

• 研究论文 •

α -三联噻吩对淡色库蚊血细胞的光敏作用研究

刘 扬, 丰 俊, 吴计划, 黄青春*

(华东理工大学 药学院 生物反应器工程国家重点实验室, 上海 200237)

摘 要: 研究了 α -三联噻吩 (α -T) 对淡色库蚊 *Culex pipiens pallens* 幼虫血细胞的光敏作用。结果表明, 在活体和离体条件下, α -T 对淡色库蚊 4 种主要血细胞的形态延展及增殖均有不同程度的影响, 处理后较短的时间内, α -T 能促进血细胞的增殖, 但随着作用时间的延长, 其对血细胞均表现出抑制作用, 且抑制程度随 α -T 浓度升高而逐渐增强。 α -T 对淡色库蚊不同血细胞的影响具有一定的差异, 在处理早期, 其对浆血细胞 (SP) 和原血细胞 (PR) 的增殖促进作用较强, 而在处理后期, 其对粒细胞 (GR) 和珠血细胞 (SP) 的抑制作用较强, 并且改变了淡色库蚊幼虫体内不同血细胞之间的比例, 使得 GR 和 SP 所占比例逐渐降低。实验还表明, α -T 对各种离体血细胞增殖的促进作用均较对活体的弱, 且促进时间明显缩短。

关键词: α -三联噻吩; 淡色库蚊; 血细胞; 光敏作用

中图分类号: Q26

文献标志码: A

文章编号: 1008-7303(2007)04-0363-07

Photosensitive Toxicity of α -Terthienyl on Hemocytes in *Culex pipiens pallens* Larvae

LIU Yang FENG Jun WU Ji-hua HUANG Qing-chun*

(State Key Laboratory of Bioreactor Engineering, School of Pharmacy, East China University
of Science and Technology, Shanghai 200237, China)

Abstract The photosensitive toxicity of α -terthienyl (α -T) on the hemocytes in *Culex pipiens pallens* larvae was under investigation. The results showed that α -T, in vivo and in vitro, obviously affected the morphological ductility and the proliferation of the four main hemocytes. α -T promoted the reproduction of hemocytes in a short time after processing but then gradually inhibited the hemocytes. The inhibition enhanced as the concentration increased. Moreover, α -T showed different extent of photosensitive toxicity to the four hemocytes and strongly changed the proportion of the hemocytes. At the early period of processing, α -T promoted the reproduction of plasmatocyte and prohemocyte, while at the later period, α -T strongly decreased the proportion of granulocyte and spherulocytes. In addition, the promotion of α -T on the proliferation of the four hemocytes in vitro, was significantly weaker than that in vivo, and lasted shorter time.

Key words α -terthienyl; *Culex pipiens pallens*; hemocytes; photosensitive toxicity

新型光活化农药与传统农药相比, 具有使用量小、药效快、光照条件下活性升高、多靶标、不易产生抗药性, 且降解快、无残留、无污染、不会通过食物链传递富集而造成二次污染等明显的优

收稿日期: 2007-09-14; 修回日期: 2007-11-08.

作者简介: 刘扬 (1983-), 男, 内蒙古满洲里人, 硕士研究生; * 通讯作者 (Author for correspondence): 黄青春 (1969-), 男, 安徽庐江人, 博士, 副教授, 主要从事农药生理毒理研究. 联系电话: 021-64253140-8007. E-mail: qchuang@ecust.edu.cn

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目 (2003CB114400); 国家自然科学基金项目 (30400295); 上海市教委重点学科建设基金.

点^[1,2]。因而在害虫防治方面有着广阔的应用前景,是合成杀虫剂的理想替代品。现在美国和加拿大一些地区,商品化的光活化杀虫剂已成功用于卫生害虫的防治^[3~5]。

α -三联噻吩(α -terthienyl)缩写 α -T)是从万寿菊根部分离到的一种次生物质,是一种有效的光活化杀虫剂^[6~8]。研究表明, α -T对包括昆虫、线虫、微生物^[9,10]、人体血细胞^[11]、人体皮肤^[12]、以及植物和病毒^[13]等多种有机体具有明显的光毒性。在波长为300~400 nm光照条件下, α -T对埃及伊蚊 *Aedes aegypti* 幼虫的 LD_{50} 值是19 μ g/kg,而同样条件下马拉硫磷 LD_{50} 值为62 μ g/kg,DDT为70 μ g/kg。在天然水池或人工池塘中使用 α -T防治伊蚊幼虫,所需的有效剂量仅为10~100 g/hm²,而防治冈比亚按蚊 *Anopheles gambiae* 的 ED_{50} 值为(a.i.)7.45 g/hm², ED_{90} 为(a.i.)18.90 g/hm²。

研究表明, α -T经紫外光(300~400 nm)照射激发后,通过I型^[6]和II型^[3,6]光动力作用产生单线态氧和氧自由基等活性氧基团,从而对脂类、蛋白质、核酸等生物分子产生强氧化作用,对生物体内DNA^[14]、生物膜^[11]等靶标部位产生氧化损伤,导致昆虫死亡。昆虫血细胞是昆虫免疫系统的重要组成部分,对异物入侵产生吞噬、结节、包被等防卫反应。研究表明,光敏剂能够改变细胞膜的通透性,导致细胞产生不同的渗透压,进而引起血淋巴流入消化道,短时间内血淋巴体积大量减少,从而导致昆虫死亡^[15]。昆虫血细胞是一个复杂的细胞类群,其类型和数量因昆虫种类、发育阶段、生理状况及生存环境不同而有很大差异,任何损伤均可刺激改变内循环中的血细胞数量。因此,通过对昆虫血细胞类型的变化规律研究,有助于了解虫体内血细胞类型的组成及昆虫的生理状况^[16~18]。

目前,国内外尚未见有关 α -三联噻吩对昆虫血细胞生理影响的报道,本文作者初步鉴定了淡色库蚊4龄幼虫的血细胞形态,并观察了各类血细胞在 α -T作用前后数量的消长以及组成比例的动态变化规律,探讨了淡色库蚊对 α -T作用的抗氧化生理机制。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

淡色库蚊 *Culex pipiens pallens* 敏感品系,引自

国家南方农药创制中心(上海),室内长期继代饲养。饲养温度为24~26℃,相对湿度为65%~80%,光周期16L:8D。幼虫饲料为上海西普尔公司生产的鼠用高干料,取4龄1 d(即孵化后第6 d)幼虫供试。

1.2 药剂和器材

α -三联噻吩(纯度 $\geq 98\%$),购自Sigma公司,用丙酮配制成1 000 μ g/mL的母液,4℃下避光贮存备用。三羟甲基氨基甲烷(Tris-Cl)、考马斯亮蓝(G-250)均为生化试剂。台盼蓝(Trypan blue),购自华美生物工程公司,用10 μ g/mL苯基硫脲的血淋巴稀释液配制成质量浓度为0.2%的染液;乙二胺四乙酸二钠(EDTA-Na₂)、三氯醋酸(TCA)及其他主要试剂均为分析纯。

XB-K-25型血细胞计数板;LeicaDM IRB 倒置显微镜。

1.3 实验方法

1.3.1 血细胞形态及延展行为的观察 取96孔板(30 cm $\times$ 21 cm)一块,每孔加入浓度为0.8、2.3和7.2 μ g/mL的药液3 mL,接入大小一致的4龄1 d子孑约20头,以清水为空白对照,以含有等量丙酮的水溶液为溶剂对照,每浓度设3次重复。置于室温(25℃ $\pm$ 1℃)、双管黑光灯(λ 360~400 nm,40 W)光照下(距离为17 cm)培养。分别在施药15、30、60、120和240 min后收集处理组和对照组幼虫,取血镜检。取血前,将幼虫先用质量分数为0.9%的生理盐水冲洗,再用蒸馏水冲洗,吸干水分,放置在载玻片上。血淋巴的收集采用排空法^[19],将放有幼虫的载玻片置于显微镜($\times$ 400倍)下,用锋利手术刀片在虫体胸、腹部的侧面做一切口,再用镊子夹住尾部倒提虫体,使血淋巴充分外流于载玻片上,用台盼蓝染色,置于显微镜下观察拍照。

1.3.2 α -T对活体血细胞数量的影响 分别在施药15、30、60、120和240 min后收集处理组和对照组幼虫取血计数。参照1.3.1节方法,将血淋巴收集于96孔培养板中,加入90 μ L含有10 μ g/mL苯基硫脲的血淋巴稀释液(98 mmol/L氢氧化钠、145 mmol/L氯化钠、17 mmol/L EDTA、41 mmol/L柠檬酸)稀释,然后加入10 μ L质量浓度为0.2%的台盼蓝^[20]。按程惊秋的方法^[16],在显微镜相差镜头下,用血球计数板统计全血细胞及分类细胞的数量。每个处理浓度共取30头幼虫,实验均设3次重复。

1.3.3 α -T 对离体血细胞数量的影响 取冲洗干净的幼虫,放入 96 孔培养板中(每孔 10 头虫),采用排空法收集血淋巴^[19]。然后分别向每孔加入 90 μ L 含有 0.8、2.3、7.2 μ g/mL α -T 的血淋巴稀释液,以清水为空白对照,以含有等量丙酮的血淋巴稀释液为溶剂对照。每个处理浓度共取 30 头幼虫,实验均设 3 次重复。按照 1.3.1 节方法进行全血细胞和分类血细胞的计数。

1.3.4 统计方法 数据采用 SPSS13.0 软件进行单因素方差分析($P < 0.01$, ANOVA)、S-N-K (Student-Newman-Keul)法多重比较,数值采用平均数 $\pm$ 标准差 (mean $\pm$ SD) 表示。

2 结果与分析

2.1 α -T 对血细胞形态及延展行为的影响

通过细胞染色观察并参照傅怡玲等昆虫细胞分类方法^[17, 18],经 α -T 处理的 4 龄 1 d 淡色库蚊幼虫的血细胞主要有 4 类:

原血细胞 (Prohemocyte 简称 PR) 直径约为 5.9 ~ 7.3 μ m 的小圆形细胞,核的比例较大,胞膜边

缘较完整清晰、光滑。 α -T 处理后形态变化不大(见图 1 D, G),是少数未被破坏的细胞类型。

浆血细胞 (Plasmacyte 简称 PL) 直径约为 9.5 ~ 12.1 μ m 呈圆形、纺锤型等细胞。 α -T 处理后形态变化很大,细胞外形呈不规则梭型,梭型细胞两端出现较大裂缝,细胞数量明显减少(见图 1: A, F),台盼蓝染色后呈现蓝色。

粒细胞 (Granulocyte 简称 GR) 直径约为 17.4 ~ 21.0 μ m 呈圆形或卵圆形,胞体内有许多圆形小颗粒的细胞,核位于细胞的中心。 α -T 处理后的较短时间内细胞膨胀,随着处理时间的延长,大多数崩裂,颗粒散落,成不规则形状(见图 1: B, F, G),台盼蓝染色后呈现蓝色不规则形状。

珠血细胞 (Spherulocyte 简称 SP) 直径约为 26.2 ~ 31.1 μ m 的大中型血细胞,形态多为圆形,细胞内有大小不同、数目不等的珠形内含物。 α -T 处理后的较短时间内细胞膨胀,并呈现出不规则形状,随着处理时间的延长,细胞外围呈现缺口状,最后崩裂(见图 1: B, E, F, G),台盼蓝染色后可看见未染色的珠粒。

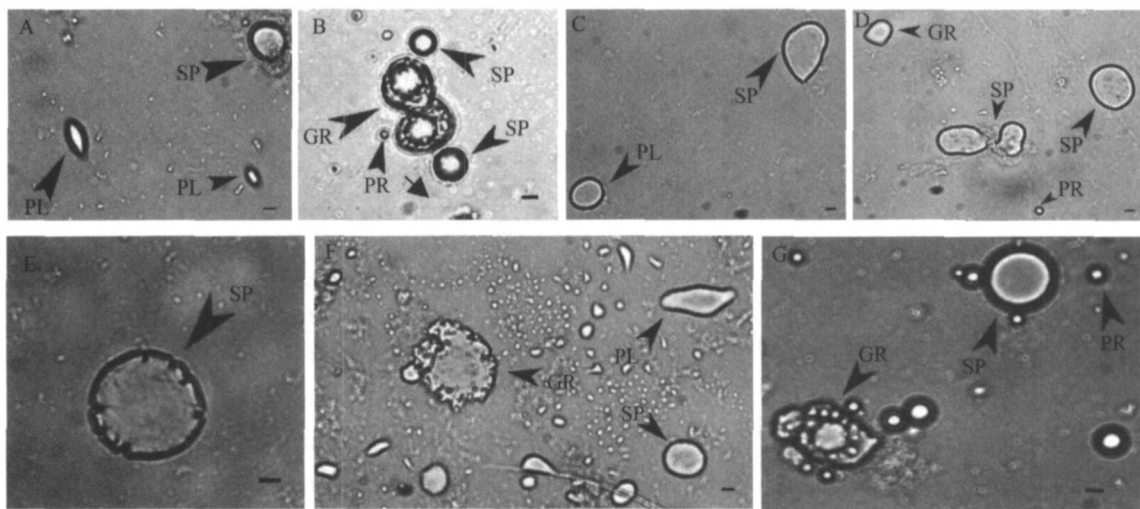


图 1 淡色库蚊 4 龄幼虫正常血细胞形态及被 α -T 处理后的病态变化

Fig. 1 Pathological changes of hemocytes and their morphous in the 4th instar larvae of *Culex pipiens pallens* after treated by α -T

注: A, B 指正常的浆血细胞 (PL)、珠血细胞 (SP)、粒细胞 (GR) 和原血细胞 (PR); C, D 指正常的离体血细胞, 示细胞破裂;

E, F, G 分别指经 α -T 处理后血细胞的病态变化, 示肿胀与破裂; 图中比例尺为 10 μ m。

Note: A and B referred to normal PL, SP, GR and PR; C and D referred to normal hemocytes in vitro, showing disruption. E, F and G referred that the pathology changes of hemocytes treated by α -terthienyl show swelling cell and disruption. Scale bar expressed as 10 μ m.

2.2 α -T 对活体 (*in vivo*) 全血细胞增殖的影响

α -T 对活体血细胞增殖的影响如图 2 所示。试虫经 α -T 处理以后, 在 30 min 内 α -T 能够促进

试虫体内血细胞的增殖, 且血细胞总数随着 α -T 浓度的增加而明显增多 ($P < 0.01$, ANOVA), 7.2 μ g/mL α -T 对细胞增殖的平均抑制率可达

-10.9%。但是,随着 α -T 作用时间的延长, α -T 对血细胞的增殖逐渐表现出抑制作用,且抑制活性随 α -T 浓度的增加而逐渐增强。经作用 240 min 后,0.8、2.3 和 7.2 $\mu\text{g/mL}$ α -T 的抑制率分别为 33.55%、53.73% 和 63.69%。

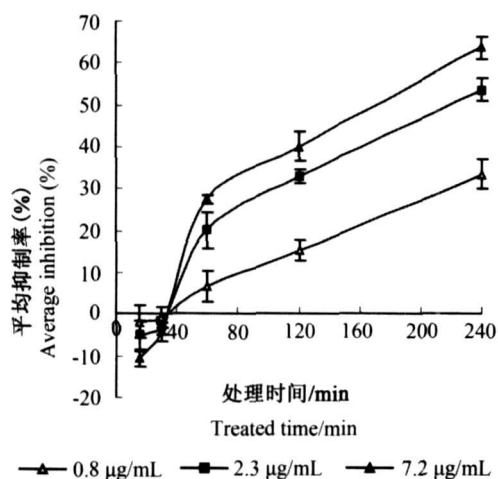


图 2 不同浓度 α -T 对淡色库蚊 4 龄幼虫体全血细胞增殖的抑制效果

Fig. 2 Inhibition of α -T on complete hemocytes proliferation in the 4th instar mosquito larvae, in vivo

2.3 α -T 对各类活体 (*in vivo*) 血细胞增殖的影响

α -T 对 4 种活体血细胞增殖的影响如图 3 所示。2.3 $\mu\text{g/mL}$ α -T 对 4 种血细胞的增殖都具有一定的促进作用。其中 α -T 对 GR 细胞增殖的促进作用最弱,最大促进作用可达 29.17%,且 α -T 发挥促进作用的时间也最短,约为处理后 30 min 左右;而 α -T 对 PL 细胞增殖的促进作用最强,最大促进作用达 107.41%,且 α -T 发挥促进作用的时间也最长,约为处理后 110 min 左右。 α -T 对 SP 和 PR 细胞增殖的最强促进作用分别为 35.19% 和 64.81%,发挥促进作用的时间分别为 70 和 80 min 左右。随着作用时间的延长,2.3 $\mu\text{g/mL}$ α -T 对 4 种血细胞的增殖均逐渐表现出一定程度的抑制作用。其中 PL 细胞对 α -T 的抑制作用表现最不敏感,而 SP 细胞表现最敏感。240 min 时,2.3 $\mu\text{g/mL}$ α -T 对 PL、PR、GR 和 SP 血细胞增殖的抑制率依次达 15.65%、34.26%、70.00% 和 73.52%。

2.4 α -T 作用后活体 (*in vivo*) 血细胞组成的动态变化

2.3 $\mu\text{g/mL}$ α -T 能改变淡色库蚊幼虫 4 种血

细胞的组成比例 (图 4),促使血细胞的组成比例失调,其中 PL 和 PR 的比例上升,SP 和 GR 的比例下降。2.3 $\mu\text{g/mL}$ α -T 在活体处理后的 15 min 内,PR、PL、GR 和 SP 等 4 种血细胞占总血细胞的比例分别为 26.06%、27.38%、24.09% 和 22.47%,4 种血细胞之间不存在显著差异 ($P < 0.01$, ANOVA)。随着作用时间的延长,各类血细胞的比例不断发生变化,在处理 240 min 后,上述 4 种血细胞所占的百分比分别为 31.82%、40.83%、14.52% 和 12.82%,各类血细胞所占比例存在显著差异 ($P < 0.01$, ANOVA)。其中 GR 和 SP 两种细胞对 α -T 较为敏感,在 α -T 作用后,这两种血细胞大量迅速裂解,比例降低;而 PR 和 PL 对 α -T 不敏感,只有少量裂解,因而这两种细胞的比例升高。

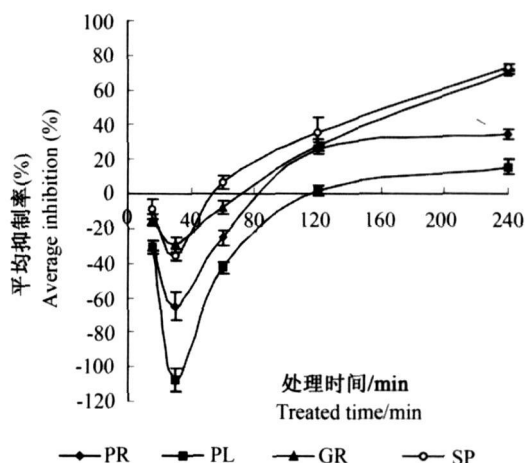


图 3 2.3 $\mu\text{g/mL}$ α -T 对淡色库蚊 4 龄幼虫体 PR、PL、GR 和 SP 血细胞增殖的影响

Fig. 3 Effect of 2.3 $\mu\text{g/mL}$ α -T on the proliferation of PR, PL, GR and SP hemocytes in the 4th instar mosquito larvae, in vivo

2.5 α -T 对离体 (*in vitro*) 全血细胞增殖的影响

在处理较短的时间内, α -T 能促进血细胞的增殖,且促进程度随 α -T 浓度的增加而增强 (图 5)。0.8、2.3 和 7.2 $\mu\text{g/mL}$ α -T 的促进率分别为 2.25%、6.18% 和 10.67%。但是这种促进作用很快就转变为裂解作用,且裂解作用随处理时间的延长和 α -T 浓度的增加而逐渐增强,当作用至 240 min 时,0.8、2.3 和 7.2 $\mu\text{g/mL}$ α -T 引起离体血细胞 (总数) 的平均裂解率分别达 42.56%、58.02% 和 81.49%。

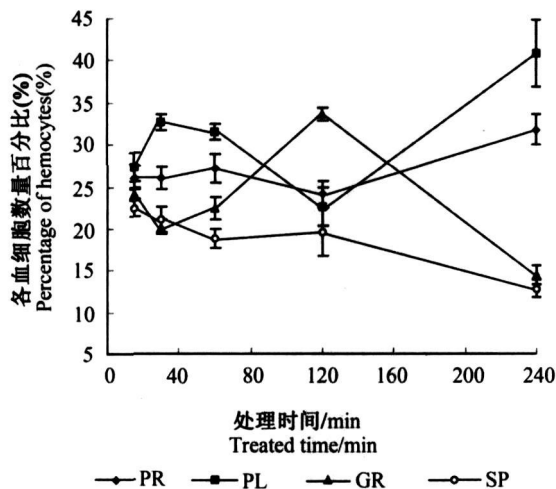


图 4 $2.3 \mu\text{g/mL}$ α -T 作用后淡色库蚊 4 龄幼虫活体血细胞组成的动态变化

Fig 4 Dynamics percentage of differential hemocytes in the 4th instar mosquito larvae after treated by $2.3 \mu\text{g/mL}$ α -T, in vivo

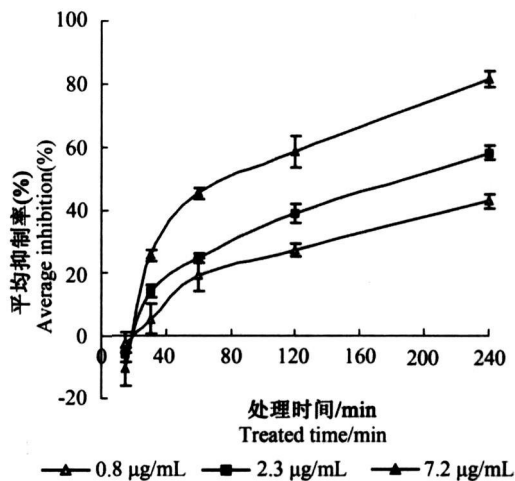


图 5 不同浓度 α -T 对淡色库蚊 4 龄幼虫离体全血细胞增殖的抑制效果

Fig 5 Inhibitory activity of α -T on the proliferation of complete hemocytes from the 4th instar mosquito larvae, in vitro

2.6 α -T 对各类离体 (in vitro) 血细胞增殖的影响

$2.3 \mu\text{g/mL}$ α -T 对 4 种离体血细胞的增殖都具有一定的促进作用 (图 6)。其中 α -T 对 GR 细胞增殖的最大促进作用仅为 10.26%, 且发挥促进作用的时间约为 20 min 左右; 而 α -T 对 PR 细胞增殖的最大促进作用可达 19.23%, 且发挥促进作用的时间可长达 45 min 左右。 α -T 对 SP 和

PL 细胞增殖的最大促进作用分别为 14.10% 和 17.95%, 发挥促进作用的时间分别为 25 min 和 40 min 左右。随着作用时间的延长, $2.3 \mu\text{g/mL}$ α -T 对 4 种血细胞的增殖也逐渐表现出一定程度的抑制作用。其中 PL 细胞对 α -T 的抑制作用表现最不敏感, 而 SP 细胞表现最敏感。当作用至 240 min 时, α -T 对 PL、PR、GR 和 SP 血细胞增殖的抑制率依次达 34.23%、41.67%、71.67% 和 83.08%。

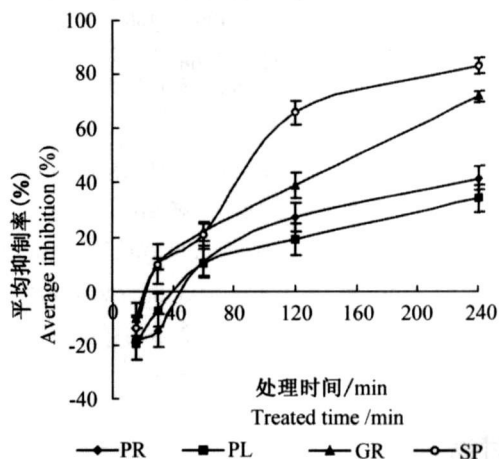


图 6 $2.3 \mu\text{g/mL}$ α -T 对淡色库蚊 IV 龄幼虫离体 PR、PL、GR 和 SP 血细胞增殖的影响

Fig 6 Effects of $2.3 \mu\text{g/mL}$ α -T on the proliferation of PR, PL, GR and SP hemocytes from the 4th instar mosquito larvae in vitro

2.7 α -T 作用后离体 (in vitro) 血细胞组成的动态变化

α -T 能改变淡色库蚊幼虫 4 种血细胞的组成比例, 促使血细胞的组成比例失调, 其中 PL 和 PR 的比例上升, SP 和 GR 的比例下降 (图 7)。 $2.3 \mu\text{g/mL}$ α -T 在离体处理后的 15 min 内, PR、PL、GR 和 SP 等 4 种血细胞占总血细胞的比例分别为 24.00%、26.00%、24.57% 和 25.43%, 4 种血细胞所占的比例之间不存在显著性差异 ($P < 0.01$, ANOVA)。随着作用时间的延长, 各类血细胞的比例不断发生变化, 在处理 240 min 后, 上述 4 种血细胞所占的百分比分别为 34.44%、38.83%、16.73% 和 9.99%, 各类血细胞所占比例存在显著差异 ($P < 0.01$, ANOVA)。其中 GR 和 SP 两种细胞对 α -T 较为敏感, 在 α -T 作用后, 这两种血细胞迅速裂解, 其所占百分比减小; 而 PR 和 PL 对 α -T 不敏感, 只有少量裂解, 因而这两种细胞的比例升高。

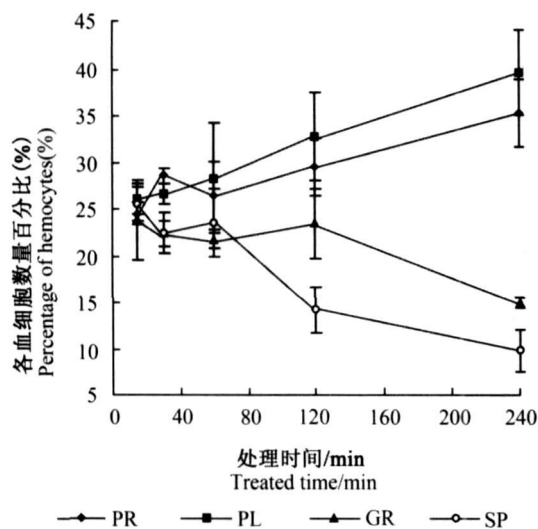


图 7 2.3 $\mu\text{g/mL}$ $\alpha\text{-T}$ 作用后淡色库蚊 4 龄幼虫离体血细胞组成的动态变化

Fig 7 Dynamics percentage of differential hemocytes from the 4th instar mosquito larvae after treated by 2.3 $\mu\text{g/mL}$ $\alpha\text{-terthienyl}$ in vitro

3 讨论

昆虫的血细胞在其自身免疫体系中占有重要地位。血细胞的免疫生理机能变化常常表现为血细胞的形态和组成的变化。当昆虫体内发生生理、病理状况改变时,全血细胞计数值急剧下降,分类血细胞计数值也发生相应变化^[16~18]。通过染色并结合显微镜观察,实验中将淡色库蚊 IV 龄幼虫血细胞分为 4 类,即原血胞、浆血胞、珠血胞、粒血胞,并且发现 $\alpha\text{-T}$ 经紫外照射后,除原血胞对其作用不敏感外,其他 4 种血细胞外型均发生了不同程度的变化,如涨裂、裂缝、缺口等。据报道, $\alpha\text{-T}$ 在紫外激发下产生的活性氧基团,通过对脂质过氧化和膜蛋白破坏作用损伤细胞膜,改变细胞膜通透性,并造成膜破裂^[19]。由此推测, $\alpha\text{-T}$ 导致的细胞膜损伤是导致这些细胞外型变化和破裂的主要原因。至于 $\alpha\text{-T}$ 对不同血细胞的毒性差异,还需要进一步的研究。

研究发现,在活体处理后较短时间内(约为 40 min), $\alpha\text{-T}$ 能明显促进血细胞的增殖,然后这种促进作用转为抑制作用,即加速细胞裂解。而在离体处理后 $\alpha\text{-T}$ 也能促进血细胞的增殖,但促进作用时间显著缩短(约为 20 min),并且 $\alpha\text{-T}$ 对细胞的作用呈现出剂量效应关系。作者认为,血细胞的数量变化现象是由于血细胞在外源物质的刺

激下自身的免疫应激反应,和 $\alpha\text{-T}$ 的光毒性两种因素共同作用影响的结果。前者通过增殖血细胞以抵抗外源物质毒性,后者使细胞破坏裂解。随着作用时间的延长, $\alpha\text{-T}$ 的光毒性逐渐加强,并且细胞内的抗氧化酶系如 SOD 等被 $\alpha\text{-T}$ 抑制^[21],从而更加剧了活性氧的细胞毒性, $\alpha\text{-T}$ 对血细胞抑制作用随即增强。

研究同时发现, $\alpha\text{-T}$ 可使淡色库蚊 IV 龄幼虫 4 种血细胞的组成比例失调。其中 PR、PL 的比例上升, GR 和 SP 的比例下降,且 GR、SP 细胞增殖率均显著低于 PR 和 PL ($P < 0.01$)。这一现象同梁子才等人的报道基本一致^[22]。有报道认为, GR、PL 昆虫启动抵抗外源物质的免疫防卫反应相关^[15,22],且昆虫免疫,没有免疫球蛋白的参与,无完整的补体系统,免疫反应缺乏专一性^[23]。由此可推测, GR 和 PL 在淡色库蚊对 $\alpha\text{-T}$ 的抗氧化生理反应中起着与一般异物入侵相似的作用,但需要进一步的研究提供证据。昆虫的血淋巴细胞是一个复杂的系统,细胞能够相互转化,特别是在昆虫受到外源物的入侵或药物刺激的情况下。关于 $\alpha\text{-T}$ 作用后是否有原血胞向浆血胞、粒血胞、或珠血胞等转化,还需要进一步研究。另外, $\alpha\text{-T}$ 作用后,淡色库蚊幼虫血淋巴蛋白含量、各类氨基酸组成变化等都需要进一步研究。

本研究表明, $\alpha\text{-T}$ 对 IV 龄淡色库蚊幼虫活体和离体血细胞均表现出一定的毒性,引起血细胞破裂,抑制血细胞增殖,甚至显著改变不同血细胞的组成比例。由于血细胞在昆虫免疫中起重要的监视和防卫功能,因此,研究结果表明,淡色库蚊幼虫通过血细胞的增殖、破裂、以及改变组成比例等方式来主动免疫防卫 $\alpha\text{-T}$ 的毒性作用,以最大程度地减少 $\alpha\text{-T}$ 对虫体的损伤。

参考文献:

- [1] JIANG Zhi-sheng (蒋志胜), SHANG Zhi-zhen (尚稚珍), WAN Shu-qing (万树青), et al. 光活化杀虫剂 $\alpha\text{-三噻吩}$ 的电子自旋共振分析及其对库蚊保护酶系统活性的影响 [J]. Acta Entomologica Sinica (昆虫学报), 2003, 46(1): 22-26.
- [2] HEITZ J R, DOWNUM K R. Light-activated Pesticides Control [M]. Washington DC, ACS Symposium Series 1995 443.
- [3] HEITZ J R, DOWNUM K R. Light Activated Pesticides [M]. Washington DC, ACS Symposium Series 339 1987: 1-420.
- [4] DOWELL R V, WILSON W, HENNESSY M K. Toxicity of Suredye to Beneficial Insects [J]. Photochem Photobiol 1997 65S Abstract TMD-6.

- [5] BEN AMOR T, TRONCHIN M, BORTOLOTTO L, et al. Phototoxic Activity of Haematoporphyrin toward *Ceratitis capitata* and *Bactrocera oleae* [J]. *Photochem Photobiol*, 1998, 67: 206-211.
- [6] JIANG Zhi-sheng(蒋志胜), SHANG Zhi-zhen(尚稚珍), WAN Shu-qing(万树青), et al. 光活化农药的研究与应用 [J]. *Chin J Pestic Sci(农药学报)*, 2001, 3(1): 1-5.
- [7] XU Han-hong(徐汉虹). 作为杀虫剂和杀虫性天然抗虫剂的光活化毒剂 [J]. *Chin J Pest Control(医学动物防制)*, 1999, 11(1): 77-80.
- [8] BHOLMANN E, BURKHARDT T, ZDERO G. Naturally Occurring A cetylenes [M]. New York Academic Press, 1973: 340.
- [9] DANIEL S F Jr. A Simple Microbiological Method for Demonstrating Phototoxic Compounds [J]. *J Invest Dermatol*, 1965, 44: 259-263.
- [10] GOMMERS F J, GEERLINGS J W G. Lethal effect of near ultraviolet light on *Pratylenchus penetrans* from roots of *Tageetes* [J]. *Nematologica*, 1973, 19: 389-393.
- [11] YAMAMOTO E, WAT C K, MACRAE W D, et al. Photoinactivation of Human Erythrocyte Enzymes by α -Terthienyl and Phenylheptatriene, Naturally Occurring Compounds in the Asteraceae [J]. *FEBS Lett*, 1979, 107: 134-136.
- [12] CHAN G F Q, TOWERS G H N, MITCHELL J C. Ultraviolet-mediated Antibiotic Activity of Thiophene Compounds of *Tageetes* [J]. *Phytochemistry*, 1975, 14: 2295-2296.
- [13] HUDSON J B, BALZA F, HARRIS L, et al. Light-mediated Activities of Thianthrines against Human Immunodeficiency Virus [J]. *Photochem Photobiol*, 1993, 57: 675-680.
- [14] MORALLO-REJES S B, DECENA A, HILLIP J. The Activity, Isolation, Purification and Identification of the Insecticidal Principles from *Tageetes* [J]. *Crop Sci*, 1983, 7: 31-36.
- [15] WEAVER J E, BUTLER L, YOHOT P. Photodynamic Action in Insects: Volumetric Change in the Hemolymph and Crop Contents of Dye-treated, Light-exposed Cockroaches [J]. *Environ Entomol*, 1976, 5: 840-843.
- [16] CHENG Jing-qiu(程惊秋). 昆虫血细胞的观察和计数方法 [J]. *Entomologica Knowledge(昆虫知识)*, 1987, 24(5): 297-299.
- [17] FU Y i-ling(傅贻玲). 昆虫的血细胞 (一) [J]. *Entomologica Knowledge(昆虫知识)*, 1982, 19(3): 45-47.
- [18] FU Y i-ling(傅贻玲). 昆虫的血细胞 (二) [J]. *Entomologica Knowledge(昆虫知识)*, 1982, 19(4): 37-38.
- [19] MO Fei(莫非), BAO Huai-en(包怀恩), LUO Fu-tian(罗福田). 致倦库蚊幼虫期血淋巴细胞的观察 [J]. *J Guiyang Medical College(贵阳医学院学报)*, 2001, 26(4): 283-286.
- [20] LI Wei-di(酆卫弟), HUANG Fang(黄芳), CHEN Ya-feng(陈亚锋), et al. 颈双缘姬蜂毒液对寄生小菜蛾的免疫抑制作用 [J]. *Acta Entomologica Sinica(昆虫学报)*, 2006, 49(2): 206-212.
- [21] NIVSARKAR M, KUMAR G P, LALORAYA M, et al. Superoxide Dismutase in the Anal Gills of the Mosquito Larvae of *Aedes aegypti*: Its Inhibition by α -Terthienyl [J]. *Arch Insect Biochem Physiol*, 1991, 16(4): 249-255.
- [22] LIANG Zi-cai(梁子才), CHENG Zhen-heng(程振衡). 亚洲玉米螟幼虫血淋巴的免疫反应 [J]. *Acta Entomologica Sinica(昆虫学报)*, 1991, 34(2): 141-145.
- [23] DUNN P E. Biochemical Aspects of Insect Immunology [J]. *Annu Rev Entomol*, 1986, 12: 321-339.

(Ed. JIN SH)

沈阳化工研究院申报的“新农药创制与开发”国家重点实验室通过论证

近日,科技部组织专家对沈阳化工研究院申报的建设“新农药创制与开发”国家重点实验室进行了建设计划可行性论证,并获通过。

据沈阳化工研究院介绍,该重点实验室的长远目标是:整合行业创新力量,经过十年的建设和运行,到2015年成为在国际上具有一定影响的中国农药行业发展的新农药技术研发机构,成为我国新农药自主创新和农药行业共性技术开发及产业化的两大技术平台及行业重大关键技术的扩散源,所开发的农药创新产品具有一定的国际竞争力,部分产品打入国际发达地区市场。

(李钟华 供稿)