

5 种杀虫剂对苹果绵蚜的田间防效和安全性综合评价

李金章¹, 张彦山², 马杰^{2*}, 豆丽萍², 何博², 付镇芳²

(1. 甘肃省庆阳市农业技术推广中心, 庆阳 745000; 2. 甘肃省庆阳市农业科学研究院, 庆阳 745000)

摘要 本文应用主成分分析法,通过防治效果、速效性、持久性、预测死亡率、检出率、急性膳食摄入风险和慢性膳食摄入风险 7 个指标,从田间防效和安全性两方面对 5 种杀虫剂的田间应用效果进行了分析和综合评价。结果表明:7 个田间防效和安全性综合评价指标可转化为安全性因子、防效因子和速效性因子 3 个主成分。综合评价价值从高到低依次为:2%阿维菌素乳油>20%吡虫啉乳油>10%氯氰菊酯乳油>40%毒死蜱乳油>5%啶虫脒可湿性粉剂;2%阿维菌素乳油安全性高、防效好,是防控苹果绵蚜的理想药剂。

关键词 苹果绵蚜; 杀虫剂; 残留; 综合评价; 田间防效

中图分类号: S 482.2 **文献标识码:** B **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2017.05.034

Comprehensive evaluation of the control effect on apple aphid and safety of 5 insecticides

Li Jinzhang¹, Zhang Yanshan², Ma Jie², Dou Liping², He Bo², Fu Zhenfang²

(1. Agricultural Technology Extension Center of Qingyang, Gansu 745000, China;

2. Qingyang Academy of Agricultural Sciences, Gansu 745000, China)

Abstract In this paper, the field effect and safety of five kinds of insecticides were analyzed and evaluated comprehensively through the control effect, rapid availability, persistence, mortality (prediction), detection rate, acute risk and chronic risk by using membership function and factor analysis. The results showed that the seven comprehensive evaluation indexes of field control efficacy and safety could be transformed into three main components of safety factor, control factor and rapid availability factor. The comprehensive evaluation values were as follows: 2% abamectin EC > 20% imidacloprid EC > 10% cypermethrin EC > 40% chlorpyrifos EC > 5% acetamiprid WP. 2% abamectin EC is the best pesticide for controlling apple aphid because of its high safety and good control effect.

Key words apple aphid; pesticide; residue level; comprehensive evaluation; field effect

苹果绵蚜 *Eriosoma lanigerum* (Hausmann) 属半翅目瘿绵蚜科 Pemphigidae, 是近年传入甘肃省庆阳市的检疫性害虫之一。在苹果绵蚜吸取树液的部位(干、枝及根部)大多形成瘤状体^[1-2], 阻碍果树养分正常输导, 影响树体和果实的生长发育, 极易造成树势衰退和果实品质降低。

根据笔者近几年的调查, 苹果绵蚜在庆阳市一年有两次明显的发生高峰, 分别为 6 月上旬至 7 月上旬、9 月下旬至 10 月下旬。此结果与文献^[1-2]报道基

本一致, 但因各地气候类型、寄主物候期等不同, 苹果绵蚜在周年发生为害高峰期出现时段上略有差异。

目前, 该虫防治以化学防治为主, 化学药剂一方面会引起害虫产生抗药性; 另一方面会产生农药残留, 不利于果品质量的提高和产业竞争力的提升。苹果的农药残留^[3-5]问题已成为影响苹果贸易的主要因素, 以往对苹果绵蚜防控药品的筛选仅从防治效果^[6-7]考虑, 忽略了对药剂安全性的评价。本研究选取了生产中普遍应用的 5 种高效、低毒杀虫剂进

行了防效和安全性综合评价,以期筛选出适合陇东旱塬区应用的安全、高效药剂。

1 材料与方法

1.1 供试药剂

5%啶虫脒可湿性粉剂,河北威远生物化工股份有限公司;40%毒死蜱乳油,江苏宝灵化工股份有限公司;10%氯氰菊酯乳油,江苏宝灵化工股份有限公司;20%吡虫啉乳油,江苏克胜集团股份有限公司;2%阿维菌素乳油,深圳诺普信化工股份有限公司。

1.2 试验地概况

试验在甘肃省庆阳市合水县西华池镇孙家寨沟村宋堡子小村刘某果园内进行,果园面积3 300 m²,苹果树275株,平均树高3.3 m、冠幅6.3 m,树龄15年,株行距4 m×5 m,药前平均虫口密度为153.4块/株。果园土壤肥力中等,栽植品种为‘长富2号’,栽培管理水平中等,果树长势良好。

1.3 试验设计

根据药品推荐的剂量,试验设5%啶虫脒可湿性粉剂3 000倍液,40%毒死蜱乳油1 500倍液,10%氯氰菊酯乳油2 000倍液,20%吡虫啉乳油3 500倍液,2%阿维菌素乳油2 000倍液和清水对照共6个处理,各处理设3个重复,每3株树为1个小区,共18个小区,随机区组排列。于2016年6月7日使用“圣鲁牌”WFB-18AC型汽油高压自动喷雾器施药。喷雾器工作压力为2.0~3.5 MPa。施药时,使树冠内主干、主枝、枝条、叶片和根部萌蘖全部均匀着药至淋洗状态。各处理每次平均用药量约5 L/株。

1.4 防效调查时间和方法

施药前调查绵蚜群落基数,施药后第3、7和15天各调查1次残留绵蚜群落数。每个小区仅调查中间的1株树,按东、南、西、北4个方位,分别选择1个侧枝进行调查统计。群落统计按直径1.5 cm的蚜块计为1个群落,直径>1.5 cm的蚜块按直径1.5 cm分割计算。分别按照下面的公式计算群落减退率^[8-11]、成虫死亡率^[12]、防治效果^[8-11]。

群落减退率(%)=(施药前群落数-施药后群落数)/施药前群落数×100;

成虫死亡率(%)=成虫死亡数/处理群落数×100;

防治效果(%)=(处理区群落减退率-对照区群落减退率)/(1-对照区群落减退率)×100。

1.5 果实农药残留试验

15个试验小区(除对照外)施药后,对果实及时套

袋并做标记处理。试验期间各小区均未使用其他药剂。按照下面的公式计算慢性膳食摄入风险(%ADI)和急性膳食摄入风险(%ARfD)^[3-4]:

$$\%ADI = \frac{STMR \times 0.072}{bw} / ADI \times 100\%;$$

$$ESTI = \frac{U \times HR \times v + (LP - U) \times HR}{bw};$$

$$\%ARfD = \frac{ESTI}{ARfD} \times 100\%。$$

式中,STMR为规范试验残留中值,取平均残留值^[3],单位mg/kg;0.072为居民日均苹果消费量,单位kg;ADI为每日允许摄入量^[3],单位mg/kg;bw为体重,单位kg,按60 kg计^[3]。ESTI为估计短期摄入量,单位kg;U为单果重量,单位kg;HR为最高残留量,单位mg/kg;v为变异因子;LP为大份餐,单位kg;ARfD为急性参考剂量,单位mg/kg。

1.6 数据处理

采用SPSS 16.00软件进行统计分析,多重比较采用Duncan氏新复极差法。对药后7 d、15 d的防效数据分别应用平方和反正弦平方根进行转换。

2 结果与分析

2.1 不同处理田间防效的分析与评价

田间防治效果如表1所示,药后第3天($F=21.593, P<0.01$)、第7天($F=23.209, P<0.01$)与第15天($F=29.004, P<0.01$)不同药剂处理差异均达到极显著水平($P<0.01$)。40%毒死蜱EC防效最优,药后3、7、15 d的防效依次为100%、98.76%和96.54%;10%氯氰菊酯EC药后15 d的防效在80%以上。5%啶虫脒WP防效最差,药后3 d防效为81.59%,药后15 d下降为64.87%。

2.2 不同药剂速效性的分析与评价

苹果绵蚜对不同药剂的敏感性不同,导致不同药剂速效性存在差异。40%毒死蜱EC、10%氯氰菊酯EC、20%吡虫啉EC分别于第3天达到最大防效(表1),表明这3种农药的速效性较好;2%阿维菌素EC在药后第7天达到最大防效,速效性相对较差。

2.3 各处理药效的持久性分析与评价

变异系数的大小反映了指标集合中各指标值的变异程度,田间防效的变异系数反映了田间防效在一定时间段内的变化程度,变化程度小的药剂其持久性就好,反之,则较差。田间防效的方差分析(表1)表明,施用5%啶虫脒WP第3天与第7天、15天的防效值差异达到极显著水平($F=18.490, P=0.003<0.01$),这表明啶虫脒药效的持续时间相对较短,持

久性差;各药剂的持久性(表 2)排序为:40%毒死蜱 EC>2%阿维菌素 EC>10%氯氰菊酯 EC>20%吡

虫啉 EC>5%啶虫脒 WP;方差与防效变异系数的分析结果一致,啶虫脒持久性最差。

表 1 各药剂处理的田间防效¹⁾

Table 1 Field control effect of different pesticides

药剂 Insecticide	稀释倍数 Dilution rate	防效/% Control effect			
		药后第 3 天 3 DAP	药后第 7 天 7 DAP	药后第 15 天 15 DAP	
5%啶虫脒 WP acetamiprid 5% WP	3 000	(81.59±1.36)bcA	(69.77±5.09)dB	(64.87±2.87)cB	
40%毒死蜱 EC chlorpyrifos 40% EC	1 500	(100.00±0.00)aA	(98.76±2.16)aA	(96.54±3.27)aA	
10%氯氰菊酯 EC cypermethrin 10% EC	2 000	(86.93±3.82)bA	(83.37±3.06)bA	(80.75±2.09)bA	
20%吡虫啉 EC imidacloprid 20% EC	3 500	(81.39±5.19)bcA	(73.32±5.47)cdA	(70.11±5.88)cA	
2%阿维菌素 EC abamectin 2% EC	2 000	(79.67±3.61)cA	(79.80±3.49)cbA	(77.29±4.24)bA	
空白对照(清水) Water (CK)	—	—	—	—	

1) 表中数据为 3 次重复的平均值±标准差,采用 Duncan's 新复极差法进行差异性分析。同列数据后含有相同小写字母表示不同药剂防效无显著差异($P>0.05$)。同行数值后含有相同大写字母表示同一药剂不同时间防效无显著差异($P>0.05$)。DAP 表示施药后第几天。下同。

The data in the table are the mean value of the 3 repetitions±SD, and the difference is analyzed by Duncan's new multiple range method. The values followed the same lowercase letters in the same column indicate insignificant difference ($P>0.05$) among efficacies of different pesticides. The values followed same capital letters in the same line indicate insignificant difference ($P>0.05$) among efficacies of the same pesticide at different time. DAP=days after application. The same below.

表 2 同一药剂不同时期田间防效的变异系数

Table 2 Variation coefficient of field control efficacy of the same pesticide at different time

药剂 Insecticide	稀释倍数 Dilution rate	田间防效的变异系数 Variation coefficient of field control efficacy
5%啶虫脒 WP acetamiprid 5% WP	3 000	11.13 a
40%毒死蜱 EC chlorpyrifos 40% EC	1 500	2.52 b
10%氯氰菊酯 EC cypermethrin 10% EC	2 000	4.52 b
20%吡虫啉 EC imidacloprid 20% EC	3 500	9.27 b
2%阿维菌素 EC abamectin 2% EC	2 000	4.45 b
空白对照(清水) Water (CK)	—	—

2.4 不同处理对苹果绵蚜的田间防效模型的建立

防效计算是以对照区的虫口数量为基础的,对照区数据的准确性影响着处理区防效的准确性。本

文从对照区的虫口数量出发,建立苹果绵蚜种群数量预测模型,利用处理区虫口数量预测某时期种群规模,参考成虫死亡率公式计算预测死亡率。用预测死亡率来反映不同药剂的防治效果,显得准确、客观,更有说服力。以时间(天)为 X_1 变量,苹果绵蚜施药前群落数为 X_2 变量,苹果绵蚜数量为 Y 变量,应用 SPSS 的回归分析方法构建苹果绵蚜种群数量预测模型为 $Y = -1.04 + 1.30X_1 + 1.167X_2$ 。相关系数为 0.943, $F = 36.306$, $P = 0.00$,表明模型的拟合效果较好。

2.5 不同处理防虫效果的分析与评价

依据表 3 的预测模型,得到不同药剂的预测死亡率,方差分析表明(表 4),药后第 3 天($F = 16.16$, $P < 0.01$)、第 7 天($F = 27.287$, $P < 0.01$)、第 15 天的预测死亡率存在极显著差异,40%毒死蜱 EC 的预测防虫效果最高,5%啶虫脒 WP 最低。上述结果与防治效果的排序一致,但在防效程度的表达上存在差异,结合表 1 与表 4 对应差值最大达到 11.94。

表 3 不同处理苹果绵蚜的预测死亡率

Table 3 Prediction of mortality of apple aphids treated by different pesticides in the field

药剂 Insecticide	预测死亡率/% Prediction mortality			平均预测死亡率/% Average
	药后第 3 天 3 DAP	药后第 7 天 7 DAP	药后第 15 天 15 DAP	
5%啶虫脒 WP acetamiprid 5% WP	81.39 bc	67.95 d	68.78 d	72.71
40%毒死蜱 EC chlorpyrifos 40% EC	100 a	98.69 a	97.18 a	98.62
10%氯氰菊酯 EC cypermethrin 10% EC	87.11 b	83.51 b	84.60 b	85.07
20%吡虫啉 EC imidacloprid 20% EC	81.76 bc	74.11 cd	77.08 c	77.65
2%阿维菌素 EC abamectin 2% EC	80.17 c	80.26 bc	82.30 bc	80.91

2.6 不同药剂安全性的分析与评价

根据相关研究数据^[3,5], $LP=0.693\ 1\ \text{kg}$, $U=0.255\ \text{kg}$, $v=3$, 用 1.5 节公式计算各农药的慢性膳食摄入风险(%ADI)和急性膳食摄入风险

(%ARfD)。%ADI(%ARfD) 越小风险越小, 当 %ADI(%ARfD) ≤ 100% 时, 表示风险可以接受; 反之, %ADI(%ARfD) > 100% 时, 表示有不可接受的风险。

表 4 农药残留的慢性风险评估和急性风险评估¹⁾

Table 4 Acute and chronic risk assessment of pesticide residues in apples

药剂 Insecticide	检出率/% Detectable rate	平均残留量/ mg · kg ⁻¹ Average residue	最高残留/ mg · kg ⁻¹ Highest residue	残留水平/ mg · kg ⁻¹ Residue level	急性参考摄入量/ mg · kg ⁻¹ ARfD	急性风险 %ARfD	每日允许摄入量/ mg · kg ⁻¹ ADI	慢性风险 %ADI
5%啉虫脒 WP Acetamiprid 5% WP	100	0.007 5	0.010 2	0.003 5~0.010 2	0.10	0.204 5	0.07	0.012 9
40%毒死蜱 EC Chlorpyrifos 40% EC	100	0.004 4	0.011 0	0.001 0~0.011 0	0.10	0.220 5	0.01	0.052 8
10%氯氰菊酯 EC Cypermethrin 10% EC	33.33	0.000 8	0.002 4	0~0.002 4	0.04	0.120 3	0.02	0.004 8
20%吡虫啉 EC Imidacloprid 20% EC	33.33	0.002 2	0.006 5	0~0.006 5	0.40	0.032 5	0.06	0.004 3
2%阿维菌素 EC Abamectin 2% EC	0	0	0	0	0.05	0	0.002	0

1) 表中急性参考摄入量数据源于数据库[13];每日允许摄入量数据源于数据库[14]。

The acute reference intake data in table 4 were derived from the database [13]; the daily intake data were obtained from the database [14].

依据本试验的检测结果, 5 种药剂中检出率最高的为毒死蜱和啉虫脒, 检出率达 100%, 氯氰菊酯和吡虫啉为 33.33%, 最低为阿维菌素, 检出率为 0(未检出), 各处理农药残留值均未超标。由 %ADI 和 %ARfD 的计算公式得到慢性风险及急性风险值(表 4)。各药剂慢、急性膳食摄入风险均 ≤ 100%, 都在安全范围内。急性风险排序为: 40%毒死蜱 EC (0.220 5) > 5%啉虫脒 WP (0.204 5) > 10%氯氰菊酯 EC (0.120 3) > 20%吡虫啉 EC (0.032 5) > 2%阿维菌素 EC (0); 慢性风险排序为: 40%毒死蜱 EC (0.052 8) > 5%啉虫脒 WP (0.012 9) > 10%氯氰菊酯 EC (0.004 8) > 20%吡虫啉 EC (0.004 3) > 2%阿维菌素 EC (未检出)。检出率为 3 次检测中有农药残留的结果所占的比重。结合检出率分析, 安全性最高的为 2%阿维菌素 EC, 其次为 20%吡虫啉 EC 和 10%氯氰菊酯 EC, 最低的为 5%啉虫脒 WP 和 40%毒死蜱 EC。

2.7 苹果绵蚜田间防效和安全性的综合评价

为了实现各评价指标值在度量尺度上的统一, 采用隶属函数法^[15-16] 将 7 个评价指标值进行转化。若评价指标值越大, 综合评价就越优, 则采用隶属函数公式^[15-16] 进行转化; 反之, 则采用反隶属函数公式^[19-20] 进行转化。综合评价^[15-16]; 主成分分析法确定了权重之后, 第 j 个指标新的隶属函数值等于原来的隶属函数值乘以权重, 再把每个指标的隶属函数值相加, 得到综合评价, 通过综合评价的大小评价田间防效和安全性的优劣。

各指标经过标准化处理后, 以每个主成分所占的比例作为权重, 计算各药剂的综合得分。主成分的特征值大小和贡献率是选择主成分的依据, 将 5 种药剂的 7 个田间防效和安全性评价指标转化为 3 个主成分, 各主成分的特征值和贡献率如表 5 所示, 前 3 个主成分贡献率分别为 56.69%、37.05%、6.24%, 它们的累计贡献率大于 98.35%。因此, 选取的前 3 个主成分代表了大量的信息, 可作为田间防效和安全性评价的主要评价因子。第一个主成分中, 慢性风险、急性风险和检出率所占的比重较大, 反映了膳食安全性, 为安全性评价因子; 第二个主成分中, 持久性、预测死亡率和防治效果所占的比重较大, 为防效因子; 第三个主成分中, 速效性所占的比重较大, 为速效性评价因子。

根据主成分得分及综合评价(表 6), 5 种药剂得分综合排序为: 2%阿维菌素 EC > 20%吡虫啉 EC > 10%氯氰菊酯 EC > 40%毒死蜱 EC > 5%啉虫脒 WP; 安全性因子(F1)得分最高的为 2%阿维菌素 EC, 其次为 20%吡虫啉 EC, 最低的为 40%毒死蜱 EC; 防控因子(F2)得分最高的为 2%阿维菌素 EC, 最低的为 5%啉虫脒 WP。40%毒死蜱 EC 居第二位。其防治效果和持久性表现突出, 但检出率高(100%)、急性膳食摄入风险高(0.220 5%), 从安全性方面考虑不利于苹果产业竞争力的提升, 2%阿维菌素 EC 的安全性高、防效较好(78.91%), 是防治苹果绵蚜的理想药剂。

表 5 田间防效和安全性评价相关指标的主成分分析¹⁾

Table 5 Principal component analysis of control efficacy related indicators

主成分 Principal component	系数 Coefficient							特征值 Eigen values	累计贡献率/% Cumulative contribution
	防治效果 Control efficacy	速效性 Availability	持久性 Persistence	预测死亡率 Anti-insect rate	检出率 Detection rate	急性风险 %AR/D	慢性风险 %ADI		
Z1	-0.852	-0.52	-0.266	-0.814	0.756	0.819	0.965	3.903	55.76
Z2	0.518	-0.65	0.958	0.569	0.613	0.493	-0.047	2.551	92.21
Z3	0.0701	0.554	0.0488	0.116	0.226	0.163	0.157	0.430	98.35

1) 因子提取方法:主成分分析法。

Extraction method: Principal component analysis.

表 6 田间防效和安全性综合评价值

Table 6 Comprehensive evaluation value of field control efficacy and safety

药剂 Insecticide	F1	F2	F3	评价值 Evaluation value	排序 Order
5%啉虫脒 WP acetamiprid 5% WP	0.184 261	-2.424 14	-0.575 81	-0.829 81	5
40%毒死蜱 EC chlorpyrifos 40% EC	-3.274 72	0.727 308	-0.146 77	-1.596 31	4
10%氯氰菊酯 EC cypermethrin 10% EC	0.038 076	0.331 356	0.719 892	0.189 346	3
20%吡虫啉 EC imidacloprid 20% EC	1.214 516	-0.491 25	0.652 748	0.547 322	2
2%阿维菌素 EC abamectin 2% EC	1.837 867	1.856 727	-0.650 06	1.689 451	1

3 结论与讨论

本文针对陇东地区绵蚜发生规律,选择 5 种药剂,设置 6 个处理,18 个试验小区,进行苹果绵蚜田间防治试验和农药残留风险评估研究;通过防治效果、速效性、持久性、预测死亡率、检出率、急性膳食摄入风险和慢性膳食摄入风险 7 个指标,从田间防效和安全性两方面对 5 种杀虫剂的田间防治效果和安全性进行了分析和综合评价。结果表明:综合评价值从高到低依次为:2%阿维菌素乳油>10%氯氰菊酯乳油>20%吡虫啉乳油>40%毒死蜱乳油>5%啉虫脒可湿性粉剂;2%阿维菌素乳油安全性高、防控效果好,是防治苹果绵蚜的理想药剂。

若仅从防治效果考虑,40%毒死蜱 EC 的田间防治效果和持久性表现突出,第 3、7、15 天的防治效果均优于其他药剂,是控制绵蚜的理想药剂;但从安全性方面考虑,40%毒死蜱乳油的检出率、急性膳食摄入风险和慢性膳食摄入风险均表现较差,不仅有食品安全风险,还会杀伤天敌,对环境造成污染,不利于苹果产业竞争力的提升,特别是国家农业部^[17]自 2016 年 12 月 31 日起已禁止毒死蜱在蔬菜上使用。阿维菌素、苦参碱、印楝素等生物源农药,果实农药残留量小或者无残留,对环境污染小,它们将会成为我国防治苹果病、虫的首选药剂。

本研究中,毒死蜱、啉虫脒等的检出率明显高于

其他地区^[3-5,18-19],是由于本试验是在不套袋条件下进行的。套袋是苹果安全生产的有效措施之一^[3,20],套袋果实不直接接触农药,能显著降低果实中的农药残留^[21-22]。无袋化栽培是中国苹果产业的发展方向,随着易着色品种与行间生草技术的推广应用,构建苹果园绿色防控技术体系将显得很有必要。

参考文献

- [1] 武强, 万方浩, 李照会, 等. 苹果绵蚜在我国入侵状况调查及防治对策[J]. 植物保护, 2009, 35(5): 100-104.
- [2] 谭挺, 龚声信, 赵雪晴, 等. 苹果绵蚜的发生规律及其防治指标[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2008, 30(S1): 94-99.
- [3] 聂继云, 李志霞, 刘传德, 等. 苹果农药残留风险评估[J]. 中国农业科学, 2014, 47(18): 3655-3667.
- [4] 兰丰, 刘传德, 周先学, 等. 山东省主产区苹果农药残留水平及累积急性膳食摄入风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(7): 2592-2602.
- [5] 李志霞, 聂继云, 闫震, 等. 基于点评估方法的渤海湾产区苹果中农药残留膳食暴露风险研究[J]. 农药学报, 2015, 17(6): 715-722.
- [6] 罗增涛. 防治苹果绵蚜的药效试验[J]. 落叶果树, 2013, 45(6): 32-34.
- [7] 宁殿林, 白伟, 陈浩, 等. 几种杀虫剂对苹果绵蚜的田间药效比较[J]. 西北农业学报, 2010, 19(9): 66-70.
- [8] 戴德江, 丁佩, 罗举, 等. 10 种杀虫剂对褐飞虱田间防效评价[J]. 中国农学通报, 2014, 30(16): 266-271.
- [9] 李晓, 鞠倩, 赵志强, 等. 8 种杀虫剂对花生蛴螬的田间防效及安全性评价[J]. 植物保护, 2013, 39(4): 159-163.

病的效果最佳,与之前的研究一致,分析其原因可能是阿泰灵主要成分为氨基寡糖素和极细链格孢激活蛋白,可激发植物体内基因表达,产生具有抗病作用的几丁质酶、葡聚糖酶及 PR 蛋白等,诱导烤烟产生多重防御反应,提高自身的抗病、抗逆能力,起到抗病作用^[14-16]。

植物诱导剂对农作物可起到抗病增产的效果,其在激活植物体内分子免疫系统,增强植物抗病性的同时,还可激发植物体内的一系列新陈代谢系统,促进植物的生长,提高农作物产量^[7]。在本研究中,各种植物诱导剂均一定程度促进了烟株生长,烤烟农艺性状指标均有所提高,烤后烟叶外观质量总体较好,部分诱导剂能够提高烟叶上中等烟比例和产量,从而提高了收购均价和产值。另外,烟叶成分有所改变,除融地美、阿泰灵外,其余 9 种植物诱导剂处理后中部叶片烟碱含量均低于清水对照,其中彩特美细胞酶叶面营养剂处理的中部叶片烟碱含量最低,为 3.27%,糖碱比均优于清水对照,烟叶的钾、氯含量均较适宜。

鉴于这些植物诱导剂均为生物源药剂,在烟叶绿色防控中具有潜在的独特作用,建议进一步试验并研究其最佳配套使用技术和评价机制。

参考文献

[1] 彭曙光. 我国烟草病毒病的发生及综合防治研究进展[J]. 江西农业学报, 2011, 23(1): 115-117.

[2] 李义强, 刘金亮, 王凤龙, 等. 山东、河南烟草病毒病发生种

(上接 209 页)

[10] 康敏, 赵剑锋, 顾中量, 等. 4 种药剂拌种对白背飞虱的防治效果[J]. 植物保护, 2016, 42(2): 220-224.

[11] 涂洪涛, 张金勇, 陈汉杰, 等. 12 种杀螨剂对山楂叶螨防效评价及其对天敌塔六点蓟马的影响[J]. 环境昆虫学报, 2009, 31(3): 213-218.

[12] 宫庆涛, 张腾鹏, 武海斌, 等. 6 种杀虫剂对铜绿丽金龟防治效果评价[J]. 果树学报, 2016, 33(12): 1542-1549.

[13] WHO (World Health Organization). Inventory of evaluations performed by the Joint Meeting on Pesticide Residues (JMPR) [DB/OL]. <http://apps.who.int/pesticide-residues-jmpr-database/Home/Range/All>. 2014-1-16.

[14] 中华人民共和国卫生部, 中华人民共和国农业部. 食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量(GB 2763-2012)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.

[15] 付宝春, 薄伟. 玉簪抗旱性隶属函数及主成分分析[J]. 草地学报, 2014, 22(6): 1324-1330.

类、发病规律研究[J]. 中国烟草学报, 2004, 10(3): 7-13.

[3] 刘旭, 万宣伍, 刘国军, 等. 3 种药剂对烟草花叶病的控制作用及农艺性状的影响[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2010, 35(1): 101-104.

[4] 陈兴江, 邱雪柏, 陆宁, 等. 几种植物诱抗剂对烟草农艺性状及抗病性的影响[J]. 贵州农业科学, 2012, 40(12): 111-113.

[5] Dang J L, Jones J D G. Plant pathogens and integrated defense responses to infection [J]. Nature, 2001, 411: 826-833.

[6] Asai T, Tena G, Plonikova J, et al. MAP kinase signaling cascade in *Arabidopsis* innate immunity [J]. Nature, 2002, 415: 977-983.

[7] 邱德文. 植物免疫诱抗剂的研究进展与应用前景[J]. 中国农业科技导报, 2014, 16(1): 39-45.

[8] 李静波, 柏连阳, 任新国, 等. 诱抗剂及诱导对水稻稻瘟病抗性的机理研究进展[J]. 中国植保导刊, 2008, 28(1): 15-18.

[9] 郭芳, 王亚军, 谢忠奎, 等. 诱抗剂对切花百合生长、抗病性及相关酶活性的影响[J]. 园艺学报, 2010, 37(5): 763-768.

[10] 曾军, 郭生国. 植物诱抗剂甲壳质防治黄瓜枯萎病药效研究[J]. 现代农业科技, 2012(4): 217.

[11] 邹腊梅, 柏连阳. 水稻稻瘟病的植物源诱抗剂研究进展[J]. 湖南农业科学, 2012(11): 84-86.

[12] 潘兴兵, 陈林, 张文婧, 等. 有机无机肥配施对烤烟农艺性状、经济性状及化学品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2015(3): 70-74.

[13] 李强. NAA 对烤烟钾素营养及主要品质指标的调控作用研究[D]. 合肥: 安徽农业科学, 2007.

[14] 张薇, 杨秀芬, 邱德文, 等. 激活蛋白 PeaT1 诱导烟草对 TMV 的系统抗性[J]. 植物病理学报, 2010, 40(3): 290-299.

[15] 郑建华, 杨秀芬, 石庆华, 等. 激活蛋白 PeaT1 在烟草细胞膜上的结合位点及其特性[J]. 植物病理学报, 2010, 40(4): 364-372.

[16] 邱德文. 我国植物免疫诱导技术的研究现状与趋势分析[J]. 植物保护, 2016, 42(5): 10-14.

(责任编辑: 杨明丽)

[16] 张彦山, 何天龙, 朱正生, 等. 草坪草生态适应性评价[J]. 草业科学, 2013, 30(4): 548-552.

[17] <http://www.moh.gov.cn/open/statistics/year2006/p222.htm>.

[18] 梁俊, 赵政阳, 樊明涛, 等. 陕西苹果主产区果实农药残留水平及其评价[J]. 园艺学报, 2007, 34(5): 1123-1128.

[19] 聂继云, 丛佩华, 杨振锋, 等. 中国苹果农药残留研究初报[J]. 中国农学通报, 2005, 21(10): 88-90.

[20] 文颖强, 马锋旺. 中国苹果套袋技术应用与研究进展[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2006, 34(2): 100-104.

[21] 刘建海, 李丙智, 张林森, 等. 套袋对红富士苹果果实品质和农药残留的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2003, 31(S1): 16-18.

[22] 陈合, 李祥, 李利军. 套袋对苹果果实重金属及农药残留的影响[J]. 农业工程学报, 2006, 22(1): 189-191.

(责任编辑: 杨明丽)