

# 霜霉威吡虫啉腐霉利在结球生菜上的消解动态 及相关因子的影响

张学杰<sup>1</sup>, 付 萌<sup>2</sup>, 郭 科<sup>1</sup>, 叶志华<sup>3</sup>, 王金玉<sup>1</sup>, 李 琨<sup>1</sup>, 王福东<sup>4</sup>

(1. 中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081; 2. 青岛诺安检测服务有限公司, 山东 青岛 266012; 3. 中国农业科学院农产品质量标准与检测技术研究所, 北京 100081; 4. 北京天安农业发展有限公司, 北京 102211)

**摘 要** 通过开展结球生菜生产中所用主要农药——霜霉威、吡虫啉、腐霉利的消解规律研究, 探讨生菜农药消解与农药种类、浓度及外部因子的关系, 为结球生菜生产过程中的安全管理提供参考依据。以目前我国生产上主要使用的结球生菜品种——“皇帝”为材料, 2007年春季露地种植, 按霜霉威、腐霉利、吡虫啉最大推荐用量(计算浓度分别为1 203.3、500.0、40.0 mg·kg<sup>-1</sup>)和最大推荐用量的2倍(计算浓度分别为2 406.6、1 000.0、80.0 mg·kg<sup>-1</sup>)两个农药剂量处理, 分别于6月6日施药后当日、2、6、9 d取样测定农药残留含量, 并记录环境因子温度、光照的变化。结果表明, 不论是按最大推荐用量还是最大推荐用量2倍喷施, 吡虫啉、霜霉威、腐霉利在生菜上均表现为起始和最后阶段消解快、中间阶段消解平缓的特点, 按日本肯定列表制度对生菜吡虫啉、霜霉威和腐霉利最大残留限量(分别为5.0、10.0和5.0 mg·kg<sup>-1</sup>)要求, 对于吡虫啉, 即使按最大推荐用量2倍喷施, 其喷施8 h后的残留量仅为1.5 mg·kg<sup>-1</sup>, 说明春季露地生菜上喷施吡虫啉的安全性较高; 对于霜霉威, 按最大推荐用量喷施, 施药6 d后的残留量为10.7 mg·kg<sup>-1</sup>, 接近肯定列表制度的要求, 施药9 d后的残留量降至8.4 mg·kg<sup>-1</sup>, 表明霜霉威自喷药至采收的间隔期应至少在7 d以上才可能是安全的; 对于腐霉利, 到试验结束时, 不论何种喷施浓度, 其残留量均超过5.0 mg·kg<sup>-1</sup>的要求, 其使用安全性需要引起重视。在影响吡虫啉、霜霉威、腐霉利在生菜上消解的因素方面, 统计分析表明, 外部因子(时间、温度、光照)对3种农药消解具有显著作用( $P<0.05$ ), 农药种类在对其消解率影响方面达到极显著差异( $P<0.01$ ), 其中吡虫啉最易消解, 其次为霜霉威, 腐霉利消解最慢, 但3种农药喷施浓度的高低对各自消解率均无显著影响( $P>0.05$ )。

**关键词** 结球生菜 霜霉威 吡虫啉 腐霉利 农药 消解

中图分类号: X592 文献标志码: A 文章编号: 1672-2043(2010)01-0180-05

## Residue Dynamics of Pesticides in Head Lettuce and the Impact of Related Factors

ZHANG Xue-jie<sup>1</sup>, FU Meng<sup>2</sup>, GUO Ke<sup>1</sup>, YE Zhi-hua<sup>3</sup>, WANG Jin-yu<sup>1</sup>, LI Kun<sup>1</sup>, WANG Fu-dong<sup>4</sup>

(1. Institute of vegetables and Flowers, CAAS, Beijing 100081, China; 2. Sino Analytica, Qindao 266012, China; 3. Institute of Quality Standards and Testing Technology for Agro-products, CAAS, Beijing 100081, China; 4. Tian An Agriculture Co. Beijing 102211, China)

**Abstract** The residue dynamics of pesticides including imidacloprid, propamocarb and procymidone in head lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata* L.), was investigated and the impact of pesticide variety, concentration and other outer factors on the pesticides residues were also analyzed, which aimed to improve the safety producing management of head lettuce. Lettuce, “Emperor” variety, was planted in spring open-field, 2007, two different doses, recommended dose and two times of recommended dose, of propamocarb, procymidone and imidacloprid were sprayed on the lettuce on June 6th, of which estimated concentration were 1 203.3 mg·kg<sup>-1</sup>, 500.0 mg·kg<sup>-1</sup>, 40.0 mg·kg<sup>-1</sup>, and 2 406.6 mg·kg<sup>-1</sup>, 1 000.0 mg·kg<sup>-1</sup>, 80.0 mg·kg<sup>-1</sup> respectively, the samples were taken at inner day, 2 days, 6 days and 9 days for detecting the residue of pesticides, and outer factor like temperature and light intensity during experiment were also recorded. The results showed that whatever the spraying dose, any kind of pesticide in this study showed the same characteristic of quick degradation at initial 2 days and last stage (3 days) and gentle degradation at middle stage (4 days). Referring to the Japanese Positive List System (JPLS), for imidacloprid, the residues of two times of recommended dose was only 1.5 mg·kg<sup>-1</sup> (5.0 mg·kg<sup>-1</sup>, MRL of JPLS) after 8 hours, suggesting that imidacloprid had high safety when used in spring openfield production of lettuce; for propamocarb, the residue of recommended dose was 10.7 mg·kg<sup>-1</sup> at 6 days, close to MRL 10.0 mg·kg<sup>-1</sup> of JPLS standard, and reached 8.4 mg·kg<sup>-1</sup> at 9 days, implicating the possible safety intervals of propamocarb was not less than 7 days; for procymidone, whatever the spraying dose, the residue was over MRL 5.0 mg·kg<sup>-1</sup> of JPLS standard, suggesting the safety of

收稿日期: 2009-04-22

基金项目: 科技部国际合作项目“中欧食品质量与安全体系建设研究”(2004DFA06600)

作者简介: 张学杰(1970—), 男, 副研究员, 主要从事蔬菜采后加工及质量与安全研究。E-mail: zhangxj@mail.caas.net.cn

procymidone need to be more paid attention when used in head lettuce. Statistics showed that outer factors including time, temperature and light intensity had significant difference on the degradation rate of imidacloprid, propamocarb and procymidone ( $P>0.05$ ) and there were remarkable significant differences ( $P<0.01$ ) among these three pesticides varieties about the impact on the degradation rate, imidacloprid degraded rapidly, propamocarb was the next and procymidone degraded very slowly. However, there was no significant difference on the degradation rate when different concentrations of pesticides were used ( $P>0.05$ ).

**Keywords** head lettuce; imidacloprid; propamocarb; procymidone; pesticide; degradation

随着快餐食品产业的迅速发展,结球生菜(叶用莴苣)这一西餐常用蔬菜越来越受到我国消费者的欢迎,与此同时,如何控制农药残留问题以保证其食用安全亦受到人们的关注。

目前,我国在结球生菜的农药残留检测分析方面已取得一些进展,如于春娟等<sup>[1]</sup>报道了结球生菜7种有机磷农药GC检测方法,何娟等<sup>[2]</sup>报道了13种农药残留GC-MS检测方法,但在结球生菜种植生产上常用防治主要病害如虫害、菌核、灰霉、霜霉、疫病等的吡虫啉、腐霉利、霜霉威的消解方面尚未见报道,3种农药及喷施浓度和外部因子(如时间、温度与光照)对其消解的影响亦未见到相关报道。

本研究以目前我国生产上主要使用的结球生菜品种——“皇帝”为试验材料,通过开展结球生菜常用农药——吡虫啉、腐霉利、霜霉威的消解规律研究,为结球生菜生产中的安全管理提供依据,并探讨相关农药消解与农药种类、喷施浓度及外部因子的关系,期望研究结果能对指导结球生菜生产合理使用农药及最终保护消费者健康有所帮助。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试结球生菜,选用目前生产上常用品种——“皇帝”。

农药:霜霉威(水剂,有效成分含量722 g·L<sup>-1</sup>,霜霉威盐酸盐,拜耳作物科学公司生产);腐霉利(50%可湿性粉剂,日本住友化学株式会社生产);吡虫啉(10%可湿性粉剂,苏州华源农用生物化学有限公司生产)。

### 1.2 试验地点

中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所试验站,位于北京北三环联想桥南200 m,毗邻中国农业科学院蔬菜花卉研究所,实验地土质为中壤质土壤,年均太阳辐射量为565.31 kJ·m<sup>-2</sup>,全年平均月日照200~290 h,年平均气温为13.1℃,年平均降水量430.9 mm。

### 1.3 试验时间

2007年4月初育苗,4月25日种植露地(株距×

行距=35 cm×40 cm),实验期为2007年6月6日—6月15日。

### 1.4 试验设计与方法

#### 1.4.1 试验设计

采用一次喷施多次取样的设计,研究农药在结球生菜上的消解动态规律。田间试验设最大推荐用量(霜霉威、腐霉利、吡虫啉浓度分别为1 203.3、500、40 mg·kg<sup>-1</sup>)和2倍最大推荐用量(霜霉威、腐霉利、吡虫啉,分别为2 406.6、1 000、80 mg·kg<sup>-1</sup>)两个农药剂量处理,每个处理3个小区,设保护行,每个小区定植30棵“皇帝”结球生菜。本研究按试验设计用量,6月6日上午10:00先喷施吡虫啉,下午16:00将霜霉威、腐霉利两种杀菌剂农药混配后进行喷施,2 h后叶面变干,于18:00和施药后2、6、9 d取样测定农药残留含量。采用温室娃娃智能环境信息检测系统(国家农业信息化工程技术研究中心研究开发)记录施药后每日的光照、温度。日平均光照强度指当日光补偿点1 500 lx以上的数值的平均数,累积光照强度指在取样分析时间段内日平均光照强度之和;活动积温是指≥10℃的日平均气温之和。本试验期间的日平均温度为30.3℃,日平均累积光照7 373.5 klx。

#### 1.4.2 取样及处理

每个处理每个小区各取5棵结球生菜作为1个样品,共3个样品(即3次重复),样品采集后在实验室立即进行四分法取样、切碎混匀、匀浆,称样100 g后塑料盒包装,贮存在-20℃冰箱,待检测。

#### 1.4.3 农药残留检测

##### 1.4.3.1 主要仪器设备

沃特斯 ACQUITY UPLC/Quattro Ultima Pt 超高效液相色谱与串联四极杆质谱联用仪(UPLC/MS/MS,美国沃特斯公司);安捷伦 6890/5973N 气相色谱与质谱联用仪(GC/MS,美国安捷伦科技)。

##### 1.4.3.2 生菜中霜霉威与吡虫啉的 UPLC/MS/MS 分析

称取样品2.0 g,加入100 mL乙酸乙酯,混匀,分别加入6 g碳酸氢钠和35 g无水硫酸钠,然后在30℃水浴锅中静置20 min,取出,于高速匀浆机中以20 000 r·min<sup>-1</sup>匀浆1 min,过滤,取10 mL滤液于旋

转蒸发仪中蒸至近干,用乙酸乙酯溶解残渣,蒸干,用 40% 的甲醇溶液定容,离心过滤,待测。

UPLC 条件: C18(150 mm×2.1 mm×5 μm)液相柱,柱温 25℃,流速为 0.2 mL·min<sup>-1</sup>,流动相为 5 mmol·L<sup>-1</sup> 醋酸铵水溶液(A 组分)和 5 mmol·L<sup>-1</sup> 醋酸铵甲醇溶液(B 组分)(100% A 组分 10 min→12.5% A 组分+87.5% B 组分 7 min→100% A 组分 8 min)。MS/MS 条件:扫描方式为 MRM,离子模式为 ES<sup>+</sup>,霜霉威检测离子通道为 189.1>102,碰撞能量 17 eV,吡虫啉检测离子通道为 256>209,碰撞能量 16 eV。

#### 1.4.3.3 生菜中腐霉利的 GC/MS 分析

称取 15.0 g 样品,加入 90 mL 乙酸乙酯,混匀后,分别加入 6 g 碳酸氢钠和 35 g 无水硫酸钠,然后在 30℃ 水浴锅中静置 20 min,取出于高速匀浆机中以 20 000 r·min<sup>-1</sup> 匀浆 1 min,过滤,取 30 mL 滤液于旋转蒸发仪中蒸至近干,用乙酸乙酯溶解残渣后,经 SPE 小柱进行净化(5 mL 乙酸乙酯条件化小柱),收集洗脱液,并浓缩定容至 0.5 mL 等待进样。

GC 条件: DB-5 (30 m×0.25 mm×0.25 μm)气相色谱柱,不分流进样 1 μL,进样口温度为 250℃,恒压模式,程序升温条件为: 70℃ 保持 2 min, 25℃·min<sup>-1</sup> 升至 150℃, 3℃·min<sup>-1</sup> 升至 200℃, 8℃·min<sup>-1</sup> 升至 280℃ 保持 10 min。MS 条件: 离子源为 EI (70 eV),离子源温度为 230℃,四极杆温度为 150℃,接口温度为 280℃,采集方式为 SIM (特征离子为 283、285、96),溶剂延迟为 4 min。

#### 1.4.4 数据分析

数据采用 SAS 软件进行方差分析及 Duncan's 新复极差比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 吡虫啉在结球生菜上的消解动态

由图 1 可以看出,随着时间的延长,吡虫啉在结球生菜上的残留量逐渐降低,其中,最大推荐用量 2 倍处理的吡虫啉消解速度在 2 d 内明显大于推荐用量处理的消解速度,消解率分别达到 60.1% 和 44.9%,随后消解速度基本接近,施药 9 d 后,消解率分别达到 86.2% 和 88.7%。检测结果表明施药后 8 h,加倍用量处理和推荐用量处理的吡虫啉的测定平均值分别为 1.47 和 0.91 mg·kg<sup>-1</sup>。参照日本肯定列表制度中生菜吡虫啉 MRL 标准 5 mg·kg<sup>-1</sup> 来看(我国目前尚无吡虫啉在生菜上的 MRL 国标),对于吡虫啉,即使按最大推荐用量 2 倍喷施,其喷施 8 h 后的残留量

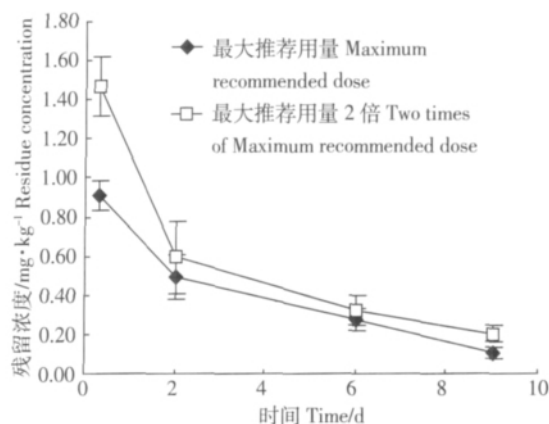


图 1 吡虫啉在生菜上的消解动态曲线

Figure 1 Degradation dynamic curves of imidacloprid in lettuce

也不超标,说明春季露地生菜上喷施吡虫啉的安全性较高。

### 2.2 霜霉威在结球生菜上的消解动态

与吡虫啉消解情况相似,加倍用量处理的霜霉威消解速度在 2 d 内明显大于最大推荐用量处理的消解速度,消解率分别达到 49.6% 和 40.0%,但随后消解速度较缓慢,施药 9 d 后,消解率仅分别达到 68.7% 和 60.3% (图 2)。检测结果表明施药后 6 d,加倍用量处理和推荐用量处理的霜霉威的测定平均值分别为 18.0 和 10.7 mg·kg<sup>-1</sup>,施药后 9 d,残留平均值分别为 13.3 和 8.4 mg·kg<sup>-1</sup>。参照日本肯定列表制度中生菜霜霉威 MRL 标准 10 mg·kg<sup>-1</sup> 来看(我国目前尚无霜霉威在生菜上的 MRL 国标),对于霜霉威,按最大推荐用量 2 倍喷施,在试验结束时残留量超过肯定列表制度规定限量的 33.3%,按最大推荐用量喷施,施药后 6 d,霜霉威的残留量接近肯定列表制度的要求,在结球生菜春季露地生产上,如果按最大推荐用量浓度进行喷施,喷药至采收的间隔期应至少在 7 d 以上才可能是安全的。

### 2.3 腐霉利在结球生菜上的消解动态

从图 3 可以看出,腐霉利的消解速度比吡虫啉和霜霉威的消解速度慢,分析表明,在施药后 2 d 内,加倍用量处理和推荐用量处理的腐霉利消解率仅分别为 18.0% 和 19.5%,施药 9 d 后,才分别达到 44.6% 和 59.0%。检测结果表明施药后 6 d,加倍用量处理和推荐用量处理的腐霉利的测定平均值分别为 20.3 和 11.8 mg·kg<sup>-1</sup>,施药后 9 d,残留平均值分别为 16.7 和 7.6 mg·kg<sup>-1</sup>。参照日本肯定列表制度中生菜腐霉利 MRL 标准 5 mg·kg<sup>-1</sup> 来看(我国目前尚无腐霉利在生菜上的 MRL 国标),腐霉利的安全性值得注意,其消



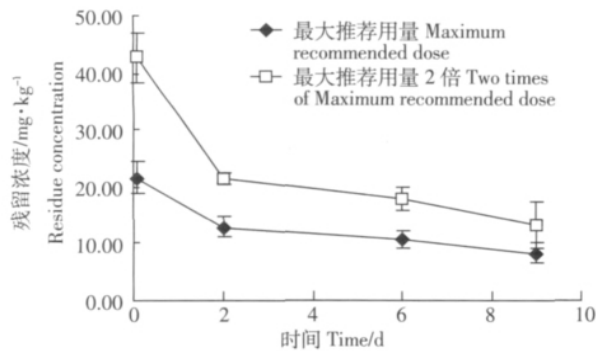


图 2 霜霉威在生菜上的消解动态曲线

Figure 2 Degradation dynamic curves of propamocarb in lettuce

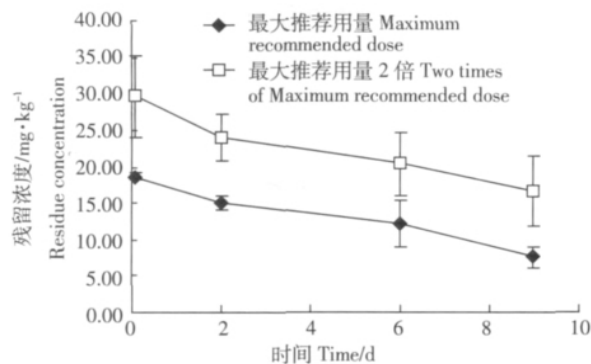


图 3 腐霉利在生菜上的消解动态曲线

Figure 2 Degradation dynamic curves of procymidone in lettuce

解速度较慢,在实际生产中容易发生残留超标情况,即使采用推荐浓度的腐霉利,也应引起重视,需要根据天气、栽培条件及检测结果进行安全间隔期判定。

#### 2.4 影响生菜农药消解的因子分析

影响生菜农药消解的因子很多,本研究对生菜施药后独立阶段——初始阶段(前 2 d)、中间阶段(中间 4 d)及最后阶段(最后 3 d)期间农药消解与农药种类、浓度及外部因子(含时间、光照和温度)的关系进行了方差分析及显著性检验,结果见表 1~表 3。

表 1 的方差分析表明,试验中的不同处理对生菜上施用的吡虫啉、霜霉威和腐霉利消解的影响达到极显著水平( $P=0.001\ 2<0.01$ );试验的随机区组之间未达到显著差异( $P>0.05$ );吡虫啉、霜霉威和腐霉利喷施浓度的高低对各自的消解率无显著影响( $P>0.05$ )。不同农药种类在消解率方面达到极显著差异( $P<0.01$ ),其中,吡虫啉最易消解,显著高于霜霉威和腐霉利,其次为霜霉威,腐霉利消解最慢(见表 2)。此外,外部因子对吡虫啉、霜霉威和腐霉利消解具有显著作用( $P<0.05$ )。表 3 表明,生菜上喷施吡虫啉、霜霉威和腐霉利后,在初始阶段(前 2 d)的平均消解率显著高于中间阶段(中间 4 d)( $P<0.05$ ),最后阶段(后 3

表 1 影响农药在生菜上消解的因子的方差分析  
Table 1 ANOVA for factors on the degradation of pesticides

来源	自由度	平方和	均方	F 值	Pr>F
模型	19	1.195 7	0.062 9	3.30	0.001 2
误差	34	0.647 4	0.019 0		
总变异	53	1.843 2			
区组	2	0.001 2	0.000 6	0.03	0.968 4
农药浓度	1	0.005 5	0.005 5	0.29	0.594 6
外部因子	2	0.136 8	0.068 4	3.59	0.038 5
农药种类	2	0.693 3	0.346 6	18.20	<.000 1
农药浓度×外部因子	2	0.082 7	0.041 4	2.17	0.129 5
农药浓度×农药种类	2	0.030 8	0.015 4	0.81	0.453 7
外部因子×农药种类	4	0.174 8	0.043 7	2.30	0.079 3
农药浓度×外部因子×农药种类	4	0.070 6	0.017 6	0.93	0.460 0

表 2 影响农药消解的农药种类之间的比较  
Table 2 Duncan's test for different kinds of pesticides on its degradation

农药种类	平均消解率	差异显著性( $\alpha=0.05$ )
吡虫啉	47.9%	a
霜霉威	28.0%	b
腐霉利	21.2%	b

注:有相同字母的表示无显著差异。Means with the same letter are not significantly different.

表 3 影响农药消解的外部因子之间的比较

Table 3 Duncan's test for external factor on degradation of pesticide

外部因子	平均消解率	差异显著性( $\alpha=0.05$ )
打药后初始阶段(2 d, 活动积温 62.6 ℃, 累积光照强度 16 152 klx)	38.7%	a
打药后最后阶段(3 d, 活动积温 80 ℃, 累积光照强度 17 390 klx)	32.0%	ab
打药后中间阶段(4 d, 活动积温 126.6 ℃, 累积光照强度 32 820 klx)	26.4%	b

注:有相同字母的表示无显著差异。Means with the same letter are not significantly different.

d)与初始阶段没有显著差异( $P>0.05$ ),说明吡虫啉、霜霉威和腐霉利在生菜上的消解,基本表现为起始和最后阶段消解快、中间阶段消解平缓的特点。

### 3 讨论与结论

农药的消解受很多因素影响。

(1)同一种农药在不同作物品种上的消解表现不同。以吡虫啉为例,楼建晴等<sup>[3]</sup>报道吡虫啉在甘蓝上的半衰期( $T_{1/2}$ )为 2~4 d,但范志先等<sup>[4]</sup>报道吡虫啉在番茄上的半衰期范围较大,为 0.7~6.3 d。本研究中,按最

大推荐用量喷施的吡虫啉,消解数据经采用农药消解研究常用的负指数模型( $C_t = C_0 e^{-kt}$ ,半衰期  $T_{0.5} = (1/k) \ln 2$ )计算,其在生菜上的消解半衰期为 3 d。

(2) 农药种类不同,其消解速度差异较大<sup>[5]</sup>。本研究表明,农药种类在影响农药消解方面具有极显著差异,在结球生菜上常用农药——腐霉利、霜霉威和吡虫啉中,吡虫啉消解最快,其次为霜霉威,腐霉利消解最慢。按日本肯定列表制度对生菜吡虫啉、霜霉威和腐霉利最大残留限量要求,本研究表明,春季露地生菜上喷施吡虫啉的安全性较高,对于霜霉威,按最大推荐用量喷施,其在结球生菜春季露地生产上的安全间隔期应至少在 7 d 以上,而腐霉利的使用安全需要引起重视,试验结束时,不论何种喷施浓度,其残留量均超过  $5.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  的要求,因而,生菜生产中应根据天气、栽培条件及检测结果对其进行安全间隔期判定。

(3) 影响农药消解的因素很多,其中主要因素时间的影响是不言而喻的,试验环境条件对农药的消解影响亦较大,温度对农药残留的影响已被多方证实,如庾琴等<sup>[6]</sup>认为吡虫啉的消解速度随温度升高而加快,陈振德等<sup>[7]</sup>认为毒死蜱在冬季大棚菠菜中的消解速度显著地慢于在春季大棚和露地栽培菠菜中的消解速度。温度对农药消解的影响是多方面的,如影响到挥发、生物消解和化学消解等,不管怎样,温度决定着化学反应速度,也就影响着农药的消解速度。在光照对农药残留的影响上有不同解释,庾琴等<sup>[6]</sup>认为吡虫啉的消解速度随光强的增加而加快,喷药后 3 d 内,光强越大吡虫啉消解越快。白小军等<sup>[8]</sup>认为在日光下曝晒,吡虫啉在枸杞上的消解速度要比常温保存快得多,其原因可能是光照及光照引起的升温造成了吡虫啉的快速消解,但陈小军等<sup>[9]</sup>认为大多数农药对 300 nm 以上光已无吸收,而到达地面上的太阳光波长大于 290 nm,其中 380 nm 以上波长的光子能量难以破坏化学农药键能,因此发生光解多数是间接光解。其他一些因素也会影响农药的消解,如自身物理化学性质、微生物、风速、湿度等。本研究仅考察了大田条件下农药种类、喷施浓度与外部因子对生菜农药消解的影响,因实施条件所限,尚不能给出较全面准确的环境影响描述,特别是对主要环境因子如温度、光照等的交互与影响预测,有待于进一步深入研究。

(4) 本研究发现,不论是按最大推荐用量还是 2 倍最大推荐用量喷施,吡虫啉、霜霉威、腐霉利在生菜

上均表现为起始和最后阶段消解快、中间阶段消解平缓的特点,但 3 种农药喷施浓度的高低对各自在结球生菜上的消解率均无显著影响( $P > 0.05$ )。

#### 参考文献:

- [1] 于春娟, 陆萍. 结球生菜中有机磷农药残留气相色谱检测技术初探[J]. 上海农业科技, 2006(1): 87.  
YU Chun-juan, LU Ping. Determination of residue of organophosphorus pesticide in head lettuce by gas chromatography[J]. *Shanghai Agricultural Science and Technology*, 2006(1): 87.
- [2] 何娟, 康长安, 万郑凯, 等. 气质联用法测定结球生菜中多农药残留及其动态消解[J]. 农药, 2007, 46(5): 338-340.  
HE Juan, KANG Chang-an, WAN Zheng-kai, et al. Determination of multi-residues in lettuce by GC-MSD and the degradation of the pesticides[J]. *Agrochemicals*, 2007, 46(5): 338-340.
- [3] 楼建晴, 程敬丽, 朱国念, 等. 吡虫啉在甘蓝上的残留动态[J]. 农药, 2004, 43(1): 40-42.  
LOU Jian-qing, CHENG Jing-li, ZHU Guo-nian, et al. Residues of imidacloprid in cabbage and soil[J]. *Agrochemicals*, 2004, 43(1): 40-42.
- [4] 范志先, 许允成, 初丽伟, 等. 吡虫啉在番茄和土壤上的残留动态[J]. 吉林农业大学学报, 2003, 25(6): 649-651.  
FAN Zhi-xian, XU Run-chen, CHU Li-wei, et al. Residue dynamics of imidacloprid in tomato and soil[J]. *Journal of Jilin Agricultural University*, 2003, 25(6): 649-651.
- [5] 陈振德, 冯明祥, 袁玉伟, 等. 几种常用农药在菠菜中的残留动态研究[J]. 安全与环境学报, 2007, 3: 1-4.  
CHEN Zhen-de, FENG Ming-xiang, YUAN Yu-wei, et al. Research on residue dynamics laden in some commonly used pesticides in spinach[J]. *Journal of safety and environment*, 2007, 3: 1-4.
- [6] 庾琴, 秦曙, 王霞, 等. 温度、光照及生物因子对啉虫脒和吡虫啉在油菜叶面消解的影响[J]. 农药学报, 2006, 8(2): 147-151.  
YU Qin, QIN Shu, WANG Xia, et al. Dissipation of acetamiprid and imidacloprid under different temperature, light and biological factors on phyllosphere of brassica chinensis[J]. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 2006, 8(2): 147-151.
- [7] 陈振德, 陈雪辉, 冯明祥, 等. 毒死蜱在菠菜中的残留动态研究[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(4): 728-731.  
CHEN Zhen-de, CHEN Xue-hui, FENG Ming-xiang, et al. Residue dynamics of chlorpyrifos in spinach[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2005, 24(4): 728-731.
- [8] 白小军, 康萍芝, 沈瑞清, 等. 吡虫啉农药在枸杞中的残留消解研究[J]. 现代农药, 2006, 5(3): 22-25.  
BAI Xiao-jun, KANG Ping-zhi, SHEN Rui-qing, et al. Research on residue and degradation of imidacloprid in plants of *Lycium barbarum* L. [J]. *Modern Agrochemicals*, 2006, 5(3): 22-25.
- [9] 陈小军, 徐汉虹, 胡珊, 等. 农药光催化消解研究进展[J]. 农药, 2006, 45(6): 381-384.  
CHEN Xiao-jun, XU Han-hong, HU Shan, et al. Research advances in pesticide photodecomposition[J]. *Agrochemicals*, 2006, 45(6): 381-384.