

臭氧对墨西哥豆瓢虫取食和生长的影响

吴 亚

(江苏省农业科学院植物保护研究所, 南京)

Edward H. Lee

(美国农业部农业研究中心植物抗逆实验室, 马里兰州)

Edward M. Barrows

(美国乔治城大学生物系, 华盛顿特区)

摘要 本文报道在美国农业研究中心用臭氧在室内熏蒸和田间开顶熏蒸植物, 用此饲养墨西哥豆瓢虫的实验, 以及熏蒸后植物体内某些化合物含量变化的测定。结果表明, 墨西哥豆瓢虫 (*Epilachna varivestis* Mulsant) 喜食臭氧 (O_3) 污染的植物, 幼虫取食 O_3 污染植物后蛹显著重于取食未受污染植物所形成的蛹。根据豆瓢虫食性和植物体内糖含量的测定, 可以认为, 低浓度 O_3 污染导致植物体内糖含量的增加, 是促使豆瓢虫取食量和蛹重增加的重要因素。

关键词 墨西哥豆瓢虫 臭氧

臭氧 (O_3) 在自然界是不稳定的气体, 对细菌、病毒、昆虫、鸟类和人类等许多生物具有生理诱变和辐射模拟作用。 O_3 对许多害虫的作用随浓度、持续时间和害虫的种类及发育期而定。有人曾用高浓度 O_3 对果蝇、家蝇和螫蝇作长时间的熏蒸, 结果发现, 这些蝇类产卵数增加, 而受熏蒸的卵却有 15% 不孵化, 但对蟑螂和火蚁并无上述影响 (Levy 等, 1972、1974)。用 45ppm 的高浓度 O_3 对二种拟谷盗作熏蒸实验, 结果说明杂拟谷盗 (*Tribolium confusum*) 比赤拟谷盗 (*T. castaneum*) 对 O_3 有较强的抗性, 28 天蛹具有最高抗性 (Erdman, 1980)。除了这些直接效应外, O_3 还可以通过寄主植物影响昆虫而产生间接效应, 如由于 O_3 作用而产生退绿病和 O_3 斑的松树更易遭小蠹甲的危害, 可能与树脂分泌减少有关 (Stark, 1969)。舞毒蛾 (*Lymantria dispar* L.) 幼虫和墨西哥豆瓢虫 (*Epilachna varivestis* Mulsant) 都有喜食被 O_3 污染寄主植物的倾向, 故在 O_3 污染地区, 某些害虫的危害可能会增加 (Jeffords, 1984; Endress, 1985)。

由此可见, O_3 对害虫的作用既可以在高浓度下通过直接效应表现出来, 也可以在低浓度下通过间接效应表现出来。在通常情况下, 由于近地面大气中 O_3 含量较低 (0.03 ppm 左右), 故主要为间接效应, 它体现了自然生态系统中各种成分相互作用的一个方面。但迄今为止, 这方面的工作只有零星的报道, 对许多农林害虫的危害和数量变动究竟起何种作用, 至今仍是个谜。已有的某些资料主要是利用昆虫对离体的部分植物叶片作简单的选择实验获得的, 特别是关于 O_3 如何引起植物体内生理生化变化而作用于昆虫的机制, 至今未见研究报道。本文报道笔者所做的研究工作。

本文于 1987 年 12 月收到。

材 料 和 方 法

1. O_3 的直接效应与间接效应

作为饲养豆瓢虫用的普通菜豆 (*Phaseolus vulgaris*) 生长在普通温室中, 实验用的菜豆品种 BBL-290 生长在过滤空气温室中, 温室的温度白天为 25°C 左右晚上为 14°C 左右, 相对湿度为 70—95%, 自然光照。植物生长在直径 15 厘米、装有混合土盆中, 每盆 3 株。熏蒸箱温度 25°C 左右, 相对湿度 70—80%, 光能有效辐射为 $350\mu\text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 。

O_3 的获得是利用纯 O_3 通过高压放电氧化器而产生。熏蒸箱中 O_3 浓度 (0.19 ppm) 的监测靠一个化学发光 O_3 分析仪, 该仪器事先经 O_3 校准器进行校正。 O_3 通过管道输入熏蒸箱中。

每盆实验植物每天熏蒸 6 小时, 连续 5 天, 前后二批植物的熏蒸交叉进行, 以保证用整体的新鲜熏蒸植物饲养幼虫的连续性。

将孵化 24 小时内的幼虫分成三批, 一批随同植物接受熏蒸, 并以该植物为食; 另一批幼虫不接受熏蒸, 仅在熏蒸后的植物上取食; 第三批幼虫及其食料植物皆不接受熏蒸。每批幼虫 100 头, 分 5 组, 一直饲养到化蛹为止。然后用微量分析天平将 24 小时内化的蛹逐一称重, 分别放入每个标有号码的小器皿中, 待羽化后鉴别性别, 以便计算蛹重的性别差异。

2. O_3 间接效应机制的探讨

利用田间开顶式熏蒸笼, O_3 通过管道由熏蒸笼的下部连续通入, 其浓度由遥测系统连续测定和记录。田间大豆 (*Glycine max* L. 品种 Essex) 出苗后即开始经受不同空气的处理: (1) 过滤空气, (2) 普通空气, (3) 过滤空气 + O_3 (0.04 ppm), (4) 普通空气 + O_3 (0.04 ppm)。二个星期后, 当植物生育期到达第三真叶期时开始取样, 每种处理取样 16 个。对于每个叶片, 一半用作食物选择, 另一半用作糖和淀粉含量的测定。

食物选择在铺有滤纸的培养皿中进行。先以少量蒸馏水润湿滤纸, 然后放上 4 个同样面积、不同处理叶圆片, 最后将羽化后一周的雄性成虫, 在饥饿 18 小时后放入培养皿中, 每皿 1 头, 24 小时后测定叶面积和叶绿素含量。重复 3 次。最后结合每个叶片的糖和淀粉含量进行综合分析。

3. 食性检验

为了检验豆瓢虫对含糖植物的嗜好以及在不同污染环境中长成的豆瓢虫在食性、食量方面有无变化, 用在 O_3 (0.19 ppm) 直接熏蒸下长成的成虫与在洁净空气中长成的成虫, 分别作取食选择试验。食物是生长 14 天的菜豆 (BBL-290)。用整体植株分别浸入 0%、2%、5%、8% 的糖溶液中, 24 小时后用打孔器取下同样面积的叶圆片作取食选择实验, 方法同前, 最后测定剩余叶面积。

结 果 与 分 析

1. 蛹重的 t 测定表明, O_3 污染对豆瓢虫的直接作用和间接作用明显不同 ($p < 0.01$)。进一步统计分析表明, 在间接作用下, 取食 O_3 污染植物的豆瓢虫蛹重非常显著地大于取

食未受污染植物的蛹重 ($p < 0.01$)。雌雄分开计算亦呈同样趋势。但在直接作用下, 处理组与对照组无明显差异 ($p > 0.05$), 表明在 0.19 ppm O_3 浓度下, 对豆瓢虫幼虫有一定的直接抑制作用。

2. 间接作用机制的实验结果表明, 对 4 种不同处理的食料植物来说, 豆瓢虫取食的叶面积有很明显的差异 (见表 1)。与此相联系, 取食后剩下的叶片叶绿素含量的差异也很明显 (见表 2)。有时豆瓢虫只啃食一层表皮, 消耗了一些叶绿素, 但并未形成洞穴, 故叶面积测定结果与叶绿素含量之间有些差异。然而, 豆瓢虫喜食 O_3 污染食物的总趋势仍是一致的。糖含量的测定进一步表明 (见表 3), 不同处理之间的差异非常显著。值得注意的是, 糖含量的变化同取食叶面积及叶绿素含量的变化方向紧密联系, 即叶组织糖含量越高, 取食叶面积越大, 食后叶绿素含量越少; 而糖含量的高低又同大气中 O_3 含量成正比 (当地常规大气中 O_3 含量约 0.04 ppm); 这就清楚地反映了 O_3 -植物-昆虫三者之间的相互作用关系。淀粉含量的变化表明 (见表 4), 它的多寡同取食叶面积和食后叶绿素含量的变化趋势有些差异, 但若以过滤空气与过滤空气加 O_3 相比, 二者淀粉和糖含量的变化正好相反。

3. 通过食性检验得到二个结果 (见图 1), (1) 在 O_3 污染空气中长成的成虫 (O_3 污染成虫) 的取食量非常明显地大于在洁净空气中长成的成虫 ($p < 0.01$)。 (2) 豆瓢虫嗜食含糖分较高的植物叶片, 不同含糖植物被取食的叶面积差异非常明

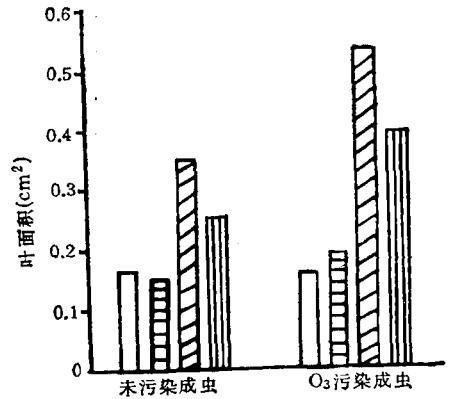


图 1 豆瓢虫取食不同含糖量植物的叶面积

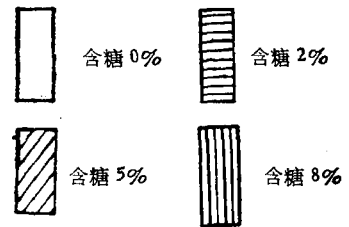


表 1 豆瓢虫取食叶面积的测定

处 理	平均取食叶面积 (cm^2)	方差分析结果
过滤空气	0.3607	F = 5.0963 F > $F_{0.01}$ **
普通空气	0.3171	
过滤空气 + O_3	0.4550	
普通空气 + O_3	0.5018	

** 为极显著 $p < 0.01$

表 2 豆瓢虫取食后叶片叶绿素含量的测定 (微克/ 3.25 cm^2 叶片)

处 理	叶绿素含量	方差分析
过滤空气	18.8921	F = 20.2163 F > $F_{0.01}$ **
普通空气	17.7429	
过滤空气 + O_3	14.4314	
普通空气 + O_3	14.1882	

** 为极显著 $p < 0.01$

表 3 不同处理植物叶片的糖含量(毫克/毫克干重)

处 理	叶片糖含量	方 差 分 析
过滤空气	28.4464	F = 34.1319 F > F _{0.01} **
普通空气	33.5571	
过滤空气 + O ₃	35.2179	
普通空气 + O ₃	未 测	

** 为极显著 p < 0.01

表 4 不同处理植物叶片的淀粉含量(毫克/毫克干重)

处 理	叶片淀粉含量	方 差 分 析
过滤空气	229.8821	F = 24.5230 F > F _{0.01} **
普通空气	143.7643	
过滤空气 + O ₃	170.7429	
普通空气 + O ₃	未 测	

** 为极显著 p < 0.01

显 ($p < 0.01$)。若以 O₃ 污染成虫与未污染成虫相比,对 0%、2%、5% 和 8% 含糖植物所取食的叶面积,前者分别是后者的 0.94、1.27、1.54 和 1.50 倍。

讨 论

O₃ 刺激豆瓢虫取食的作用,与浓度密切相关,在 0.19ppm 下,刺激取食主要表现在间接效应上,这与本文开头所提及的某些实验结果是一致的。

关于空气污染导致害虫为害增加的原因,有种种说法,如空气污染引起植物代谢次序的变更,特别是碳水化合物和氮代谢的变化;植物正常抗性的消失;天敌数量的减少等。但这些说法的根据主要是从在环境压力下的植物生理变化或探讨害虫再猖獗起因中所得到的某些研究结果的延伸,缺乏切实的实验根据。本实验将 O₃ 污染对豆瓢虫取食和生长的影响同植物的生化变化结合起来,为解释空气污染引起害虫为害加重提供了一个较有说服力的证据。看来,污染导致植物体内可溶性糖类的累积,不仅妨碍了光合作用的正常进行,又促使害虫为害增加,从而使植物遭受双重危害。

参 考 文 献

- Andress, A. G. 1985 Altered feeding preference of Mexican bean beetle (*Epilachna varivestis*) for ozonated soy-bean foliage. *Environ. Pollution (Series A)* 39: 9—16.
- Erdman, H. E. 1980 Ozone toxicity during ontogeny of two species of flour beetles, *Tribolium confusum* and *T. castaneum*. *Environ. Entomol.* 9: 16—7.
- Jeffords, M. R. 1984 A possible role of ozone in tree defoliation by the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae). *Ibid.* 13: 1249—52.
- Levy, R. 1972 Effects of ozone on three species of Diptera. *Ibid.* 1: 608—11.
- 1974 Tolerance of three species of insects to prolonged exposure to ozone. *Ibid.* 3: 184—5.
- Stark, R. W. 1969 Smog injury, root diseases and bark beetle damage in ponderosa pine. *Calif. Agric.* 23: 13—5.

THE EFFECT OF OZONE ON FEEDING AND GROWTH OF THE MEXICAN BEAN BEETLE LARVAE

YAR WU

(*Institute of Plant Protection, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing*)

EDWARD H. LEE

(*Plant Stress Laboratory, USDA/ARS, Maryland, U. S. A.*)

EDWARD M. BARROWS

(*Department of Biology, Georgetown University, Washington D. C., U. S. A.*)

Experiments were carried out with larvae of Mexican bean beetle (*Epilachna varivestis* Mulsant) and their food plants grown in air polluted with ozone to test the effect of ozone on the insects as well as on the plants. The results showed that the larvae preferred the ozone-polluted plants to the unpolluted ones. Therefore, the effect of ozone on the insects seemed to be indirect. The pupal weights of the male and female larvae feeding on the ozone-polluted plants were significantly heavier than that of the controls. According to the results of feeding preference experiments and the determination of soluble sugars and starch of foliage of the soybean plants from open-topped fumigation fields, significant differences appeared when compared with the controls. The change of sugar content in the foliage was seen to correlate with the chlorophyll content; and the larvae consumed more foliage with higher sugar content. It is concluded that ozone at lower concentration in the air would increase the content of soluble sugar and in turn promote food ingestion of the larvae feeding upon them.

Key words *Epilachna varivestis* Mulsant—ozone