

刀豆氨酸对亚洲玉米螟生长发育及生殖的影响

汪文陆¹ 程振衡²

(1 广东省食品工业研究所, 广州新港东路6号, 510315; 2 南开大学生物系)

摘要 较系统地观察了刀豆氨酸对亚洲玉米螟生长发育及生殖的影响。亚洲玉米螟幼虫取食含刀豆氨酸(0.5 ~ 2.0mmol/L)的半人工饲料后,五龄幼虫体重明显增加,幼虫、预蛹和蛹死亡率升高,成虫寿命明显缩短。在预蛹、蛹和成虫期,处理组出现大量畸形个体,畸形的程度和数量随刀豆氨酸浓度的升高而增加。成虫的生殖力(产卵率和受精率)随刀豆氨酸浓度的升高而迅速下降,试验表明,刀豆氨酸对雌蛾的作用是引起生殖力下降的主要原因,但刀豆氨酸对雌蛾和雄蛾的作用均会使卵受精率明显降低。

关键词 刀豆氨酸;亚洲玉米螟;生长发育;生殖

中图分类号 Q965.9

刀豆氨酸是一种植物次生性非蛋白质氨基酸,精氨酸的结构类似物,其结构如图1所示,仅精氨酸C₅亚甲基被氧原子所取代:

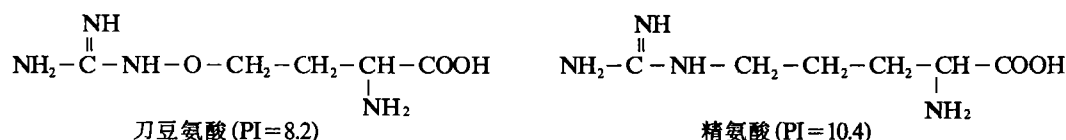


图1 刀豆氨酸和精氨酸的结构式比较

已知在微生物和动物离体细胞中,刀豆氨酸可替代精氨酸直接参与蛋白质的合成,进而干扰细胞正常的代谢和增殖(Rosenthal, 1977)。也有证据表明,刀豆氨酸可参与烟草夜蛾(*Manduca sexta*)和飞蝗(*Locusta migratoria*)等昆虫体内蛋白质的合成,进而干扰其正常的生理机能(Rosenthal et al, 1988; 1989)。后来发现,刀豆氨酸对家蚕(*Bombix mori*)等昆虫的发育和变态过程有明显的抑制作用(Dahlman, 1977)。作者的初步试验结果表明,刀豆氨酸对亚洲玉米螟(*Ostrinia furnacalis* Guenee)也有类似的生物活性(程振衡等, 1986)。本文较系统地观察了刀豆氨酸对该试虫生长发育及生殖的影响。

1 材料与方法

1.1 虫源及饲养方法

试验用亚洲玉米螟由室内连续饲养的种群提供,饲养方法仿周大荣等(1980)所述。饲养条件为:温度 24 ± 1 °C,相对湿度 80% ± 10%,光照(L/D) 16/8。成虫羽化时相对湿度为 95% ~ 100%。

1994-03-04 收稿

1.2 饲喂处理方法

刀豆氨酸 (canavanine) 纯品从美国 Sigma 公司购买。在配制饲料时, 将刀豆氨酸用少量蒸馏水溶解, 按所需要的量加入饲料中, 配制成含刀豆氨酸 0.5、1.0 和 2.0 mmol/L 的处理饲料, 不加刀豆氨酸的饲料作对照。取 $d\ 9\text{ cm}$ 的培养皿, 放入 40 g 饲料, 接入 20 头一龄幼虫, 逐日观察, 并记录试虫生长发育情况。待幼虫进入五龄期后, 转入 $d\ 5\text{ cm}$ 的小培养皿中, 每个培养皿放 1 头, 逐日称重并根据化蛹判别雌雄, 分别统计雌雄幼虫的体重。继续观察并记录幼虫和蛹的成活情况及成虫寿命。成虫产卵试验是在带铜纱的塑料筒内进行, 筒内衬一张蜡纸, 以便产卵与记数。于每个筒内接入 2 头雌蛾和 2 头雄蛾 (初羽化 12 h 内接入), 于温度 $23\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 95% ~ 100% 条件下交配产卵 7 d, 取下蜡纸, 记录卵数。卵块在同样的条件下保温孵化, 记录卵的孵化情况。

2 结果

2.1 饲喂刀豆氨酸对生长发育的影响

亚洲玉米螟长时间取食 0.5、1.0 和 2.0 mmol/L 的刀豆氨酸后, 早龄期幼虫与对照组没有明显的差异, 死亡率均很低。当试虫生长进入五龄后, 处理组幼虫体重增长较快, 而且最大体重也比对照组要大 (结果如表 1 所示), 如对照组雌虫最大体重为 121.3 mg, 而刀豆氨酸 (0.5、1.0 和 2.0 mmol/L) 3 个处理组则分别为 125.1、128.0 和 122.3 mg。1.0 mmol/L 组的试虫体重增加最明显, 而 2.0 mmol/L 组反而有所降低, 这是因为在 2.0 mmol/L 组中, 有许多异常小的个体, 这些个体表皮萎缩, 颜色变深, 幼虫期明显延长 (有的五龄幼虫期长达 25 d 之久) 或不能化蛹而死亡。

表 1 刀豆氨酸对亚洲玉米螟生长发育的影响⁽¹⁾

项 目		对照组	刀豆氨酸处理组 / mmol·L ⁻¹		
			0.5	1.0	2.0
五龄幼虫最大 体重 / mg·虫 ⁻¹	雌性	121.3±1.3	125.1±1.7	128.0±2.3	122.3±3.5
	雄性	106.6±1.1	107.2±1.7	108.0±2.1	102.1±3.1
幼虫校正死亡率 / %			6.5±3.8	11.2±3.8	19.4±4.1
蛹校正死亡率 / %			11.5±5.1	12.3±4.1	23.8±6.3
成虫寿命 / d	雌性	7.8±1.2	7.4±0.9	6.7±1.0	6.0±0.8
	雄性	6.3±0.9	5.9±0.7	5.1±0.8	4.8±0.6

(1) 表中各组数据均是对 60 ~ 80 头试虫 (雌雄总数) 观察的结果。
幼虫校正死亡率包括预蛹在内。

刀豆氨酸对亚洲玉米螟的胃毒活性不明显, 幼虫死亡率较低, 刀豆氨酸 (0.5、1.0 和 2.0 mmol/L) 3 个处理组的校正死亡率分别为 6.5 ± 3.8 、 11.2 ± 3.8 和 $19.4\pm 4.1\%$ 。2.0 mmol/L 组的死亡率稍高, 主要由于预蛹不能蜕皮所致。在蛹期, 各处理组均有少量个体不能脱皮, 造成一定的死亡率, 其中 2.0 mmol/L 组的校正死亡率为 $23.8\pm 6.3\%$ 。

刀豆氨酸对亚洲玉米螟成虫的行为和寿命影响较为明显。取食过刀豆氨酸的试虫, 成虫活动加剧, 表现为飞行时间增长, 直到疲劳而失去飞行能力。成虫寿命明显缩短 (结果见

表 1), 如雌虫寿命: 对照组为 7.8 ± 1.2 d, 2.0 mmol/L 处理仅为 6.0 ± 0.8 d; 雄蛾寿命: 对照组为 6.3 ± 0.9 d, 2.0 mmol/L 组仅为 4.8 ± 0.6 d, 均缩短近 2 d。由于成虫行为和寿命的影响, 严重干扰成虫的交配产卵, 这将在后面加以叙述。

在另一组试验中, 用含 0.5 和 1.0 mmol/L 刀豆氨酸的饲料饲养初脱皮的五龄幼虫, 逐日观察称重, 结果如图 2 所示, 1.0 mmol/L 处理组幼虫体重增长速度和最大体重均大于对照组, 但达到最大体重的时间很接近的。这一结果与上述长时间饲喂试验所得到的结果是一致的, 看来刀豆氨酸对五龄幼虫的影响比早龄幼虫更为明显。

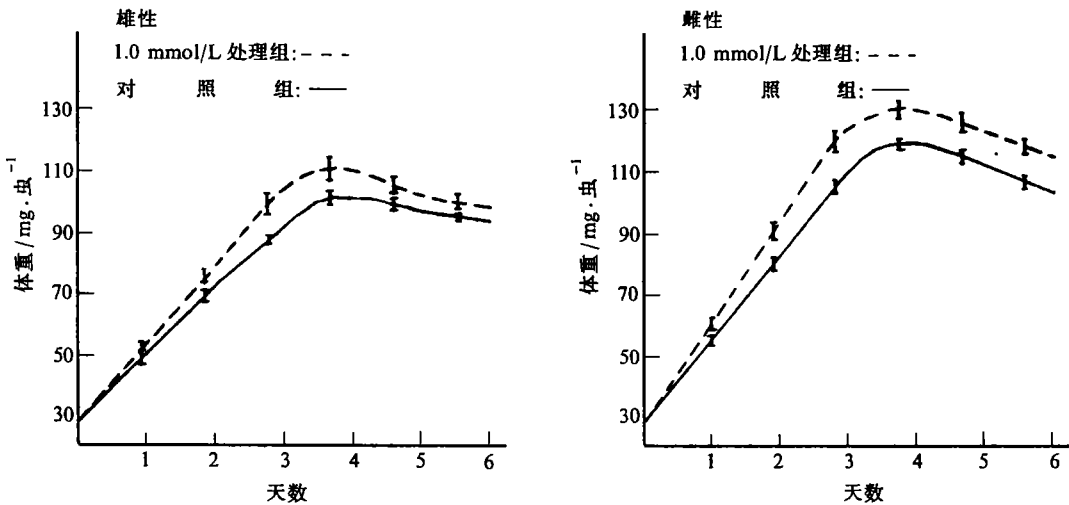


图 2 刀豆氨酸对五龄幼虫体重的影响(图中各点均为 25 ~ 36 头试虫的平均值)

让上述试虫继续发育至化蛹, 并称量蛹的体重, 结果如表 2 所示, 发现各处理组蛹重与对照组没有明显的差异, 雌蛹重为 74.2 ~ 75.3 mg, 雄蛹重为 57.6 ~ 58.9 mg。虽然刀豆氨酸能使亚洲玉米螟五龄幼虫的体重明显增加, 但发育至蛹后, 这种变化反而消失, 这可能与试虫水份代谢失调有关(Rafaeli et al, 1980)。

表 2 刀豆氨酸对蛹重的影响⁽¹⁾

项 目		对照组	刀豆氨酸处理组 /mmol·L ⁻¹	
			0.5	1.0
蛹 重	雌性	74.7±3.8	74.2±4.2	75.3±5.2
	雄性	58.6±6.8	58.9±3.7	57.6±5.5

(1)表中数据均为 25 ~ 36 头试虫的平均值。

2.2 饲喂刀豆氨酸对成虫生殖力的影响

在测定成虫生殖力试验中, 以长时间饲喂法(从一龄幼虫开始饲喂)处理试虫, 从各组成虫中选出有飞行能力的个体用于交配产卵, 结果如表 3 所示, 发现刀豆氨酸对成虫产卵量影响极大, 对照组产卵量为 321.0 ± 46.9 粒/雌, 而刀豆氨酸(0.5, 1.0 和 2.0 mmol/L) 3 个处理组产卵量分别为 292.0 ± 53.1 , 137.2 ± 39.3 和 56.2 ± 32.7 粒/雌, 其中, 2.0 mmol/L 的产卵量仅为对照组的 17.5%。在另一组试验中, 选用对照组和 2.0 mmol/L 处理组的成虫进行交叉交配产卵试验(结果如表 3), 发现刀豆氨酸对雌蛾的作用会明显地影响产卵量, 在对照组

♀ × 2.0 mmol/L 组 ♂ 的组合中, 成虫产卵量为 289.0 ± 45.4 粒/雌, 为对照组的 90.0%; 而在 2.0 mmol/L 组 ♀ × 对照组 ♂ 的组合中, 成虫产卵量为 81.0 ± 34.3 粒/雌, 仅为对照组的 25.2%, 可见, 刀豆氨酸对雌蛾的影响是造成成虫产卵量下降的主要原因。

表 3 刀豆氨酸对成虫生殖力的影响⁽¹⁾

交 配 组 合	产 卵		孵 化	
	卵数/雌蛾	为对照组 %	孵化率/%	为对照组 %
对 照 组 ⊗	321.0 ± 46.9		92.6 ± 5.0	
0.5 mmol/L 组 ⊗	292.0 ± 53.1	91.0	76.7 ± 9.2	82.8
1.0 mmol/L 组 ⊗	137.2 ± 53.1	42.7	68.2 ± 15.3	73.7
2.0 mmol/L 组 ⊗	56.2 ± 32.7	17.5	28.6 ± 17.2	30.9
对照组 ♀ × 2.0 mmol/L 组 ♂	289.0 ± 45.4	90.0	56.5 ± 21.3	61.0
2.0 mmol/L 组 ♀ × 对照组 ♂	81.0 ± 34.3	25.2	68.2 ± 8.5	73.7

(1)表中数据均为 22 ~ 26 头雌蛾的平均值。

刀豆氨酸对试虫的卵孵化率也有明显的抑制作用(见表 3)。对照组卵孵化率为 92.6 ± 5.0%, 0.5 和 1.0 mmol/L 处理组稍有降低, 分别为 76.7 ± 9.2% 和 68.2 ± 15.3%; 而 2.0 mmol/L 组影响极为明显, 卵孵化率仅为 28.6 ± 17.2%。在对照组和 2.0 mmol/L 处理级交叉交配试验中, 发现刀豆氨酸对雌蛾或雄蛾的作用均会影响卵孵化率, 在对照组 ♀ × 2.0 mmol/L 组 ♂ 的组合中, 卵孵化率 56.5 ± 21.3%; 在 2.0 mmol/L 组 ♀ × 对照组 ♂ 的组合中, 卵孵化率为 68.2 ± 8.5%, 两者分别为对照组的 61.0% 和 73.7%, 表明刀豆氨酸对两性均有一定的作用, 从而引起卵孵化率明显降低。这与上述刀豆氨酸对成虫产卵量的影响有所不同。可见, 尽管刀豆氨酸对亚洲玉米螟成虫产卵率和卵孵化率均有明显的抑制作用, 但其作用方式有所差异。

3 讨论

早在 1964 年就有人注意到刀豆氨酸对昆虫生长发育多方面的影响, 但它对不同昆虫的作用不尽相同(Rosenthal, 1977)。本研究发现, 刀豆氨酸对亚洲玉米螟的胃毒活性不大, 但能明显刺激五龄幼虫体重增加。Srivastawa 等(1975)曾发现刀豆氨酸对豌豆蚜(*Acyrtosiphon pisum*)有类似的增重作用, 认为刀豆氨酸有激食作用。而 Rafaeli 等(1980)在研究刀豆氨酸的生物活性时发现, 该物质能显著抑制亚洲飞蝗马氏管的分泌作用, 并证实这是引起虫体异常增重的原因。本试验尚没有直接的证据说明刀豆氨酸引起亚洲玉米螟幼虫增重的原因, 但作者认为, 幼虫体重增加可能与虫体代谢紊乱有关, 因为由此发育的蛹, 其体重并不增加。并且刀豆氨酸可引起幼虫发育障碍, 幼虫期延长, 均表明虫体代谢受到干扰。

虽然刀豆氨酸对亚洲玉米螟的胃毒活性不高, 但对成虫行为、寿命和生殖力均有极明显的影响, 这种现象在以往的文献中尚没有报导过。刀豆氨酸处理过的试虫, 成虫活动加剧, 寿命缩短, 这可能是造成成虫生殖力下降的原因之一。刀豆氨酸对成虫产卵率和卵孵化率均有明显的抑制作用, 试验发现, 刀豆氨酸对雌虫的作用是引起成虫产卵率下降的主要原因。这与从解剖学上观察到的现象是完全一致的, 作者曾观察到刀豆氨酸会严重抑制雌性

生殖系统的发育,而对雄性生殖系统的影响较小(程振衡等,1986)。尽管如此,用刀豆氨酸处理雌蛾或雄蛾,对下一代卵孵化率均有一定的抑制作用,但对两者的作用程度可能有所不同。作者曾经发现,刀豆氨酸对亚洲玉米螟的毒性,是因为刀豆氨酸直接参与蛋白质的合成,从而干扰虫体正常的代谢和生长发育,并且发现,刀豆氨酸能显著抑制卵巢蛋白质的合成,而对精巢蛋白质合成的影响相对较小(程振衡等,1993)。这可能是导致试虫生殖力下降的直接原因。

可见,刀豆氨酸对亚洲玉米螟的毒性是多方面的,其中对成虫生殖力的影响最为明显,表现出生长发育调节剂的活性,这一现象对开发利用这种物质防治害虫是有很大大价值的。

参 考 文 献

- 周大荣,王玉英,刘宝兰,等. 1980. 玉米螟人工大量繁殖研究. I. 一种半人工饲料的改进. 植物保护学报, 7(2): 113 ~ 121
- 程振衡,朱志强. 1986. 刀豆氨酸对亚洲玉米螟生长发育的影响. 昆虫学报, 29(2): 143 ~ 149
- 程振衡,汪文陆. 1993. 刀豆氨酸对亚洲玉米螟的生理生化效应. 昆虫学报, 36(4): 390 ~ 395
- Dahlman D L. 1977. Effect of L-canavanine on the consumption and utilization of artificial diet by the tobacco hornworm, *M. sexta*. Entomol exp and appl, 22: 123 ~ 131
- Rafaeli A, Applebaum S W. 1982. The influence of canavanine and related compounds on the water balance system of locust. J Insect Physiol, 28(2): 201 ~ 420
- Rosenthal G A. 1977. The biological effects and mode of action of L-canavanine, a structural analogue of L-arginine. Quart Rev Biol, 52, 155 ~ 178
- Rosenthal G A, Dahlman D L. 1988. Degradation of aberrant proteins by larval tobacco hornworm, *Manduca sexta* L. (Spingidae). Arch. Insect Biochem. Physiol, 8(3): 165 ~ 172
- Rosenthal G A, Lamber J, Hoffmann D. 1989. L-Canavanine incorporation into vitellogenin and micromolecular conformation. J Biol Chem 264(23): 13693 ~ 13696
- Srivastava P N, Auclair J L. 1975. Role of single amino acids in phagostimulation, growth and survival of *Acyrtosiphon pisum*. J Insect Physiol, 21: 1865 ~ 1871

EFFECTS OF L-CANAVANINE ON THE DEVELOPMENT AND FECUNDITY OF ASIATIC CORN BORER, *Ostrinia furnacalis* Guenee

Wang Wenlu¹ Cheng Zhenheng²

(1 Food Industry Institute of Guangdong Province, Guangzhou, 510315;

2 Dept.of Biol., Nankai University)

Abstract

A comprehensive observation of the effects of L-canavanine to the growth, development and fecundity of Asiatic corn borer, *Ostrinia furnacalis* Guenee was conducted in this paper. Canavanine caused a rapid increase of the body weights of the 5th instar larvae, increased the mortalities of larvae, prepupae and pupae, and decreased longivities of adults feeding 0.5 ~ 2.0 mmol/L of canavanine-containing diets during the larval period. Some prepupal and pupal deformities were also observed in this experiment. The fecundity including both the egg laying and fertility was seriously suppressed by canavanine. It was found that the treatment of females resulted mainly in reducing eggs laid, while the fertility was affected by both the treated female and male.

Key words L-Canavanine; *Ostrinia furnacalis*; development; fecundity