

# 不同强度紫外线对蚜虫生态学特征 及有关酶活性的影响\*

李 军<sup>a</sup>, 赵惠燕<sup>a</sup>, 赵学达<sup>b</sup>

(西北农林科技大学 a 植保学院; b 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100)

**[摘 要]** 用不同强度紫外线照射桃蚜, 处理两代后对第 3 代桃蚜进行生殖生命表研究。结果表明, 发育历期、净增值率、生长周期、内禀增长率等在紫外线照射下发生了很大变化, 且不同强度紫外线照射桃蚜的生物学指标有显著差异, 紫外线强度越大, 桃蚜发育历期和平均世代周期越长, 净增值率和内禀增长率越大; 紫外线对桃蚜生态学特征的诱变是不可恢复型的。桃蚜体内存在超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)等保护酶系统, 用紫外线处理桃蚜 4 h 后, SOD、CAT 及 POD 的活力水平平均高于正常虫体, 表明保护酶与桃蚜抗逆境性有关。

**[关键词]** 紫外线照射; 生态学特征; 超氧化物歧化酶; 过氧化氢酶; 过氧化物酶; 桃蚜

**[中图分类号]** S433.3; S436.621.2<sup>+</sup>1

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-9387(2005)04-0061-04

自然界广泛存在着各种辐射, 对整个生物有强大的选择压力, 使生物受到不同程度的影响。生物体受到照射后, 导致其基因突变或染色体畸变, 体内自由基增加, 酶系统紊乱及生态学特征变化, 有关这方面的生物物理学研究由于条件限制而不多见。紫外线属于非电离射线, 对单细胞生物和植物作用较为显著, 近年来研究较多<sup>[1]</sup>, 而对动物的研究相对很少。张建民<sup>[2]</sup>研究发现, 紫外线照射哺乳动物可引起 DNA 的体外合成。姚建秀等<sup>[3]</sup>、蔡风环等<sup>[4]</sup>研究发现, 紫外线对麦长管蚜有很强的诱变作用, 对蚜虫的基因造成损伤, 从而产生基因突变, 但未阐明诱导与生态学特征的联系, 而且紫外线处理时间过长, 与生物实际环境不符。为此, 本研究用不同强度紫外线照射桃蚜, 探讨了紫外线对桃蚜后代生态学特征及其体内有关保护酶系的影响, 为进一步研究辐射对生物遗传物质、蛋白质代谢的影响, 以及蚜虫综合治理提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

在温室中采集桃蚜若干, 每个培养皿中分别放 1 头, 全部放入人工气候箱, 每天供以新鲜油菜叶,

在温度为 20℃, 光周期为  $L/D = 14\text{ h}/10\text{ h}$ , 湿度为 70%~85% 条件下饲养 4~5 代, 此时的蚜虫为单克隆系, 即由最初的 1 头桃蚜繁殖而来。各单克隆系桃蚜数量达到实验要求后, 取发育比较好的一代单克隆系桃蚜备用。

### 1.2 UV-C 处理

紫外线灯管共 3 只, 波长均为 2573 Å。取单克隆系成蚜, 在强度分别为 45, 30, 15  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  紫外光源下 30 cm 处, 每处理放 100 头, 每天照射 4 h, 待此代成蚜产仔后便去除成蚜, 保存于 -60℃ 冰箱中以备后续生化测定和分子生物学实验用; 子蚜继续在紫外灯下照射, 直到其开始产蚜为止, 然后再去除母蚜, 同样方法保存; 将此第 3 代子蚜接于油菜上进行生殖生命表试验。另设 1 组对照在正常环境中生长, 即和饲养最初 1 头蚜虫的条件相同。

### 1.3 生命表处理

每个处理 30 头蚜虫, 即 30 个重复。单头蚜虫单头饲养, 幼虫期每天观察 1 次蜕皮情况, 成虫期每天观察记录产子数, 直至蚜虫死亡。发育历期、净增值率、平均世代周期和内禀增长率按丁岩钦<sup>[5]</sup>、赵惠燕等<sup>[6]</sup>的方法计算。

\* [收稿日期] 2004-10-28

[基金项目] 国家自然科学基金项目(39970112, 30470268); 陕西省重点项目(2001SM 01)

[作者简介] 李 军(1976-), 男, 甘肃陇西人, 在读硕士, 主要从事昆虫生态学研究。

[通讯作者] 赵惠燕(1956-), 女, 河南西平人, 教授, 博士生导师, 主要从事昆虫生态遗传学研究。

#### 1.4 酶液制备<sup>[7]</sup>

将供试桃蚜置于预冷的组织匀浆器中,按每 0.1 g 材料加入 0.05 mol/L, pH 7.0 的磷酸缓冲液 10 mL 比例制样。匀浆液全部转入 1.5 mL 塑料离心管中,于 0~40 ℃、1 500 g 条件下离心 10 min,上清液即是酶液提取物,供超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(CAT)和过氧化物酶(POD)活性测定。

#### 1.5 测定方法

SOD 活性参照 Beauchamp 和 Fridovich<sup>[8]</sup>的方法并略有改进。3 mL 反应液中含 50 mmol/L 磷酸缓冲液(pH 7) 1.425 mL, 13 mmol/L 蛋氨酸 0.135 mL, 75 μmol/L 氮蓝四哇(NBT) 0.264 mL, 0.1 mmol/L 乙二胺四乙酸(EDTA) 0.324 mL 和 0.5 mL 酶液,最后加 4 μmol/L 核黄素 0.352 mL。置于 4 000 lx、25 ℃ 进行光化学反应 15 min,然后用黑暗终止反应,立即在 560 nm 下比色。一个酶活单位相当于引起 3 mL 反应液达到 50% 抑制所需的酶量。

POD 活性的测定方法参照 Simon 等<sup>[9]</sup>的方法并略加改进。以愈创木酚作底物,在酶的作用下分解

为淡黄色物质,在 470 nm 处有最大吸收峰。典型的反应混合物为: 6 mL 反应液中含 0.1 mol/L (pH 6.0) 磷酸缓冲液 4.65 mL, 愈创木酚 0.01 mL, 稀释 30 倍的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 0.84 mL 和酶液 0.5 mL。

CAT 活性的测定方法参照 Chance 等<sup>[10]</sup>的方法并稍作改进。以 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 作底物,当酶与底物反应结束后,用 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 终止反应,用 KMnO<sub>4</sub> 滴定剩余的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 以此计算 CAT 酶活性。典型的反应混合物为: 5 mL 反应液中含 0.05 mol/L (pH 7.0) 磷酸缓冲液 2.585 mL, 稀释 30 倍的 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 0.215 mL 及 0.2 mL 酶液。在 30 ℃ 下反应 1 min,加入 2 mL 10% 的 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 终止反应,然后用 2 mmol/L KMnO<sub>4</sub> 滴定剩余的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同紫外线强度对桃蚜生态学特征的影响

不同紫外线强度下桃蚜的发育历期、净增值率、平均世代周期和内禀增长率见表 1。

表 1 不同紫外线强度照射下桃蚜的生态学参数

Table 1 Ecological parameters of aphid radiated by different ultraviolet intensities

照射强度/( $\mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$ ) Radiation intensity	发育历期 $D/d$ Development time	净增值率 $R_0/\%$ Net reproduction rate	平均世代周期 $T/d$ Length of a generation	内禀增长率 $R_m$ Intrinsic rate of increase
45	9.69 aA	62.31 aA	18.01 cC	0.229
30	8.94 bB	56.06 bB	19.49 aA	0.208
15	8.38 cC	44.78 cC	18.61 bB	0.204
CK	7.23 dD	37.11 dD	17.75 dD	0.203

统计不同照射强度<sup>[11]</sup>下单头蚜虫的发育历期和繁殖数,并进行方差分析,结果见表 2。表 2 结果

表明,不同处理差异显著,均达到 0.05 水平,表明结果可靠。

表 2 不同紫外线强度下桃蚜生态学特征的方差分析( $\alpha = 0.05$ )

Table 2 Variance analysis of ecological characteristics under different UV-C intensities ( $\alpha = 0.05$ )

变异来源 Source	自由度 DF	离均差平方和 Sum of squares	均方 Mean square	F 值 F value	$P > F$
模型 Model	3	1 222.124 995	407.374 998	7.51**	0.000 2
误差 Error	83	4 504.932 477	54.276 295		
总和 Corrected total	86	5 727.057 471			

2.1.1 对发育历期的影响 不同紫外线强度照射下桃蚜生态学特性发生了变异(表 1)。照射强度越大,发育历期越长,即紫外线明显影响桃蚜的发育速度,延长了其发育时间,说明紫外线对桃蚜的发育造成了不利影响。因为在自然界中,发育历期越短,蚜虫越适宜于生存,只有当环境胁迫、食料不适或者其他不良因素影响时其发育历期才会延长。

2.1.2 对平均世代周期的影响 由表 1 可见,经不同紫外线强度照射,桃蚜平均世代周期也有明显变化,与对照相比,3 个处理的平均世代周期均有所延

长,证明紫外线照射延长了蚜虫完成一个世代的发育时间。

2.1.3 对净增值率的影响 从表 1 还可以看出,紫外线照射后桃蚜净增值率发生显著变化,照射强度越大,净增值率越大。说明紫外线照射使蚜虫的种群数量增加。种群数量的增加是蚜虫对逆境的一种强烈反应,这可能是由于紫外线使控制蚜虫繁殖的某个基因发生突变,从而改变了蚜虫体内的某种机制,使蚜虫种群数量增加。

2.1.4 对内禀增长率的影响 由表 1 可见,桃蚜内

禀增长率也随着紫外线强度的增加而增大。由于内禀增长率是表示生物抗性的生物学指标, 在紫外线胁迫下, 蚜虫对逆境产生了抗性, 被照蚜虫 DNA 发生变异, 使蚜虫能够适应新的逆境。

综上所述, 紫外线诱导桃蚜体内控制繁殖的基因发生突变, 从而增强了蚜虫对紫外线的抗性, 延长了发育历期和生长周期, 但使种群数量和净增殖率增加, 即刺激了蚜虫的生殖力, 这与前人在其他生物上的研究有相似之处<sup>[12]</sup>。与农药胁迫一样<sup>[1]</sup>, 蚜虫体内产生了某种能适应逆境的因子。从本试验可以看出, 虽然从第 3 代开始所有蚜虫放在同一生境下饲养, 但其生态学特征却明显不同, 用紫外线处理过的蚜虫并未因为环境的恢复而改变成与对照蚜虫相同的生态学特征, 说明紫外线对蚜虫的处理诱变是不可恢复性的。

### 2.2 不同强度紫外线对桃蚜酶活性的影响

从图 1~ 3 可以看出, 桃蚜体内 3 种酶活性随紫外线强度的增加而增加, 差异均达显著水平。桃蚜经

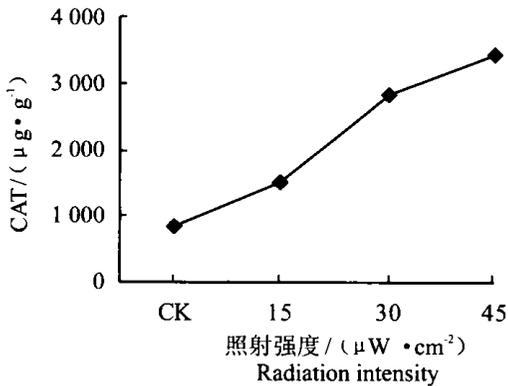


图 2 不同强度紫外线对桃蚜 CAT 活性的影响  
Fig 2 The effect of different UV-C intensities on CAT activity

### 3 小结与讨论

发育历期、净增值率、内禀增长率等是衡量昆虫生长发育是否正常的因子。本研究结果表明, 桃蚜发育历期、净增值率、内禀增长率在紫外线照射后都有明显变化。

由于核酸、蛋白质对波长在 100~ 280 nm 的 C 波紫外线有强烈吸收, 因而可导致 DNA 及 RNA 的损伤。如果这些发生了变化的基因表达, 合成另一种酶或其他蛋白质, 改变了桃蚜的生物学习性以使其更好的适应新的生境; 或者由于生物不适应而造成突变致死; 或者某种突然改变的环境打乱了昆虫原来正常的生活习性, 而这种改变只是暂时的, 一旦环

境恢复, 昆虫就会改变其习性以适应恢复后的生境。本研究根据桃蚜的生殖特点, 让前两代均处于逆境紫外线下, 然后对第 3 代蚜虫从其产出母体后便进行研究, 从遗传学上降低了蚜虫为了适应环境而暂时改变其生物学习性的可能性。

境恢复, 昆虫就会改变其习性以适应恢复后的生境。本研究根据桃蚜的生殖特点, 让前两代均处于逆境紫外线下, 然后对第 3 代蚜虫从其产出母体后便进行研究, 从遗传学上降低了蚜虫为了适应环境而暂时改变其生物学习性的可能性。

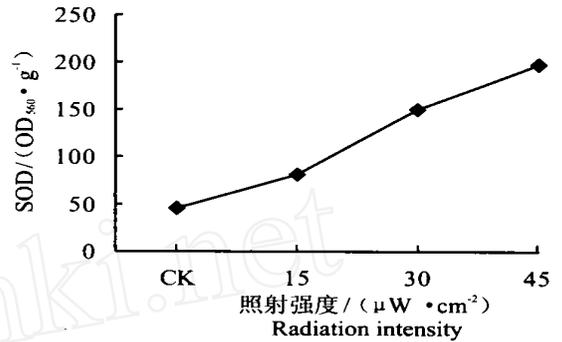


图 1 不同强度紫外线对桃蚜 SOD 活性的影响  
Fig 1 The effect of different UV-C intensities on SOD activity

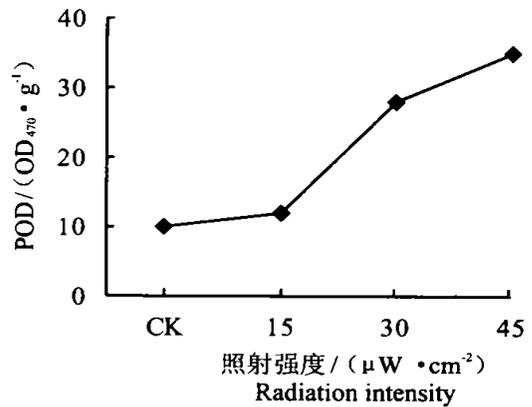


图 3 不同强度紫外线对桃蚜 POD 活性的影响  
Fig 3 The effect of different UV-C intensities on POD activity

境恢复, 昆虫就会改变其习性以适应恢复后的生境。本研究根据桃蚜的生殖特点, 让前两代均处于逆境紫外线下, 然后对第 3 代蚜虫从其产出母体后便进行研究, 从遗传学上降低了蚜虫为了适应环境而暂时改变其生物学习性的可能性。

境恢复, 昆虫就会改变其习性以适应恢复后的生境。本研究根据桃蚜的生殖特点, 让前两代均处于逆境紫外线下, 然后对第 3 代蚜虫从其产出母体后便进行研究, 从遗传学上降低了蚜虫为了适应环境而暂时改变其生物学习性的可能性。

境恢复, 昆虫就会改变其习性以适应恢复后的生境。本研究根据桃蚜的生殖特点, 让前两代均处于逆境紫外线下, 然后对第 3 代蚜虫从其产出母体后便进行研究, 从遗传学上降低了蚜虫为了适应环境而暂时改变其生物学习性的可能性。

一。国内外许多研究表明<sup>[7, 13, 14]</sup>, 昆虫在农药、环境、食料不适、水分缺乏等不良环境中, 其体内的生理生化过程会发生某些改变而适应下来。本实验在经过紫外线照射后的桃蚜体内检测到有 SOD、POD 和 CA T 的存在, 并在不同紫外线强度下存在显著差异。证明蚜虫与其他动物一样, 在其体内存在一个能清除自由基的保护酶体系。各处理与对照相比, 处理后 3 种酶活性都有明显的增加, 证明桃蚜的上述保

护酶可能参与了桃蚜的抗辐射过程。对照上述生态学参数可见, 辐射引起桃蚜体内保护酶活力的上升, 对其生殖力有促进作用, 即桃蚜体内酶活性发生变化, 能刺激蚜虫的生殖力。

至于这些酶活性的变化和蚜虫生物学习性的改变, 以及与分子生物学方面的联系还有待于进一步研究。

### [参考文献]

- [1] 余多慰, 柯惟中. 水溶液中 DNA 紫外辐射损伤的分子机制研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2000, 20(3): 311- 314
- [2] 张建民. 紫外线对黑尾果蝇的生物学效应[J]. 昆虫知识, 1994, 31(4): 242- 244
- [3] 姚建秀, 赵惠燕. 紫外条件诱导下麦长管蚜 DNA 的变异研究[J]. 西北农业学报, 2001, 10(1): 33- 36
- [4] 蔡风环, 赵惠燕. 麦长管蚜自然群体的遗传变异研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2004, 32(2): 21- 24
- [5] 丁岩钦. 昆虫数学生态学[M]. 北京: 科学出版社, 1993. 252- 316
- [6] 赵惠燕, 袁 锋, 刘宏伟, 等. 杨陵地区麦二叉蚜在小麦品种 Am igo 上的抗性鉴定[J]. 西北农业学报, 2001, 10(3): 35- 37
- [7] 杨效文, 张孝羲, 陈晓峰, 等. 烟蚜抗性的生化及分子生物学机制[J]. 世界农业, 1998, 235(11): 37- 38
- [8] Beauchamp C O, Fridovich I. Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels[J]. *Anal Biochem*, 1971, 44: 276- 287.
- [9] Simon L M, Fatrai Z, Jonas D E, et al. Study of peroxide metabolism enzymes during the development of *Phaenocarpa vulgaria*[J]. *Biochem Physiol*, 1974, 166: 387- 392
- [10] Chance B, Machly A C. Assay of catalases and peroxidases[A]. Colowick S P, Kaplan N O. *Methods in Enzymology*[J]. New York: Academic Press, 1955. 764- 775
- [11] 念国仁, 王碧桑, 林立旺. 不同强度紫外线对细菌芽孢的杀灭作用[J]. 中国消毒学杂志, 1994, 11(4): 247
- [12] 王树禹, 冯一兵, 刘大森, 等. 低剂量  $\gamma$  射线辐射对鸡胚胎发育的刺激效应[J]. 核农学报, 1995, 9(1): 62- 64
- [13] 赵惠燕, 袁 锋. 棉蚜体色变化的生态遗传及 DNA 分子证据[J]. 中国科技文摘, 1996, (1): 109
- [14] Fridovich I. Oxygen is toxic! [J]. *BioScience*, 1977, 27(7): 462

## Study on effect of ecological characteristics and enzyme activity of Aphid radiated by different intensities of ultraviolet

L I Jun<sup>a</sup>, ZHAO Hui-yan<sup>a</sup>, ZHAO xue-da<sup>b</sup>

(*a* College of Plane Protection; *b* College of Life Sciences, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** In this study, two generations of *Myzus persicae* were radiated by different ultraviolet radiation, then the development time, net reproduction rate, length of a generation and intrinsic rate of increase of the third generation were studied. The result showed that all these ecological characteristics changed greatly, and became stronger with the increase of ultraviolet radiation intensity. The study proved that the change of ecological characteristics was correlated closely with the environment Aphid lived, and the induction of ultraviolet radiation for ecological characteristics could not be restored. The endogenous enzymes of protective system including superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD) and catalase (CA T) were found to exist in *Myzus persicae*. After being radiated 4h by ultraviolet, the levels of SOD, CA T and POD activity were found higher than those of the contrast, showing that SOD, POD and CA T activities were correlated with tolerance to negative environment.

**Key words:** ultraviolet radiation; ecological characteristic; superoxide dismutase; catalase; peroxidase; *Myzus persicae*