

叶类蔬菜低农药残留基因型筛选研究

陈振德¹, 张清智^{1,2}, 王文娇¹, 周英¹, 陈建美¹

(1. 青岛市农业科学研究院, 山东 青岛 266100 2. 山东出入境检验检疫局检验检疫技术中心, 山东 青岛 266002)

摘要 采用气相色谱法 (GC-NPD, ECD) 测定毒死蜱和氰戊菊酯残留量, 研究了菠菜 (*Spinacia oleracea* L.) 和不结球白菜 (*Brassica campestris* L. ssp. *Chinensis* Makino var. *communis* Tsen et Lee) 中毒死蜱、氰戊菊酯的残留动态。结果表明, 菠菜中毒死蜱残留量、不结球白菜中毒死蜱和氰戊菊酯残留量存在着明显的基因型差异。同一不结球白菜基因型, 毒死蜱和氰戊菊酯的残留量达到《GB 2763—2005 食品中农药最大残留限量》中规定的叶类蔬菜农药最大残留限量所需要的时间存在明显差异, 且毒死蜱达到最大残留限量所需要的时间比氰戊菊酯长, 因此在选择低农药残留基因型时, 应首先考虑农药残留时间长、最大农药残留限量低的农药品种。菠菜品种 sp0723、卡尔以及不结球白菜品种矮抗青、无锡 605 和青选 3 号属于低农药残留的基因型, 在生产上推广应用有利于提高叶类蔬菜的食用安全水平。

关键词 农药残留 毒死蜱 氰戊菊酯 基因型 菠菜 不结球白菜

中图分类号 X592 **文献标志码** A **文章编号** 1672-2043(2010)02-0239-07

Screening of Genotypes with Low Pesticide Residue in Leafy Vegetables

CHEN Zhen-de¹, ZHANG Qing-zhi^{1,2}, WANG Wen-jiao¹, ZHOU Ying¹, CHEN Jian-mei¹

(1. Qingdao Academy of Agricultural Sciences, Qingdao 266100, China; 2. Technical Center of Inspection and Quarantine, Shandong Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Qingdao 266002, China)

Abstract The residues of chlorpyrifos and fenvalerate were determined by GC (Gas Chromatograph) with NPD or ECD detector. The dynamics of chlorpyrifos residue in spinach, chlorpyrifos and fenvalerate residues in pakchoi were investigated in this experiment. The results indicated that the chlorpyrifos residue in spinach, and the residues of chlorpyrifos and fenvalerate in pakchoi were obviously different among genotypes. In the same genotype of pakchoi, the time of chlorpyrifos and fenvalerate residues accorded with MRL (maximum residue limits) of leafy vegetables stipulated in "GB 2763—2005 maximum residue limits for pesticides in food" was evidently diverse, the time of chlorpyrifos MRL was longer than that of fenvalerate. As a result, more time of pesticide residue and pesticide variety of low MRL were in the first place considered in the way of selecting genotypes with low pesticide residue. The varieties sp0723 and Kaer of spinach, and Aikangqing, Wuxi605 and Qingxuan No.3 of pakchoi belong to the genotypes with low pesticide residues, applying these varieties to farming will be helpful for improving security level of leafy vegetables.

Keywords pesticide residue; chlorpyrifos; fenvalerate; genotype; spinach; pakchoi

我国是农药生产和使用大国。据统计, 2007 年我国农药产量 173.1 万 t (按有效成分计), 比 2006 年增长 24.3%, 这是我国农药产量首次超过美国, 成为世界第一大农药生产国。农产品质量安全问题关系到人民群众的身体健康、城乡经济和社会的稳定与协调发展, 是关系到国计民生的大事。多年来由于大量、连续

地使用化学农药, 使得蔬菜中农药残留量超标问题日益突出, 严重削弱了我国农产品在国际上的竞争力, 也对我国的农业生态环境造成了严重污染。加入 WTO 后, 发达国家为了维护本国利益和消费安全, 对进口农产品制定了严格的农药残留限量标准, 扩大了检测的农药种类, 农药残留作为“技术壁垒”在农产品国际贸易中的作用越来越大。如日本政府从 2006 年 5 月 29 日起正式实施了食品中农业化学品残留“肯定列表制” (Positive List System), 农药残留标准设定累计农药扩大到 540 种以上^[1]。欧盟也不例外, 提高了

收稿日期 2009-09-07

基金项目 青岛市自然科学基金项目 (07-2-3-4-jch)

作者简介 陈振德 (1957—), 男, 研究员, 主要研究方向为蔬菜生理与食品安全。E-mail: qdczd@tom.com

农产品进口的门槛,致使我国农产品出口遭受到不同程度的“技术壁垒”的限制。

蔬菜的农药残留研究多集中在蔬菜中农药残留动态与降解技术方面。如陈振德等^[2]研究了毒死蜱在冬季大棚、春季大棚和露地栽培菠菜中的残留动态,发现由于种植季节和栽培条件的不同,其农药残留量和安全间隔期也不同。在韭菜生产中,由于用药方式不同,毒死蜱在韭菜中的残留量及半衰期存在差异^[3]。在露地栽培条件下,氯氰菊酯、氰戊菊酯、毒死蜱和百菌清在菠菜中的残留量存在很大差异,在菠菜生产中使用农药时应充分考虑所用农药的半衰期,严格掌握安全间隔期^[4]。在露地黄瓜上喷施不同种类的杀虫剂和杀菌剂,黄瓜中的农药残留相差很大。在试验的 4 种杀虫剂中,氯氰菊酯和甲氰菊酯降解较快,而吡虫啉和毒死蜱则降解较慢。杀菌剂甲基硫菌灵在黄瓜中残留就很少,药后第 7 d 就已检测不出残留^[5]。有研究表明,稀土植宝处理小白菜后,有增强对有机磷农药降解能力的作用,明显降低了残效期内农药残留量和药害发生的可能性^[6]。汪东风等^[7]研究发现,海带组分 S4 铈配合物对甲胺磷和氧化乐果农药具有非常好的降解效果,其降解率在中性条件下 48 h 分别为 42.9% 和 68.04%。杜德红等^[8]将茶叶多糖铈配合物应用于大田菠菜,可有效降低菠菜中毒死蜱及乐果的残留量。叶面喷施 0.03%~0.09% 硝酸镧能有效降低菠菜中毒死蜱的残留量,半衰期比对照缩短 1.5~2.2 d,安全间隔期缩短 3.9~5.5 d^[9]。叶面喷施海藻多糖稀土配合物对小白菜、甘蓝、芹菜中毒死蜱、氧化乐果、敌敌畏等有机磷农药残留具有明显的降解作用^[10]。刘红玉等^[11]叶面喷施 200~600 mg·L⁻¹ 的高铁酸钾溶液,可有效降

低菠菜中敌敌畏、毒死蜱和乐果等有机磷农药的残留量,其中以 600 mg·L⁻¹ 的高铁酸钾溶液对菠菜中有机磷农药的降解效果最好,降解率可达 70% 以上。冯明祥等^[12]研究表明,防治洋葱地下害虫采用毒死蜱、敌百虫灌根施药,洋葱中农药残留很低,而防治地上害虫采用氯氰菊酯喷雾,则洋葱中农药残留较低。另外,套袋能明显减少番茄、黄瓜中的多菌灵、百菌清、氰戊菊酯和氯氰菊酯残留量^[13]。目前关于蔬菜低农药残留基因型的筛选利用鲜见报道。本试验以叶类蔬菜中的菠菜 (*Spinacia oleracea* L.) 和不结球白菜 (*Brassica campestris* L. ssp. *Chinensis* Makino var. *communis* Tsen et Lee) 为试材,研究了毒死蜱和氰戊菊酯的残留动态,以期探索农药残留的基因型差异。

1 材料与方法

1.1 材料种植

1.1.1 不结球白菜种植

2007 年 3 月 10 日将 24 个不同基因型的不结球白菜品种(表 1)种植在青岛市农科院院内塑料大棚中,按照每个品种播种一畦进行育苗。棚内土壤有机质 1.57%,速效 N 146.3 mg·kg⁻¹,有效 P₂O₅ 183.0 mg·kg⁻¹,速效 K₂O 230 mg·kg⁻¹,pH4.9。按每 666.7 m² 施入有机肥 650 kg,复合肥(养分含量 45%) 50 kg,撒施均匀后耕翻土壤,做成 3.5 m×1.2 m 的畦子,供移栽备用。4 月 5 日进行移栽,行株距为 30 cm×15 cm,小区面积 3.5 m×1.2 m,重复 3 次。

1.1.2 菠菜种植

2007 年 3 月 12 日将 31 个不同基因型的菠菜品种(表 2)种植在青岛市农科院院内塑料大棚中,每畦

表 1 不结球白菜品种及来源

Table 1 Varieties and origin of pakchoi

编号	品种	品种来源	编号	品种	品种来源
1	华王	日本武藏野种苗园株式会社	13	中箕白	南京红太阳种业有限公司
2	夏帝	日本东北种苗株式会社	14	抗热 605	南京红太阳种业有限公司
3	平成 5 号	日本	15	四月慢	南京红太阳种业有限公司
4	金夏苜	日本武藏野种苗园株式会社	16	矮抗青	南京红太阳种业有限公司
5	水月油菜	日本,青岛国际种苗有限公司引进	17	梅虹一号	上海汇阳种苗有限公司
6	华冠	日本武藏野种苗园株式会社	18	无锡 605	无锡市益农农业服务有限公司
7	矮脚黄	南京红太阳种业有限公司	19	日本青油菜	哈尔滨市种子发种研究所
8	绿秀	青岛国际种苗有限公司	20	青丰青帮油菜	青县青丰种业有限公司
9	163	青岛国际种苗有限公司	21	青选 1 号	自选
10	02-88	青岛国际种苗有限公司	22	青选 2 号	自选
11	苏州青	南京红太阳种业有限公司	23	青选 3 号	自选
12	上海青	南京红太阳种业有限公司	24	青选 4 号	自选

表 2 菠菜品种及来源

Table 2 Varieties and origin of spinach

编号	品种	品种来源	编号	品种	品种来源
1	乐雷	寿光先正达种子有限公司	17	sp0722	先正达荷兰种子子公司
2	娅美	寿光先正达种子有限公司	18	sp0723	先正达荷兰种子子公司
3	澳特威	寿光先正达种子有限公司	19	sp0726	先正达荷兰种子子公司
4	黛萍	寿光先正达种子有限公司	20	金刚夏	寿光先正达种子有限公司
5	赛泽	寿光先正达种子有限公司	21	卡尔	寿光先正达种子有限公司
6	凡高	寿光先正达种子有限公司	22	凯萨	寿光先正达种子有限公司
7	罗非	寿光先正达种子有限公司	23	墨绿特	寿光先正达种子有限公司
8	sp0703	先正达荷兰种子子公司	24	圣菲尔	寿光先正达种子有限公司
9	sp0704	先正达荷兰种子子公司	25	颂秋波	寿光先正达种子有限公司
10	sp0705	先正达荷兰种子子公司	26	无敌	寿光先正达种子有限公司
11	sp0710	先正达荷兰种子子公司	27	青岛圆叶 F	地方品种
12	sp0712	先正达荷兰种子子公司	28	泰安尖叶 M1	地方品种
13	sp0718	先正达荷兰种子子公司	29	泰安尖叶 M2	地方品种
14	sp0719	先正达荷兰种子子公司	30	尖叶 F	地方品种
15	sp0720	先正达荷兰种子子公司	31	圆叶 M	地方品种
16	sp0721	先正达荷兰种子子公司			

为 1 个小区,每畦播种 4 行,每个品种播种 3 畦,即重复 3 次。棚内土壤有机质 1.57%,速效 N 146.3 mg·kg⁻¹,有效 P₂O₅ 183.0 mg·kg⁻¹,速效 K₂O 230 mg·kg⁻¹,pH4.9。按每 666.7 m² 施入有机肥 650 kg,复合肥(养分含量 45%) 50 kg,撒施均匀后耕翻土壤,做成 3.5 m×1.2 m 的畦子,供播种用。3 月 28 日进行第 1 次间苗,4 月 8 日定苗,行株距为 30 cm×15 cm。

1.2 供试农药

毒死蜱,40%乳油,有效成分(Chlorpyrifos)的化学名称为 O,O-二乙基-O-(3,5,6-三氯-2-吡啶基)硫代磷酸酯。农药登记号 LS20050618,惠州中迅化工有限公司生产。

氰戊菊酯,20%乳油(Fenvalerate),农药登记号 PD 85154,上海中西药业股份有限公司生产。

1.3 植株取样

4 月 24 日对不结球白菜叶面喷洒毒死蜱(1 000 倍)和氰戊菊酯(750 倍)。取样采用多点混合采样法,在喷洒农药后第 3 d(4 月 27 日)、5 d(4 月 29 日)、7 d(5 月 1 日)、14 d(5 月 8 日)、21 d(5 月 15 日)取样,每小区随机取 5 株作为样品,并进行编号。将编号的样品立即送青岛农科院中心实验室进行农药残留检测。

5 月 9 日对菠菜叶面喷洒毒死蜱(1 000 倍),取样采用多点混合采样法,在喷洒农药后第 3 d(5 月 12 日)、5 d(5 月 14 日)、7 d(5 月 16 日)、14 d(5 月 23 日)、21 d(5 月 30 日)取样,每小区随机取 5 株作为样

品,并进行编号。将编号的样品立即送青岛农科院中心实验室进行农药残留检测。

1.4 农药残留检测

菠菜、不结球白菜样品中毒死蜱和不结球白菜样品中氰戊菊酯残留检测采用气相色谱法,采用外标(峰面积)定量法定量,保留时间定性。

1.4.1 毒死蜱残留检测

遵照 GB/T 5009.145—2003《植物性食品中有机磷和氨基甲酸酯类农药多种残留的测定》^[14],具体过程如下。

样品前处理:取不少于 1 000 g 菠菜或不结球白菜样品,取可食部分用干净纱布擦去样品表面的附着物,采用对角线分割法,取对角线部分将其切碎,充分混匀放入食品加工器粉碎,制成待测样品备用。

用电子天平准确称取 10.0 g 样品放入匀浆机中加入 20 mL 乙腈高速匀浆 2 min 后用滤纸过滤,滤液收集到装有 3 g 氯化钠的离心管中,高速离心 5 min,室温下静置。从离心管中吸取 4 mL 上清液放在氮吹仪上 80 ℃水浴氮吹至干,用丙酮准确定容 2.0 mL,过 0.45 μm 滤膜,移入自动进样器样品瓶中,待测。

仪器条件:Varian GC 3800 气相色谱仪(NPD)进样口温度 230 ℃,检测器温度 300 ℃,载气为高纯 N₂(99.999%),恒流 2 mL·min⁻¹,色谱柱为 HP-5(30 m×0.53 mm×0.25 μm)石英毛细柱,程序升温测定,80 ℃保持 2 min,以 15 ℃·min⁻¹升温至 230 ℃保持 2 min。

1.4.2 氰戊菊酯残留检测

遵照 GB/T 5009.146—2003 《植物性食品中有机氯和拟除虫菊酯类农药多残留的测定》^[15], 具体过程如下。

样品前处理 取不少于 1 000 g 不结球白菜样品, 取可食部分用干净纱布擦去样品表面的附着物, 采用对角线分割法将其切碎, 充分混匀放入食品加工器粉碎, 制成待测样品备用。

用电子天平准确称取 25.0 g 样品放入匀浆机中, 加入 50 mL 乙腈高速匀浆 2 min 后用滤纸过滤, 滤液收集到装有 6 g 氯化钠的离心管中, 高速离心 5 min。从离心管中吸取 10 mL 上清液放在氮吹仪上 80 ℃水浴氮吹至干, 正己烷定容 2 mL。将 2 mL 正己烷溶解的样品过 Florisil 固相萃取柱 (1 g), 用 15 mL 丙酮+正己烷 (1+9) 分 3 次洗离心管过 Florisil 柱, 将接收的洗脱液于氮吹仪上 55 ℃水浴氮吹至干, 用正己烷准确定容 5.0 mL, 移入自动进样器样品瓶中, 待测。

仪器条件: Varian GC 3800 气相色谱仪 (ECD) 进样口温度 230 ℃, 检测器温度 300 ℃, 柱温 250 ℃保持 20 min; 载气为高纯 N₂ (99.999%), 流速 6.0 mL·min⁻¹; 色谱柱为 HP-1 (30 m×0.88 mm×0.53 μm)。

2 结果与分析

2.1 菠菜毒死蜥残留量的基因型差异

表 3 的结果表明, 在喷药后第 3 d 取样检测, 31 个菠菜品种中有 25 个品种的毒死蜥残留量小于 1.5 mg·kg⁻¹, 其中罗非、sp0720、sp0726、青岛圆叶 F 和泰安尖叶 M2 5 个品种的毒死蜥残留量小于 1 mg·kg⁻¹, 而乐雷则高达 2.061 mg·kg⁻¹。

喷药后第 7 d 取样检测, sp0719、sp0723、无敌、泰安尖叶 M2 和圆叶 M 5 个品种的毒死蜥残留量小于 0.5 mg·kg⁻¹。直到第 14 d 取样检测, 只有 sp0703、sp0723 和卡尔 3 个品种的残留量小于 0.1 mg·kg⁻¹, 达到 GB 2763—2005 规定的叶类蔬菜中毒死蜥最大残留限量 ≤0.1 mg·kg⁻¹ (GB 2763—2005 食品中农药最大残留限量)^[16]。到第 21 d 取样检测, 所有试验的 31 个品种中的毒死蜥残留量达到 GB 2763—2005 规定的叶类蔬菜中毒死蜥最大残留限量标准。

2.2 不结球白菜毒死蜥残留量的基因型差异

从表 4 可以看出, 在喷洒毒死蜥后第 3 d 取样检测, 不结球白菜中毒死蜥的残留量在不同基因型中差异很大。在试验的 24 个基因型中, 以华王和日本青油菜的毒死蜥残留量最高, 分别达 3.42 和 3.13 mg·kg⁻¹;

表 3 菠菜基因型中毒死蜥残留量的差异比较 (mg·kg⁻¹)

Table 3 Difference of chlorpyrifos residue in spinach genotypes (mg·kg⁻¹)

品种名称	3 d	5 d	7 d	14 d	21 d
乐雷	2.061	1.130	0.994	0.366	0.054
娅美	1.386	1.109	1.082	0.353	0.064
澳特威	1.810	1.244	0.586	0.211	0.067
黛萍	1.308	0.765	0.613	0.212	0.029
赛泽	1.270	0.887	0.559	0.223	0.019
凡高	1.640	0.887	0.792	0.318	0.038
罗非	0.852	0.794	0.545	0.130	0.051
sp0703	1.961	1.037	0.544	0.094	0.063
sp0704	1.083	0.989	0.735	0.298	0.048
sp0705	1.217	0.898	0.670	0.301	0.041
sp0710	1.424	0.914	0.588	0.133	0.049
sp0712	1.185	0.940	0.679	0.224	0.025
sp0718	1.127	1.049	0.636	0.335	0.047
sp0719	1.007	0.898	0.441	0.137	0.030
sp0720	0.914	0.824	0.571	0.223	0.036
sp0721	1.179	0.979	0.543	0.171	0.049
sp0722	1.217	0.852	0.609	0.207	0.039
sp0723	1.127	0.938	0.441	0.078	0.044
sp0726	0.940	0.912	0.921	0.450	0.032
金刚夏	1.492	0.954	0.793	0.483	0.028
卡尔	1.208	0.931	0.522	0.090	0.057
凯萨	1.754	0.917	0.550	0.150	0.060
墨绿特	1.048	0.817	0.799	0.468	0.045
圣菲尔	1.109	0.847	0.669	0.317	0.032
颂秋波	1.442	0.928	0.542	0.262	0.022
无敌	1.169	0.866	0.454	0.156	0.022
青岛圆叶 F	0.854	0.629	0.587	0.364	0.028
泰安尖叶 M1	1.395	1.012	0.893	0.162	0.034
泰安尖叶 M2	0.972	0.873	0.474	0.124	0.038
尖叶 F	1.559	0.777	0.526	0.207	0.047
圆叶 M	1.220	0.633	0.402	0.208	0.031

而上海青、矮抗青的毒死蜥残留量则在 1 mg·kg⁻¹ 以下; 63、四月慢、中箕白、青丰青帮油菜、青选 1 号、苏州青的毒死蜥残留量也较低, 在 1~1.3 mg·kg⁻¹ 之间。

随着喷药后时间的推移, 不结球白菜中毒死蜥的残留量随之减少。到喷药后第 14 d 取样检测, 除夏帝、梅虹一号、苏州青、中箕白、绿秀、华冠、青选 2 号和水月油菜等 8 个基因型的毒死蜥残留量接近或超过《GB 2763—2005 食品中农药最大残留限量》^[16]中规定的叶类蔬菜的毒死蜥最大残留限量 (≤0.1 mg·kg⁻¹) 外, 其余基因型的残留量都低于此标准。换言之, 除了上述 8 个品种外, 其余的品种在喷洒毒死蜥后第 14 d 食用

是安全的。若按日本的判定标准 ($\leq 0.01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), 所有品种的毒死蜱残留量都不符合标准。到喷药后第 21 d 取样检测, 除华冠和绿秀的毒死蜱残留量为 $0.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 外, 其余品种的残留量远低于这一标准, 食用是安全的。

总之, 不结球白菜喷洒毒死蜱之后, 至少要在药后 14 d 食用方可安全。从试验的 24 个基因型的农药残留动态变化来看, 矮抗青、无锡 605 和青选 3 号的毒死蜱残留量一直较低, 是低毒死蜱残留量的基因型, 在生产上值得优先推广。

表 4 不结球白菜基因型中毒死蜱残留量的差异比较 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Table 4 Difference of chlorpyrifos residue in pakchoi genotypes ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

品种名称	3 d	5 d	7 d	14 d	21 d
华王	3.42	1.75	0.97	0.06	0.02
夏帝	1.63	0.98	0.63	0.10	0.06
平成 5 号	2.09	1.73	0.60	0.05	0.03
金夏苻	2.13	1.39	0.60	0.09	0.03
水月油菜	2.11	0.99	0.97	0.45	0.06
华冠	1.59	0.96	0.77	0.15	0.10
矮脚黄	2.17	1.13	0.92	0.05	0.03
绿秀	2.51	1.28	1.15	0.12	0.10
163	1.00	0.79	0.69	0.07	0.06
02-88	1.35	0.90	0.89	0.08	0.06
苏州青	1.29	1.06	0.86	0.13	0.02
上海青	0.97	0.71	0.67	0.09	0.03
中箕白	1.08	0.86	0.76	0.18	0.03
抗热 605	1.39	0.96	0.90	0.06	0.05
四月慢	1.00	0.89	0.79	0.06	0.04
矮抗青	0.86	0.79	0.51	0.05	0.01
梅虹一号	1.44	1.32	0.74	0.10	0.02
无锡 605	1.33	0.89	0.40	0.05	0.04
日本青油菜	3.13	0.75	0.33	0.09	0.06
青丰青帮油菜	1.13	0.63	0.47	0.09	0.08
青选 1 号	1.16	0.88	0.55	0.08	0.04
青选 2 号	2.52	1.23	0.53	0.24	0.05
青选 3 号	1.60	0.63	0.49	0.05	0.03
青选 4 号	2.19	1.13	0.70	0.09	0.02

2.3 不结球白菜氰戊菊酯残留量的基因型差异

表 5 的结果表明, 喷洒氰戊菊酯后第 3 d 检测, 华王、夏帝、绿秀、抗热 605、日本青油菜的氰戊菊酯残留量高达 $2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以上; 而苏州青、163、四月慢、青丰青帮油菜的残留量低于 $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。到药后第 7 d 检测, 平成 5 号、华冠、矮脚黄、163、02-88、苏州青、四月慢、矮抗青、梅虹一号、日本青油菜、青丰青帮油菜、

青选 1 号、青选 3 号 13 个品种的氰戊菊酯残留量在 $0.2 \sim 0.47 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间, 均低于《GB 2763—2005 食品中农药最大残留限量》^[16]中规定的叶类蔬菜的氰戊菊酯最大残留限量 ($\leq 0.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), 上述品种在喷洒氰戊菊酯后第 7 d 采收食用是安全的。到药后第 14 d 检测, 所有试验品种的氰戊菊酯残留量都 $\leq 0.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 均符合食用安全的要求。

表 5 不结球白菜基因型中氰戊菊酯残留量的差异比较 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Table 5 Difference of fenvalerate residue in pakchoi genotypes ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

品种名称	3 d	5 d	7 d	14 d	21 d
华王	2.28	1.17	0.76	0.14	0.04
夏帝	2.38	1.04	0.73	0.05	0.01
平成 5 号	1.25	0.62	0.36	0.05	0.01
金夏苻	1.27	0.89	0.70	0.23	0.01
水月油菜	1.32	1.15	0.54	0.12	0.03
华冠	1.60	0.66	0.20	0.05	0.01
矮脚黄	1.81	0.54	0.24	0.05	0.01
绿秀	2.31	0.98	0.80	0.11	0.01
163	0.99	0.51	0.42	0.05	0.01
02-88	1.43	0.65	0.40	0.17	0.01
苏州青	0.68	0.45	0.27	0.01	<0.01
上海青	1.81	1.20	0.85	0.32	0.01
中箕白	1.39	0.91	0.64	0.03	0.01
抗热 605	2.31	1.31	0.97	0.16	0.01
四月慢	0.84	0.57	0.25	0.03	0.01
矮抗青	1.22	0.51	0.34	0.06	<0.01
梅虹一号	1.06	0.45	0.35	0.01	<0.01
无锡 605	1.12	0.64	0.59	0.01	<0.01
日本青油菜	2.34	0.98	0.43	0.16	0.01
青丰青帮油菜	0.82	0.35	0.27	0.04	0.01
青选 1 号	1.41	0.63	0.45	0.04	<0.01
青选 2 号	1.79	0.89	0.54	0.04	<0.01
青选 3 号	1.49	0.73	0.47	0.04	0.01
青选 4 号	1.32	0.74	0.66	0.09	0.01

3 结论

3.1 不同叶类蔬菜中毒死蜱、氰戊菊酯的残留量存在基因型差异

在不结球白菜中, 不同基因型的农药残留差别较大。如喷洒毒死蜱后第 3 d 取样检测, 华王和日本青油菜的毒死蜱残留量高达 $3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以上, 而上海青、矮抗青的毒死蜱残留量则在 $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以下(表 4)。喷洒氰戊菊酯后第 3 d 检测, 华王、夏帝、绿秀、抗热 605、日本青油菜的氰戊菊酯残留量高达 $2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$

以上,苏州青、163、四月慢、青丰青帮油菜的残留量则低于 $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (表 5)。

从菠菜的取样检测结果看,sp0723 和卡尔的毒死蜱残留量一直较低,如第 3 d 取样检测,其残留量分别为 1.127 和 $1.208 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。到第 14 d 取样检测,sp0723 和卡尔的毒死蜱残留量分别为 0.078 和 $0.090 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (表 3),达到了 GB 2763—2005 规定的叶类蔬菜中毒死蜱最大残留限量 $\leq 0.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ [16]。可见 sp0723 和卡尔属于低农药残留的菠菜基因型,值得在生产上推广应用,有利于提高菠菜的食用安全水平。

3.2 同一基因型中毒死蜱、氰戊菊酯的残留量达到《GB 2763—2005 食品中农药最大残留限量》中规定的叶类蔬菜农药最大残留限量所需要的时间存在差异

从试验结果来看,即使是同一基因型,毒死蜱和氰戊菊酯的残留量达到 GB 2763—2005 [16] 中规定的叶类蔬菜农药最大残留限量所需要的时间存在明显差异。如苏州青中的毒死蜱残留量达到 $<0.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的标准需要 21 d,而氰戊菊酯达到 $<0.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的标准仅需要 5 d。

3.3 在选择低农药残留基因型时,应首先考虑农药残留时间长、最大农药残留限量低的农药品种

就本试验而言,不结球白菜中毒死蜱和氰戊菊酯的残留量达到 GB 2763—2005 中规定的叶类蔬菜农药最大残留限量所需要的时间存在明显差异,毒死蜱达到最大残留限量所需要的时间比氰戊菊酯长,因此在选择低农药残留基因型时,应将毒死蜱放在优先考虑的位置。如药后第 14 d 取样检测,夏帝、梅虹一号、苏州青、中箕白、绿秀、华冠、青选 2 号和水月油菜等 8 个基因型的毒死蜱残留量接近或超过 $0.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,达不到食用安全标准;而矮抗青、上海青、163、无锡 605、青选 1 号、青选 3 号等 16 个基因型的残留量都 $<0.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,符合食用安全标准。其中矮抗青、无锡 605 和青选 3 号的毒死蜱残留量一直较低,因此选择这 3 个品种作为低毒死蜱残留量的基因型在生产上推广应用。

参考文献:

[1] 张德纯,刘中笑.日本“肯定列表制”对我国蔬菜出口的影响[J].中国蔬菜,2006(5):1-3.
ZHANG De-chun, LIU Zhong-xiao. Effect of “positive list system” on export of China vegetable [J]. *Journal of China Vegetables*, 2006 (5): 1-3.

[2] 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.

[3] 陈振德,袁玉伟,陈雪辉,等.毒死蜱在韭菜中的残留动态研究[J].安全与环境学报,2006,6(4):41-43.
CHEN Zhen-de, YUAN Yu-wei, CHEN Xue-hui, et al. Residual dynamics of chlorpyrifos in Chinese chive[J]. *Journal of Safety and Environment*, 2006, 6 (4): 41-43.

[4] 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,2007,7(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, 7 (3): 1-4.

[5] 冯明祥,陈振德,袁玉伟,等.几种农药在露地黄瓜上的残留降解动态检测研究[J].农药科学与管理,2007,28(5):17-20.
FENG Ming-xiang, CHEN Zhen-de, YUAN Yu-wei, et al. Residue dynamics of pesticides in ridge cucumber[J]. *Pesticide Science and Administration*, 2007, 28 (5): 17-20.

[6] 贺超兴,王怀松,张志斌,等.稀土植宝处理对大棚小白菜产量及农药残留量的影响[J].中国蔬菜,2001(4):13-14.
HE Chao-xing, WANG Huai-song, ZHANG Zhi-bin, et al. Effect of leaf spraying rare earth “Zhibao” solution on yield and pesticide residue in non-heading Chinese cabbage (*Brassica var. communis*) [J]. *China Vegetables*, 2001 (4): 13-14.

[7] 汪东风,罗轶,杜德红,等.铈配合物对有机磷农药的降解作用[J].中国海洋大学学报,2004,34(4):577-581.
WANG Dong-feng, LUO Yi, DU De-hong, et al. Organophosphorous pesticide degradation by cerium complexes[J]. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 2004, 34 (4): 577-581.

[8] 杜德红,汪东风,孙继鹏,等.茶叶多糖及其铈配合物对质粒 DNA 及有机磷农药的降解作用[J].中国稀土学报,2005,23(1):118-121.
DU De-hong, WANG Dong-feng, SUN Ji-peng, et al. Effect of complex coordinating tea polysaccharide with cerium on degradation of plasmid DNA and organophosphorous pesticides[J]. *Journal of The Chinese Rare Earth Society*, 2005, 23 (1): 118-121.

[9] 陈元林,陈振德,于业志.喷施硝酸镧水溶液对菠菜中毒死蜱残留的影响[J].稀土,2007,28(4):71-74.
CHEN Yuan-lin, CHEN Zhen-de, YU Ye-zhi. Effect of spraying lanthanum nitrate on chlorpyrifos residue in spinach[J]. *Chinese Rare Earths*, 2007, 28 (4): 71-74.

[10] 陈振德,汪东风,王文娇,等.海藻多糖稀土配合物对蔬菜中有机磷农药的降解作用[J].生态毒理学报,2008,3(2):183-188.
CHEN Zhen-de, WANG Dong-feng, WANG Wen-jiao, et al. Effects of complexes of alga polysaccharide with rare earth on degradation of organophosphorous pesticide residues in vegetables[J]. *Asian Journal of Ecotoxicology*, 2008, 3 (2): 183-188.

[11] 刘红玉,陈振德,汪东风,等.高铁酸钾对菠菜中 3 种有机磷农药残留降解的影响[J].生态毒理学报,2009,4(2):282-288.
LIU Hong-yu, CHEN Zhen-de, WANG Dong-feng, et al. Effects of

- potassium ferrate on degradation of three organophosphorous pesticides in spinach[J]. *Asian Journal of Ecotoxicology*, 2009, 4 (2) :282-288.
- [12] 冯明祥, 陈振德, 袁玉伟, 等. 几种常用杀虫剂在洋葱上的残留降解动态研究[J]. *农药*, 2006 (5) :337-338, 341.
- FENG Ming-xiang, CHEN Zhen-de, YUAN Yu-wei, et al. Residue degradation dynamics of several insecticides in onion [J]. *Agrochemicals*, 2006 (5) :337-338, 341.
- [13] 陈振德, 冯明祥, 袁玉伟, 等. 套袋对番茄和黄瓜果实农药残留的影响[J]. *安全与环境学报*, 2008, 8 (1) :17-20.
- CHEN Zhen-de, FENG Ming-xiang, YUAN Yu-wei, et al. Study for reducing the effect of pesticide residue by putting a bag on the growing tomato and cucumber fruits[J]. *Journal of Safety and Environment*, 2008, 8 (1) :17-20.
- [14] GB/T 5009. 145—2003. 植物性食品中有机磷和氨基甲酸酯类农药多种残留的测定[S].
- GB/T 5009. 145—2003. Determination of organophosphorus and carbamate pesticide multiresidues in vegetable foods[S].
- [15] GB/T 5009. 146—2003. 植物性食品中有机氯和拟除虫菊酯类农药多种残留的测定[S].
- GB/T 5009. 146—2003. Determination of organochlorines and pyrethroid pesticide multiresidues in vegetable foods[S].
- [16] GB2763—2005. 食品中农药最大残留限量[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- GB2763—2005 Maximum residue limits for pesticides in food[S]. Beijing: China Standards Press, 2005.