

戈林泉,王芳,吴进才. 2 种选择性农药的使用对稻纵卷叶螟产卵及生理生化的影响[J]. 江苏农业科学,2014,42(1):102-105.

2 种选择性农药的使用对稻纵卷叶螟产卵及生理生化的影响

戈林泉,王芳,吴进才

(扬州大学园艺与植物保护学院,江苏扬州 225009)

摘要:产卵试验结果表明,扑虱灵能刺激 2 龄稻纵卷叶螟幼虫产卵。幼虫体重和蛹重的试验结果表明,田间试验中除 2 龄期施用吡虫啉 37.5 g/hm^2 (有效成分用量) 的幼虫体重显著高于对照外,其他处理的幼虫体重与对照之间差异均不显著;但水泥池试验中处理组蛹的平均重量显著低于对照。2 种选择性种农药处理后的 5 龄稻纵卷叶螟幼体内保幼激素含量显著低于对照,蜕皮激素含量除扑虱灵 180 g/hm^2 (有效成分用量) 处理显著高于对照外,其他各处理与对照相比差异均不显著。说明扑虱灵能刺激稻纵卷叶螟繁殖与蜕皮激素和保幼激素含量有关,该结果更好地解释了农药诱导稻纵卷叶螟再猖獗的生理生化机制。

关键词:稻纵卷叶螟;选择性农药;产卵;保幼激素;蜕皮激素

中图分类号: S435.112⁺.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)01-0102-04

稻纵卷叶螟(*Cnaphalocrocis medinalis* Guenée) 原为局部偶发性害虫,1970 年以后成为常发性害虫^[1]。自 20 世纪 90 年代中后期以来,该害虫在我国稻区尤其是长江中下游的江苏、浙江等地区频繁大发生,2003 年超历史性大猖獗,从而造

收稿日期:2013-05-26

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项(编号:200903051)。

作者简介:戈林泉(1978—),男,博士,讲师,主要从事昆虫分子生态与害虫综合治理研究。E-mail:lgge1027@163.com。

通信作者:吴进才,男,博士,教授,博士生导师,主要从事昆虫生态及害虫再猖獗研究。E-mail:jinciwu 1952@sina.com。

成近年来粮食大幅度减产,影响粮食生产安全。稻纵卷叶螟致种群周期性涨落的原因通常包括虫源基数、气候条件、耕作制度、品种演变及与生育期吻合性等^[2-5]。农药诱导害虫再猖獗发生已有许多报道,其中最典型的是农药诱导褐飞虱再猖獗^[6-17]。有研究表明,吡虫啉刺激能激螨类^[18]、三化螟生殖^[19-20]。20 世纪 90 年代以后大面积推广农药扑虱灵,稍后又推广吡虫啉,这是否与稻纵卷叶螟的大发生有关还不清楚,选择性农药能否诱导稻纵卷叶螟再猖獗,至今国内外尚无报道。因此,本试验拟通过 2 种选择性农药扑虱灵和吡虫啉对稻纵卷叶螟成虫产卵及其生理生化指标的影响进行研究,为

量高于块根中的含量。

参考文献:

- [1] 朴仁哲,赵洪颜,金玉姬. 地黄田特用除草剂百草枯的初步研究[J]. 农药,2008,47(4):288-289,291.
- [3] Jae C C, Sang Y M. Physiological response of *Rehmannia glutinosa* to paraquat and its tolerance mechanisms[J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 1997, 59: 51-63.
- [4] 武宝开, Mitchell E D, Johnson B L, 等. 野生种花生叶片内超氧化物歧化酶及其抗百草枯特性[J]. 植物生理学报, 1990, 16(2): 147-152.
- [5] 赵洪颜, 林 昊, 金玉姬, 等. 地黄叶片提取物抗氧化活性及其薄层色谱的初步研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(4): 1458-1459, 1462.
- [6] 李寒冰, 苗静静, 李根林, 等. 生、熟地黄的体外抗氧化活性测定方法研究[J]. 中国医药指南, 2012, 10(9): 393-395.
- [7] 苗明三, 孙艳红, 方晓艳. (怀)熟地黄多糖抗氧化作用[J]. 中国中医药信息杂志, 2002, 9(10): 32-33.
- [8] 魏福香. 除草剂药害试验方法[J]. 杂草科学, 1992(3): 18-21.
- [9] Liu M J, Li J X, Guo H Z, et al. The effects of verbascoside on plasma lipid peroxidation level and erythrocyte membrane fluidity during immobilization in rabbits: a time course study[J]. Life Sciences, 2003, 73(7): 883-892.

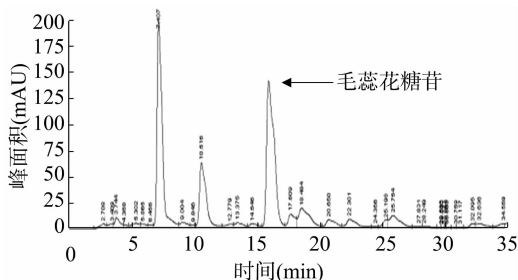


图4 地黄叶片甲醇提取液的高效液相色谱图

3 结论

毛蕊花糖苷是一种很强的抗氧化剂,在动物细胞中已经证实它具有防止脂质过氧化的能力^[9]。高剂量百草枯对大豆叶片产生药害,而地黄提取液和毛蕊花糖苷标准品对大豆叶片无影响,当地黄提取液或毛蕊花糖苷标准品与百草枯混合处理大豆叶片时,百草枯对大豆叶片无药害,说明地黄耐百草枯氧化的有效成分之一是毛蕊花糖苷。

地黄块根和叶的黄酮含量分别为 1.59% 和 2.29%,且叶片中的黄酮含量高于块根;地黄叶片的毛蕊花糖苷含量分别为 7.015 mg/g 和 0.475 mg/g,说明地黄叶片中毛蕊花糖苷含

稻纵卷叶螟的综合治理提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 虫源

田间和水泥池(半田间)试验虫源采自江苏省无锡市南泉镇试验田。

1.2 农药与水稻品种

供试水稻品种为江苏大面积推广种植的武运粳 7 号。本试验的 2 种选择性农药为 10% 吡虫啉可湿性粉剂(江苏镇江农药厂)、25% 扑虱灵可湿性粉剂(江苏常州农药厂)。

1.3 选择性农药对稻纵卷叶螟产卵量的影响

1.3.1 水泥池试验 水稻秧苗 5 叶期时移栽至水泥池中,于分蘖盛期接刚孵化出的幼虫 5 头/穴,每盆共 20 头。喷药处理设扑虱灵有效成分用量 180 g/hm² (高浓度, B₁)、112.5 g/hm² (中浓度, B₂)、60 g/hm² (低浓度, B₃);吡虫啉有效成分用量 37.5 g/hm² (高浓度, B₄)、15.0 g/hm² (低浓度, B₅)。第 1 次用药为 2009 年 8 月 10 日(2 龄期, C₁),第 2 次用药为 8 月 15 日(4 龄期, C₂),每个品种设置平行的对照(不用药)。接虫后用纱网罩住水泥池,当幼虫发育至蛹期,从水稻上将蛹剥出,待成虫羽化后配对放于罐头瓶中,用蜂蜜喂养 2 d,让成虫在瓶内产卵直至成虫死亡,并计录产卵总数。

1.3.2 田间试验 喷药处理、用药时间处理同“1.3.1”,将水 750 kg/hm² 均匀喷雾,小区面积 0.01 hm²。将老熟幼虫从田间采回室内饲养,待其羽化后配对,让成虫在瓶内产卵直至成虫死亡,并计录产卵总数。

1.4 选择性农药对蛹重和幼虫体重的影响

将采回的蛹在电子天平上(精确到 0.000 1 g)按个体称重,每处理重复 20 次。取采自田间的对照和 2 龄期喷雾处理后的 5 龄幼虫,在电子天平上(精确到 0.000 1 g)按个体称重,每处理重复 10 次。

1.5 激素含量的测定

1.5.1 蜕皮激素的测定 蜕皮激素(MH)测定方法根据惠玉虎等方法^[21]略有改进,取采自田间的对照和 2 龄期喷雾处理后的 5 龄幼虫,在电子天平上(精确到 0.000 1 g)按个体称重,每处理和对照重复 7 次。用匀浆器匀浆,加 95% 乙醇浸提,超声振荡 30 min,8 000 r/min 离心 5 min,提取上清液,重复 3 次,取上清液并合并,超低温保存备用。上机前用高纯 N₂ 吹干,用流动相 V_{乙腈}:V_水 = 75:25 定容,以高效液相色谱法测定,根据标准曲线查得蜕皮激素的含量。

1.5.2 保幼激素的测定 保幼激素测定方法根据戴华国等方法^[22]略有改进,取采自田间的对照和 2 龄期喷雾处理后的 5 龄幼虫,在电子天平上(精确到 0.000 1 g)按个体称重,每处理和对照重复 8 次。用匀浆器匀浆,加入一定量的提取液(1:1 甲醇乙醚混合液)充分研磨,转移全部液体,超声振荡 3 min 左右,加入一定量的正己烷继续超声振荡 10 min,8 000 r/min 离心 5 min,提取上清液,以正己烷提取离心 3 次,取上清液并合并,超低温保存备用。上机前用高纯 N₂ 吹干,用流动相 V_{乙腈}:V_水 = 75:25 定容,以高效液相色谱法测定,根据标准曲线查得保幼激素的含量,每个处理和对照 3 次重复。

1.6 数据处理

所有数据进行同质性检验后再分析^[23]。产卵数、幼虫体重、蛹重、激素滴度采用三因素方差分析,多重比较采用 PLSD 法^[24],当 P<0.05 表示平均数之间存在显著性差异。

2 结果与分析

2.1 2 种选择性农药对稻纵卷叶螟产卵量的影响

水泥池试验结果(表 1)表明,除 B₃C₂ 成虫产卵量比对照显著增加 94.6% 外,其他处理与对照差异均不显著[F = 0.86 < F_{0.05} = 1.92, df = (10,110)]。4 龄期施用扑虱灵的成虫产卵量比 2 龄期的成虫产卵量高 52.5%;但是,无论是 2 龄期施用吡虫啉还是 4 龄期施用吡虫啉,成虫产卵量与对照差异均不显著。

田间试验结果(表 1)表明,B₁C₁、B₂C₁ 组成虫产卵量显著高于对照 1 385.5%、2 042.1% [F = 2.18 > F_{0.05} = 1.95, df = (10,79)]。扑虱灵处理后的成虫产卵量高于吡虫啉处理后的成虫产卵量。2 龄期施用扑虱灵的成虫产卵量比 4 龄期的成虫产卵量高 94.8%,田间施用扑虱灵的龄期对稻纵卷叶螟成虫产卵的影响与水泥池的影响不同,这可能与大田的其他因素影响有关。2、4 龄期田间施用吡虫啉的成虫产卵量与对照差异均不显著。

表 1 2 种选择性农药对稻纵卷叶螟生殖的影响

处理组合	平均产卵量(粒/头)	
	田间	水泥池
B ₁ C ₁	107.7 ± 43.6a	66.2 ± 44.3ab
B ₁ C ₂	55.3 ± 73.4bc	77.1 ± 67.6ab
B ₂ C ₁	155.3 ± 68.2a	56.4 ± 67.3b
B ₂ C ₂	67.3 ± 136.9abc	91.1 ± 62.3ab
B ₃ C ₁	60.8 ± 118.5abc	61.0 ± 49.7ab
B ₃ C ₂	43.6 ± 59.3bc	111.7 ± 82.1a
B ₄ C ₁	29.4 ± 40.8bc	55.3 ± 98.3b
B ₄ C ₂	54.9 ± 121.8bc	48.4 ± 52.1b
B ₅ C ₁	6.5 ± 7.3c	71.5 ± 69.9ab
B ₅ C ₂	42.9 ± 81.8bc	55.5 ± 61.5b
CK	7.25 ± 7.6c	57.4 ± 37.3b

注:同列数据后标有不同的小写字母者表示在 5% 水平上差异显著。下同。

2.2 2 种选择性农药对稻纵卷叶螟幼虫发育和蛹重的影响

2.2.1 对幼虫生长发育的影响 田间试验结果(图 1)表明,在 2 龄期时,用扑虱灵中、高、低浓度处理后的幼虫平均体重分别比对照增加了 7.91%、3.42%、-2.58%;用吡虫啉低、高浓度处理后的幼虫平均体重分别比对照减少了 8.89%、11.13%。但是,无论是施用扑虱灵还是施用吡虫啉,稻纵卷叶螟 5 龄幼虫平均体重与对照差异均不显著。

2.2.2 对蛹重的影响 田间试验结果(表 2)表明,B₃C₁ 蛹重与对照相比显著增加[F = 1.08 < F_{0.05} = 1.87, df = (10,209)],其他处理与对照差异均不显著。水泥池试验结果(表 2)表明,除 B₃C₂ 与对照差异不显著外,所有处理组蛹重显著低于对照[F = 4.37 > F_{0.05} = 1.87, df = (10,209)]。田间试验与水泥池试验的结果不相同,可能与大田的其他影响因素有关。

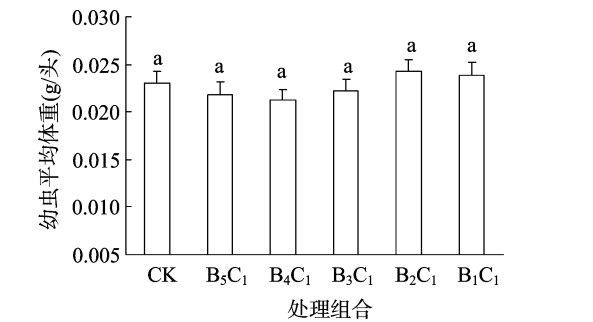


图1 田间施用的 2 种选择性农药对稻纵卷叶螟幼虫体重的影响

2.3 2 种选择性农药的使用对幼虫激素的影响

试验结果(表 3)表明,除了 180 g/hm² 扑虱灵处理的稻纵卷叶螟蜕皮激素含量显著高于对照外,其他处理与对照差异均不显著 [$F = 0.88 < F_{0.05} = 2.48, df = (5, 36)$]; 除了 37.5 g/hm² 吡虫啉处理的幼虫保幼激素含量与对照差异不显著外,其他处理的保幼激素含量均显著低于对照 [$F = 6.33 >$

表 2 田间和水泥池的 2 种选择性农药对稻纵卷叶螟蛹重的影响

处理组合	平均蛹重(g/头)	
	田间	水泥池
B ₁ C ₁	0.025 6 ± 0.001 59b	0.021 20 ± 0.002 38d
B ₁ C ₂	0.027 3 ± 0.002 14b	0.023 80 ± 0.001 94bc
B ₂ C ₁	0.026 5 ± 0.002 71b	0.022 90 ± 0.002 88c
B ₂ C ₂	0.026 3 ± 0.001 73b	0.023 83 ± 0.002 04bc
B ₃ C ₁	0.026 5 ± 0.002 71b	0.024 00 ± 0.002 80bc
B ₃ C ₂	0.026 2 ± 0.001 88b	0.025 20 ± 0.002 43ab
B ₄ C ₁	0.027 6 ± 0.002 74b	0.023 20 ± 0.002 21c
B ₄ C ₂	0.024 1 ± 0.002 39b	0.024 10 ± 0.002 36bc
B ₅ C ₁	0.037 3 ± 0.049 15a	0.023 90 ± 0.003 37bc
B ₅ C ₂	0.025 4 ± 0.002 06b	0.023 85 ± 0.002 68bc
CK	0.027 2 ± 0.002 06b	0.025 84 ± 0.002 85a

$F_{0.05} = 2.44, df = (5, 42)$]。农药处理后的蜕皮激素含量均比保幼激素含量高,其中 112.5、180 g/hm² 扑虱灵处理的蜕皮激素含量比保幼激素含量高 7 647.9%、1 793.3%;但是对照的蜕皮激素含量比保幼激素含量低 25.4%。

表 3 2 种选择性农药使用对稻纵卷叶螟激素含量的影响

农药	有效成分浓度 (g/hm ²)	保幼激素含量 (ng/g)	蜕皮激素含量 (ng/g)	蜕皮激素比 保幼激素高(%)
扑虱灵	180.0	0.016 90 ± 0.001 2c	1.309 40 ± 0.030 0a	7 647.9
扑虱灵	112.5	0.022 50 ± 0.001 6c	0.426 00 ± 0.070 0b	1 793.3
扑虱灵	60.5	0.014 20 ± 0.001 3c	0.015 10 ± 0.000 1b	6.3
吡虫啉	37.5	0.070 10 ± 0.006 2ab	0.286 99 ± 0.056 6b	309.6
吡虫啉	15.0	0.051 40 ± 0.003 1bc	0.094 00 ± 0.000 2b	82.9
CK		0.114 69 ± 0.008 0a	0.085 52 ± 0.000 1b	-25.4

3 结论与讨论

近年来稻纵卷叶螟的大猖獗,用传统的耕作制度、品种及水稻适宜生育期与稻纵卷叶螟的吻合分析结果很难解释。虽然这期间也大致能在中小尺度空间找出耕作制度、品种更换与稻纵卷叶螟发生程度的相关性,但总体来说近几年耕作制度并没有大范围实质性变化。在耕作制度基本稳定的情况下,也有学者从气候条件分析稻纵卷叶螟种群数量的变动^[2-5]。用气候条件来分析世代间或世代内种群变动有科学依据,或者说气候要素的脉冲效应可能影响某一世代或某一年害虫的发生,如 2003 年 7 月 15 日至 8 月 5 日的 22 d 内江苏泰州地区平均气温 29.3 ℃,比常年高 1.4 ℃,其中日最高温度超过 35 ℃的时间有 8 d,在这种特殊的高温天气条件下,该地区 3 代稻纵卷叶螟仍表现出“蛾多、卵多、虫多、危害重”的特点^[5]。但按以往的经验,该市 3 代稻纵卷叶螟发生期间,遇 35 ℃以上的高温天气时一般表现为“蛾多、卵少”或“卵多、虫少”。从大尺度背景来说,气候条件也很难解释这次螟虫大猖獗的原因。因此,螟虫猖獗可能有其他未发现的诱导因素,或是诱导因素与其他因素综合作用的结果。据报道,吡虫啉能刺激二点蚜(*Tetranychus urticae*)^[18]、三化螟繁殖^[19-20]。本研究结果表明,扑虱灵能刺激稻纵卷叶螟产卵,但田间试验和水泥池试验结果(表 1)不一致,这可能与大田的其他影响因素有关。

本研究结果还表明,在田间试验中用 2 种选择性农药处

理稻纵卷叶螟 2 龄幼虫后,稻纵卷叶螟 5 龄幼虫的平均体重与对照相比差异不显著(图 1),说明 2 药剂对幼虫的生长发育影响不明显。大田试验中除了 B₅C₁ 蛹重显著高于对照外,其他处理与对照差异均不显著。水泥池试验结果表明,除 B₃C₂ 与对照差异不显著外,其他所有处理蛹重显著低于对照(表 2)。田间试验与水泥池试验的蛹重不同,可能与大田的其他影响因素有关。农药处理对稻纵卷叶螟幼虫激素影响结果表明,除了 180 g/hm² 扑虱灵处理的 5 龄幼虫蜕皮激素含量显著高于对照外,其他处理与对照差异不显著;而保幼激素含量(除了 37.5 g/hm² 吡虫啉处理以外)显著低于对照(表 3)。产卵试验结果表明,扑虱灵能刺激稻纵卷叶螟繁殖可能与蜕皮激素和保幼激素有关,是否与幼虫体重和蛹重直接相关,还有待于进一步研究。Wang 等研究发现,在三化螟 2、4 龄期喷施扑虱灵和吡虫啉,其 5 龄幼虫体重、蛹和保幼激素含量显著高于对照,能刺激三化螟产卵^[20]。有研究报道,鳞翅目昆虫在预成虫或蜕皮后,卵黄原蛋白的合成受保幼激素和蜕皮激素的启动^[25]。

农田生态系统中引入农药后,除了对害虫产生直接的影响外,还必然通过影响系统中其他因子进而表现出对害虫的间接作用。药剂使用后影响水稻生理生化,即改变了植株营养而有益于稻纵卷叶螟的生长发育,使成虫产卵量增加。该途径在褐飞虱再猖獗研究中有过报道^[19,26-29]。有报道表明,植物体内糖含量高有利于二化螟的发生^[30-31]。害虫再猖獗是生产上面临的一个重大问题,其影响因素相当复杂。有关

农药诱导稻纵卷叶螟再猖獗的机制,本试验仅从药剂处理后对害虫部分生理生化指标的改变进行初步研究,是否与农药使用后稻株营养的改变有直接关系及其再猖獗的分子机制等还有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 祝增荣,商晗武,程家安,等. 甲胺磷对稻纵卷叶螟及其天敌的影响[J]. 植物保护,2000,26(4):7-9.
- [2] 李仲惺. 1995 年浙南早稻稻纵卷叶螟大发生及其原因探讨[J]. 昆虫知识,1997,34(2):65-66.
- [3] 许瑞秋. 1996 年稻纵卷叶螟大发生特点和原因分析[J]. 植保技术与推广,1997,17(3):14-15.
- [4] 朱凤生,陈海新,徐金妹,等. 1998 年稻纵卷叶螟大发生原因及防治对策[J]. 江苏农业科学,1999(3):40-42.
- [5] 高联义,吕友和,王建旻,等. 2003 年江苏中部地区稻纵卷叶螟大发生特点及其原因分析[J]. 植保技术与推广,2003,23(12):16-18.
- [6] Ressig W H, Heinrichs E A, Valencia S L. Insecticide - induced resurgence of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, on rice varieties with different level of resistance [J]. Environ Entomol, 1982, 11(1):165-168.
- [7] Chelliah S, Fabellar L T, Heinrichs E A. Effect of sub - lethal doses of three insecticides on the reproductive rate of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, on rice [J]. Environ Entomol, 1980, 9(6):778-781.
- [8] Chelliah S, Heinrichs E A. Factors affecting insecticide - induced resurgence of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* on rice [J]. Environmental Entomology, 1980, 9(6):773-777.
- [9] Heinrichs E A, Aquino G B, Chelliah S, et al. Resurgence of *Nilaparvata lugens* (Stål) populations as influenced by methods and timing of insecticide application in lowland rice [J]. Environ Entomol, 1982, 11(1):78-84.
- [10] 高春先,顾秀慧,贝亚维,等. 褐稻虱再猖獗原因的探讨[J]. 生态学报,1988,8(2):155-163.
- [11] 顾秀慧,贝亚维,邵义扬. 几种杀虫剂亚致死中量对褐稻虱生殖力影响的初报[J]. 昆虫知识,1984,21(6):276-279.
- [12] 王荫长,范加勤,田学志,等. 溴氰菊酯和甲胺磷引起稻飞虱再猖獗问题的研究[J]. 昆虫知识,1994,31(5):257-262.
- [13] 顾中言,韩丽娟,王 强,等. 农药导致稻飞虱再猖獗的生态机制及生态调控研究[J]. 华东昆虫学报,1997,6(1):87-92.
- [14] Ge L Q, Wu J C, Zhao K F, et al. Induction of *Nlrg* and suppression of *Nlrg* gene expression in *Nilaparvata lugens* (Stål) (Hemiptera: Delphacidae) adult females and males exposed to two insecticides [J]. Pestic Biochem Physiol, 2010, 98(2):269-278.
- [15] Ge L Q, Wang L P, Zhao K F, et al. Mating pair combinations of insecticide - treated male and female *Nilaparvata lugens* Stål (Hemiptera: Delphacidae) planthoppers influence protein content in the male accessory glands (MAGs) and vitellin content in both fat bodies and ovaries of adult females [J]. Pestic Biochem Physiol, 2010, 98(2):279-288.
- [16] Wang L P, Sheng J, Ge L Q, et al. Insecticide - induced increase in the protein content of male accessory glands and its effect on the fecundity of females in the brown planthopper *Nilaparvata lugens* Stål (Hemiptera: Delphacidae) [J]. Crop Prot, 2010, 29(11):1280-1285.
- [17] Jiang L B, Zhao K F, Wang D J, et al. Effects of different treatment methods of the fungicide jinggangmycin on reproduction and vitellogenin gene (*Nlvg*) expression in the brown planthopper *Nilaparvata lugens* Stål (Hemiptera: Delphacidae) [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2012, 102(1):51-55.
- [18] James D G, Price T S. Fecundity in twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) is increased by direct and systemic exposure to imidacloprid [J]. J Econ Entomol, 2002, 95(4):729-732.
- [19] 吴进才,王爱华,许俊峰,等. 两种选择性农药的使用对刺激三化螟产卵及水稻生化影响的研究[J]. 中国农业科学, 2003, 36(10):1163-1170.
- [20] Wang A H, Wu J C, Yu Y S, et al. Selective insecticide - induced stimulation on fecundity and biochemical changes in *Tryporyza incertulas* (Lepidoptera: Pyralidae) [J]. J Econ Entomol, 2005, 98(4):1144-1149.
- [21] 惠玉虎,张 立,李 健. RP-HPLC 法测定珍珠露水草提取物中蜕皮激素的含量[J]. 中草药,2002,33(5):426.
- [22] 戴华国,吴晓毅,武淑文. 褐飞虱体内保幼激素滴度变化及其与翅型分化的关系[J]. 昆虫学报,2001,44(1):27-32.
- [23] 莫惠栋. 农业试验统计[M]. 桂林:广西师范大学出版社,1992:108-109.
- [24] Snedecorn G W, Cochran W G. Statistical Methods [M]. 8th ed. Ames: Iowa Stat University Press, 1989.
- [25] 王荫长. 昆虫生物化学 [M]. 北京:中国农业出版社,2001:206-209.
- [26] 丁锦华,苏建亚. 农业昆虫学:南方本 [M]. 北京:中国农业出版社,2002:166.
- [27] 李汝泽,丁锦华,胡国文,等. 褐飞虱及其种群管理 [M]. 上海:复旦大学出版社,1997:65-66.
- [28] Wu J C, Xu J X, Yuan S Z, et al. Pesticide - induced susceptibility of rice to brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stål) [J]. Entomol Exper Appl, 2001, 100(1):119-126.
- [29] Wu J C, Xu J X, Yuan S Z, et al. Effects of herbicides on rice resistance and on multiplication and feeding of brown planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae) [J]. Inter J Pest Manag, 2001, 47(2):153-159.
- [30] 刘光杰,黄和平,谢秀芳,等. 早稻品种对二化螟的抗性及其生化基础研究[J]. 西南农业大学学报,1998,20(5):512-515.
- [31] 顾正远,肖英方,王益民. 水稻品种对二化螟抗性的研究[J]. 植物保护学报,1989,16(4):245-249.