

三种生物制剂在有机蔬菜菜青虫防治中的应用及安全性研究

周 国, 任 勇 攀, 赵 京 岚, 孙 国 波

(泰山职业技术学院 生物技术工程系, 山东 泰安 271000)

摘 要:以菜青虫为试虫,采用田间药效防治试验,研究了3种生物制剂苦参碱、除虫菊素和苏云金杆菌防治菜青虫的功效率和安全性。结果表明:施用0.3%苦参碱 AS 3.8~4.5 mL·hm⁻²药后第7天防效高达96.1%,持效期10 d;1.5%除虫菊素 EW 18~36 mL·hm⁻²第5天防效高达93.3%,作用迅速,持效期7 d;16 000 IU·mg⁻¹苏云金杆菌悬浮剂 375~500 g·hm⁻²第7天防效达95.2%,持效期长达15 d。3种生物制剂在有机蔬菜菜青虫防治上安全性高,推荐剂量内没发生药害,对小菜蛾等具有兼防效果;3种药剂在田间自然降解较快,在10~15 d内未检出制剂残留。

关键词:有机蔬菜;菜青虫;生物制剂;防效;残留消解;安全性

中图分类号:S 482.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)20-0117-05

有机蔬菜栽培生产采用生态农业管理技术,需要经国家环境保护部有机食品发展中心(原国家环境保护总局有机食品发展中心检查认证部,简称 OFDC)、国际生态认证中心(简称 ECOCERT SA)和国际有机作物改良协会(简称 OCIA)等机构的认证。山东省泰安市是中国有机蔬菜最早栽培地区之一,种植面积最大,截至2014年2月有机蔬菜栽培面积约达2.33万 hm²^[1],主要有青花菜、绿芦笋、菠菜等40多个品种。

菜青虫(*Pieris rapae* L.)是泰安有机蔬菜生产中的主要食叶害虫之一,一年发生5~6代,危害严重,影响外观和食用。有机蔬菜控制病虫害,主要采取农业综合防治技术措施为主,还辅以必要的生物防治,吴丽华等^[2]2007年概括了适用于有机蔬菜的8种农药,赵学宁^[3]2008年概述了3类生物药剂在有机蔬菜的综合防治,王路德等^[4]2009年研究了苦参碱在有机农业上的应用,陈姗姗^[5]总结了苏云金杆菌 Bt(*Bacillus thuringiensis*)在蔬菜的使用情况,王迪轩^[6]2015年详细分析了除虫菊素在有机蔬菜上的应用。但是,生物制剂在有机蔬菜害虫防治中的农残和降解等安全性方面的研究目前尚鲜见报道。现依据 OFDC 或 OCIA 认证允许使用的植物源

和微生物源制剂,采用田间药效防治试验研究了苦参碱、除虫菊素和苏云金杆菌等防治菜青虫的功效率和安全性,以期检验这些制剂的实用性。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在山东省肥城市边院镇有机蔬菜种植基地进行。土质为壤土,pH 6.8,有机质含量丰富,肥力均匀、条件一致。有机青花菜定植前每667 m²施有机肥3 000 kg;青花菜株行距稍大些,为40~50 cm。

1.2 试验材料

供试生物制剂:0.3%苦参碱 AS(北京清源保生物科技有限公司生产,原产品名“清源保”);1.5%除虫菊素 EW(北京清源保生物科技有限公司生产);苏云金杆菌 WP(生物效价16 000 IU·mg⁻¹,扬州市绿源生物化工有限公司生产);供试虫:菜青虫(*Pieris rapae* L.);供试材料:有机青花菜,二者均取自边院镇有机蔬菜基地。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计 试验共设7个处理,每处理重复3次。7个处理分别为:①0.3%苦参碱 AS 4.5 mL·hm⁻²;②0.3%苦参碱 AS 3.8 mL·hm⁻²;③1.5%除虫菊素 EW 36 mL·hm⁻²;④1.5%除虫菊素 EW 18 mL·hm⁻²;⑤苏云金杆菌 WP 500 g·hm⁻²;⑥苏云金杆菌 WP 375 g·hm⁻²;⑦清水对照。小区随机区组排列,植株上菜青虫各龄幼虫混生,以1~4龄为主。2014年8月16日上午施药,用工农-16型背负式喷雾器喷雾,以全株

第一作者简介:周国(1974-),男,硕士,副教授,研究方向为生物技术应用。E-mail:8911869@qq.com.

基金项目:中央财政支持高等职业学校提升专业服务产业发展能力资助项目(教职成[2011]11号)。

收稿日期:2016-07-21

叶片均匀周到为准,药液量约 $750 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。每小区随机五点取样进行虫口调查,每点固定调查 10 株,共调查 50 株。施药前检查每个小区上活虫数,施药后 2、3、7、10、15 d 调查存活虫口数,计算出虫口减退率和校正防效。虫口减退率(%)=(处理前活虫数-处理后活虫数)/处理前活虫数 $\times 100$;校正防效(%)=(处理区虫口减退率-对照区虫口减退率)/(100-对照区虫口减退率) $\times 100$ 。

1.3.2 安全性调查 喷药后 15 d 内目测观察,各处理对供试作物(青花菜)和周边作物(甘蓝)有无明显药害现象,对目标害虫(菜青虫)、非靶标生物(小菜蛾)及天敌昆虫(瓢虫)的消长影响。

1.3.3 药残检测分析 根据《农药残留试验准则(NY/T788-2004)》及农残分析相关的要求,以 3 种推荐生物制剂的高剂量进行农药残留消解试验,参照农药最大残留限量(MRLs),采样后提取、净化使用高效液相色谱(HPLC)检测,分析 0.3%苦参碱水剂和 1.5%除虫菊素水乳剂农残有无检出;使用稀释平板计数法测定苏云金杆菌在青花菜活菌存活量,检测其在青花菜的残留程度,验证其安全性^[7-11]。样品药剂残留量($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)=样品溶液浓度($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) \times 样品溶液定容体积(mL)/样品溶液代表试样质量(g),菌量数($\text{cfu} \cdot \text{cm}^{-2}$)=计数皿平均菌落数 \times 计数皿稀释倍数/(取样体积 \times 取样面积)。

1.4 数据分析

利用 Excel 软件进行数据处理,使用 SPSS 软件进行显著性差异分析。

2 结果与分析

2.1 3 种生物药剂对菜青虫的田间防治效果

由表 1 可知,3 种生物药剂对菜青虫的田间防治效果良好,与清水对照或处理间差异极显著($P < 0.01$)。0.3%苦参碱 AS 4.5 、 $3.8 \text{ mL} \cdot \text{hm}^{-2}$ 施药 2 d 后校正防效为 84.8%、83.7%,药后 5 d 校正防效为 91.4%、89.3%,药后 7 d 防效达到最大,分别为 96.1%、92.4%,10 d 药效仍高达 87.1%、86.5%,防治菜青虫效果理想。1.5%除虫菊素 EW 施药 2 d 后校正防效为 89.5%、85.2%,药后 5 d 防效达到最大值为 93.3%、91.2%; $16\,000 \text{ IU} \cdot \text{mg}^{-1}$ 苏云金杆菌 WP 药后 2 d 防效较低,为 52.7%、50.3%,药后 5 d 升为 90.0%、87.6%,第 7 天防效高达 95.2%、93.4%,药后 10 d 效果仍持续为 84.1%、80.5%。试验结果表明,3 种药剂防治菜青虫效果理想,处理间 2 d 后防效差别较大,说明植物源和微生物源制剂对菜青虫作用机制不同,虫情发生不同时考虑使用不同制剂控制虫害。药后 5~7 d 防效达到最高,之后都发生不同程度降低。

制剂按有效成分使用,分为推荐高剂量和低剂量 2 类,从表 1 可以看出,施药 2~15 d,高剂量防治效果都优于低剂量制剂防效。0.3%苦参碱 AS 高低剂量差异明显, $4.5 \text{ mL} \cdot \text{hm}^{-2}$ 使用量防治效果较好;1.5%除虫菊素 EW 和 $16\,000 \text{ IU} \cdot \text{mg}^{-1}$ 苏云金杆菌 WP 不同剂量防效表现差异不显著。在有机蔬菜栽培中,考虑安全和经济的因素,可以采用低剂量药剂防治菜青虫。

表 1

3 种生物药剂对菜青虫的田间防治效果

Table 1

Field control effect of three kinds of biological agents for caterpillar

药剂处理 Agent	有效成分用量 Amount of active ingredient	药前活虫数 Number of live insects before treatment /头	药后 2 d After 2 days		药后 5 d After 5 days		药后 7 d After 7 days		药后 10 d After 10 days		药后 15 d After 15 days	
			虫口减退率 Decresae rate /%	校正防效 Correction controlling results/%	虫口减退率 Decresae rate /%	校正防效 Correction controlling results/%	虫口减退率 Decresae rate /%	校正防效 Correction controlling results/%	虫口减退率 Decresae rate /%	校正防效 Correction controlling results/%	虫口减退率 Decresae rate /%	校正防效 Correction controlling results/%
0.3%苦参碱 AS	$4.5 \text{ mL} \cdot \text{hm}^{-2}$	64	84.0	84.8	90.4	91.4	95.4	96.1	83.1	87.1	38.4	56.5
0.3%Matrine AS												
0.3%苦参碱 AS	$3.8 \text{ mL} \cdot \text{hm}^{-2}$	59	82.9	83.7	88.0	89.3	91.0	92.4	82.3	86.5	33.5	53.1
0.3%Matrine AS												
1.5%除虫菊素 EW	$36 \text{ mL} \cdot \text{hm}^{-2}$	57	89.0	89.5	92.5	93.3	68.8	73.6	50.7	62.4	11.2	37.3
1.5%Pyrethrins EW												
1.5%除虫菊素 EW	$18 \text{ mL} \cdot \text{hm}^{-2}$	61	84.5	85.2	90.2	91.2	64.9	70.3	47.9	60.3	4.5	32.6
1.5%Pyrethrins EW												
$16\,000 \text{ IU} \cdot \text{mg}^{-1}$ 苏云金杆菌 WP <i>Bacillus thuringiensis</i> WP	$500 \text{ g} \cdot \text{hm}^{-2}$	55	50.3	52.7	88.8	90.0	94.3	95.2	79.1	84.1	63.6	74.3
$16\,000 \text{ IU} \cdot \text{mg}^{-1}$ 苏云金杆菌 WP <i>Bacillus thuringiensis</i> WP	$375 \text{ g} \cdot \text{hm}^{-2}$	52	47.8	50.3	86.1	87.6	92.2	93.4	74.4	80.5	53.1	66.9
对照(CK)	清水	60	-5.0	—	-11.7	—	-18.3	—	-31.2	—	-41.7	—

注:药前活虫数(头)为 3 次重复的平均值。

Note: Number of live worm processing is the average of the repeated three times.

从见效作用来看,喷药 2 d 后菜青虫防治死亡最快的为 1.5%除虫菊素 EW(防效最高 89.5%),次之 0.3%苦参碱 AS(防效最高 84.8%),起作用较慢的为苏云金杆菌 WP(校正防效最低为 50.3%),发生虫害数量较多时优先使用 2 种植物源生物制剂,若使用苏云金杆菌 WP 应当提前 2~3 d 喷雾,缩短起效慢的缺点。从持效性长短来看,田间 0.3%苦参碱 AS 控制菜青虫的有效期为 10 d(防效可达 86.5%),1.5% 除虫菊素 EW 控制菜青虫的有效期为 7 d(防效可达 70.3%),苏云金杆菌 WP 控制菜青虫的有效期最长,达到 15 d(防效最低为 66.9%)。从害虫抗药性特点分析,苏云金杆菌分别与苦参碱、除虫菊素混配组合交替用药,可减少施药次数,提高药效,也能降低害虫抗药性和农药残留现象。

2.2 3 种生物药剂的安全性分析

2.2.1 安全性调查 由表 2 可以看出,3 种农药使用后

2、5、7、10、15 d 进行目测调查,0.3%苦参碱 AS、1.5%除虫菊素 EW、苏云金杆菌 WP 对供试作物青花菜没出现药害现象;对周边作物甘蓝没有明显的农药毒害症状,0.3%苦参碱 AS 4.5 mL·hm⁻² 高剂量试验小区附近甘蓝出现 2~5 处枯斑,经过对照分析可能与土壤干旱枯叶有关。目标害虫在 3 种药剂 6 个处理 2~10 d 内均出现逐渐减少的趋势,反映出前期兼控效果好;10~15 d 中苦参碱、除虫菊素处理后害虫数量开始增加,防效减弱,但苏云金杆菌后期控制害虫的效果仍然较好。安全性调查发现,非靶标生物(小菜蛾、蚜虫)也有与目标害虫类似消长的变化,说明这些制剂有相应的防治作用。天敌昆虫(瓢虫)在田间数量较少,首次调查中发现仅有 22 只,后续调查数量变化不一,瓢虫死亡数量介于 0~3 只,施药对天敌种群影响较小。

表 2 安全性调查结果

Table 2 Security investigation results

药剂 Agent	调查时间 Investigate time/d	供试作物 青花菜 Broccoli	周边作物 甘蓝 Cabbage	目标害虫 菜青虫 <i>Pieris rapae</i> L.	非靶标生物 小菜蛾、蚜虫 <i>Plutella xylostella</i> , aphids	天敌昆虫 瓢虫 Ladybug
0.3%苦参碱 AS 0.3% Matrine AS	2	⊙	⊙	—	—	—
	5	⊙	⊙	—	—	—
	7	⊙	⊙	—	—	—
	10	⊙	⊙	—	+	—
	15	⊙	⊕	+	+	—
1.5%除虫菊素 EW 1.5% Pyrethrins EW	2	⊙	⊙	—	—	—
	5	⊙	⊙	—	—	—
	7	⊙	⊙	—	—	—
	10	⊙	⊙	—	+	—
	15	⊙	⊙	+	+	—
苏云金杆菌 WP <i>Bacillus thuringiensis</i> WP	2	⊙	⊙	—	—	—
	5	⊙	⊙	—	—	—
	7	⊙	⊙	—	—	—
	10	⊙	⊙	—	—	—
	15	⊙	⊙	—	—	—

注:出现药害⊕,无药害⊙,昆虫数减少—,昆虫数增加+,昆虫无变化—。
Note:Phytotoxicity ⊕,no phytotoxicity marked as ⊙,insect quantity decrease—,increase+,constant —.

2.2.2 3 种药剂在有机青花菜上的残留消解进程 按照农药残留检测准则要求,以高剂量 0.3%的苦参碱 AS 4.5 mL·hm⁻²、1.5%除虫菊素 EW 36 mL·hm⁻²、苏云金杆菌 WP 500 g·hm⁻²,喷药 1 次后,分别在 2 h 和 1、3、5、7、10、15 d(其中,苏云金杆菌 WP 药剂处理,一直采集到药后 20 d)采样分析。由表 3 可知,0.3%苦参碱 AS 在有机青花菜上的 2 h 和 1、3、5、7 d 的残留量分别为 0.313 2、0.221 9、0.046 2、0.020 1、0.005 9 mg·kg⁻¹,消解率由 1 d 的 29.14%逐渐降低至 98.13%,10 d 时在有机花青菜的残留未检出。说明 0.3%苦参碱 AS 在推荐高剂量使用情况,在田间自然降解的时间为 10 d 左右,在此范围外采收青花菜较安全。由表 4 可以看出,1.5%除虫菊素 EW 在有机青花菜上的 2 h

和 1、3、5、7、10 d 的残留量分别为 0.107 2、0.087 5、0.068 3、0.046 1、0.025 6、0.009 7 mg·kg⁻¹,消解率由 1 d 的 18.38%逐渐降低至 90.95%,在第 15 天时有有机花青菜的药剂残留未检出。1.5%除虫菊素 EW 高剂量田间自然降解时间为 15 d 左右。由表 5 可知,苏云金杆菌 WP 在有机青花菜喷药,田间自然风干 2 h 后取样,菌量达 2.17×10⁶ cfu·cm⁻²,第 5 天后消解率 45.20%,第 10 天后消解率 96.98%,第 15 天后消解率 99.94%,消解基本结束。苏云金杆菌受风、光照等自然因素影响,检测到的菌量逐步减少。根据消解进程,苏云金杆菌高剂量喷雾使用,在田间青花菜自然降解时间 10~15 d,在此范围使用该药剂比较有效和安全。

表 3 0.3%苦参碱 AS 在有机青花菜上的
残留消解进程

Table 3 0.3% matrine AS residues digestion
process in organic broccoli

采样时间 Sample time	残留量 Residual amount/(mg·kg ⁻¹)	消解率 Digestion rate/%
2 h	0.313 2	—
1 d	0.221 9	29.14
3 d	0.046 2	85.26
5 d	0.020 1	93.75
7 d	0.005 9	98.13
10 d	ND	ND
15 d	ND	ND

注:表中数据为 3 次重复试验的平均值;ND 为未检出。下同。

Note: Data in the Table are average of the three repeating tests; ND is not checked out. The same below.

表 4 1.5%除虫菊素 EW 在有机青花菜上的
残留消解进程

Table 4 1.5% pyrethrins EW residues digestion
process in organic broccoli

采样时间 Sample time	残留量 Residual amount/(mg·kg ⁻¹)	消解率 Digestion rate/%
2 h	0.107 2	—
1 d	0.087 5	18.38
3 d	0.068 3	36.23
5 d	0.046 1	57.00
7 d	0.025 6	76.12
10 d	0.009 7	90.95
15 d	ND	ND

表 5 苏云金杆菌 WP 在有机青花菜上的
残留消解进程

Table 5 *Bacillus thuringiensis* WP in organic residue in
broccoli digestion process

采样时间 Sample time	残留量 Residual amount/(cfu·cm ⁻²)	消解率 Digestion rate/%
2 h	2 171 000	—
1 d	1 967 300	9.39
3 d	1 555 200	28.37
5 d	1 189 700	45.20
7 d	924 000	57.44
10 d	65 600	96.98
15 d	1 200	99.94
20 d	ND	100.00

3 结论

0.3%苦参碱 AS、1.5%除虫菊素 EW、16 000 IU·mg⁻¹ 苏云金杆菌 WP 对有机青花菜菜青虫在田间具有良好的防治效果。田间各阶段虫龄混合发生,以 1~3 龄害虫的防治效果明显。苦参碱 AS 与除虫菊素 EW 施药后起效迅速,第 2 天防效分别为 84.8%、89.5%,防治高峰在药后 5~7 d,0.3%苦参碱 AS 第 7 天防效最高达 96.1%,1.5%除虫菊素 EW 第 5 天最高达 93.3%。16 000 IU·mg⁻¹ 苏云金杆菌 WP 前 2 d 在田间效果不理想,害虫仅仅出现中毒症状,随后 3 d 防效持续提高,

第 5~7 天防效分别高达 90.0%~95.2%;另表现持效期较长,第 15 天校正防效为 74.3%,菜青虫虫情发生轻时优先使用。同一药剂 2 个处理间差异不特别显著,从有机栽培安全性和降低经济成本角度出发,建议 0.3%苦参碱 AS、1.5%除虫菊素 EW、16 000 IU·mg⁻¹ 苏云金杆菌 WP 田间剂量分别在 3.8~4.5 mL·hm⁻²、18~36 mL·hm⁻²、375~500 g·hm⁻² 为宜。为避免耐药性,建议苦参碱+苏云金杆菌与除虫菊素+苏云金杆菌 2 个混配组合交替用药。

3 种生物药剂的安全性较高,在推荐剂量内对青花菜和甘蓝没有出现药害,对菜青虫和非靶标生物(小菜蛾、蚜虫等)也有较高的防效,对天敌没有明显危害,这与防治小菜蛾药效试验初报文献一致^[12]。

3 种药剂在田间自然降解较快,0.3%苦参碱 AS 第 7 天消解率为 98.13%,第 10 天样品未检测出残留。1.5%除虫菊素 EW 第 10 天消解率为 90.95%,第 15 天没有发现药残。16 000 IU·mg⁻¹ 苏云金杆菌 WP 降解较慢,第 15 天残留仅为 0.06%,第 20 天未检测到农残。

该试验主要针对 3 种生物制剂在泰安当地有机青花菜菜青虫的防效研究和安全性分析,对于土壤、风雨和施药次数、时间等影响因素,还需进一步试验,得到更加准确的数据应用于生产上。

4 讨论

有机蔬菜在生产上要求严格,不允许使用化学农药,对于部分限量应用的生物制剂必须符合 OFDC 等机构认证,该试验的 3 种制剂对青花菜菜青虫有很好的防控作用,校正防效高达 93.3%~96.1%。成晓松^[13]、田本志^[14] 研究证明苦参碱对菜青虫都具有良好的防治效果,无明显不良影响,后者试验证明持效期长达 14 d,与该试验结论不符合,可能与药剂有效含量更高有关。聂河兴^[15] 应用 6%除虫菊素乳油和 0.5%苦参碱水剂防治菜青虫高效,不易产生抗药性;药剂受光照因素影响易分解^[16],使用时注意天气,在设施栽培中防效更佳,杨莉^[17] 应用 5%除虫菊素乳油防治温室蚜虫效果明显,其它刺吸式害虫不理想。苏云金杆菌防治大田菜青虫使用较多,防效与高残留氧化乐果相差不多^[18],特别是对人畜安全,对蔬菜主要害虫小菜蛾和甜菜夜蛾有较好的防效^[19],该试验在有机青花菜防治菜青虫上结论一致。

关于农残和消解过程问题,还没有专门针对青花菜中农药的限量标准,在《食品中农药最大残留限量》(GB 2763-2014)中仅对拟除虫菊酯和有机磷农药做了限制,规定了苦参碱在甘蓝的农药最大残留限量(MRL),日本“肯定列表制度”中 Bt 在西兰花上限量≤0.01 mg·kg⁻¹^[20]。由于没有关于有机蔬菜农残消解的报道文献,借鉴对大田蔬菜检测技术^[21],分别进行了 3 种生物制剂的农残初步分析,如何更加系统和科学化检测需下一步继续

探究。

该研究没有探讨 3 种生物制剂在有机花青菜上连续使用问题,不同制剂作用成分复杂,目前已知苦参碱至少包含 3 种、除虫菊素含 6 种主要杀虫成分,苏云金杆菌菌株易变异^[7-8,22-25],长期使用后抗药性和潜在安全性也需深入研究。

参考文献

- [1] 徐文莉. 泰安重点发展观光绿色农业有机蔬菜种植将达 35 万亩[N]. 泰安日报, 2014-02-21(A13).
- [2] 吴丽华, 杨丽敏. 适用于有机蔬菜的农药[J]. 北京农业, 2007(9): 14.
- [3] 赵学宁. 有机蔬菜病虫害综合防治技术[J]. 山东蔬菜, 2008(4): 37-38.
- [4] 王路德, 张富龙. 苦参碱在我国有机农业上的应用[J]. 中国园艺文摘, 2009(11): 177-178.
- [5] 陈姗姗. 生物农药在无公害蔬菜生产上的应用[J]. 北方园艺, 2006(3): 136-137.
- [6] 王迪轩. 有机蔬菜的常用药剂-除虫菊素[J]. 科学种养, 2015(12): 34.
- [7] 邱晓鹏. 1.3%苦参碱水剂在小白菜和土壤中的残留与消解动态研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012.
- [8] 潘康标. 苦参碱在甘蓝中的残留及安全使用评价[J]. 世界农药, 2010, 32(6): 43-45.
- [9] 李衍方, 刘玉玲, 宋湛谦. 现代色谱技术在除虫菊素研究中的应用[J]. 林产化工通讯, 2005(4): 39-41.
- [10] 张琦. 高效液相色谱法测定植物源农药制剂中的苦参碱[J]. 西南民族大学学报(自然科学版), 2007, 33(2): 330-332.
- [11] 顾爱星, 李贤超, 王登元, 等. 转基因苏云金杆菌在环境中的残留和扩散测定[J]. 新疆农业大学学报, 2007, 30(2): 60-63.
- [12] 南京农业专科学校科研办. 生物农药-0.36%苦参碱水剂防治小菜蛾药效实验初报[J]. 南京农专学报, 2001(2): 24, 86.
- [13] 成晓松. 0.36%苦参碱防治菜青虫田间药效试验[J]. 上海蔬菜, 2010(1): 64.
- [14] 田本志. 生物农药 2%苦参碱水剂对菜青虫的防治效果[J]. 世界农药, 2009(6): 34-35.
- [15] 聂河兴. 8 种植物源杀虫剂防治菜青虫田间药效试验初报[J]. 现代农业科技, 2006(1): 38-39.
- [16] 田梦. 光照对除虫菊素触杀毒力的影响[J]. 环境昆虫学报, 2011, 33(2): 180-184.
- [17] 杨莉. 5%除虫菊素乳油防治温室虫害防效试验[J]. 农村科技, 2010(2): 24.
- [18] 吴洪生, 许钟明, 张卫. 苏云金杆菌 H 3136 菌株与化学农药防治菜青虫效果比较[J]. 甘肃农业大学学报, 2003, 3(1): 102-105.
- [19] 魏雪生, 陈颖, 但汉斌. 苏云金杆菌 15A3 对小菜蛾和甜菜夜蛾的田间防效试验[J]. 天津农学院学报, 2005, 12(2): 36-37.
- [20] 姚晗璐. 国内外食品中农药残留标准体系的比较研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2010.
- [21] 范德林. 拟除虫菊酯农药在蔬菜中的残留和消解动态初步分析[D]. 武汉: 华中农业大学, 2006.
- [22] 张夏亭. 除虫菊素的杀虫特性与作用机理[J]. 农药科学与管理, 2003, 24(2): 22-23.
- [23] 段伟. 天然除虫菊有效成分的分离及其免疫学检测方法研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2007.
- [24] 李珍. Bt 蛋白在土壤中的降解影响因素研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2009.
- [25] 何献君. 苏云金芽孢杆菌对菜青虫的防治技术研究[D]. 成都: 四川师范大学, 2003.

Application of Three Kinds of Biological Agents in the Prevention and Control of Organic Vegetables Caterpillar and Security Research

ZHOU Guo, REN Yongpan, ZHAO Jinglan, SUN Guobo

(College of Biotechnological Engineering, Taishan Vocational and Technical College, Tai'an, Shandong 271000)

Abstract: *Pieris rapae* was used as tested worm, the efficacy and safety of three kinds of biological agents (matrine, pyrethrins and *Bacillus thuringiensis*) were detected by the field efficacy experiment. The results showed that 0.3% matrine AS 3.8—4.5 mL · hm⁻² control effect was as high as 96.1% after seven days, persistent period was ten days. 1.5% pyrethrins EW 18—36 mL · hm⁻² control effect was as high as 93.3% after 5 days, effect was rapid, and persistent period was seven days. 16 000 IU · mg⁻¹ *Bacillus thuringiensis* suspending agent 375—500 g · hm⁻² control effect was 93.3% after seven days, persistent period was 15 days. The three kinds of biological agents had high security, and no phytotoxicity in the recommended dose, and they also had prevention effect on *Plutella xylostella*, etc. Three kinds of agents of natural degradation in the field was fast, and the residues were not detected within 10—15 days.

Keywords: organic vegetables; *Pieris rapae*; biological agent; control efficiency; residue digestion; security