

橘小实蝇对五个芒果品种的产卵偏好 及清理落果防治效果研究^{*}

叶文丰 李 林 谢长伟 董文霞 肖 春^{**}

(云南农业大学植物保护学院 昆明 650201)

摘 要 在2011年6—8月调查了橘小实蝇 *Bactrocera dorsalis* (Hendel) 对云南省元江县5个主要芒果品种的产卵为害情况,评估了清理落果对橘小实蝇的防治效果。结果表明树上果实和成熟落果受害率最高、产卵孔数量最多的品种是三年芒和红象牙芒;单位面积落果量(X)和监测雄虫数量(Y)显著相关($r_1 = 0.884^{**}$, 显著性 $P_1 = 0.000$),其回归方程为 $Y = -1.675 + 449.701X - 204.933X^2 + 27.046X^3$ ($R^2 = 0.966$, 显著性水平 $P = 0.000$);累加虫量(X)与树上果实被害率(Y)的回归方程为 $Y = 0.003X^{0.721}$ ($R^2 = 0.953$, $P = 0.000$)。采拾落果可降低树上果实受害率约20%,减少田间虫口数44%左右。因此,清理落果对控制橘小实蝇田间种群数量、减少树上果实被害率有显著作用。

关键词 橘小实蝇, 芒果, 受害率, 清理落果

The effectiveness of removing fallen fruit on control of the oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis* and evaluation of the infestation rate of this pest in five mango varieties

YE Wen-Feng LI Lin XIE Chang-Wei DONG Wen-Xia XIAO Chun^{**}

(Plant Protection Institute, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract The rate of infestation of five major mango varieties by the oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis* (Hendel) was assessed in Yuanjiang, Yunnan, from June to August 2011. The results show that two varieties (Sannianmang and Red ivory) had the highest rate of infestation and largest number of oviposition apertures. Additional tests were conducted to evaluate the effectiveness of removing fallen fruit on fruit fly abundance. There was a significant positive correlation between the number of fallen fruits per square meter (X) and the number of male flies (Y) captured by methyl eugenol (Me) ($r_1 = 0.884^{**}$, $P_1 = 0.000$). The regression equation was $Y = -1.675 + 449.701X - 204.933X^2 + 27.046X^3$ ($R^2 = 0.966$, $P = 0.000$). The relationship between the accumulated number of male flies captured by Me (X) and the average infestation rate of mango fruits (Y) can be expressed as $Y = 0.003X^{0.721}$ ($R^2 = 0.953$, $P = 0.000$). Compared to the control group, the infestation rate and number of captured male flies in the treatment group were significantly reduced by 20% and 44%, respectively. Therefore, removing fallen fruit is recommended as an effective method of controlling this pest.

Key words *Bactrocera dorsalis*, mango, infestation rate, dropped fruit removal

橘小实蝇 *Bactrocera dorsalis* (Hendel) 又名东方果实蝇 (oriental fruit fly), 是一种严重为害果蔬生产的经济性害虫, 在我国南方多省均有分布 (黄素青和韩日畴, 2005), 云南是其发生最为严重的

省区之一 (张志英等, 1995)。芒果是橘小实蝇最喜爱的寄主植物之一, 部分地区芒果受害率高达80% (刘建宏和叶辉, 2006)。云南省元江县大面积种植了以三年芒为主的多个芒果品种, 各品种

^{*} 资助项目: 公益性行业 (农业) 科研专项 (200903047)。

^{**} 通讯作者, E-mail: x.chun@163.com

收稿日期: 2012-01-17, 接受日期: 2012-04-20

芒果在外形、色泽、质地和表皮挥发性物质等方面均有差异,成熟以及采收时间也不尽相同(李小珍等,2007),对不同品种芒果的受害率进行调查,合理选择芒果品种、调整芒果成熟期以阻断橘小实蝇食物链是一种有效的农业防治措施。其次,橘小实蝇主要借助挥发性气味物质辨别寄主(Cornelius *et al.*, 2000),从寄主植物的气味物质中寻找对其有效的引诱成分是实蝇诱剂研发中的重要方向,国内有研究鉴定了橘小实蝇对马切苏芒和三年芒的趋性反应,分析测定了成熟果实的主要挥发性气味成分(施伟等,2009),并初步探究了橘小实蝇对芒果挥发性物质的行为反应(施伟等,2010),通过调查橘小实蝇对5个芒果品种产卵为害的偏好,可为进一步分析芒果挥发物有效诱虫成分、测定挥发物诱导产卵行为提供一定借鉴。

基于橘小实蝇生物学特性,清除落果一直是一种有效的农业防治措施(黄素青和韩日畴,2005)。通过分析单位面积落果量与虫口密度、监测虫量与树上果实被害率之间的关系,以期明确清理落果对控制橘小实蝇田间种群数量的作用(Chen *et al.*, 1996),并利用橘小实蝇监测虫量推测果实受害率,进而作为防治效果的依据。

1 材料与方法

1.1 不同芒果品种被害率调查

于2011年6—7月间,在元江县林木种苗管理站所属芒果园,调查三年芒、台农1号、金凤凰芒、胭脂芒及红象牙芒5个品种芒果树上果实。

1.1.1 树上果实被害率调查 每一品种芒果各随机调查30个树上果实,3次重复,现场检查果实表面是否有产卵孔(针孔状,轻微挤压果实可见从产卵孔中渗出胶状液体),将表面有产卵孔的果实定为虫害果以计算其被害率($\% = \text{被害果实数} \div 30 \times 100$),同时记录虫害果表面产卵孔数量(洪土程等,2008)。自6月2日开始调查,持续调查6周。

1.1.2 成熟落果被害率调查 每周捡取30个各品种地上落果,3次重复,现场检查果实表面是否有产卵孔并记录产卵孔数量。将虫害果带回室内(避免再度被产卵为害),置于内铺有3 cm厚细沙的塑料盆中,塑料盆上覆盖纱布。1周后统计果实内橘小实蝇幼虫数量。各品种虫害果分开并继续放置2周并统计羽化成虫数量。

1.2 清理落果对橘小实蝇防治效果的评估

调查时间同1.1,处理果园与对照果园均位于元江县红侨农场,相隔约200 m,芒果品种为三年芒。对照果园不清理落果,处理果园每3 d清除1次落果。每一试验果园悬挂3个甲基丁香酚诱捕器进行虫量监测,悬挂高度1.5 m,诱捕器间距15 m以上,每周统计捕获橘小实蝇雄虫数量,同时每周调查果园单位面积落果量与树上果实被害率,调查持续6周。

1.3 统计方法

果实被害率数据利用Duncan's新复极差法(DMRT)比较差异显著性,对单位面积落果量与甲基丁香酚监测虫量进行Pearson相关分析(Pearson correlation),利用独立样本 t 检验(independent sample t -test)对处理区和空白区之间的差异显著性进行验证,并对单位面积落果量与监测虫量、监测虫量与树上果实被害率分别进行回归分析。统计软件为SPSS 19。

2 结果与分析

2.1 树上果实被害率

5个品种芒果采收期特征差异较大(表1)。三年芒、胭脂芒和红象牙芒的树上果实平均受害率在10%~15%之间,显著高于台农1号(3%)和金凤凰芒(4%)(图1)。

红象牙芒、三年芒单个树上虫害果表面的产卵孔平均数量在1.6~1.8左右,显著高于台农一号、金凤凰芒和胭脂芒(图2)。

2.2 成熟落果被害率

落果平均虫害率最高的品种是红象牙芒,接近100%,其次是三年芒,达80%以上,胭脂芒也在30%以上,最后是台农1号和金凤凰,两者落果虫害率在20%左右(图3)。红象牙芒的虫害落果表面平均产卵孔数量最高(2.7个产卵孔/虫害落果)(图4)。虫害落果内平均幼虫数量最大的是红象牙芒(103.3头/虫害落果),其次为三年芒(82.3头/虫害落果)、金凤凰芒(64.0头/虫害落果)、胭脂芒(56.3头/虫害落果)和台农1号(55.3头/虫害落果)(图5)。前2者与后3个品种落果中幼虫量差异显著,但台农1号、金凤凰芒、胭脂芒中幼虫的羽化率却高于三年芒和红象牙(图6)。

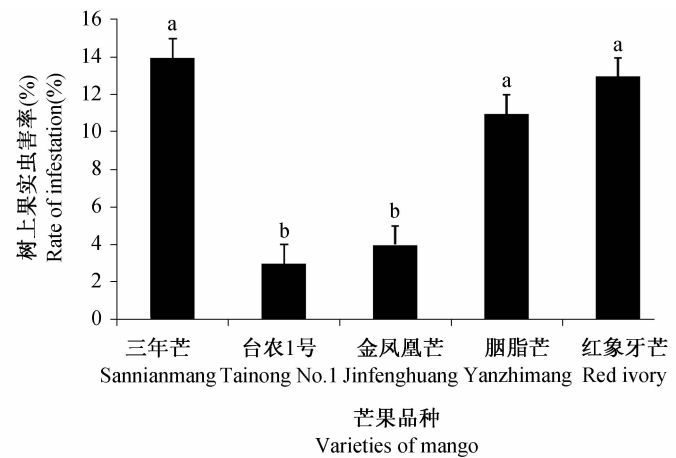


图 1 5 个芒果品种树上果实虫害率比较

Fig.1 Comparison of the infestation rate of 5 mango varieties by oriental fruit fly

注:柱上标有不同字母表示经 Duncan's 新复极差法 (DMRT) 检验差异显著,图 2 ~ 图 6 同。
Histograms with different letters indicates significantly different by Duncan's multiple range test.

The same with Fig. 2 – Fig. 6.

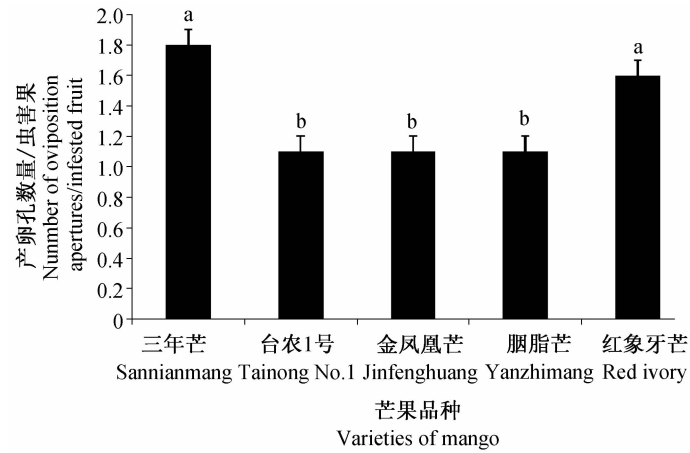


图 2 5 个芒果品种树上虫害果表面产卵孔数量比较

Fig. 2 Comparison of the number of oviposition apertures on infested fruit of 5 mango varieties

表 1 不同品种芒果采收期特征

Table 1 Features and fruiting periods of 5 mango varieties

芒果品种 Varieties of mango	采收期(月.日) Harvest period (Month. day)	成熟度 Maturity	果皮特征 Features of exocarp	单果重(g) Weight of single fruit
三年芒 Sannianmang	6.4 – 7.21	0.8	黄色为主,部分青绿,质地较软	120 – 170
台农一号 Tainong No. 1	6.15 – 7.10	0.6	青色为主,果肩粉红,质地较硬	180 – 230
金凤凰芒 Jinfenghuang	6.15 – 7.10	0.6	红色为主,部分青色,质地较硬	500 – 900
胭脂芒 Yanzhimang	7.1 – 7.14	0.8	深红色,部分深绿,质地较硬	约 500
红象牙芒 Red ivory	6.8 – 7.9	0.8	青色为主,尖端渐红,质地较软	约 500

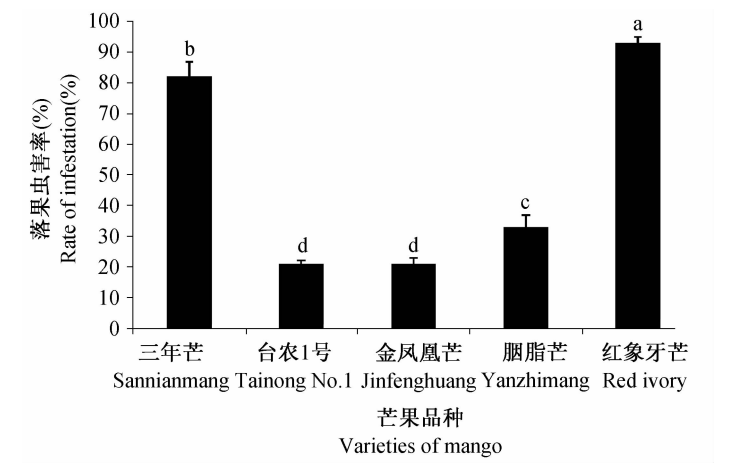


图 3 5 个芒果品种落果虫害率比较

Fig. 3 The infestation rate of dropped fruits of 5 mango varieties

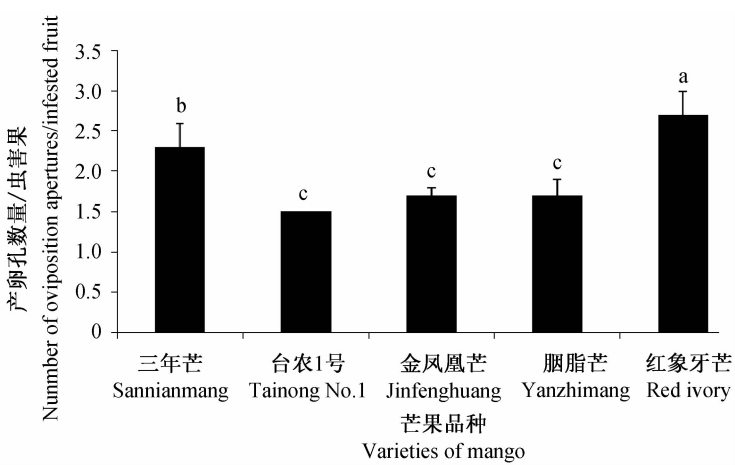


图 4 5 个芒果品种落果表面产卵孔数量比较

Fig. 4 Comparison of the number of oviposition apertures on infested fruit of 5 mango varieties

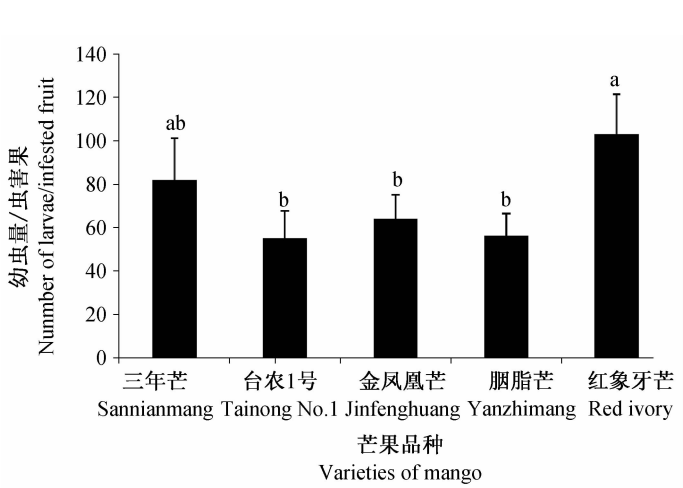


图 5 5 个芒果品种虫害落果内幼虫数量

Fig. 5 Comparison of the number of fly larvae in infested fruit of 5 mango varieties

2.3 收拾落果防效评估

综合两个三年芒果园单位面积落果量和甲基丁香酚监测的雄虫数量数据(表 2)并对其进行 Pearson 相关分析(Pearson correlation),得到 3 年

芒果园中单位面积落果量与果园中雄虫数量的相关系数 $r_1 = 0.884^{**}$,显著性 $P_1 = 0.000$,表明两者正相关且相关性极高。

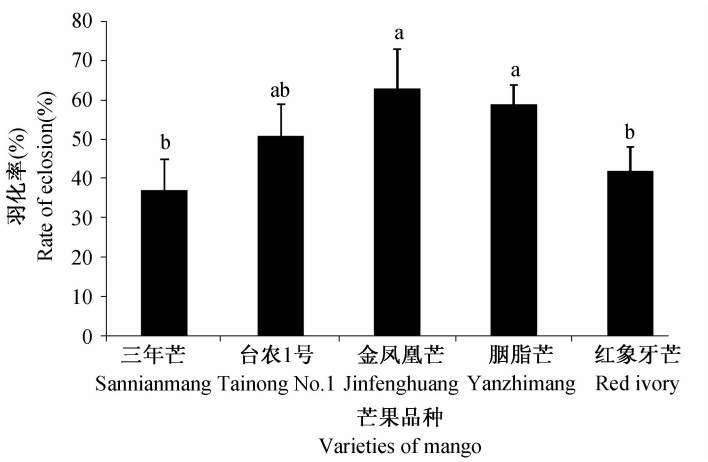


图 6 5 个芒果品种虫害落果内幼虫羽化率
Fig. 6 The eclosion rate of fly larvae in infested dropped fruit of 5 mango varieties

表 2 不同处理 3 年芒果园的监测雄虫量与树上果实被害率

Table 2 Infestation rate of fruits and density of male oriental fruit fly with different treatment						
调查时间 Time of investigation ^z	处理 Treatment					
	清除落果区 Elimination of fruitlets			不清除落果空白区 CK		
	落果量 Number of dropped fruits/m ²	监测虫量 Number of adults/trap/week	被害率 (%) Infestation rate (%)	落果量 Number of dropped fruits/m ²	监测虫量 Number of adults/trap/week	被害率 (%) Infestation rate (%)
第 1 周 Week 1	0.1	51.7	5	0.5	183.1	12
第 2 周 Week 2	0.2	75.6	8	1.9	274.9	19
第 3 周 Week 3	0.1	66.7	9	3.0	236.5	22
第 4 周 Week 4	0.3	124.2	17	4.8	426.2	40
第 5 周 Week 5	0.3	91.0	19	1.5	329.6	47
第 6 周 Week 6	0.2	28.9	27	0.2	102.5	64

注:^z 表示调查时间为 2011 年 6—7 月。^z means investigation time from Jun. 2011 to Jul. 2011.

进一步对单位面积落果量(X)和监测雄虫数量(Y)进行回归分析,各模型中 Cubic 三次多项式模型的拟合值(相关系数的平方值)最大, $R^2 = 0.966$,显著性水平 $P = 0.000$,Cubic 三次多项式模型进行拟合可得最优模型, $Y = -1.675 + 449.701X - 204.933X^2 + 27.046X^3$ 。

由于每周果实被害率是由进行被害率调查之日前所有在果园中活动的实蝇造成,所以先将每周监测雄虫数量累加求和得到累加虫量(X)再将

其与树上果实被害率(Y)进行回归分析,各模型中 Power 幂指数模型的拟合值最大, $R^2 = 0.953$, $P = 0.000$,由此求得最优拟合模型 $Y = 0.003X^{0.721}$ 。

处理区和空白区单位面积落果数量之间存在极显著差异(图 7)。空白区所监测虫量和树上果实虫害率均显著高于处理区(图 8)。收拾落果可降低树上果实受害率约 20%(图 8),减少田间虫口数 44% 左右(图 9)。

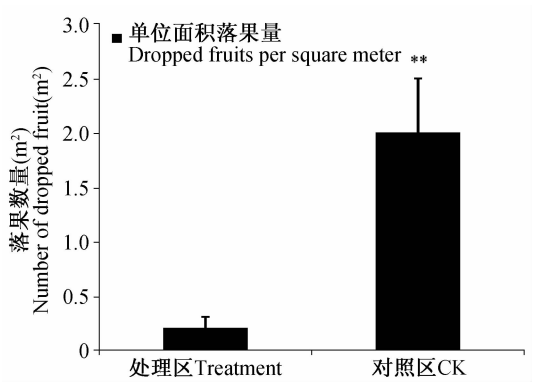


图 7 单位面积落果数量

Fig. 7 The number of dropped fruits per square meter
注:差异检验方法为独立样本 *t* 检验,
**表示差异极显著。下图同。

The difference between treatment and CK was compared by using independent sample *t*-test, ** means extrremely significantly different at 0. 01 level. The same below.

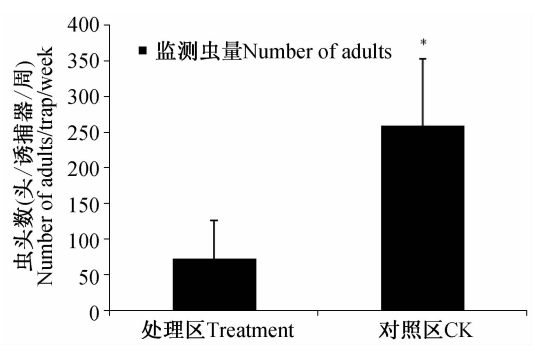


图 8 处理果园与对照果园虫量监测

Fig. 8 The fly catches in different groups

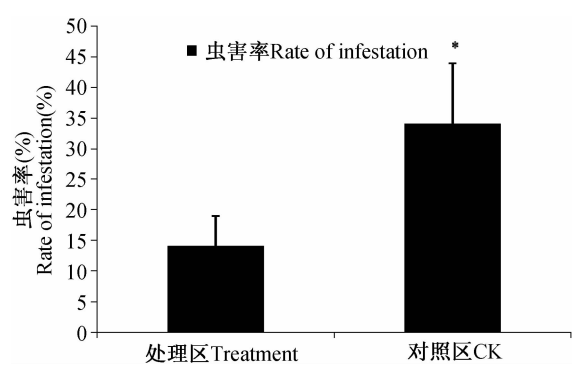


图 9 处理果园与对照果园树上果实虫害率

Fig. 9 The infestation rates in different groups

3 讨论

单一品种种植和适时捡拾落果是有效的橘小实蝇农业防治措施(黄素青和韩日畴,2005),国内尚未见田间不同品种芒果的橘小实蝇虫害率调查,橘小实蝇对于不同芒果品种的气味趋性和产卵选择性试验多以室内 Y 型管生测为主,施伟等(2009)在野外用芒果果肉比较马切苏芒和三年芒两个芒果品种对橘小实蝇的引诱效果,并不能说明橘小实蝇对具有完整果皮的树上果实的趋性。本研究对果园内不同品种芒果的树上果实和地上落果的虫害率进行调查,详细统计各品种芒果在不同调查时期果实表面的产卵孔数量、落果中的幼虫量及羽化率,借此讨论受橘小实蝇为害最低的芒果品种。

已有研究报道不论品种成熟芒果对橘小实蝇的引诱作用均显著大于未成熟芒果(施伟等,2009),相对于青硬型芒果橘小实蝇雌虫也更加偏爱黄软型芒果(黄素青和韩日畴,2005),而三年芒和红象牙芒树上果实与成熟落果受害率高于其他芒果品种,应该与其早熟、黄软的特点有关。据此选择种植台农 1 号、金凤凰芒和胭脂芒可减小橘小实蝇为害造成的经济损失;同时几种芒果成熟时间存在差异,在种植中应尽量选择成熟、采收期相近的芒果品种,避免将三年芒和红象牙芒等早熟品种与胭脂芒等晚熟品种在同一果园进行种植,能够阻断橘小实蝇食物链进而减小其发生为害。其次,芒果品种的选择也应该考虑不同芒果的品种特性和经济收益。如金凤凰芒在元江地区虽是商品价值最高的芒果品种,但单株果树结果数量明显少于三年芒等传统品种,尚需进一步收集数据评估橘小实蝇造成的经济损失,以便更好地确定芒果种植品种,指导田间农业生产。

在产卵选择方面,各芒果品种的受害率与虫害果表面平均产卵孔数量基本保持一致,均反映了不同芒果品种对橘小实蝇引诱作用的差异,造成这种差异的原因可能包括成熟期芒果果皮特征和果实挥发物组分与含量上的不同。进一步研究可以对各品种芒果的果皮挥发物和果肉成分进行分析鉴定并筛选有效引诱物质,为开发新型雌雄兼诱剂提供依据(张淑颖等,2007)。

落果中的实蝇羽化率则在一定程度上反映了果园内实蝇成虫的再侵染能力。虫害率相对较少

的台农 1 号、金凤凰芒和胭脂芒其虫果中幼虫的羽化率却高于三年芒和红象牙芒,原因可能是三年芒单果重量较小,不足以供给实蝇幼虫充足养分;而红象牙芒虽然单果重较大,由于其果皮较薄,落果表面伤口较多,果实腐烂速度过快产生大量乙醇使部分实蝇幼虫中毒死亡。羽化率和再侵染能力之间是否存在线性关系,在评估经济损失中又起到怎样的作用,这些问题都有待进一步研究探明。

收拾落果、果实套袋等农业防治措施的防效一直较为模糊,本研究定量测定了收拾落果对橘小实蝇田间种群数量及果实被害率的控制,芒果园内收拾落果可降低树上果实受害率约 20%,减少田间虫口数 44%。收拾落果能够显著减少实蝇的发生为害,在生产中应作为重要的农业防治手段大力推广。借助拟合回归方程,可以通过监测虫量直接估计果实被害率,对于经济损失评估也有一定帮助。

参考文献 (References)

Chen CN, Cheng EY, Hwang YB, Kao CH, Su WY, 1996.

Relationship between the population density of Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel), and its host fruit yield in Taiwan. *Plant Prot. Bull.*, 38: 149 – 166.

Cornelius ML, Jian JD, Messing RH, 2000. Volatile host fruit odors as attractants for the oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.*, 93(1):93 – 100.

洪士程, 何坤耀, 陈健忠, 2008. 嘉义地区荔枝园荔枝细蛾与东方果实蝇危害调查. 台湾农业研究, 57(2):143 – 152.

黄素青, 韩日畴, 2005. 橘小实蝇的研究进展. 昆虫知识, 42(5):479 – 484.

李小珍, 刘映红, 贺智勇, 2007. 南亚果实蝇对六种果实的趋性和产卵选择性. 昆虫知识, 44(1):82 – 85.

刘建宏, 叶辉, 2006. 光照、温度和湿度对橘小实蝇飞翔活动的影响. 昆虫知识, 43(2):211 – 214.

施伟, 刘辉, 叶辉, 2009. 橘小实蝇对两芒果品种的趋性反应. 西南农业学报, 22(2):332 – 336.

施伟, 刘辉, 叶辉, 2010. 橘小实蝇对五种芒果气味挥发性物质的行为反应. 昆虫知识, 47(2):318 – 321.

张淑颖, 肖春, 李正跃, 蒋小龙, 太红坤, 胡纯华, 王旭, 2007. 芒果挥发物对橘小实蝇成虫的引诱作用. 云南农业大学学报, 22(5):659 – 664.

张志英, 何大愚, 余宇平, 1995. 云南桔小寡孳实蝇种群动态研究. 植物保护学报, 22(3):210 – 216.



综述与进展

作物多样性种植对植食性昆虫行为的影响^{*}

董文霞 徐 宁 肖 春^{**}

(农业生物多样性与病害控制教育部重点实验室 云南省农业生物多样性利用
与保护重点实验室 云南农业大学 昆明 650201)

摘 要 通过农作物遗传多样性、物种多样性的优化布局和种植,增加农田的物种多样性和农田生态系统的稳定性,有效地减轻作物虫害的危害,已经成为国际上农业研究的热点和农业害虫防治的发展趋势。多样性种植对昆虫的影响及其作用机制很大程度上取决于对植食性昆虫的行为反应。多样性种植主要通过干扰植食性昆虫的定向、交配、产卵、转移等行为,影响其在作物上定居和繁殖,进而影响其对植物的危害程度。根据国内外研究进展,本文介绍了作物多样性种植对植食性昆虫行为的影响,并讨论了目前存在的问题和研究前景。

关键词 作物, 多样性种植, 植食性昆虫, 行为, 影响

The effect of diversified cropping on phytophagous insect behavior

DONG Wen-Xia XU Ning XIAO Chun^{**}

(Key Laboratory of Agro-Biodiversity and Pest Management of Education Ministry of China, Yunnan
Key Laboratory Argro-Biodiversity and Conservations, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract Increasing the habitat diversity and stability of agro-ecosystems by crop genetics and species diversification has been a focus in agricultural research and a trend in insect pest control. However, the mechanisms involved and degree of pest reduction are dependent on a thorough understanding of the behavior of the relevant insect species. Phytophagous insects' host location, mating, movement, oviposition, and feeding behaviors are disturbed in diversified cropping systems. The effect of diversified cropping on phytophagous insect behavior, as well as current research problems and future perspectives, are discussed in detail based on domestic and foreign research reports.

Key words crop, diversified cropping, phytophagous insect, behavior, effect

农作物单一品种的长期大面积种植使农田遗传多样性和农田生态系统稳定性降低,导致害虫天敌大量减少,农作物虫害时有暴发(李正跃等, 2009)。因此,应用生物多样性与生态平衡的原理,进行农作物遗传多样性、物种多样性的优化布局和种植,增加农田的物种多样性和农田生态系统的稳定性(Zhu *et al.*, 2000),有效地减轻作物虫害的危害,已成为农业害虫防治的发展趋势(李正跃等, 2009)。

大量研究表明采用合理的间作、套作、混作等多样性种植模式可以有效控制植食性昆虫的种群,减轻作物的受害程度。但是,也有一些研究表

明多样性种植并不能减轻害虫的危害程度,甚至会加重其危害程度(Risch, 1983)。多样性种植对植食性昆虫影响及其作用机制很大程度上取决于植食性昆虫的生物学特性和行为反应。因此,要想通过作物多样性种植达到控制植食性昆虫的目的,就必须了解多样性种植对植食性昆虫行为的影响。许多研究表明多样性种植主要通过干扰植食性昆虫的定向、交配、产卵、转移等行为影响昆虫在作物上定居和繁殖,进而影响其对作物的危害程度。

^{*} 资助项目:国家基础研究发展规划资助项目(973 项目)(2011CB100404)。

^{**} 通讯作者, E-mail: x. chun@163. com

收稿日期:2011-11-27, 接受日期:2012-02-27