

三化螟蛾光频选择性的电生理研究

广西农学院 胡少波

广西科学院 林耀平

摘 要

本文对三化螟蛾复眼从明眼状态转为暗眼状态所需的暗适应时间以及两种状态时的复眼结构、形态;对用电生理方法测定:不同光强度下的复眼ERG光谱敏感曲线;几种单色光强度变化与复眼ERG反应的关系;不同个体、性别和羽化期的ERG差异;连续脉冲光刺激时,复眼ERG的on—of反应,均进行了一定的讨论分析。

一、前言

三化螟是我国稻作的主要害虫,历年来对其使用化学农药所造成的自然环境污染及农药残留等问题,对生态平衡和人类健康均产生很大的影响,故应用灯诱治虫这一古老方法,值得重新考虑和进行改善。一般夜间活动的昆虫,各个种类均有其各自的光波选择性,这与其感光器官的结构、光的波长、强度和气候等,都有一定的相互关系,每种昆虫都能将其综合由视神经系统传至大脑,以作出相应的应答反应,并影响于其行为。

电生理技术是现代生物物理学和生理学研究的重要手段之一,对昆虫复眼的电生理反应研究,国内外在50年代中已作了不少的工作^{①②③④⑤⑥}。近十年来,昆虫趋光生理特征的研究,更有长足的进展。如棉铃虫、烟青虫的最高反应敏感峰已找出为333nm的单色光^⑦,并证明了350+450nm的双色光对此虫的诱集相当有效^⑧。又如红眼舍蝇复眼S λ 的主峰为448nm,次峰则分别为358和579nm;而白眼果蝇复眼的S λ 便无579nm的次峰,仅有358和488nm的敏感峰^{⑨⑩}。这说明在不同的虫种中,各有其不同的敏感反应值。而且在丽蝇方面,视细胞的相对光谱灵敏曲线与蝇龄的关系,也都有了较深入的研究^{⑪⑫}。但对于三化螟蛾的趋光的电生理特性,国内尚未见有报道。因此,找出三化螟蛾的敏感频值,以这种频值的灯具引诱,可能获得更多的三化螟蛾而不会伤害其天敌。

二、实验方法

本实验所用的三化螟蛾,是由室内饲养及灯下诱捕的,试验时首先把蛾固定于蜡盒上,

本文1982年7月17日收到

借助万向实体显微镜观察，用机械微电极操纵器将不锈钢微电极从复眼角膜边缘或经由角膜扞入视网膜，扞入深度约450~500μ左右；比较电极同样采用不锈钢电极，轻度扞入螟蛾腹部，然后进行暗适应，并待其从明眼状态完全转为暗眼状态后，即开始光照试验。不锈钢微电极经电解处理至直径为15—20μ左右，并在尖端以上部分用虫胶漆绝缘。

从微电极引出的复眼视网膜电流图(ERG)，经JD-1型电生理放大器放大后，在示波器上观察并用XWT型自动平衡记录仪记录及监听器监听(图1)。

光源光经反射聚光后，通过WDF-1型单色仪分光，从金属屏蔽小暗箱的小孔照在螟蛾复眼上，光照时间1秒，暗适应恢复间隔时间1分以上。

测试光的波长范围为330—700nm；其中从330—390nm波段用GGZ-125紫外线高压汞灯作光源，光强度用中性滤色片和紫外线滤色片加以控制使其接近一致，从400—700nm

波段采用钨带灯作光源，通过改变电源电压来调节灯丝电流，从而达到控制各单色光波长的强度，使其比较一致。单色光的照度用ST-Ⅲ型照度计测定。试验室温为摄氏25±2℃。

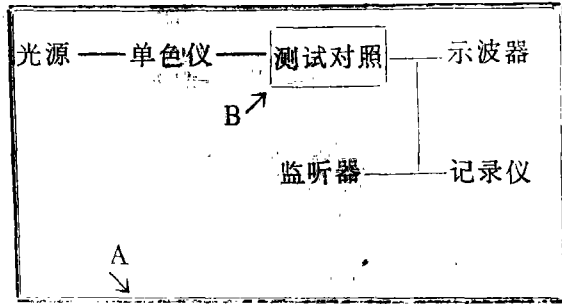


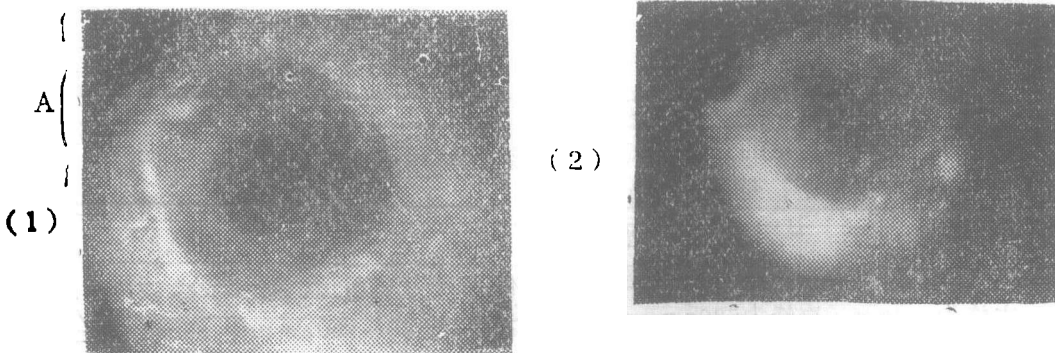
图 1、实验装置示意图

(A、B分别为外、内金属屏蔽室)

三、结果

1、三化螟蛾复眼从明眼结构转为暗眼结构的时间测定

三化螟蛾在日间或充分明适应状态下(图2A)，其复眼表面呈暗红褐色，眼面中心呈黑色，在实体显微镜下进一步放大观察，小眼呈黑色斑点。在夜间或经充分暗适应时(图2B)，复眼表面呈黑色，眼面中心出现光瞳孔，在实体显微镜下进一步观察，光瞳孔内小眼呈白色亮点。



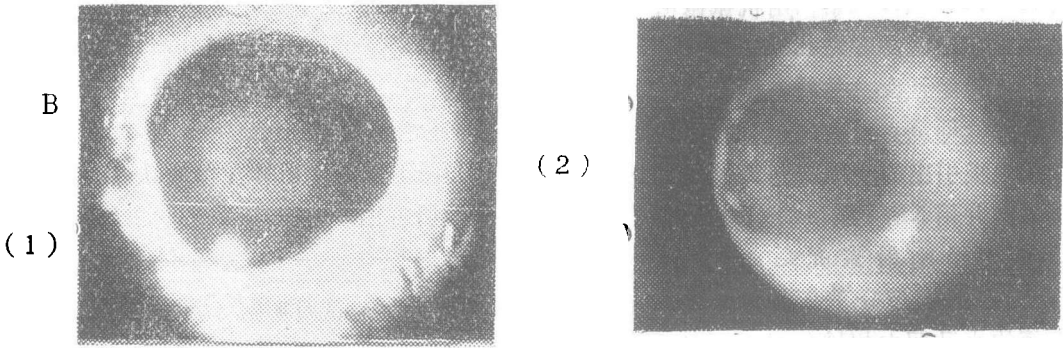
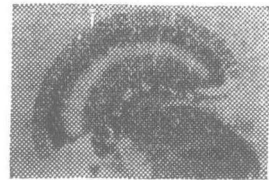


图2, 三化螟蛾复眼表面形状图其中, A为明眼状态, B为暗眼状态

从切片图中可以看到, 当复眼处于明眼结构(图3a)时, 色素带处在晶锥以下; 当复眼处于暗眼结构(图3b)时, 色素带便转至晶锥周围, 随即出现光瞳孔。经实验观察: 三化螟蛾从明眼状态转为暗眼状态所需的暗适应时间为35—40分钟。

电生理实验表明, 在复眼完成暗眼结构状态以前, 其网膜电位的变化是随色素带的移动呈正相关的增加, 当暗适应时间达40分时, 视网膜电位最高, 即复眼时光刺激最敏感, 反映了复眼不同的适应状态与趋光特性的密切关系^⑬。



a



b

图3、二种状态下, 三化螟蛾复眼切片, 其中a为明眼结构, b为暗眼结构

2、暗适应状态下, 不同光强度测定的复眼ERG光谱敏感曲线的变化

三化螟蛾复眼ERG由三个部分组成, 即暗适应状态下, 网膜细胞本身的感受器静息电位(RP), 以及受光刺激状态下的正相给光(on-)反应和负相撤光(off-)反应。本文测定的复眼ERG光谱敏感曲线以光照前的感受器静息电位为基准, 取给光后反应峰值大小为指标, 并将其数值微伏(μv)转为对数(log)单位表示。每一虫体经全部测试后, 再任意选数个单色光复测其敏感性, 如敏感反应变化超出原测定值 ± 0.2 对数单位, 则以为此次试验用虫, 前后生理状态差异过大, 应予以取消。

图4为几种单色光刺激下的复眼ERG波形。

(1)、几种光强度测定的复眼ERG光谱敏感曲线的变化。

图5为在暗适应条件下, 复眼处的单色光照度分别为0.16Lux、0.08Lux、0.05Lux的ERG平均光谱敏感曲线, 从图中可以看出:

(a)、在0.05~0.08Lux的弱光刺激时, $S\lambda$ 有两个敏感波段, 第一敏感波段为510—560nm, 主峰为550nm, 次峰为520nm。第二敏感波段为360~380nm, 主峰为370nm。另外, 在400nm处有一个不明显的小峰。

(b)随光刺激强度的增大, 整个曲线的ERG反应敏感性均相对提高, 其中400nm—

480和600nm以上的波段增加更快。当光照强度达0.16Lux时, 400nm的主峰完全消减, 520nm的次峰也趋于消失, 550nm和370nm之间的差值减小, 整个曲线几乎不显现敏感峰, 说明其对光频选择能力已相对减弱。这与陈德茂(1981)测定舍蝇复眼ERG的 S_{λ} 时也曾发现刺激光强增大时, S_{λ} 的兰段(426—458nm)和红光的相对敏感性有较大增加的趋势是一致的^⑩。

(2) 几种波长单色光强度变化与ERG反应的关系

我们选择了主峰550nm, 次峰520nm及460nm等波长单色光, 分别作光强度变化测验, 其复眼ERG的反应如图(6)所示: 550nm单色的光反应物曲线略呈抛物形(a), 而520和460nm单色光的反应曲线略呈S形(b和c), 这表明, 在弱光照时, 复眼对前者的反应比后者敏感; 当光较强时, 各波长单色光之间的反应灵敏度的差异减少。

三化螟蛾复眼在夜眼结构中对很弱的光便有所反应, 当光照度超过0.02Lux时, 反应迅速呈直线上升, 当光照强度达某一值限时, 反应开始缓慢, 而此值限在各波长中略有差异, 以后逐渐趋于高值恒定状态, 不再上升。这与丁岩钦用行为实验方法研究烟青虫趋光率与光强度关系的结果相似^⑪。ERG所显示的反应率和趋光率在超出其适应强度范围时, 增加便很微小, 这对于我们将来在田间使用的诱捕灯具, 应从弱光多灯着手有很大启发。

(A) 370nm

(B) 440nm

(C) 500nm

(D) 550nm

(E) 620nm

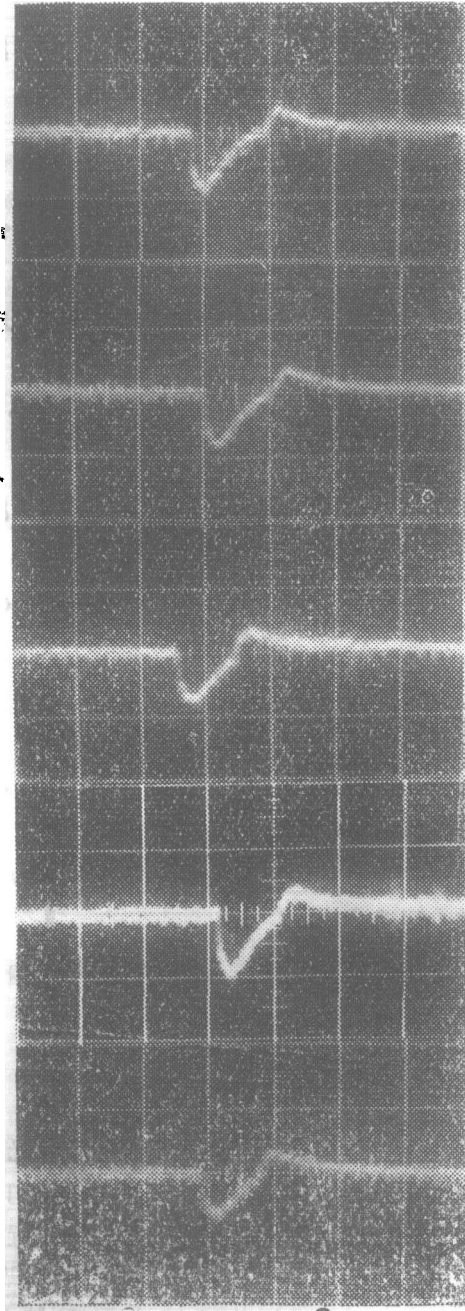


图 4、不同波长单色光的ERG波形。放大器 $\times 20$ 倍。示波器量程400mv/cm, 扫描速度300ms/cm, 光照度为0.08Lux

3、不同个体,不同性别、不同羽化期的ERG差别

用同一强度、同一波长的单色光刺激不同个体及不同性别的三化螟蛾,可获得不同强度反应的ERG。其反应强度与体型大小成正比;在不同性别中,则♀的反应较♂为大。这与本课题在灯光下诱螟蛾情况及有关诱蛾结果的报道(♀占77.5%)相互吻合^{①②}。同时,三化螟蛾的ERG是随其羽化期而有明显的正比衰减,在♀虫中则产卵前的反应又较产卵后为高。然而,无论♀♂、个体、羽化历期等情况如何,其ERG光谱敏感曲线变化的相对值是近似一致的。

4、连续闪光刺激时,复眼ERG的on-off反应是从最高值逐渐下降,并逐渐趋于一个比较稳定高度的峰值。这表现为昆虫受光脉冲多次刺激后,其兴奋性逐次降低,最后趋于较平稳的适应状态。这现象也许与其复眼受光照时,视色素的移动状态有关(图7)。

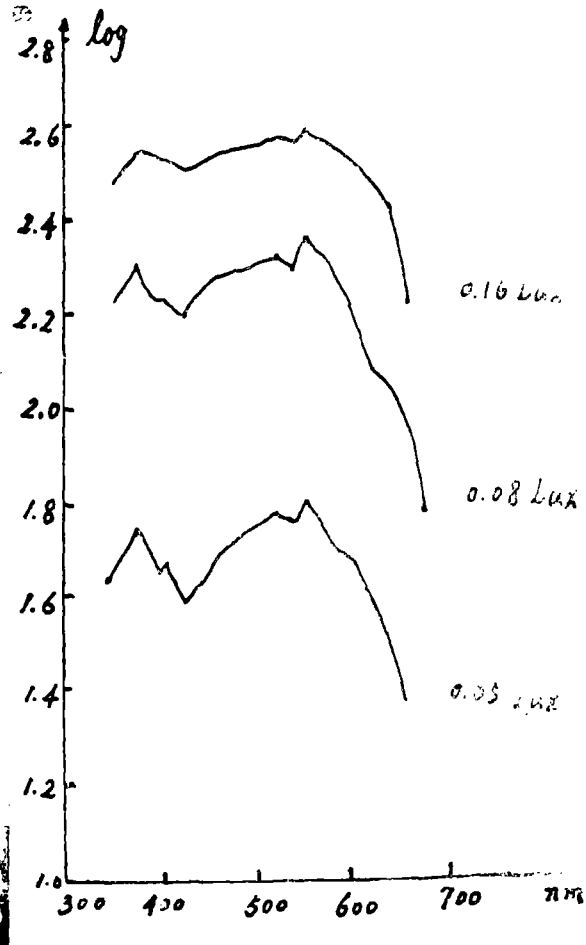


图5、暗适应下三种不同光强度的ERG平均SA
横坐标为波长,纵坐标为敏感度(μv的对数值)

四、讨论

从上面的结果看,三化螟蛾的敏感光频,必须在低强度的光照下才易于显现,它们主要的两个敏感频段是绿光范围的550nm和近紫外光范围的370nm。过去认为紫外光对昆虫的引诱性强,是因为紫外光对昆虫复眼特别敏感^③,但mikkcpa(1972)对18种鲃翅目昆虫的研究,认为昆虫复眼是对黄绿光最敏感。^④从我们的试验来看,三化螟蛾ERG的表示,是绿光刺激所产生的反应比之对近紫外光的反应为大,也即是550nm的峰比值370nm的峰值为

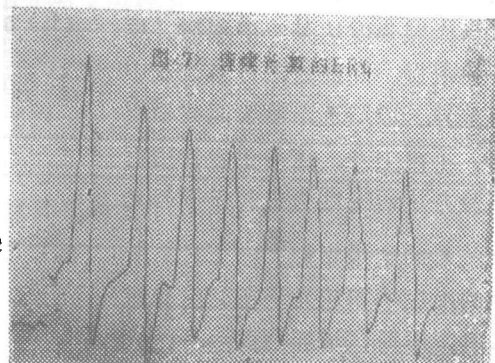


图7、连续刺激反应的ERG

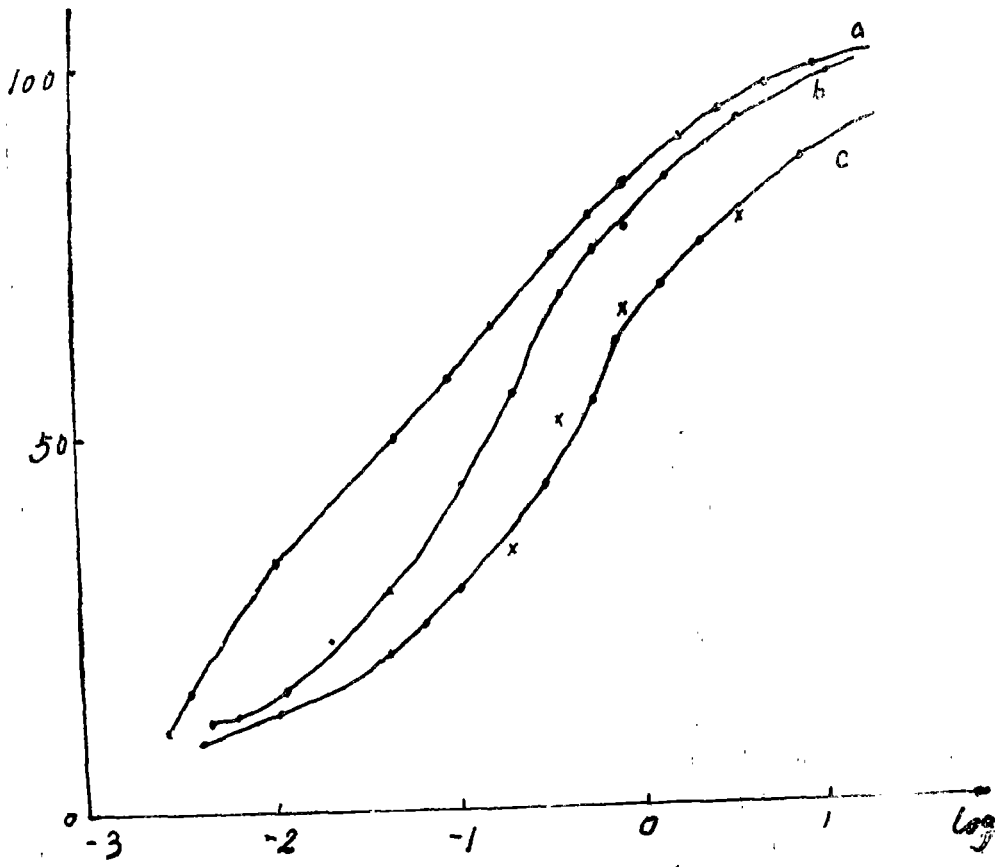


图 6、三种波长单色光的 ERG 反应与光强度的关系

横坐标为光照度 (Lux) 用对数 log 表示, 纵坐标为反应率 $\left(\frac{E_{min}}{E_{max}}\right)\%$

高;但在我们的田间试验中,同功率的黑光灯所诱得的蛾数常比绿光灯为多,甚至多达 1—2 倍。我们认为这种矛盾现象是因为在灯光附近的蛾,需要有刺眼作用与照明作用的双重因素才引起其扑灯。所以灯光越刺眼而灯周环境的照明处于越黑暗的状态,则蛾的扑灯率愈高,这与陈宁生所主张:环境亮度低于视觉上的适宜亮度时,昆虫为寻找光明而向灯飞行的意见相一致¹⁷。因此,三化螟的 ERG 只是反映其亮度感方面,因而绿灯的作用只达到了诱蛾向灯方向飞行的目的,也即是只限制了诱蛾的距离作用,而不能决定其上灯率。近紫外线的 370nm,其反应强度虽比不上绿光的 550nm,但对其三化螟的刺眼作用较大,可以干扰其正常飞行并提高其上灯率,这与 Racll、Robinson、Verheijen 等认为昆虫上灯是使复眼发生眩耀而引起是相一致的¹⁸。总的来说,就是绿灯对三化螟蛾复眼所产生的视觉亮度大而刺激干扰的变化率较小,可以诱蛾向灯飞行而上灯率则不高;近紫外光则对螟蛾复眼所产生的视觉亮度较小而刺激干扰变化则较大,可以诱蛾飞扑上灯。这与我们田间试验中以绿黑光复合灯所诱得蛾数最多相一致¹⁹。

至于三化螟单眼对趋光的作用,我们初步试验的敏感频率有三个,主峰是 540nm, 次为

450至480nm频段, 紫外区也有一个小峰是360nm。这些敏感频率基本上与复眼相一致。我们也曾反复交叉涂黑单复眼进行光激试验, 结果证明单眼会对复眼产生促进作用以增强其敏感度^⑩。

从上述试验的结果看, 我们可以设计一种低强度的550+370nm复合光波的光管, 作为引诱三化螟的灯具, 因为绿光可在远距离诱蛾趋灯, 使有效复盖面积较大; 而黑光则可作为诱致近灯的蛾, 促使其扑灯, 便可大量增加其诱蛾数量。

参 考 文 献

- (①)、H. Autium and C. Hoffmann. Diphasic and monophasic responses in the compound eye of *Colliphora*. 1960 *Journal of Insect Physiology*, 4 (2): 122—127
- (②)、K. Naka and M. Kuwabara. Electrical response from the compound eye of *Lucilia*. 1959. *Journal of Insect Physiology*, 3(1) 41—49.
- (③)、陈元光、钦俊德 粘虫*Leucania separata* Walker成虫复眼暗适应的电生理研究 1963. *昆虫学报* 12(1): 1—10.
- (④)、E. T. Burt and W. T. Catton. The potential profile of the insect compound eye and optic lobe. 1964. *J. Ins. Physio.* 10(5): 689—710
- (⑤)、刘育民等 关于光刺激所引起的大蠖复眼和视叶综合电反应的研究. 1964. *生理学报* 27(3): 233—242.
- (⑥)、刘育民等 昆虫重迭象复眼的视网膜电图. 1966. *科学通报* 17(8): 361—363
- (⑦)、丁岩钦、高慰曾、李典谟. 夜蛾趋光特性的研究: 棉铃虫和烟青虫成虫对单色光的反应. 1974. *昆虫学报* 17(3): 307—317
- (⑧)、丁岩钦 夜蛾趋光特性的研究: 烟青虫成虫对双色光与光强度的反应. 1978. *昆虫学报* 21(1): 1—6
- (⑨)、马午 果蝇复眼视网膜电图的研究. 1980. *昆虫学研究集刊*. 上海科技出版社.
- (⑩)、陈德茂、马午 从舍蝇复眼ERG光谱敏感性的测定对R₁₋₂和R₇₋₁网膜细胞产生的敏感峰鉴别. 1981. *生理学报* 33(3): 279—302.
- (⑪) 郭爱克 丽蝇视细胞的光谱及偏振光灵敏度的电生理研究. ——相对光谱灵敏曲线与蝇龄的关系. 1980. *中国科学*, (9): 907—913.
- (⑫)、郭爱克 丽蝇视细胞的光谱及偏振光灵敏度的电生理研究——偏振光灵敏度与线性偏振光波长的关系. 1981. *中国科学*(6): 748—754.
- (⑬)、韦成礼 三化蛾复眼结构与光激反应的关系研究1982. 广西科学院: 农业害虫物理防治研究总结报告, 附件2.
- (⑭)、不同频率灯具的田间诱虫效率试验(尚未发表)
- (⑮)、湖北荆州地区农科所植保组 对黑光灯诱虫效果的初步看法. 1972. *昆虫知识* 12

(4): 29—30.

- (16)、高慰曾,夜蛾趋光特性的研究:复眼反应与行为反应的相关现象. 1976. 昆虫学报 19(1): 59—62.
- (17)、陈宁生. 夜蛾趋光行为的本质、规律和导航原理. 1979. 昆虫知识 16(5): 193—199.
- (18)、李典谟、马幼飞. 夜蛾趋光特性的研究——复眼反射光的变化和上灯概率分析. 1977. 昆虫学报 20(2): 128—134.
- (19)、梁贡南、罗礼智等. 几种光源对三化螟及其它水稻害益虫田间诱杀试验. 1982. 广西科学院: 农业害虫物理防治研究总结报告, 附件 4.
- (20)、罗科、黄新培等: 三化螟成虫背单眼和复眼在光激反应中的关系研究. 1982. 广西科学院: 农业害虫物理防治研究总结报告, 附件 3 (油印本)