

大气氟污染对粘虫生长和繁殖的影响*

龚佩瑜 李秀珍 吴坤君

(中国科学院动物研究所, 北京)

舒俭民 曹洪法

(中国环境科学院生态研究所, 北京)

摘 要

在24℃下用低浓度氟化氢(HF)熏蒸过的小麦叶饲养粘虫(*Mythimna separata*), 研究氟污染对粘虫生长和繁殖的影响。当氟处理浓度为0.87微克/分米²·天时, 整个幼虫期的发育——存活指数和相对生长速率(GR)分别比对照组幼虫低10%和5%左右, 种群增长指数减少10%, 大部分幼虫增加了一个龄期。用饲养在熏气罩内盆栽小麦上的幼虫作相似的测定, 氟处理浓度为0.87微克/分米²·天, 熏气罩内的幼虫与对照组幼虫相比, 存活率和GR分别下降40%和15%左右, 而且发育期延长。

试验结果表明, 大气氟污染对幼虫生长的直接影响要大于它通过熏蒸小麦叶对幼虫的间接影响。

关键词: 空气污染, 氟, 粘虫, 小麦。

氟是一种十分活泼的元素, 进入生物体后很容易和体内活性物质结合, 从而对动植物的生长以致于人类的健康产生严重影响。氟化物对很多昆虫都是有害的, 但也有证据表明, 氟化物促进了某些昆虫的生长。面粉中含有0.1%的NaF对杂拟谷盗成虫产卵有刺激作用^[1]。由于昆虫与人类的生活有着十分密切的关系, 因此氟污染对昆虫种群的潜在影响已日益引起昆虫学家和有关科学工作者的关注^[2,3]。

我们在室内和不同氟浓度的熏气罩内, 用低浓度氟熏蒸过的小麦叶和不加氟的人工饲料饲养粘虫, 研究氟污染对粘虫生长和繁殖的直接影响和间接影响。

一、材料和方法

用盆栽的“京丰1号”冬小麦为饲料植物。小麦返青后移至开顶式熏气罩中^[4], 用不同浓度的HF在白天熏气, 每周6天, 每天7小时, 用碱性滤纸作静止监测。熏气3周后, 每天剪取小麦叶饲养粘虫。

粘虫在室内用玉米叶-麦胚粉人工饲料饲养多代。初孵幼虫用养虫缸(7.0×12cm)群养, 从2龄起用指形管(2.5×8.0cm)单条饲养。实验用虫按以下三种方法处理:

1. 在室内用氟熏蒸小麦叶饲养 幼虫从孵化起即在24±1℃条件下, 每日光照9小时。

* 国家自然科学基金资助课题。

本工作得到马世骏教授关心, 熊严军同志参加部分工作, 特此致谢。

本文于1989年9月7日收到。

以不同氟浓度熏蒸过的小麦叶为饲料。记载幼虫和蛹发育、存活情况。测定各处理组末龄幼虫的近似消化率(AD)、食物毛转化率(ECI)、净转化率(ECD)及相对生长速率(GR)。各营养参数的测定均按Waldbauer(1968)的定义^[5]。化蛹第二天称蛹重。成虫用桅灯罩(10×10cm)配对饲养,饲喂10%蜂蜜水。选氟处理浓度为0.87、0.61微克/分米²·天的二个组及对照组统计产卵量,并测定受精卵的平均孵化率。

2. 在熏气罩内盆栽小麦上饲养 初孵幼虫用人工饲料饲养。幼虫进入3龄后分别移入1、3、5号熏气罩内的小麦上。每个罩内幼虫分放在5盆小麦上,每盆10条幼虫。用30目尼龙网纱做成圆柱形罩(16×75cm),将有粘虫的盆罩住,以防幼虫逃逸。12天后取回幼虫并称重。计算生长速率(GR)。

3. 在熏气罩内用人工饲料饲养 从初孵幼虫起用不加氟的人工饲料饲养。幼虫进入3龄即移入分别放置在1、3、5号熏气罩的玻璃干燥器中,干燥器内通入含氟气体。每个干燥器中用上述人工饲料饲养50条幼虫。12天后取出幼虫称重,计算生长速率。

二、结果与分析

1. 氟熏蒸小麦叶对粘虫发育的影响

由表1可见,幼虫发育历期随熏蒸的氟浓度升高而延长。取食熏蒸浓度为0.87微克/分米²·天小麦叶的幼虫,大部分增加了一个龄期。如果以发育存活指数来衡量,则可以看到该指数

表 1 氟熏蒸小麦叶对粘虫生长和发育的影响

Table 1 Effects of HF-fumigated wheat foliage on growth and development of army worm

熏气罩编号		1(对照)	2	3	4	5
大气氟含量(微克/分米 ² ·天)		0.05	0.43	0.61	0.81	0.87
供试虫数(只)		120	80	120	80	120
幼虫历期(天)		17.11±0.15 ^a	17.37±0.10 ^b	17.42±0.10 ^b	17.78±0.08 ^c	17.92±0.12 ^c
幼虫期7龄率(%)		0	8.5	8.5	22.2	70.4
GR(毫克/毫克·天)		0.122±0.001 ^a	0.118±0.001 ^b	0.116±0.001 ^b	0.113±0.002 ^c	0.112±0.002 ^c
蛹重(毫克)	雌	335.3±8.8 ^a	305.6±8.0 ^b	302.5±4.7 ^b	315.6±6.0 ^c	317.5±6.7 ^c
	雄	328.7±5.5 ^a	298.5±6.2 ^b	296.7±3.0 ^b	304.9±5.2 ^c	329.0±5.7 ^d
蛹期(天)	雌	10.63±0.16 ^a	10.21±0.11 ^b	9.41±0.18 ^c	9.58±0.029 ^c	9.61±0.17 ^c
	雄	11.09±0.13 ^a	10.63±0.15 ^b	9.77±0.09 ^c	10.21±0.10 ^d	9.94±0.06 ^e
成虫羽化率(%)		92.2	91.4	93.6	94.5	92.3
幼虫发育-存活指数		5.79	5.56	5.45	5.40	5.33

表中数据是 $\bar{X} \pm SE$ 。数据右上角不同字母表示差异显著程度($p < 0.05$),表2、3用法相同。

随处理浓度减小而逐渐上升。1组的发育-存活指数比5组高10%左右。幼虫的相对生长速率随氟浓度的提高而下降,但差异不大。

幼虫取食不同浓度HF熏蒸的小麦叶后,它们的蛹都比对照组小。但第4和第5组的蛹比第2和第3组的蛹大。这可能是由于前二组7龄期幼虫多,延长的幼虫期使它能摄取到更多的营养物质,因而形成了较大的蛹。蛹期以0.61微克/分米²·天处理组最短,对照组最长。若以未成熟期计算(幼虫期+蛹期),前者比后者要少一天。

2. 氟熏蒸小麦叶对幼虫食物利用和消化的影响

对未龄幼虫最初二天的食物利用和转化效率的测定表明(表2), 各组幼虫取食速率和排泄速率均随熏蒸小麦叶的大气氟处理浓度增高而降低。可以认为, 大气中的 HF 对幼虫的取食起抑制作用。取食氟处理浓度为0.87和0.81微克/分米²·天熏蒸小麦叶的两组幼虫与其他三个组相比, 近似消化率(AD)要降低10%以上, 而毛转化率(ECI)和净转化率(ECD)则分别提高45%和15%左右。用较高浓度氟化氢熏蒸的小麦叶对幼虫的食物转化似乎有促进作用。

表 2 幼虫对不同处理麦叶的消化和利用*

Table 2 Digestion and utilization of HF-fumigated wheat foliage by the larvae

大气氟含量(微克/分米 ² ·天)	0.05(对照)	0.43	0.61	0.81	0.87
取食速率(毫克/毫克·天)	3.08±0.19 ^a	3.10±0.11 ^a	2.94±0.11 ^a	2.68±0.10 ^b	2.64±0.12 ^b
排泄速率(毫克/毫克·天)	1.82±0.05 ^a	1.84±0.05 ^a	1.70±0.04 ^b	1.71±0.06 ^b	1.66±0.08 ^b
AD(%)	40.25±1.26 ^a	40.64±1.48 ^a	42.08±0.77 ^b	36.19±1.31 ^c	37.12±0.79 ^c
ECI(%)	46.31±2.73 ^a	48.90±2.62 ^a	44.96±1.70 ^a	64.39±2.20 ^b	66.74±2.15 ^b
ECD(%)	18.36±0.35 ^a	19.12±0.37 ^b	18.58±0.50 ^{a,b}	24.49±0.70 ^c	21.97±0.35 ^d

* n = 14

3. 氟熏蒸的寄主植物对粘虫成虫期的影响

粘虫是一种繁殖力很强的昆虫, 雌蛾不仅产卵多, 而且受精卵的孵化率高。幼虫期取食 HF 熏蒸小麦叶的粘虫, 成虫的产卵量和卵孵化率都低于对照组。但差异不显著。种群增长指数是环境因素对种群数量变动的综合指标, 是指繁殖一代后增翻的倍数。二个处理组种群增长指数差异很小, 而对照组则比它们高12%左右(表3)。这说明幼虫取食氟污染的小麦叶, 不仅发育迟缓, 而且繁殖力也受一定的影响。

表 3 幼虫期饲料对成虫繁殖和寿命的影响

Table 3 Performance of the adults from the larvae feeding on F-fumigated wheat foliage

大气氟含量(微克/分米 ² ·天)		0.05(对照)	0.61	0.87
繁殖力	产卵量(粒)	1938.5±182.8 ^a	1789.4±124.7 ^a	1801.9±98.2 ^a
	剖腹卵(粒)	21.7±10.4 ^a	17.4±12.1 ^a	17.3±11.2 ^a
	合计	1960.3±157.3 ^a	1806.8±125.3 ^a	1819.2±99.9 ^a
	卵孵化率(%)	99.8±0.33 ^a	98.68±0.95 ^a	97.00±0.67 ^{a,b}
成虫寿命(天)	雌	15.67±1.04 ^a	14.61±1.18 ^a	12.14±1.24 ^b
	雄	20.89±1.50 ^a	18.00±1.40 ^b	15.78±1.81 ^c
种群增长指数		957.4	860.8	851.6

4. 大气氟和氟熏蒸的寄主植物对幼虫生长的共同影响

生长在熏气罩内的幼虫, 取食熏蒸过的小麦叶。它们不但受到空气中氟的直接影响, 而且也接受由寄主植物带来的间接影响(表4)。对照组幼虫的生长速率(GR)分别比0.87和0.61微克/分米²·天处理的两个组高15%和13%。饲养在对照熏气罩内的幼虫, 12天中大部分从3龄进入6龄, 而另外两组的幼虫只有近一半进入6龄, 个别的幼虫还停留在4龄。无疑可见, 对照组粘虫的发育期将比处理组短得多。对照组幼虫的存活率与0.61微克/分米²·天氟处理组相差不大, 但比0.87微克/分米²·天处理的存活率要高40%左右。与饲养在室内的粘虫相

比,生长在熏气罩内寄主植物上的幼虫受氟污染的影响要大得多。

5. 大气氟污染对粘虫生长的直接影响

为了观察大气氟对粘虫生长的直接影响,我们用不加氟的人工饲料,饲养生长在不同氟浓度熏气罩中的幼虫。表5所列数据说明,生长在不同程度氟污染大气中的粘虫,发育缓

表4 大气氟和氟熏蒸小麦叶对幼虫生长的影响
Table 4 Fluoride effects of air and F-fumigated wheat foliage on growth of the larvae

大气氟含量(微克/分米 ² ·天)		0.05(对照)	0.61	0.87
GR(毫克/毫克·天)		0.135	0.119	0.117
各龄幼虫比率(%)	6龄	78.79	48.57	48.00
	5龄	21.21	48.57	48.00
	4龄	0	2.86	4.00
存活率(%)		80.0	78.0	66.0

表5 大气氟对粘虫生长的影响
Table 5 Effect of ambient F on growth of the larvae

大气氟含量(微克/分米 ² ·天)		0.05(对照)	0.61	0.87
GR(毫克/毫克·天)		0.0921	0.0756	0.0744
各龄幼虫比率(%)	6龄	5.88	0	0
	5龄	94.12	0	0
	4龄	0	100	100
存活率(%)		75.0	62.0	55.0

慢,12天中才完成一个龄期(都为4龄“戴帽”)。相对生长速率比对照约低20%。存活率随大气中氟含量增加而降低。氟含量为0.87微克/分米²·天的一组存活率分别比0.61微克/分米²·天处理组和对照组低11%和26%。

三、讨 论

目前国外研究氟化物对昆虫生长和繁殖影响的报告并不少见,但往往只探讨氟通过寄主植物对昆虫的间接作用,或以氟化盐的形式加在饲料中观测对昆虫产生的影响^[2,6,7]。在国内则只有受氟污染的桑叶对家蚕危害性的报告^[8],研究氟化氢对粘虫的影响还属首例。

分析本实验的各项数据可以得出结论:HF对粘虫的生长和繁殖是不利的。随大气氟含量的提高,对粘虫的影响也逐渐加大。表现在幼虫发育历期延长、取食速率降低、成虫寿命缩短和繁殖力下降(表1—5)。取食熏蒸小麦叶的粘虫,70%以上增加了一个龄期。昆虫的脱皮次数在同一种昆虫中,可因性别、环境温度和营养条件的不同而有所变化。黄地老虎幼虫(*Agrotis Segetum* Schifferrmülle)取食不同食物时,发育期长短不同,龄期也不一样^[9]。衣蛾(*Teneola*)幼虫在营养条件不良的情况下,脱皮次数从正常的4次增加到40次之多。在相同环境条件下饲养的粘虫,幼虫脱皮次数增多的原因可能是氟熏蒸小麦叶片中营养成分有所改变。

大气氟污染对昆虫的影响是多方面的,有些作用是直接的,从促进繁殖^[10],到抑制繁殖^[7],直致完全致死^[8]。有些作用是间接的,可以通过改变寄主植物成分起作用^[13]。本文报道的结果表明:大气中氟化氢对粘虫生长和繁殖的直接作用要比氟熏蒸小麦叶对粘虫的间接作用大。饲养在室内、取食氟化氢熏蒸叶的幼虫是受到HF的间接作用,它是通过小麦叶对粘虫产生影响的。用0.87微克/分米²·天氟熏蒸叶饲养的幼虫相对生长速率比对照组下降5%,但两组的存活率都在95%以上,前者虽然大部分增加了一个龄期,但整个幼虫历期的变化幅度不大,在5%左右(表1)。这是因为用HF熏蒸植物时,氟与寄主植物组织紧密结合成不溶性复合物,它不能被虫体吸收,也不在体内积累,因此对虫体产生的不利影响也较小。在熏气罩内寄主植物上饲养的幼虫,它们不仅取食被熏蒸过的寄主植物,而且呼

吸含氟的空气, 体表与HF直接接触, 虫体受氟化氢的直接影响。幼虫的存活率和相对生长速率要比对照组低得多(分别低30%和15%左右)。生长在玻璃干燥器中的幼虫受氟污染的影响与此相仿(表5)。在这两种处理中, 大气中的氟直接进入体内, 很可能与体内的活性物质结合, 使虫体的新陈代谢发生变化, 引起幼虫发育不正常。综上所述, 我们认为大气氟污染对粘虫的不利影响, 主要是由于对虫体的直接作用造成的。氟在虫体内的积累和转移以及作用机制都有待于作进一步的探讨。

大气氟污染虽然对粘虫产生一系列不利影响, 但我们不能因此认为污染能减轻粘虫的为害, 因为粘虫是一种暴食性昆虫, 氟化氢使粘虫的幼虫期延长, 加长的生长期会使它的总取食量增加, 这样就会加重它对寄主植物的为害。粘虫又是一种迁飞性昆虫, 我国的植保工作者和昆虫学家对粘虫的迁飞作了很多研究, 摸清了它的迁飞规律, 并制定了一系列的防治措施。近年来, 氟污染加重使粘虫的生长历期产生变化, 很可能会影响到它的迁飞。因此, 我们应密切注意粘虫发生规律的变化, 并采取相应的防治措施。

参 考 文 献

- [1] 吴坤君, 1988, 空气污染对昆虫的影响, 昆虫知识 25(2):122—127.
- [2] Alstad, D. N. et al., 1982, Effects of air pollutants on insect populations. *A. Rev. Ent.* 27:369—384.
- [3] Hughes, P. R., 1985, Fluoride transfer in the environment; accumulation and effects on cabbage looper *Trichoplusia ni* of fluoride from water soluble salts and HF-fumigated leaves. *Environ. Pollut. (Series A)* 37:175—192.
- [4] 舒俭民等, 1986, 开顶式熏气装置的结构和性能, 中国环境监测 3(2):11—16.
- [5] Waldbauer, G. P., 1968, The consumption and utilization of food by insects. *Adv. Insect Physiol.* 5:223—288.
- [6] Fujii, M. et al., 1972, The relative oral toxicity of some fluorine compounds for silkworm larvae. *J. Sericult. Sci. Japan.* 41:104—110.
- [7] Gerdes, R. A. et al., 1971, The effects of atmospheric hydrogen fluoride upon *Drosophila melanogaster*. I. Fecundity, hatchability and fertility. *Atmos. Environ.* 5:117—122.
- [8] 卞咏梅等, 1987, 蚕桑氟污染的监测和预报, 环境科学 8(1):71—74.
- [9] 王敬儒等, 1982, 不同食料对黄地老虎幼虫生长和繁殖的影响, 植物保护学报 9(3):187—192.
- [10] Johansson, T. S. K., 1972, Sublethal doses of sodium fluoride affecting fecundity of confused flour beetles. *J. Econ. Ent.* 65:356—357.

EFFECTS OF ATMOSPHERIC FLUORIDE POLLUTION ON THE GROWTH AND REPRODUCTION OF ARMY WORM *MYTHIMNA SEPARATA*(WALKER)

Gong Pei-Yu Li Xiu-Zhen Wu Kun-Jun

(Institute of Zoology, Academia Sinica)

Shu Jian-Min Cao Hong-Fa

(Institute of Ecology, Chinese Academy of Environmental Science)

The effects of fluoride pollution on the growth and reproduction of army worm *Mythimna separata* (Walker) were studied by rearing their larvae on HF-Fumigated wheat foliage at 24 1°C. When concentration of ambient F was 0.87 μ g/dm²·day, the index of development-survival and the relative growth rate(GR) were about 10% and 5 %, respectively, less than those of control group, and the index of population growth was decreased by 11%, as well as the majority of the larvae were increased by an age-specific.

The same determinations were made by rearing the army worm on the wheat growing in open-top experimental device for air pollution of plants. The survival rate and GR of larvae were decreased by about 40% and 15%, respectively, as compared with control group, and the age-specifics were prolonged greatly.

The results from experiments showed that the direct effect of fluoride pollution on the growth of the larvae was greater than the indirect effect of it by rearing the larvae on fumigated wheat foliage.

Key words: air pollution, fluoride, wheat plant, army worm, *Mythimna separata*.