

8 种药剂对紫花三叉白及主要害虫的田间防治效果

刘 棋^{1,2,3}, 董竞成¹, 成文章^{1,2}, 拜如霞⁴, 申 科^{1,2}, 蒋智林^{1,2,3*}

(1. 复旦大学中西医结合研究院传统药物比较研究所, 上海 200040; 2. 普洱学院, 普洱 665000; 3. 云南农业大学植物保护学院, 农业生物多样性与病虫害控制教育部重点实验室, 昆明 650201; 4. 云南省第一人民医院, 昆明 650032)

摘要 为明确不同药剂对白及上初次发现的两种重要害虫朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* 和棘跳虫 *Hypogastrura communis* 的防治效果, 筛选高效低毒的杀虫剂, 共使用 8 种药剂在普洱市白及规模化种植基地内进行了药剂试验。结果表明, 喷施 7 天后, 防治朱砂叶螨的 5 种药剂中, 20% 甲氰菊酯 EC 2 000 倍液的防效(91.4%)和速效性最优; 10% 阿维菌素 SG 10 000 倍的防效(84%)略低于 15% 吡虫啉 EC 2 000 倍(85.1%), 但无显著差异, 为次优; 5% 苦参碱 AS 6 250 倍液的防效(23.2%)和速效性均最差。防治棘跳虫的 5 种药剂中, 喷施 7 天后, 10% 阿维菌素 SG 10 000 倍液的防治效(97%)最优、5% 苦参碱 AS 6 250 倍液的防效(41%)最差; 5% 啶虫脒 EC 3 000 倍液的速效性最优, 70% 吡虫啉 WG 1 200 倍液的速效性最差。综合考量药剂对朱砂叶螨和棘跳虫的持效性、速效性及防治效果, 10% 阿维菌素 SG 10 000 倍液是普洱紫花三叉白及重要害虫防治的首选生物防治药剂。

关键词 白及; 主要害虫; 药剂防治

中图分类号: S435.672 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019057

Field control efficacies of eight pesticides to *Tetranychus cinnabarinus* and *Hypogastrura communis* on *Bletilla striata*

LIU Qi^{1,2,3}, DONG Jingcheng¹, CHENG Wenzhang^{1,2}, BAI Ruxia⁴, SHEN Ke^{1,2}, JIANG Zhilin^{1,2,3*}

(1. Institute of Comparative Study of Traditional Materia Medica, Institutes of Integrative Medicine, Fudan University, Shanghai 200040, China; 2. Pu'er University, Pu'er 665000, China; 3. Key Laboratory for Agricultural Biodiversity and Pest Management Ministry of Education, Plant Protection College, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 4. First People's Hospital of Yunnan Province, Kunming 650032, China)

Abstract To screen out pesticides of high potency and low toxicity for controlling the two major pests, *Tetranychus cinnabarinus* and *Hypogastrura communis*, first reported on *Bletilla striata* (Thunb.) Reichb. f., field trials of total 8 agents were conducted in the large-scale planting base in Pu'er. Among the five pesticides for controlling *T. cinnabarinus*, fenpropathrin 20% EC 2 000 times solution showed the highest last efficacy (91.4%) in the 7th day after treatment and the best fast-acting property. The control efficacy (84%) in the 7th day after treatment of abamectin 10% SG 10 000 times solution was slightly lower than that of pyridaben 15% EC 2 000 times solution with no significant difference, which were the suboptimal agents. Matrine 5% AS 6 250 times solution was the worst in terms of both the control efficacy (23.2%) and fast-acting property. Among the five pesticides tested for controlling *H. communis*, abamectin, 10% SG 10 000 times solution and matrine 5% AS 6 250 times solution showed the highest (97%) and lowest (41%) control efficacies in the 7th day after treatment, respectively; while acetamiprid 5% EC 3 000 times solution and imidacloprid 70% WG 1 200 times solution were of the best and worst fast-acting properties, respectively. Based on the persistence, fast-acting property and efficacy, the biopesticide abamectin 10% SG 10 000 times solution could be recommended as the first current choice for controlling both of *T. cinnabarinus* and *H. communis* in the *B. striata* plantation in Pu'er.

Key words *Bletilla striata*; major pest; chemical control

收稿日期: 2019-01-31

修订日期: 2019-04-01

基金项目: 云南省中青年学术与技术带头人后备人才项目(2014HB027); 中国科学院西部之光青年学者项目(科发人函字[2016]84号); 普洱市科技局科技计划项目(2014kjxm01); 普洱学院创新团队项目(CYTD005); 国家自然科学基金(31360456)

* 通信作者 E-mail: zhilin_jiang@126.com

紫花三叉白及 *Bletilla striata* (Thunb.) Reichb. f. 属兰科白及属, 又名连及草、紫兰、紫蕙、百笠, 主要分布于云南、贵州、四川、广西和浙江, 安徽、湖北和湖南亦有少量种植^[1]。紫花三叉白及具有入肺止血、生肌敛疮的功效, 其生肌治疮为外科最善^[2]。近些年来, 由于野外生境受到严重破坏和过度采挖, 野生白及资源量急剧减少。国内对于白及尤其是对紫花三叉白及的需求供不应求, 为缓解紫花三叉白及资源日益枯竭, 保护野生资源和人工规模化种植显得尤为重要。但在人工种植过程当中, 害虫的发生与为害严重影响紫花三叉白及的产量与品质, 成为制约云南白及产业优质、高产栽培的重要隐患之一。而笔者在开展本研究的前期调查中发现两种为害紫花白及的重要害虫朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* 和棘跳虫 *Hypogastrura communis*^[3]。朱砂叶螨数量较大, 危害较严重, 主要为害白及叶片, 吸食靠近地表的叶片汁液, 咬食地表根系, 造成叶片失绿、失活, 根系形成缺口^[4]。而棘跳虫对白及的主要危害是大面积传播病毒和使其感染煤污病, 雨季多湿多潮的条件下为害尤甚, 对白及造成严重损失。因而亟需筛选合适的防治药剂和方法控制朱砂叶螨和棘跳虫为害。

目前, 中药产业病虫害防治依然主要依靠化学防治, 而乱用、滥用农药会导致中药材质量和安全性降低, 并对农田环境及周围环境造成污染, 降低农田的生物多样性, 抑制有益生物种群, 不利于绿色农业发展^[4]。结合绿色农业病虫害综合防治方法, 优先采用低毒低残留低污染农药, 保护中药材的质量及产量, 对我国的中药产业可持续发展具有深远意义。为此, 本研究在对普洱紫花三叉白及规模化种植基地内主要害虫种类的系统调查基础上, 针对两种新发现的主要害虫朱砂叶螨和棘跳虫, 分别选择 5 种 (共计 8 种) 市场和生产实践中推荐使用的药剂进行药剂种类和浓度田间筛选试验, 从中选出防效最佳药剂和施用浓度, 为紫花三叉白及病虫害的防控生产实践提供理论和技术参考。

1 材料与方法

1.1 供试药剂

药剂选择主要依据市场和当地生产实践中所推荐的农药, 浓度设置依据所用药剂推荐的最大、最小浓度, 设置为高、中、低 3 个浓度梯度, 中间浓度为最大最小浓度的中间值。具体药剂的选择及其试验所用浓度见表 1 和表 2。

表 1 朱砂叶螨防治药剂
Table 1 Pesticides for controlling *Tetranychus cinnabarinus*

药剂名称 Pesticide	药剂稀释倍数/倍 Dilution multiple	商品名称 Trade name	生产厂家 Manufacturer
15%啞螨灵 EC pyridaben 15% EC	2 000、2 250、2 500	金果园	浙江永农生物科学有限公司
20%甲氰菊酯 EC fenpropathrin 20% EC	2 000、2 500、3 000	佳友灭扫利	江门大光明农化新会有限公司
22%阿维·螺螨酯 SC abamectin·spirodiclofen 22% SC	4 000、5 000、6 000	福喜旺	江西众和化工有限公司
10%阿维菌素 SG abamectin 10% SG	10 000、15 000、20 000	无线电	山东济南绿霸农药有限公司
5%苦参碱 AS matrine 5% AS	5 000、5 625、6 250	大巨立	陕西恒田化工有限公司

表 2 棘跳虫防治药剂
Table 2 Pesticides for controlling *Hypogastrura communis*

药剂名称 Pesticide	药剂稀释倍数/倍 Dilution multiple	商品名称 Trade name	生产厂家 Manufacturer
5%啞虫脒 EC acetamiprid 5% EC	3 000、4 000、5 000	横斩	山东瑞星生物有限公司
4.5%高效氯氟菊酯 EC beta-cypermethrin 4.5% EC	1 000、1 500、2 000	地虎蚕杀	山东淄博绿晶农药有限公司
70%吡虫啉 WG imidacloprid 70% WG	1 000、1 200、1 500	稀巧	山东济南绿霸农药有限公司
10%阿维菌素 SG abamectin 10% SG	10 000、15 000、20 000	无线电	山东济南绿霸农药有限公司
5%苦参碱 AS matrine 5% AS	5 000、5 625、6 250	大巨立	陕西恒田化工有限公司

1.2 试验地点

试验地点选择在云南省普洱市思茅区倚象镇渔塘村紫花三叉白及规模化种植基地, 试验区面积约 6 000 m²。土质主要为砂质壤土, 有机质含量大约在 1.0%~1.5%, 试验区植株均为同时期栽种。基

地试验区控制人工干扰以保证试验的准确性。

1.3 试验处理与方法

针对朱砂叶螨和棘跳虫分别使用 5 种药剂、3 个不同浓度 (高、中、低) 进行处理, 以清水处理为对照, 每处理重复 3 次, 随机排列。针对害虫习性和

喜食部位,使用“农稼乐”牌八角背负式喷雾器进行喷施,小区试验药液用量为 750 kg/hm²,选择当日天气晴朗,近期无雨时间进行喷药处理。每处理小区随机 5 点取样,每点抽取 5 株,计算虫口密度。

1.4 数据处理与统计分析

分别于药后 4 h,1,3,5,7 d 统计残余活虫数,并计算虫口减退率和防治效果,所得试验数据采用 SPSS 17.0 软件进行方差分析。具体计算公式如下:

虫口减退率=(施药前虫口密度-施药后虫口密度)/施药前虫口密度×100%;

防治效果=(处理区虫口减退率-对照区虫口减退率)/(1-对照区虫口减退率)×100%。

2 结果与分析

2.1 供试药剂对朱砂叶螨防治效果

由表 3 可见,5 种药剂均是最高浓度对朱砂叶

螨的防效最好。10%阿维菌素 SG 10 000 倍液施药后 4 h 至第 3 天,防效持续升高,至第 3 天防效达 92.4%,第 5 天开始小幅下降,防效为 91.9%,第 7 天下降到 84%;表明其速效性相对较低,但是持效性较好。15%哒螨灵 EC 3 种不同浓度处理均在第 1 天达到最高防效(分别为 93.9%、93.9%和 81.9%),但之后的防效逐渐降低,第 7 天防效最低,说明其速效性强,但是持效性相对较差。20%甲氰菊酯 EC 3 种不同浓度处理,2 000 倍液喷药 4 h 与 1 d 的防效均达 100%,之后防效下降,但均在 90%以上,速效性与持效性均优于其他 4 种药剂。22%阿维·螺螨酯 SC 也具有同样的稳定性特点,浓度为 4 000 倍时,喷药后 4 h 至 5 d 内防效稳定在 81%~89%,第 7 天略有降低,为 75.2%。5%苦参碱 AS 3 种浓度处理,防效均低于其他药剂,第 7 天防效分别为 34.3%、25.5%、23.2%,对白及朱砂叶螨的防治效果很差。

表 3 5 种药剂对朱砂叶螨的防治效果

Table 3 Control effects of 5 pesticides on *Tetranychus cinnabarinus*

处理 Treatment	稀释 倍数/倍 Dilution multiple	虫口密度/ 头· (25 株) ⁻¹ Population density	4 h		1 d		3 d		5 d		7 d	
			减退 率/% Reduction rate	防效/% Control efficacy	减退 率/% Reduction rate	防效/% Control efficacy	减退 率/% Reduction rate	防效/% Control efficacy	减退 率/% Reduction rate	防效/% Control efficacy	减退 率/% Reduction rate	防效/% Control efficacy
10%阿维菌素 SG abamectin 10% SG	10 000	14	78.6	79.7	85.7	87.1	92.8	92.4	92.8	91.9	85.7	84.0
	15 000	13	76.9	78.1	69.2	72.1	69.2	67.5	53.8	48.4	69.2	65.6
	20 000	15	66.7	68.4	73.3	75.8	66.7	64.8	60.0	55.3	60.0	55.3
5%苦参碱 AS matrine 5% AS	5 000	17	58.8	60.9	52.9	57.4	41.2	37.9	41.2	34.3	41.2	34.3
	5 625	15	53.3	55.7	40.0	45.7	33.3	29.6	40.0	32.9	33.3	25.5
	6 250	16	50.0	52.5	37.5	43.4	37.5	34.0	31.3	23.2	31.3	23.2
15%哒螨灵 EC pyridaben 15% EC	2 000	15	93.3	93.6	93.3	93.9	93.3	92.9	80.0	77.7	86.7	85.1
	2 250	15	93.3	93.6	93.3	93.9	86.7	85.9	86.7	85.1	80.0	77.7
	2 500	15	86.7	87.4	80.0	81.9	80.0	78.9	86.7	85.1	80.0	77.7
20%甲氰菊酯 EC fenpropathrin 20% EC	2 000	13	100.0	100.0	100.0	100.0	92.3	91.9	92.3	91.4	92.3	91.4
	2 500	16	81.3	82.2	87.5	88.7	87.5	86.8	81.3	79.1	87.5	86.0
	3 000	17	76.5	77.7	82.4	84.1	82.4	81.4	76.5	73.7	76.5	73.7
22%阿维·螺螨酯 SC abamectin· spirodiclofen 22% SC	4 000	18	83.3	84.1	83.3	84.9	88.9	88.3	83.3	81.3	77.8	75.2
	5 000	20	70.0	71.5	70.0	72.9	75.0	73.6	75.0	72.1	65.0	60.9
	6 000	14	57.1	59.3	50.0	54.8	64.3	62.3	50.0	44.1	42.9	36.2
CK	—	19	-5.3	—	-10.5	—	5.3	—	10.5	—	10.5	—

方差分析结果(表 4)表明:5 种药剂防治朱砂叶螨的最优浓度分别为 20%甲氰菊酯 EC 2 000 倍、10%阿维菌素 SG 10 000 倍、15%哒螨灵 EC 2 000 倍、22%阿维·螺螨酯 SC 4 000 倍和 5%苦参碱 AS 5 000 倍。20%甲氰菊酯 EC 2 000 倍的防效最高,达到 94.94%,与 10%阿维菌素 SG 10 000 倍、15%哒螨灵 EC 2 000 倍、22%阿维·螺螨酯 SC

4 000 倍、5%苦参碱 AS 5 000 倍处理间的防效差异显著。5%苦参碱 AS 6 250 倍处理的平均防效则最差,为 35.26%。

最终防效依次为:20%甲氰菊酯 EC 2 000 倍>15%哒螨灵 EC 2 000 倍>10%阿维菌素 SG 10 000 倍>22%阿维·螺螨酯 SC 4000 倍>5%苦参碱 AS 5 000 倍。

表 4 5 种药剂防治朱砂叶螨最优浓度平均防效的方差分析

Table 4 Variance analysis of average control efficacies of five pesticides to *Tetranychus cinnabarinus*

处理 Treatment	最优稀释倍数/倍 Optimal dilution multiple	平均防效/% Average control efficacy	5%差异显著性 5% significant difference
10%阿维菌素 SG abamectin 10% SG	10 000	87.02	ab
5%苦参碱 AS matrine 5% AS	5 000	44.96	c
15%啉螨灵 EC pyridaben 15% EC	2 000	88.64	ab
20%甲氰菊酯 EC fenpropathrin 20% EC	2 000	94.94	a
22%阿维·螺螨酯 SC abamectin·spirodiclofen 22% SC	4 000	82.76	b

2.2 供试药剂对棘跳虫防治效果

从试验结果(表 5)可知,5 种药剂均是最高浓度对棘跳虫的防效最好。5%啉虫脒 EC 3 000 倍液与 4.5%高效氯氰菊酯 EC 1 000 倍液速效性好,施药后 4 h,防效分别达到 92.2%和 91.9%,施药后 1 d 的防效分别为 89.8%、92.9%。且 4.5%高效氯氰菊酯 EC 1 000 倍液的持效性较好,施药后 4 h 至第 7 天的防效基本保持在 90%以上。10%阿维菌素 SG 10 000 倍液施药后 4 h 的防效达到 86.9%,速效

性较 4.5%高效氯氰菊酯 EC 1 000 倍液略低,防效从药后 1 d 开始逐渐升高,药后 7 d 的防效达 97%,表现出优良的持效性与防治效果。70%吡虫啉 WG 1 000 倍液施药后防效呈持续增长趋势,施药后第 7 天的防效为 75%。10%阿维菌素 SG 15 000 倍液也具有较好的稳定性,施药后 4 h 防效略低,为 71.2%,药后 1 d 至药后 7 d 防效稳定在 76.9%~85.3%。5%苦参碱 AS 3 种浓度处理均表现出稳定性较好的特点,缺点则是防治效果较差。

表 5 5 种药剂对棘跳虫的防治效果

Table 5 Control effects of 5 pesticides on *Hypogastrura communis*

处理 Treatment	稀释 倍数/倍 Dilution multiple	虫口密度/ 头· (25 株) ⁻¹ Population density	4 h		1 d		3 d		5 d		7 d	
			减退 率/% Reduction rate	防效/% Control efficacy	减退 率/% Reduction rate	防效/% Control efficacy	减退 率/% Reduction rate	防效/% Control efficacy	减退 率/% Reduction rate	防效/% Control efficacy	减退 率/% Reduction rate	防效/% Control efficacy
5%啉虫脒 EC acetamiprid 5% EC	3 000	27	92.5	92.2	88.9	89.8	81.5	82.9	77.8	81.1	81.5	82.3
	4 000	19	78.9	77.9	73.7	75.8	68.4	70.9	57.9	64.1	63.2	64.7
	5 000	23	69.6	68.2	69.6	72.0	52.2	55.9	43.5	51.9	43.5	45.8
4.5%高效氯氰菊酯 EC <i>beta</i> -cypermethrin 4.5% EC	1 000	26	92.3	91.9	92.3	92.9	88.5	89.4	88.5	90.2	92.3	92.6
	1 500	26	80.8	79.9	80.8	82.3	84.6	85.8	76.9	80.3	80.8	81.6
	2 000	22	68.2	66.8	59.1	62.3	50.0	53.9	63.6	69.0	59.1	60.8
70%吡虫啉 WG imidacloprid 70% WG	1 000	23	52.2	50.1	56.5	59.9	69.6	72.0	65.2	70.4	73.9	75.0
	1 200	28	50.0	47.8	53.5	57.2	57.1	60.5	64.3	69.6	71.4	72.6
	1 500	23	52.2	50.1	47.8	51.9	56.5	59.9	47.8	55.5	47.8	49.9
10%阿维菌素 SG abamectin 10% SG	10 000	32	87.5	86.9	90.6	91.3	93.8	94.3	90.6	92.0	96.9	97.0
	15 000	29	72.4	71.2	79.3	80.9	79.3	80.9	82.8	85.3	75.9	76.9
	20 000	24	54.1	52.0	58.3	61.6	66.7	69.3	70.8	75.1	58.3	60.0
5%苦参碱 AS matrine 5% AS	5 000	24	79.2	78.3	66.7	69.3	75.0	76.9	75.0	78.7	66.7	68.1
	5 625	16	68.7	67.3	62.5	65.5	56.3	59.8	62.5	67.7	56.3	58.1
	6 250	26	61.5	59.8	50.0	53.9	50.0	53.9	46.2	54.2	38.5	41.0
CK	—	23	4.3	—	—8.6	—	—8.6	—	—17.4	—	—4.3	—

方差分析(表 6)结果表明:5 种药剂中 10%阿维菌素 SG 10 000 倍防效最高,平均防效达到 92.30%,与 4.5%高效氯氰菊酯 EC 1 000 倍处理的防效差异不显著,与其他处理的防效均有显著差异。5%苦参

碱 AS 6 250 倍的平均防效最差,为 52.56%。
最终防效为:10%阿维菌素 SG 10 000 倍>4.5%
高效氯氰菊酯 EC 10 00 倍>5%啉虫脒 EC 3 000 倍>
5%苦参碱 AS 5 000 倍>70%吡虫啉 WG 1 000 倍。

表 6 5 种药剂防治棘跳虫最优浓度平均防效的方差分析

Table 6 Variance analysis of average control efficacies of five pesticides to *Hypogastrura communis*

处理 Treatment	稀释倍数/倍 Dilution multiple	平均防效/% Average control efficacy	5%差异显著性 5% significant difference
5%啮虫脒 EC acetamiprid 5% EC	3 000	85.66	ab
4.5%高效氯氰菊酯 EC <i>beta</i> -cypermethrin 4.5% EC	1 000	91.40	a
70%吡虫啉 WG imidacloprid 70% WG	1 000	65.48	d
10%阿维菌素 SG abamectin 10% SG	10 000	92.30	a
5%苦参碱 AS matrine 5% AS	5 000	74.26	cd

3 讨论

病虫害防治一直以来都是中国中药材生产的重点和难点问题^[27]。化学农药防治依然是中药材害虫防治的主要手段,但不当和滥用化学农药会带来抗药性、残留和害虫再猖獗等严重问题。因此,针对中药材的病虫害防治,应从根本上坚持“综合防治,绿色植保”的理念,筛选防治药剂应以低毒、低残留、高效为前提,在建议浓度下,调整浓度梯度,进行最佳药剂、最佳浓度筛选。本研究开展的防治药剂筛选试验针对普洱紫花三叉白及上的两种主要害虫朱砂叶螨和棘跳虫进行。以前针对紫花三叉白及虫害的研究,除部分专家对贵州规模化种植白及基地进行了病虫害调查研究外^[5-6],主要集中在白及的组培^[7-9]、成分药理作用^[10-12]等方面,而对紫花三叉白及病虫害的发生及防治的研究极少。之前的研究发现朱砂叶螨的寄主范围广泛,但未有为害白及的报道。而对棘跳虫科 Onychiuridae 害虫的研究发现,棘跳虫多在蔬菜^[13-15]及食用菌^[16-17]上发生,并因携带病原生物,往往伴随发生病害^[18],主要依靠化学药剂进行防治。在中药材上则有棘跳虫为害中药材天麻的研究报道^[19-20],但尚未有为害紫花三叉白及其防治的报道。而笔者新近调查发现,朱砂叶螨和棘跳虫在紫花白及上大量发生,造成严重危害,故而选用 8 种市场上常用和推荐药剂开展最佳药剂和浓度筛选试验。

本研究的结果表明,防治朱砂叶螨药效较理想的有 15%啮螨灵 EC 2 000 倍液、20%甲氰菊酯 EC 2 000 倍液、10%阿维菌素 SG 10 000 倍液,前两种药剂速效性较好,阿维菌素则是持效性较好。但甲氰菊酯毒性及残留较高,不易降解,且近几年农业实际生产中用量较大,容易导致叶螨类害虫产生抗性,不建议在普洱紫花三叉白及栽培中使用。防治棘跳虫药效较理想的有 4.5%高效氯氰菊酯 EC 1 000 倍液与 10%阿维菌素 SG 10 000 倍液,但两种药剂只适用于防治害虫本身,对于害虫造成的病毒病害防治效果则

不明显,在实际生产中应配合病毒防治药剂共同使用,效果更佳。高效氯氰菊酯属于中毒性农药,在白及生产栽培中是否会影响白及药品的品质及农残问题有待进一步研究,而阿维菌素作为新型生物防治药剂,降解快、残留低且对白及品质无直接影响,更适用于现代绿色农业生产要求。综上所述,10%阿维菌素 SG 10 000 倍液可同时高效安全防治朱砂叶螨和棘跳虫,是 8 种供试药剂中的最佳药剂和浓度。

其次,试验结果表明,多数药剂表现出药后防效随时间推移呈下降的趋势,与试验时处于普洱多雨季节及多数药剂采用乳油剂型有一定关系,乳油具有易挥发的特性,导致药效在用药一定时间后呈下降的趋势。苦参碱对于两种害虫防治效果均一般,分析原因为用药浓度较低,且普洱地区雨水较多,使用的是水剂等因素致使防治效果不理想。虽然对白及具有污染小、残留低、基本无害的特点,但是鉴于防治效果太低,需进一步试验研究提高苦参碱防治效果的方法。

参考文献

[1] 张永为,蒋福升,王寅,等. 白及产业现状及可持续发展的探讨[J]. 中华中医药学刊,2012,30(10):2264-2267.

[2] 胡峻,乔晶,刘爽,等. 白芨的资源学研究[C]//中国商品学会. 第四届中国中药商品学术大会暨中药鉴定学科教学改革与教材建设研讨会论文集. 中国商品学会,2015:13.

[3] 刘棋. 普洱紫花三叉白及园节肢动物群落结构及主要害虫防治研究[D]. 昆明:云南农业大学,2017.

[4] 韦柳妮. 靖西县烟田节肢动物群落结构及其动态研究[D]. 南宁:广西大学,2014.

[5] 曾令祥,杨琳,陈娅娅,等. 贵州中药材白及病虫害种类的调查与综合防治[J]. 贵州农业科学,2012(7):106-108.

[6] 魏进,周玮,李汶锟. 贵州省白及病虫害种类调查与防治分析[J]. 现代农业科技,2015(21):150-151.

[7] 林伊利,李伟平,马丹丹,等. 白及组培快繁的实验研究[J]. 中华中医药学刊,2012(2):336-339.

[8] 李小泉,赵志国,龚庆芳,等. 白及组培苗和分株苗植株的农艺性状和品质比较研究[J]. 中药材,2015(12):2476-2479.

- [31] 洗晓青, 张桂芬, 刘万学, 等. 世界性入侵害虫番茄潜麦蛾入侵我国的风险分析[J]. 植物保护学报, 2019, 46(1): 49-55.
- [32] 中商情报网. 中国番茄加工行业现状研究分析[EB/OL]. (2013-08-13)[2019-02-10]. <http://www.askci.com/news/201308/13/131403033111.shtml>.
- [33] 中国日报网. 2017年中国出口番茄酱情况分析[EB/OL]. (2017-12-29)[2019-02-10]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1588083521510977518&wfr=spider&for=pc>.
- [34] 搜狐网. 云南蔬菜在全国的地位和作用[EB/OL]. (2017-09-23)[2019-02-10]. https://www.sohu.com/a/194066297_721269.
- [35] 搜狐网. 一图带你看懂云南番茄产业布局[EB/OL]. (2018-11-20)[2019-02-10]. http://www.sohu.com/a/276793344_656712.
- [36] 中商情报网. 2017年中国番茄出口数据分析: 云南出口量最多[EB/OL]. (2018-02-21)[2019-02-10]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1593000204245534799&wfr=spider&for=pc>.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 247 页)

- [21] 肖汉祥, 刘明津, 李燕芳, 等. 广东稻区褐飞虱对烯啶虫胺和吡虫啉的敏感性测定[J]. 环境昆虫学报, 2017, 39(6): 1369-1373.
- [22] 张欧, 王京安, 顾辉, 等. 湖北省稻飞虱抗药性试验研究[J]. 湖北植保, 2018(5): 11-12.
- [23] 余慧灵, 向兴, 袁贵鑫, 等. 溴氰虫酰胺亚致死剂量对甜菜夜蛾生长发育及体内解毒酶活性的影响[J]. 昆虫学报, 2015, 58(6): 634-641.
- [24] 倪珏萍. 褐飞虱室内活性测定法的优化与应用[J]. 药科学与管理, 2007, 28(8): 36-41.
- [25] BAN Lanfeng, ZHANG Shuai, HUANG Ziyang, et al. Resistance monitoring and assessment of resistance risk to pymetrozine in *Laodelphax striatellus* (Hemiptera: Delphacidae) [J]. Journal of Economic Entomology, 2012, 105(6): 2129-2135.
- [26] ZHANG Kai, ZHANG Wei, ZHANG Shuai, et al. Susceptibility of *Sogatella furcifera* and *Laodelphax striatellus* (Hemiptera: Delphacidae) to six insecticides in China [J]. Journal of Economic Entomology, 2014, 107(5): 1916.
- [27] ZHANG Xiaomin, TAO Yunli, CHI H, et al. Adaptability of small brown planthopper to four rice cultivars using life table and population projection method[J/OL]. Scientific Reports, 2017, 7: 42399.
- [28] 庞雄飞. 种群数量控制指数及其应用[J]. 植物保护学报, 1990, 17(1): 11-16.
- [29] LIU Zewen, HAN Zhaojun. Fitness costs of laboratory-select-

ed imidacloprid resistance in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) [J]. Pest Management Science, 2010, 62(3): 279-282.

- [30] 刘泽文, 韩召军, 王荫长. 褐飞虱抗有机磷品系的交互抗性及其适合度研究[J]. 南京农业大学学报, 2001, 24(4): 37-40.
- [31] 李建, 周彩荣, 余永红. 新烟碱类杀虫剂——Nitenpyram [J]. 河南化工, 2004(8): 4-6.
- [32] WANG Yanhua, CHEN Jin, ZHU Yucheng, et al. Susceptibility to neonicotinoids and risk of resistance development in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae) [J]. Pest Management Science, 2008, 64(12): 1278-1284.
- [33] 孙慧, 杨春河. 新型杀虫剂烯啶虫胺[J]. 精细与专用化学品, 2009, 17(11): 16-18.
- [34] 刘玉坤, 陈宇, 席春虎. 5种药剂对稻飞虱防治效果评价[J]. 安徽农学通报, 2018, 24(8): 57.
- [35] 汤爱兵. 溴氰菊酯对稻褐飞虱繁殖力的影响[J]. 江西植保, 2007, 30(2): 70-71.
- [36] WANG Pan, ZHOU Lilin, YANG Fan, et al. Sublethal effects of thiamethoxam on the demographic parameters of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) [J]. Journal of Economic Entomology, 2017, 110(4): 1750-1754.
- [37] 刘淑华, 杨保军, 刘双, 等. 亚致死剂量吡虫啉和吡蚜酮对褐飞虱生物适合度的影响[J]. 中国水稻科学, 2012, 26(3): 361-364.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 280 页)

- [9] 李伟平. 新型白及组培快繁体系的建立及总酚含量测定研究[D]. 杭州: 浙江中医药大学, 2013.
- [10] 赵艳霞, 邓雁如, 张晓静, 等. 白及属药用植物化学成分及药理作用研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2013(8): 1137-1145.
- [11] 汤逸飞, 阮川芬, 应晨, 等. 白及属植物化学成分与药理作用研究进展[J]. 中草药, 2014(19): 2864-2872.
- [12] 孙爱静, 庞素秋, 王国权. 中药白及化学成分与药理活性研究进展[J]. 环球中医药, 2016(4): 507-511.
- [13] 梅再胜, 吕晓妮, 徐天鹏, 等. 茶树菇栽培过程中的七个主要问题及防治技术[J]. 科学种养, 2016(11): 33-34.
- [14] 龙开道. 棘跳虫在百合上的发生规律及防治技术初探[J]. 中国植保导刊, 2004, 24(9): 5-7.

- [15] 刘永清, 龙开道. 芋田棘跳虫的发生特点及防治技术[J]. 中国植保导刊, 2005(8): 19-20.
- [16] 菇讯. 杏鲍菇菇疣跳虫防治技术[J]. 农家之友, 2015(12): 57.
- [17] 朱富春. 食用菌跳虫的发生规律及综合防治措施[J]. 食用菌, 2012(5): 310-311.
- [18] 曹丹丹. 松材线虫病死木隐翅虫及其与寄主间化学信息联系机制研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2014.
- [19] 吴才祥. 跳虫对天麻的危害与防治[J]. 中国食用菌, 2001(4): 21-22.
- [20] 梁玉勇, 田战强. 微孔防虫膜防治天麻跳虫为害的试验[J]. 食用菌, 2009(2): 64-65.

(责任编辑: 杨明丽)