

广西甘蔗区试品种生长前期对螟虫的抗性评价*

李毅杰, 段维兴, 王泽平, 黄诚华, 潘雪红, 魏吉利, 林善海**

(广西农业科学院甘蔗研究所, 中国农业科学院 甘蔗研究中心,
农业部广西甘蔗生物技术与遗传改良重点实验室, 广西甘蔗遗传改良重点实验室, 广西 南宁 530007)

摘要:【目的】明确广西各区试点的甘蔗螟虫为害情况及品种抗性, 为品种合理布局和螟虫综合防控提供依据。【方法】2015年, 在甘蔗生长前期对广西6个区试点的螟害发生情况进行实地调查。根据发生程度, 利用枯心指数划分的抗性标准和聚类分析的方法对品种的田间抗性综合评价。【结果】各区试点螟害枯心率0~30.60%, 枯心指数0~100.00, 南宁试点的螟害发生率最高。参试品种中, 未发现抗螟虫品种, 中感(MS)品种6个, 占50%; 感虫(S)品种4个, 占33%; 高感(HS)品种2个, 占17%。系统聚类分析结果与参试甘蔗品种的抗性表现一致。【结论】螟虫在不同区试点的发生程度差别明显, 参试品种之间存在显著抗性差异, 且新植蔗的螟害发生情况较宿根蔗重。

关键词: 甘蔗; 螟虫; 抗性; 聚类分析

中图分类号: S 435.661 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-390X (2017) 04-0588-06

Resistance Evaluation on Sugarcane Varieties of Regional Trial to Borers on Early Growth Stage in Guangxi

LI Yijie, DUAN Weixing, WANG Zeping, HUANG Chenghua,
PAN Xuehong, WEI Jili, LIN Shanhai

[Sugarcane Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences/Sugarcane Research Center, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Sugarcane Biotechnology and Genetic Improvement (Guangxi), Ministry of Agriculture, P. R. China/Guangxi Key Laboratory of Sugarcane Genetic Improvement, Nanning 530007, China]

Abstract: [Purpose] In order to provide evidence for rational distribution of sugarcane varieties and synthesize prevention and control to borers, the damage of borers and sugarcane varieties resistance of regional trial in Guangxi should be determined. [Method] A survey to occurrence of borers was conducted in 6 experimental points on early growth stage of sugarcane in Guangxi in 2015. According to the incidence, sugarcane varieties resistance to borers was comprehensive evaluated by dead heart index and cluster analyze. [Results] Dead heart rate was from 0 to 30.60%, and dead heart index was from 0 to 100.00 in the whole experimental points. There was the highest incidence of borers in Nanning City pilot. In all tested varieties, resistance sugarcane variety to borers was no found, 6 varieties were of the middle sensitivity to borers (MS), accounting for 50%; 4 varieties were sensitive to borers (S), accounting for 33%; 2 varieties were high sensitive to borers (HS), accounting for 17%. The

收稿日期: 2016-12-20 修回日期: 2017-02-15 网络出版时间: 2017-07-19 12:00:00

* 基金项目: 现代农业产业体系建设专项项目 (CARS-20-2-3); 广西农业科学院基本科研业务专项 (2015YT06); 广西农业科学院基本科研业务费 (2016YM06)。

作者简介: 李毅杰 (1984—), 男, 广西柳州人, 硕士, 助理研究员, 主要从事甘蔗健康栽培研究。

E-mail: 18076561526@163.com

** 通信作者 Corresponding author: 林善海 (1979—), 男, 广西北海人, 博士, 副研究员, 主要从事甘蔗有害生物综合防控技术研究。E-mail: shanhailin79@163.com

网络出版地址: http://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20170719.1200.008.html

results of clustering analysis matched that the resistance performance of tested sugarcane varieties in field. [**Conclusion**] Incidence of borers in different sugarcane region was obviously inconsistent. Significant differences of resistance were found between tested sugarcane varieties, and the ratoon cane was damaged by borers more seriously than newly planted cane.

Keywords: sugarcane; borer; resistance; cluster analysis

中国为害甘蔗的害虫达 360 多种, 其中甘蔗螟虫在所有蔗区内均发生严重, 同一蔗区往往有几种蔗螟同时发生、世代重叠, 是中国甘蔗最普遍、最重要的害虫^[1]。近年来, 随着甘蔗大面积连年种植, 广西蔗区每年大约有 40% 的甘蔗受到螟虫危害, 对甘蔗的产量和品质造成不良影响, 使蔗农和糖厂损失严重。据调查, 甘蔗遭受螟虫危害后造成的产量损失可达 10% ~ 25%^[2], 蔗糖分降低 0.93% ~ 3.5%^[3]。目前危害甘蔗的螟虫主要有二点螟 (*Chilo infuscatellus* Snellen)、条螟 [*Proceras venosatus* (Walker)]、黄螟 [*Argyroploce schistaceana* (Snellen)]、大螟 [*Sesamia inferens* (Walker)] 和白螟 (*Tryporyza intacta* Snellen)^[4]。螟虫于甘蔗叶片下表面产卵, 幼虫孵化后沿蔗叶爬到叶鞘或蔗茎, 并进行钻蛀, 苗期为害造成枯心苗, 降低有效茎数量, 从而导致甘蔗减产。拔节期和后期造成螟害节和螟害茎, 增加风折率, 引起糖分、压榨汁纯度和产量的降低^[5]。目前, 通

过对螟害节数和蛀孔数的调查是对生长中后期甘蔗抗虫鉴定的常用方法^[6-7]。

广西各蔗区主栽品种较为单一, 主要以 ROC22 为主, 约占栽培面积 60% 以上。甘蔗螟虫对寄主抗虫能力适应性不断增强, 导致虫害防治效率较低。多品种配套栽培则不会对甘蔗螟虫产生选择性压力, 可减少甘蔗螟虫新生型的产生^[8]。利用品种自身的抗性来维持生态平衡, 有利于甘蔗产业的发展, 也是害虫综合防治的重要策略之一。因此, 本文拟通过对甘蔗生长前期枯心苗的调查, 比较不同甘蔗品种的抗虫性差异, 综合评价甘蔗对螟虫的抗性, 为甘蔗优良抗虫品种的筛选提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

调查 2014—2015 年度广西甘蔗品种区域试验 12 个品种 (系) 的新植蔗和宿根蔗, 其中以 ROC22 为对照材料, 详见表 1。

表 1 参试甘蔗品种 (系) 信息
Tab. 1 Information of tested sugarcane varieties (clones)

品种 (系) varieties (clones)	亲本组合 parental combination	提供单位 origins
桂糖 03-3089	桂糖 92-66 × ROC10	广西农业科学院甘蔗研究所
桂糖 05-3846	CP93-1634 × CP90-1424	广西农业科学院甘蔗研究所
桂辐 06-156	湛蔗 08-101 × CP81-1254	广西农业科学院甘蔗研究所
桂糖 06-233	粤糖 93-159 × ROC22	广西农业科学院甘蔗研究所
桂糖 06-400	桂糖 94-119 × ROC25	广西农业科学院甘蔗研究所
桂糖 06-1023	ROC20 × 崖城 71-374	广西农业科学院甘蔗研究所
桂糖 07-494	粤糖 85-177 × CP84-1198	广西农业科学院甘蔗研究所
桂糖 07-1141	桂糖 92-66 × 川蔗 57-412	广西农业科学院甘蔗研究所
桂选-B9	RB92/8064 系统选育	广西农业科学院甘蔗研究所 (巴西引种)
桂南亚 08-186	崖城 94-30 × ROC22	广西南亚热带农业科学研究所
桂热 1 号	ROC10 × 粤糖 91-976	广西亚热带作物研究所
ROC22	ROC5 × 69-463	广西主栽品种 (台湾引种)

1.2 试验设计

在南宁、柳州、河池、百色、北海和崇左 6

个蔗区设置试验点, 承试单位分别为广西农业科学院甘蔗研究所、柳州市农业科学研究所、河池

市农业科学研究所、百色市农业科学研究所、北海市农业科学研究所、广西南亚热带农业科学研究所。试验于 2014—2015 年进行, 包括一年新植蔗和一年宿根蔗。采用随机区组设计, 设 3 次重复, 小区为 4~5 行区, 行长 7~10 m, 行距 1.0~1.2 m, 小区面积 33.5~50.0 m²。边排设保护排, 边行设 2~3 行保护行。新植蔗种植期为 2015 年 3—4 月, 宿根蔗种植期为 2014 年 3—4 月, 收获期为 2015 年 2 月。统一选用山东大农药业有限公司生产的“吡虫·毒死蜱”颗粒剂, 总有效成分 4%, 其中吡虫啉含量 2%, 毒死蜱含量 2%, 甘蔗播种时均匀撒施于播种沟内, 用量为 45 kg/hm²。其他田间管理同当地生产管理一致。于 2015 年 6 月下旬至 7 月中旬赴各区试点实地调查甘蔗螟虫为害情况。

1.3 调查方法

在甘蔗生长前期, 螟虫为害的结果主要是造

成枯心苗。调查螟害枯心苗数时须拔出枯心苗, 将螟虫为害的类型和自然死亡的无效分蘖严格区分。通过调查枯心苗数和出苗总数来计算枯心率, 螟害枯心率的计算公式如下:

螟害枯心率 = (小区螟害枯心苗数/小区出苗总数) × 100%。

1.4 抗性评价标准

参照龚恒亮等^[8]和李永洪等^[9]的标准对新植和宿根甘蔗进行螟虫抗性评价, 以敏感对照材料为标准, 将螟害枯心率转换为枯心指数, 再以枯心指数作为分级标准将甘蔗对螟虫的抗性划分为 6 级 (表 2)。当新植和宿根所确定的抗性级别不一致时, 以抗性最差者的级别来鉴定该品种 (系) 的抗性水平。枯心指数的计算公式如下:

枯心指数 = (参试材料枯心率/感虫最重材料枯心率) × 100。

表 2 甘蔗生长前期对螟虫抗性的分级标准

Tab. 2 Grading standard of sugarcane resistance to borers in early growth stage

抗性级别 resistance grade	枯心指数 dead heart index	抗性水平 resistance level	抗性级别 resistance grade	枯心指数 dead heart index	抗性水平 resistance level
1	0.00 ~ 10.00	高抗 HR	4	40.01 ~ 60.00	中感 MS
2	11.01 ~ 21.00	抗 R	5	60.01 ~ 80.00	感 S
3	21.01 ~ 40.00	中抗 MR	6	80.01 ~ 100.00	高感 HS

1.5 数据分析

应用 DPS 14.10 软件对甘蔗品种 (系) 的抗螟性进行方差分析和系统聚类^[10], 分析及评价试验材料间抗性水平的差异性。方差分析采用 Duncan's 新复极差法进行多重比较。数据先进行标准化转换, 再采用卡方距离和离差平方和的方法对试验材料进行系统聚类。

2 结果与分析

2.1 参试甘蔗品种 (系) 螟害发生情况

各区试点新植蔗螟害枯心率为 0~30.60%, 枯心指数为 0~100.00; 宿根蔗螟害枯心率为 0~14.04%, 枯心指数为 0~45.88。将新植蔗和宿根蔗的枯心指数进行累积可以直观反映不同区试点和不同品种 (系) 的螟害发生情况。由图 1A 可知: 南宁试点的累积枯心指数明显高于其他区试点, 螟害发生率最高, 且新植蔗比宿根蔗为害重。北海试点的宿根蔗螟虫为害较重。河池、崇左和柳州试点无

论是新植蔗还是宿根蔗, 螟害为害情况均较轻, 甚至有部分材料没有出现枯心苗。由图 1B 可知: 有 5 个品种 (系) 在 6 个区试点中的累积枯心指数超过了 200, 分别为桂糖 05-3846、桂辐 06-156、桂糖 03-3089、桂糖 06-233 和桂南亚 08-186。ROC22 的累积枯心指数最低, 说明在本年度的区域试验中, 其他参试材料的螟虫为害程度均比 ROC22 相对重。

2.2 参试甘蔗品种 (系) 对螟虫抗性的评价

综合参试甘蔗品种 (系) 的新植蔗和宿根蔗在不同蔗区试点的抗性表现进行评价。结果表明: 调查的 12 个品种中, 中感品种 6 个, 分别为桂糖 06-400、桂糖 06-1023、桂糖 07-494、桂选-B9、桂热 1 号和 ROC22; 感虫品种 4 个, 分别为桂糖 03-3089、桂辐 06-156、桂糖 07-1141 和桂南亚 08-186; 高感品种 2 个, 分别为桂糖 05-3084 和桂糖 06-233 (表 3)。各参试品种 (系) 新植蔗螟害发生情况均比宿根蔗重, 但是新植蔗各品种之间的枯心指数差异并不显著。

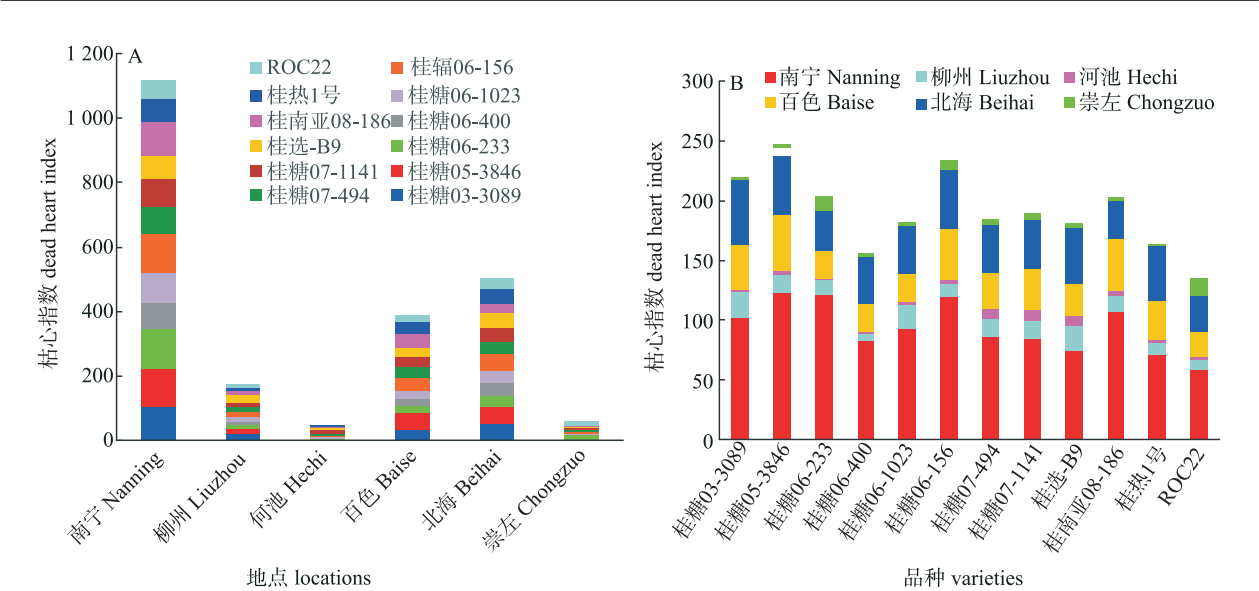


图 1 广西甘蔗区域试验螟害发生情况
Fig. 1 Occurrence of borer damage to sugarcane regional trial in Guangxi

表 3 参试甘蔗品种（系）对螟虫抗性的综合评价（mean ± SE, n = 3）

Tab. 3 Resistance evaluation of tested sugarcane varieties (clones) to borers

品种（系） varieties (clones)	新植 new planted		宿根 ratoon		综合评价 comprehensive evaluation	
	枯心指数 dead heart	抗性级别 resistance	枯心指数 dead heart	抗性级别 resistance	抗性级别 resistance	抗性水平 resistance
	index	grade	index	grade	grade	level
桂糖 03-3089	20.22 ± 9.69	5	16.31 ± 6.07 ab	3	5	感虫 S
桂糖 05-3846	24.41 ± 13.37	6	15.68 ± 6.44 ab	3	6	高感 HS
桂辐 06-156	19.11 ± 12.14	5	19.78 ± 7.08 a	4	5	感虫 S
桂糖 06-233	24.18 ± 15.34	6	9.68 ± 3.27 bc	3	6	高感 HS
桂糖 06-400	14.88 ± 8.77	4	11.14 ± 4.31 bc	3	4	中感 MS
桂糖 06-1023	14.83 ± 7.87	4	15.46 ± 6.29 ab	3	4	中感 MS
桂糖 07-494	14.52 ± 6.48	4	16.21 ± 6.00 ab	4	4	中感 MS
桂糖 07-1141	20.55 ± 9.14	5	11.05 ± 3.16 bc	3	5	感虫 S
桂选-B9	20.01 ± 8.84	4	10.05 ± 3.20 bc	3	4	中感 MS
桂南亚 08-186	19.60 ± 9.08	5	14.11 ± 7.09 abc	4	5	感虫 S
桂热 1 号	16.21 ± 7.30	4	11.16 ± 4.81 bc	3	4	中感 MS
ROC22	15.43 ± 5.91	4	6.96 ± 2.30 c	2	4	中感 MS

注：同一列中不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

Note: Data followed by different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 0.05 levels.

2.3 参试甘蔗品种（系）的聚类分析

采用各参试品种（系）新植、宿根及不同蔗区试点枯心指数的最高值进行聚类分析。结果表明：当阈值为 0.39 时，12 个品种可分为 3 类（图 2）。第Ⅰ类：包含 6 个品种，分别为桂糖 03 - 3089、桂糖 06 - 400、桂糖 06 - 1023、桂糖 07 - 1141、桂选-B9 和桂南亚 08-186，抗性级别为 4 或 5 级，抗

性表现为 3 个中感，3 个感虫。第Ⅱ类：包含 3 个品种，分别为桂糖 07-494、桂热 1 号和 ROC22，抗性级别均为 4 级，抗性均表现为中感。第Ⅲ类：包含 3 个品种，分别为桂糖 05-3846、桂糖 06-233 和桂辐 06-156，抗性最差。其中第Ⅰ类和第Ⅱ类的品种（系）抗性表现差异不大，当阈值为 1.16 时，第Ⅰ类和第Ⅱ类可归为一类，第Ⅲ类依然独立成一类。

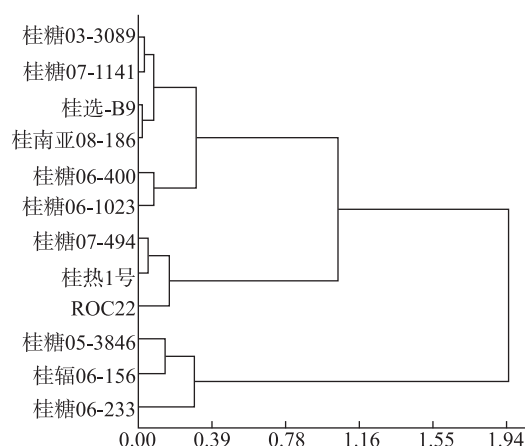


图 2 参试甘蔗品种(系)对螟虫抗性的聚类分析结果
Fig. 2 Cluster result of tested sugarcane varieties (clones) on borers resistance

3 讨论

螟虫的分布区域是不断发展和变化的,这主要与它自身生理条件和自然生态环境有关^[11]。研究表明,同一甘蔗品种在不同地区的螟虫发生情况差异较大,这与我们之前针对广西甘蔗主栽品种病虫害抗性评价的研究结果一致^[12]。以桂糖 06-233 为例,在南宁试点的新植蔗螟害枯心率达到 30.60%,而在河池试点的新植蔗则没有发现枯心苗,无螟害发生。2015 年南宁试点的螟虫为害严重,甘蔗累积枯心指数高达 1 119,远高于其他区试点,特别是在新植蔗上发生显著,为螟害高发区。而柳州、河池及崇左试点螟害率较低,累积枯心指数均低于 200。这可能与各地区试点的螟虫自然种群密度、虫源基数和优势天敌差异有关,年份之间的波动也会造成螟虫发生的轻重程度不同。

就防治甘蔗螟虫而言,种植抗虫品种无疑是最有效、最经济、最切实可行的办法。不同甘蔗材料对螟虫的敏感性存在差异^[8],而螟虫对不同甘蔗品种的取食选择性程度也存在显著性差异^[13]。前人研究表明:这种差异是由甘蔗自身特性决定的,如甘蔗的节间表皮硬度、表皮蜡状物、纤维含量、硅含量以及是否存在叶片折痕等物理形态结构特性,或芽鳞氯原酸和单宁酸、类黄酮、氮素和必需氨基酸等生理生化因子^[14-19]。准确评价甘蔗品种(系)对螟虫的抗性对于生产的重要性毋庸置疑。本研究结果表明:虽然不同甘蔗品种(系)在不同蔗区试点表现出对螟虫的抗性程

度不同,但不同甘蔗品种(系)之间存在显著抗性差异。此外,新植蔗和宿根蔗的抗性表现也存在显著差异,这可能与不同植期甘蔗体内的次生物质变化有关^[20]。在参试的 12 个品种(系)中并未发现有抗螟虫品种。

除了甘蔗品种自身的抗性外,螟害的发生情况也与当地环境因素及栽培管理水平密切相关。经调查发现,螟害发生严重的地区,除温度、降雨量等当地生态环境因素的影响,最主要是因为未采取防治措施,或是错过了有效的防治时间。合理运用化学药剂依然是各蔗区防治螟虫的主要手段,但是必须明确甘蔗螟虫的世代发生规律,尤其是第一代和第二代虫卵的孵化时期,抓住合适的用药时机,才能达到理想的防治效果。实践证明,利用性诱剂可以准确预报甘蔗螟虫的发生期和发生量,结合人工田间释放赤眼蜂的生物防治技术可以取得良好的经济效益和生态效益,具有广阔的推广应用前景^[21-22]。

本次调查仅针对广西各区试点甘蔗生长前期螟虫的发生情况进行分析,甘蔗生长中后期螟害对甘蔗产量及糖分的影响有待进一步的调查和研究。虽然广西有许多甘蔗品种资源,然而对螟虫具有明显抗性的亲本材料还很少,部分蔗区也是螟害发生的重灾区,因此加强对甘蔗螟虫抗性材料的筛选,有利于选育出抗螟虫甘蔗品种,从而有效地防治甘蔗螟虫。

[参考文献]

- [1] 李杨瑞. 现代甘蔗栽培学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2010: 334.
- [2] 商显坤, 黄诚华. 甘蔗螟虫防治技术研究进展 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38 (35): 20064. DOI: 10.3969/j. issn. 0517-6611. 2010. 35. 071.
- [3] 杨友军. 甘蔗螟虫为害加深原因及防治对策 [J]. 甘蔗, 2003, 10 (2): 36. DOI: 10.3969/j. issn. 1673-0925. 2003. 02. 009.
- [4] 潘雪红, 黄诚华, 辛德育. 甘蔗螟虫主要优势天敌及其生物防治意义 [J]. 广西农业科学, 2009, 40 (1): 49. DOI: 10.3969/j. issn. 2095-1191. 2009. 01. 013.
- [5] 伍苏然, 杨乃博, 杨本鹏, 等. 甘蔗螟虫综合防治技术研究进展 [J]. 热带生物学报, 2013, 4 (3): 289.
- [6] 林兆里. 甘蔗品种生长中后期对螟虫抗性综合评价 [J]. 中国糖料, 2016, 38 (3): 10. DOI: 10.13570/j. cnki. scc. 2016. 03. 003.

- [7] 甘仪梅, 曾军, 蔡文伟, 等. 甘蔗对螟虫抗性的初步鉴定 [J]. 热带农业科学, 2013, 33 (12): 53.
- [8] 龚恒亮, 李金玉, 孙东磊, 等. 甘蔗种质资源材料抗螟虫性研究与评价 [J]. 广东农业科学, 2011, 38 (24): 18. DOI: 10.3969/j.issn.1004-874X.2011.24.007.
- [9] 李永洪, 刘成元, 向箭宇, 等. 岗 46B/A232 重组自交系群体产量性状及三化螟抗性表现 [J]. 西南农业学报, 2015, 28 (5): 1863. DOI: 10.16213/j.cnki.scjas.2015.05.002.
- [10] 唐启义. DPS 数据处理系统: 实验设计, 统计分析 & 数据挖掘 [M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 2010: 719.
- [11] 彩万志, 庞雄飞, 花保祯, 等. 普通昆虫学 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2001: 390.
- [12] 李毅杰, 段维兴, 黄志, 等. 广西甘蔗生长中期主要病虫害发生与抗病性评价 [J]. 广东农业科学, 2016, 43 (6): 127. DOI: 10.16768/j.issn.1004-874X.2016.06.022.
- [13] 伍苏然, 杨乃博, 熊国如, 等. 海南蔗区不同甘蔗种质对螟虫抗性差异比较 [J]. 江苏农业科学, 2015, 43 (3): 100. DOI: 10.15889/j.issn1002-1302.2015.03.032.
- [14] KYLE M L, HENSLEY S D. Sugarcane borer host plant resistance studies [J]. Proceedings of the Louisiana Academy of Sciences, 1970, 33: 55.
- [15] DAVID H, JOSEPH K J. Mechanism of resistance in sugarcane against the internode borer, *Chilo sacchariphagus indicus* (Kapur) [J]. Proceedings of Sugarcane Technology Association in India, 1984, 48: 43.
- [16] MATHES R, BAUM R J, CHARPENTIER L J. A method of relating yields of sugar and sugarcane borer damage [C] // Proceedings of 12th Congress of International Society of Sugarcane Technologists. Puerto Rico, 1967: 1388.
- [17] RUTHERFORD R S, VAN STADEN J. Towards a rapid near-infrared technique for prediction of resistance to sugarcane borer *Eldana saccharina* walker (Lepidoptera: Pyralidae) using stalk surface wax [J]. Journal of Chemical Ecology, 1996, 22 (4): 681. DOI: 10.1007/BF02033578.
- [18] KEEPING M G, MEYER J H. Calcium silicate enhances resistance of sugarcane to the African stalk borer *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae) [J]. Agricultural and Forest Entomology, 2002, 4 (4): 265.
- [19] 甘仪梅, 曾凡云, 张树珍, 等. 甘蔗对螟虫抗性及其机制研究进展 [J]. 热带作物学报, 2012, 33 (7): 1332. DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2012.07.036.
- [20] EHRLICH P R, RAVEN P H. Butterflies and plants: a study in co-evolution [J]. Evolution, 1964, 18: 586.
- [21] 潘雪红, 黄诚华. 应用性诱剂防治甘蔗螟虫 [J]. 中国糖料, 2012 (1): 63.
- [22] 潘雪红, 黄诚华. 赤眼蜂防治甘蔗螟虫应用现状及前景展望 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38 (26): 14420.