间接地影响到蚕的繁殖能力. 所以短期的 F 添食, 特别是 4 龄期添 F 经过眠蜕皮和化蛹蜕皮的 F 排泄及 5 龄期的恢复, 对生殖无明显不良影响, 甚至象 5 龄期连续添食 96 h, 仍不构成对生殖的危害. 因为小蚕期吃幼嫩的桑叶, 其 F 含量一般都很低, 大气 F 污染而造成蚕 F 中毒多在大蚕期. 因此, 可以认为, 在蚕种生产上, 如果在大蚕期遇到 F 中毒, 不可轻易倒蚕, 若能改用未被 F 污染的桑叶, 蚕能得到一定的恢复, 仍有一部分能正常产卵, 所产的卵孵化率正常. 特别是一些抗 F 性较强的蚕品种, 短期食下较高 F 浓度的桑叶并未产生不良的影响.

结果表明, 蚕体内的血液、中肠、马氏管、体壁、脂肪体及蚕粪等中的 F 浓度均随桑叶中 F 浓度增加而增加, 这与研究 F

污染地区昆虫体内 F 积累的结果相一致<sup>[10,13]</sup>。但蚕卵中的 F 含量极低,而且与桑叶中的浓度无关。在停止添 F 后 48 h 内,检测蚕粪 F 含量发现,一旦停止添 F,蚕粪 F 含量就很低,各处理间无明显差异。由此可以推论,F 被蚕体吸收后会稳定地存于这些组织器官中,不会在组织之间转移。由于卵巢生长、卵形成主要在蛹期,此时已停止摄食,蛹体内解离的其它组织器官积累的 F 并不为卵巢所吸收而转移到卵中。这也说明了为什么高浓度的 NaF 添食可以引起幼虫大量的死亡,化蛹率及发蛾率的显著下降,但对能正常产卵的个体的造卵数、产卵量及孵化率仍无明显的影响。

本试验中出现强抗 F 性的浙农 1 号在低 F 浓度添食区对生殖似有促进作用。多数试验结果认为,F 对成虫产卵量和孵化率有反向作用,即可压制昆虫的生殖<sup>[7,11,12]</sup>。但在研究 F 对哺乳类动物的生长发育和繁殖的影响时发现低浓度的 F 对生殖有促进作用<sup>[2]</sup>,并有证据表明,面粉中含有 0.1% 的 NaF 对杂拟谷盗成虫产卵有刺激作用<sup>[5]</sup>,其机理尚有待进一步的研究。

## 参考文献

- 1 王静江、徐和宝、汪嘉熙. 1990. F 污染桑叶对蚕种生产和卵质的影响. 中国环境科学, 10(2): 103~109.
- 2 王 夔主编. 1983. 生命科学中的微量元素. 北京: 中国计量出版社, 66~77.
- 3 刘仕贤. 1981. 日本蚕桑煤烟中毒的研究. 国外农学——蚕业, (3): 1~5.
- 4 吴方正. 1982. 测定桑叶中微量 F 化物的一个简易方法. 蚕桑通报, 8(4): 30~32.
- 5 吴坤君. 1988. 空气污染对昆虫的影响. 昆虫知识, 25(2): 122~127.
- 6 陈玉银. 1993. 大气 F 污染对桑蚕的毒害及其防治研究进展. 农牧情报研究, (2): 36~39.
- 7 龚佩瑜等. 1991. 大气 F 污染对粘虫生长和繁殖的影响. 生态学报, 11(3): 119~223.
- 8 Chen Yuyin. 1994. Study on the effect of fluoride on the growth, development and economic parameters of silkworm *Bombyx mori* L. *Sericologia*, 34(4): 604~609.
- 9 Chen Yuyin. 1993. Changes in fluorine and calcium ion concentrations in the blood of the fluorosis affected silkworm *Bombyx mori* L. *Sericologia*, 33(1): 153~157.
- 10 Davies, M. T., Davison, A. W. and Port, G. R. 1992. Fluoride loading of larvae of pine sawfly from a polluted site. *J. Applied Ecology*, 29: 63~69.
- 11 Gerdes, R. A. et al. 1971. The effects of atmospheric hydrogen fluoride upon *Drosophila melanogaster* II. fecundity, hatchability and fertility. *Atmos. Environ.*, 5: 117~122.
- 12 Johansson, T. S. K. 1972. Sublethal doses of sodium fluoride affecting fecundity of confused flour beetles. *J. Econ. Ent.*, 65: 356~357.
- 13 Mayer, D. F., Lunden, J. D. and Weinstein, L. H. 1988. Evaluation of fluoride levels and effects in honey bees. *Fluoride*, 24: 193~200.