

常菊花. 昆虫耐饥饿能力评估指标的计算与比较——以计算褐飞虱各龄若虫耐饥力为例[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(4): 129–131.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.04.046

# 昆虫耐饥饿能力评估指标的计算与比较 ——以计算褐飞虱各龄若虫耐饥力为例

常菊花

(长江大学生命科学学院, 湖北荆州 434025)

**摘要:**对在完全不提供食物条件下褐飞虱不同龄期若虫的饥饿耐受性进行了测定; 计算了昆虫耐受饥饿总时长, 绘制了各龄若虫随饥饿时间延长的存活率曲线, 分析了各龄若虫阶段死亡率与饥饿时间的关系, 并进行回归方程拟合以及计算对饥饿反应的半数致死时间。此外, 还采用评估昆虫耐饥饿能力的指标对其饥饿能力进行比较分析。推荐参照农药致死中量的计算方法, 将剂量变量替换为时间变量, 计算出半数致死时间, 用于评估昆虫耐饥饿能力, 该方法具有统计学理论支撑, 且更加方便快捷, 易于不同文献间昆虫耐饥力的相互比较。

**关键词:**昆虫; 耐饥力; 半数致死时间; 褐飞虱

**中图分类号:** S435.112<sup>+</sup>.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)04-0129-02

食物是昆虫所需营养物质的主要来源, 是昆虫赖以生存的重要外在条件。如果长期缺乏食物, 会影响昆虫的生长发育、繁殖, 甚至死亡。昆虫在面临恶劣的自然条件如食物短缺或种群数量过多时, 较耐饥饿的昆虫个体往往会优先生存下来。一些学者认为, 昆虫主要可以通过 3 种途径来提高耐饥性: (1) 储存更多的能量; (2) 在饥饿条件下降低能量的消耗; (3) 降低容许存活所需的最低能量水平<sup>[1]</sup>。耐饥饿特性是昆虫长期适应自然界的結果。耐饥性昆虫种群往往与其他抗逆性紧密相关, 如耐干旱性、耐氧胁迫性及耐寒性等。现有报道中通常采用耐受饥饿总时长和半数致死时间(也称致死中时间,  $LT_{50}$ )等指标来评估昆虫的耐饥饿能力<sup>[2-7]</sup>。

褐飞虱(*Nilaparvata lugens* Stål)是我国及亚洲水稻上的主要害虫之一。褐飞虱为典型的刺吸式害虫, 主要通过口针刺吸韧皮部汁液对水稻植株造成危害, 严重时呈虱烧现象。随着吡蚜酮类具有抑制取食导致昆虫饥饿死亡的新型杀虫剂的出现, 关于对褐飞虱等刺吸式昆虫的耐饥饿能力的研究越来越受到重视。

现有对褐飞虱耐饥力测定的报道主要是对褐飞虱成虫进行测定<sup>[2,4]</sup>, 因此本研究对褐飞虱不同龄期若虫对饥饿处理的死亡反应进行了观察, 并基于这些数据, 对昆虫耐饥饿能力的各种评估指标进行比较, 旨在推荐一种能较准确反映昆虫耐饥能力, 具有统计意义且方便快捷的指标计算方法。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试昆虫

采用室内长期饲养褐飞虱品系为供试虫源。采用 TN1 水稻品种饲养。饲养条件为温度( $26 \pm 1$ )℃, 光-暗周期

16 h-8 h。

### 1.2 试验方法

在大试管内放入湿棉球, 接入褐飞虱 1~5 龄若虫 10 头, 用纱布封口后移入 26℃ 的光照培养箱中, 光周期 16 h: 8 h。每个处理重复 6 次。每隔 6 h 调查 1 次死亡虫数, 直至全部死亡。褐飞虱平均耐受饥饿时长计算方法: 将每管中供试虫的饥饿死亡时间取平均值, 再将 6 管的平均饥饿时间取平均值和标准误。

### 1.3 数据分析

采用 SAS 软件的 PROC MEANS 程序算出试验数据的平均值和标准误(SE), 并用 PROC GLM 程序采用新复极差法(DUNCAN)检验处理间差异的显著性。采用 SigmaPlot 10.0 软件进行回归分析。采用 PoloPlus 程序, 参照农药致死中量的计算方法, 计算半数致死时间  $LT_{50}$  和  $LT_{95}$ 。

## 2 结果与分 析

### 2.1 褐飞虱各龄若虫耐受饥饿总时长

褐飞虱各龄若虫的平均耐受饥饿时长之间存在明显差异( $F=4.80, P=0.0052$ ), 其中 5 龄若虫的耐受总时间(34.84 h)为最长, 但与 1 龄、3 龄若虫的耐受总时间差异不显著; 4 龄的若虫的耐受总时间(28.11 h)为最短, 但与 2 龄、3 龄若虫的耐受总时间差异不显著。

表 1 褐飞虱各龄若虫耐受饥饿总时长

龄期	耐受饥饿总时长(h)		
	最小值	最大值	平均值±标准差
1 龄	12	48	32.43±1.59a
2 龄	12	42	28.34±1.07b
3 龄	12	48	31.36±1.52ab
4 龄	18	48	28.11±0.87b
5 龄	18	72	34.84±1.30a

注: 不同小写字母表示在 0.05 水平上存在显著差异。

### 2.2 褐飞虱各龄若虫随饥饿时间延长的存活率曲线

根据不同时间段存活率数据绘制褐飞虱各龄若虫在不同

收稿日期: 2014-04-27

基金项目: 长江大学博士启动基金(编号: 801100010124)。

作者简介: 常菊花(1982—), 女, 陕西榆林人, 博士, 讲师, 主要从事农药毒理学研究。E-mail: Juhua1756@163.com。

饥饿处理时间下的存活曲线,从图 1 中可以看出各龄若虫耐饥饿能力存在明显差异。各龄若虫在饥饿 18 h 后存活率开始明显下降,饥饿 48 h 后 1~4 龄若虫都已死亡;而 5 龄若虫较耐饥饿,少量若虫直到饥饿 72 h 后才死亡。

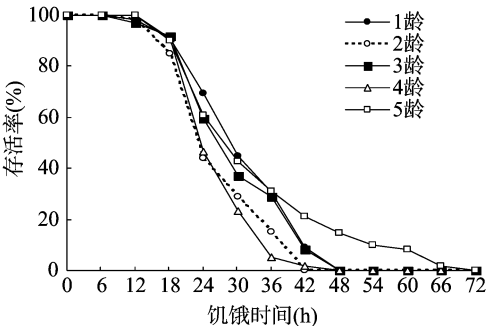


图1 褐飞虱各龄幼虫随饥饿时间延长的存活率曲线

2.3 褐飞虱各龄若虫阶段死亡率与饥饿时间的关系

根据褐飞虱若虫在各个时间阶段内的累积死亡数,来计算阶段死亡率,绘制褐飞虱若虫的阶段死亡率的时间变化图。从图 2 中可以看出褐飞虱各龄期若虫不同饥饿处理的阶段死亡率变化呈现单峰或双峰型曲线,在 18~24 h 时间段各龄若虫的死亡率均最高,2 龄、4 龄和 5 龄若虫的阶段死亡率的变化呈单峰状,而 1 龄、3 龄若虫的死亡率在 36~42 h 时间段还有一个小的峰值。

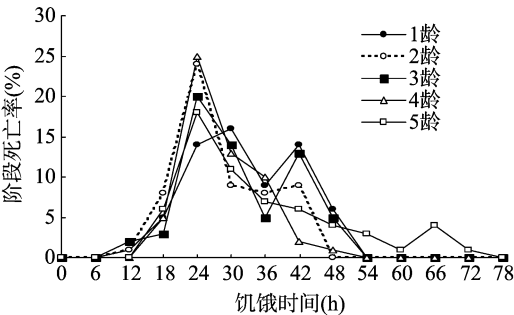


图2 褐飞虱各龄幼虫阶段死亡率和饥饿时间的关系

表 3 褐飞虱各龄若虫受饥饿胁迫后的半数致死时间 (LT<sub>50</sub>) 和 95%致死时间 (LT<sub>95</sub>)

龄期	LT <sub>50</sub> (95% FL) (h)	LT <sub>50</sub> 的相对倍数 (95% FL) (h)	LT <sub>95</sub> (95% FL) (h)	LT <sub>95</sub> 的相对倍数 (95% FL)
1 龄	28.14 (26.06 ~ 30.22)		48.04 (42.99 ~ 56.67)	
2 龄	25.86 (24.37 ~ 27.36)	0.92 (0.85 ~ 0.99)	48.04 (43.45 ~ 55.08)	1.00 (0.86 ~ 1.16)
3 龄	27.80 (25.82 ~ 29.78)	0.99 (0.92 ~ 1.06)	51.64 (46.07 ~ 60.76)	1.08 (0.93 ~ 1.24)
4 龄	27.29 (24.38 ~ 30.09)	0.97 (0.90 ~ 1.05)	51.35 (44.16 ~ 65.92)	1.07 (0.93 ~ 1.23)
5 龄	31.20 (29.26 ~ 33.09)	1.11 (1.02 ~ 1.20)	71.82 (65.45 ~ 80.59)	1.49 (1.30 ~ 1.72)

3 讨论

不同种类昆虫对饥饿的忍受力不同,同种昆虫不同环境条件下耐饥饿能力不同,在同种环境下同种昆虫的不同发育阶段的耐饥饿能力也不同。现有报道中通常采用耐受饥饿总时长和半数致死时间(也称致死中时间,LT<sub>50</sub>)等指标来评估昆虫的耐饥饿能力<sup>[2-7]</sup>。有些研究是根据昆虫在不同饥饿处理的阶段死亡率的正态分布曲线方程的拟合来计算 LT<sub>50</sub><sup>[4]</sup>,而本研究参照农药对昆虫的致死中量的计算方法,将剂量变

2.4 褐飞虱各龄若虫阶段死亡率与饥饿时间的回归方程

图 2 中褐飞虱各龄若虫阶段死亡率的时间变化具有正态分布的特点,将阶段死亡率转换成概率值,将饥饿时间转换成自然对数值,可将图 2 的阶段死亡率变化曲线拟合成直线,并算出拟合的直线回归方程(表 2)。结果发现阶段褐飞虱各龄若虫的阶段死亡率概率值和饥饿时间对数值的直线相关性非常高,卡平方值都在 0.95 以上。本次试验中褐飞虱 4 龄若虫的阶段死亡率概率值和饥饿时间对数值的回归斜率最高,说明 4 龄褐飞虱对饥饿处理的反应均一性较好。

表 2 褐飞虱各龄若虫的阶段死亡率概率值和饥饿时间自然对数值的直线回归拟合

龄期	拟合方程	r	F 值	P 值
1 龄	$y = -4.04 + 6.24x$	0.992 1	251.5	<0.000 1
2 龄	$y = -4.39 + 6.75x$	0.994 7	281.5	0.000 5
3 龄	$y = -3.53 + 5.97x$	0.980 7	100.5	0.000 6
4 龄	$y = -7.89 + 9.27x$	0.996 1	387.0	0.000 3
5 龄	$y = -2.72 + 5.26x$	0.985 2	231.5	<0.000 1

2.5 褐飞虱各龄若虫的半数致死时间的计算

根据“2.3”和“2.4”节中对阶段死亡率和饥饿时间的关系分析,发现这种关系类似于农药处理后昆虫死亡率与药剂剂量的关系(死亡率概率值和剂量对数的直线回归)。Robertson 等提出如果昆虫死亡率和时间之间也存在这种回归关系,可以参照农药致死中量的计算方法,将剂量变量替换为时间变量,采用 Polo 软件计算致死时间(如 LT<sub>50</sub> 和 LT<sub>95</sub> 等)<sup>[8]</sup>。采用该方法,对本试验饥饿反应数据的致死时间及其相对倍数进行计算,结果见表 3。如果相对倍数的 95% 置信区间包括数值 1,这表明 2 者间差异不显著。依据 LT<sub>50</sub> 的相对倍数的 95% 置信区间,1 龄若虫的 LT<sub>50</sub> 值与 3 龄和 4 龄若虫的 LT<sub>50</sub> 值差异不显著,与 2 龄和 5 龄的 LT<sub>50</sub> 值差异显著。而 1 龄若虫的 LT<sub>95</sub> 值与 2 龄、3 龄和 4 龄若虫的 LT<sub>95</sub> 值都差异不显著,5 龄的 LT<sub>95</sub> 值显著高于 1~4 龄若虫。

量替换为时间变量,计算出半数致死时间。用计算农药致死中量的方法来计算昆虫对饥饿反应的半数致死时间,具有统计学理论依据,并且方便快捷,易于不同文献间的相互比较。采用 Polo 软件对死亡率随时间变化模型的半数致死时间进行计算在国际上已被普遍采用<sup>[9-10]</sup>。通过 Polo 软件除了能计算出半数致死时间参数,还可以计算出 5%、90%、95% 等致死时间(LT<sub>5</sub>、LT<sub>90</sub> 和 LT<sub>95</sub> 等),可以用于比较不同处理间的半数致死时间的差异显著性。因此,本研究推荐采用 Polo 软件来对昆虫耐受饥饿的致死时间进行计算。

刘怀阿<sup>1</sup>, 邵统响<sup>2</sup>, 吕 敏<sup>1</sup>, 等. 20% 甲维·茚虫威悬浮剂防治稻纵卷叶螟的试验效果[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(4): 131–133.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.04.047

# 20% 甲维·茚虫威悬浮剂防治稻纵卷叶螟的试验效果

刘怀阿<sup>1</sup>, 邵统响<sup>2</sup>, 吕 敏<sup>1</sup>, 祈建杭<sup>1</sup>, 朱锦磊<sup>1</sup>, 朱兆顺<sup>1</sup>, 苏建坤<sup>1</sup>

(1. 江苏里下河地区农业科学研究所, 江苏扬州 225007; 2. 江苏省睢宁县植保站, 江苏睢宁 221200)

**摘要:**研究了 20% 甲维·茚虫威悬浮剂于 2 地防治稻纵卷叶螟的试验效果。结果表明, 20% 甲维·茚虫威悬浮剂 150、180 g/hm<sup>2</sup> 处理后 19 d, 在江苏睢宁县试验点对稻纵卷叶螟的保叶效果为 71.0%、82.1%, 杀虫效果为 79.0%、88.7%; 在江苏里下河地区农业科学研究所试验点保叶效果为 84.5%、90.5%, 杀虫效果为 87.1%、93.6%, 表明 20% 甲维·茚虫威悬浮剂在这 2 个剂量下对稻纵卷叶螟具有较好的防治效果, 适宜大面积生产推广应用。生产上建议于稻纵卷叶螟初孵幼虫盛期至 1 龄高峰期以 150~180 g/hm<sup>2</sup> 兑水 600~750 kg/hm<sup>2</sup> 均匀喷雾, 如果虫量较大则适当增加药液剂量; 若需多次用药防治, 则应选择与其他药剂轮换使用。

**关键词:**甲维盐; 茚虫威; 稻纵卷叶螟; 卷叶率; 防效; 剂量

**中图分类号:** S435.112<sup>+</sup>.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)04-0131-03

稻纵卷叶螟 (*Cnaphalocrocis medinalis* Guenee) 是中国水稻产区的主要害虫之一, 广发分布于各稻区。除危害水稻外, 还可取食大麦、小麦、甘蔗等作物及稗、马唐、芦苇等杂草, 以幼虫危害水稻, 辍叶成苞, 躲藏其中取食上表皮及叶肉, 仅留白色下表皮, 孕穗后剑叶被害, 影响开花结实, 空壳率提高, 千粒重下降<sup>[1]</sup>。稻纵卷叶螟是一种迁飞性害虫, 由北向南 1 年发生 1~11 代, 在江苏省发生 2~3 个世代, 江苏每年初次虫源主要来自岭南北部地区, 夏季成虫随西南气流迁入, 常年主降区为江南和江淮南部<sup>[1-2]</sup>。江苏 2003—2006 年发生程度历史罕见, 表现为迁入早、迁入量大、峰次增多, 大发生至特大发生, 严重田块白叶率 100%, 发生面积之大、危害时间之长为历史之最。农民在水稻生长季节为了防治稻纵卷叶螟要施药 3~5 次, 对水稻生产造成了严重影响<sup>[3]</sup>。

农药复配技术是合理使用农药、提高农药防治病虫害草害

效果、发挥农药经济效益及保证农作物丰收的重要手段, 在国内外得到了广泛的应用, 复配农药的发展状况已被全世界公认为农药加工及农药应用水平高低的标志之一<sup>[4]</sup>。20 世纪 80 年代, 抗药性的出现引起了人们的高度重视, 借助于北美、日本等国农药混用及混剂研究的成功先例, 为给老品种寻求出路以及新合成农药延长寿命, 混剂的研究大量进行。农药的合理混用可以扩大防治谱, 提高防治效果, 降低防治成本, 延缓或减轻抗药性的产生和发展, 同时还可以减少农药的使用次数, 减少在田间的使用量, 从而减少了在作物和环境中的残留, 有利于生态环境的保护<sup>[5-6]</sup>。

稻纵卷叶螟已经对多种药剂产生了抗药性, 且有逐年加重的趋势, 这就给生产上防治造成了较大的困难<sup>[7]</sup>。江苏里下河地区农业科学研究所自上世纪 90 年代以来一直注重水稻害虫防治药剂的研究, 先后筛选了吡虫·杀虫单、吡虫·乙醚甲胺磷、噻嗪·异丙威等复配剂, 在生产实践中发挥了一定的作用; 近几年来针对稻纵卷叶螟的危害和防治, 与江苏东宝农药化工有限公司联合研制开发了新型复配杀虫剂 20% 甲维·茚虫威悬浮剂。为进一步验证其实际应用效果, 笔者于 2013 年 7 月选择了几种药剂与 20% 甲维·茚虫威悬浮剂一起进行了 2 地防治稻纵卷叶螟的对比试验, 为大面积生产推广应用提供参考依据。

收稿日期: 2015-01-27

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(编号: 201203038)。

作者简介: 刘怀阿(1965—), 男, 江苏泰州人, 副研究员, 从事农作物病虫害防治研究。E-mail: 13815824068@163.com。

通信作者: 苏建坤, 研究员, 从事昆虫生态及抗药性监测研究。E-mail: yzsujk@163.com。

## 参考文献:

- [1] Rion S, Kawichi T J. Evolutionary biology of starvation resistance: what we have learned from *Drosophila* [J]. Journal of Evolutionary Biology, 2007, 20(5): 1644–1655.
- [2] 吕仲贤, 俞晓平, 陈建明, 等. 褐飞虱不同生物型的抗逆性[J]. 浙江农业学报, 1999, 11(6): 301–305.
- [3] 陈建明, 俞晓平, 吕仲贤, 等. 越冬代尖钩宽尾蜡蛾耐饥力的研究[J]. 应用生态学报, 2000, 11(4): 609–611.
- [4] 黄保宏, 高正良. 黑缘红瓢虫成虫的耐饥力研究[J]. 安徽农业大学学报, 2003, 30(1): 53–56.
- [5] 肖永红, 贺一原, 杨海明, 等. 拟水狼蛛幼蛛饥饿耐受性研究[J].

- 湖南师范大学自然科学学报, 2004, 27(1): 75–78.
- [6] 黄所生, 黄凤宽, 韦素美, 等. 环境因子对褐飞虱两种生物型种群参数影响的比较[J]. 生态学报, 2007, 27(10): 4359–4365.
- [7] 史树森, 崔 娟, 齐灵子, 等. 温度对斑鞘豆叶甲成虫取食量和耐饥力的影响[J]. 吉林农业大学学报, 2013, 35(4): 406–410.
- [8] Kang K D, Kamita S G, Suzuki K, et al. Effect of starvation upon baculovirus replication in larval *Bombyx mori* and *Heliothis virescens* [J]. Journal of Invertebrate Pathology, 2011, 106(2): 205–210.
- [9] Seki M, Murai T. Responses of five adult thrips species (Thysanoptera; Thripidae) to high-carbon dioxide atmospheres at different temperatures [J]. Applied Entomology and Zoology, 2012, 47(2): 125–128.