

# $\gamma$ 射线辐照降解绿茶中的农残联苯菊酯

张海伟<sup>1</sup> 冯慧<sup>1</sup> 费晨<sup>1</sup> 郑文佳<sup>2</sup>

<sup>1</sup> (安徽农业大学茶与食品科技学院 茶叶生物化学与生物技术重点实验室 合肥 230036)

<sup>2</sup> (贵州省茶叶科学研究所 贵阳 550009)

**摘要** 采用<sup>60</sup>Co  $\gamma$ 射线辐照成品绿茶, 分析吸收剂量、剂量率及茶叶含水量对联苯菊酯降解率的影响。吸收剂量设计为3、7、10、15和20 kGy, 剂量率为10、30和50 Gy·min<sup>-1</sup>, 茶叶含水量设为5%、8%、10%和17%。结果表明, 绿茶中联苯菊酯的降解率随着吸收剂量的增加呈先上升后下降的趋势, 吸收剂量在10 kGy时, 茶叶中联苯菊酯的降解率较大。随着剂量率的提高, 联苯菊酯的降解率呈现直线下降的趋势, 在10 Gy·min<sup>-1</sup>时降解率较大。茶叶含水量与联苯菊酯的降解率呈正相关关系。因此, 进行茶叶中农残联苯菊酯辐照降解处理时, 采用含水量较高的茶叶, 使用较低的剂量率和10 kGy左右的吸收剂量, 效果较好。

**关键词** 茶叶, 辐照降解, 农残, 联苯菊酯

**中图分类号** TL13

茶叶中农残超标问题一直是茶叶行业亟待解决的难题, 近年有研究学者采用辐照方法对农产品中的农药残留进行降解研究, 取得了一定的成效<sup>[1-4]</sup>。除虫菊酯类农药是当前茶叶生产中常用农药, 符合安全、高效、低毒、低残留的原则。其中, 联苯菊酯的防治效果较好, 而且国标 GB/T 23204-2008 中茶叶联苯菊酯的最大残留量为 5.0 mg·kg<sup>-1</sup>, 其余的拟除虫菊酯农药降到 0.1 mg·kg<sup>-1</sup> 或更低<sup>[5]</sup>, 因此联苯菊酯成为茶园经常使用的拟除虫菊酯农药。

辐照技术兴起于 20 世纪 50 年, 已经广泛应用于食品、医疗、环境保护等行业<sup>[6-11]</sup>。本研究以含有联苯菊酯的成品绿茶样品为研究对象, 采用<sup>60</sup>Co  $\gamma$ 射线进行辐照处理, 系统分析吸收剂量、剂量率、茶叶含水量等因素对茶叶中联苯菊酯降解率的影响, 以期茶叶农残辐照降解工艺提供技术参数。

## 1 实验材料与方法

### 1.1 实验材料

1.1.1 联苯菊酯超标茶叶 贵州茶叶科学研究所提供; 绿茶农残联苯菊酯初始含量 2.8–20.1 mg·kg<sup>-1</sup>; 含水量为(4.5±0.5)%。

1.1.2 实验设备 Agilent-6890 型气相色谱仪, 配  $\mu$ ECD 检测器和手动进样器 (美国安捷伦公司); MP502 型十万分之一电子天平 (上海民桥精密科学仪器有限公司); KQ-250DE 型数控超声波清洗仪 (昆山市超声波仪器有限公司); 高速冷冻离心机 (美国 BECKMAN COULTER 公司); IKA RV10 型旋转蒸发仪 (德国 IKA 公司); DF-1 型集热式磁力搅拌器 (天津市泰斯特仪器有限公司)。

1.1.3 药品与试剂 联苯菊酯标准样品 (纯度为 99.7% 100 mg), 中国计量科学院化学所 (原国家标准物质研究中心) 中心提供; HPLC 级正己烷 (美国 TEDIA 公司); 弗罗里硅土 60–100 目 (美国 Sigma 公司), 经 140℃活化 2 h; 无水硫酸钠使用前 550℃灼烧 4 h; 氯化钠、石油醚、丙酮、乙酸乙酯所用试剂均为分析纯; 实验用水均为去离子水。

### 1.2 实验方法

1.2.1 茶叶样品处理 样品于 4℃冰箱中冷藏, 制样前用研钵进行研磨直至成为粉末状, 过 60 目筛, 作为待测试样。

1.2.2 辐照处理 <sup>60</sup>Co  $\gamma$ 射线 (合肥 (国家) 林业辐照中心), 放射性活度为 3.7×10<sup>16</sup> Bq, 吸收剂量为 0–20 kGy, 每个剂量分别分析检测 6 次, 同时做

基金项目: 安徽农业大学青年自然科学基金项目 (2012zd002)、贵州省科学技术基金项目 (黔科合J字[2010]2249号) 资助  
第一作者: 张海伟, 女, 1979年3月出生, 2008年于中国农业科学院获得博士学位, 讲师, 研究方向为农产品辐照加工与贮藏, Email: haiwei@163.com

通讯作者: 郑文佳, Email: wenjia\_zheng@126.com

收稿日期: 初稿 2013-03-21, 修回 2013-05-06

空白对照。

**1.2.3 联苯菊酯标准溶液的制备** 准确称取联苯菊酯标准品约 5.0 mg, 置于 10 mL 容量瓶中, 用正己烷溶解, 分别定容至刻度, 得到质量浓度为  $500\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$  的单个标准品储备液, 密封贮存于  $0\sim 4^{\circ}\text{C}$ , 使用时分别将各浓度稀释成不同浓度的标准工作液。

**1.2.4 茶样中联苯菊酯提取与净化** 取茶粉放置在称量纸上用天平称 1.0 g(精确至  $0.0001\text{ g}$ ), 于 50 mL 离心管中, 加蒸馏水 10 mL, 静置 20 min, 依次向离心管中加入 2.0 g 氯化钠和 20 mL 石油醚+丙酮(体积比 1:1), 涡旋混匀后于超声波中浸提 30 min ( $30^{\circ}\text{C}$ , 70%功率),  $4000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$  离心 10 min, 用 10 mL 的移液管取上层有机相 10 mL 旋转蒸发至近干, 加 1.0 mL 正己烷溶解。在  $1.5\text{ cm (ID)}\times 8\text{ cm}$  玻璃层析柱中装入 1.0 g 弗罗里硅土, 上层再装入 1 cm 高无水硫酸钠层。用 5 mL 的移液管取 4.0 mL 正己烷预淋洗后, 将提取液加入净化柱中, 用 15.0 mL 石油醚+乙酸乙酯(体积比为 98:2)淋洗, 收集全部洗脱液, 浓缩至近干, 用 1.0 mL 正己烷溶解, 待气相色谱测定。

### 1.3 检测方法

**1.3.1 检测仪器** Agilent6890-GC 气相色谱仪, 微电子捕获检测器 ( $\mu\text{ECD}$ )。

**1.3.2 色谱条件** 色谱柱 ( $30\text{ m}\times 0.32\text{ mm}\times 0.25\mu\text{m}$ ) HP-5MS 毛细管柱; 进样口温度  $250^{\circ}\text{C}$ ; 检测器温度  $300^{\circ}\text{C}$ ; 升温程序: 初始温度  $60^{\circ}\text{C}$  (保持 2 min), 以  $30^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$  升至  $280^{\circ}\text{C}$  (保持 20 min); 载气 ( $\text{N}_2$ ) 流速:  $1.0\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ ; 进样体积  $1.0\mu\text{L}$ ; 进样方式为不分流进样。

## 2 结果与分析

### 2.1 检测方法的可靠性分析

使用此色谱条件检测  $3.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  的联苯菊酯标准溶液的气相色谱见图 1, 联苯菊酯的保留时间为 11.992 min。实验结果显示, 在气相色谱条吸收剂量件下, 联苯菊酯在浓度  $0.01\sim 10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  时与色谱峰面积呈线性关系 (见图 2), 线性方程为:

$$y=807.96x+28.518 \quad (R^2=0.9998)。$$

式中, 相关系数达到 0.9998, 联苯菊酯的最小检出限是  $0.001\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 远低于茶叶中联苯菊酯最大残留量  $5.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 所以, 该方程的灵敏度完全可以

满足联苯菊酯残留检测的要求。

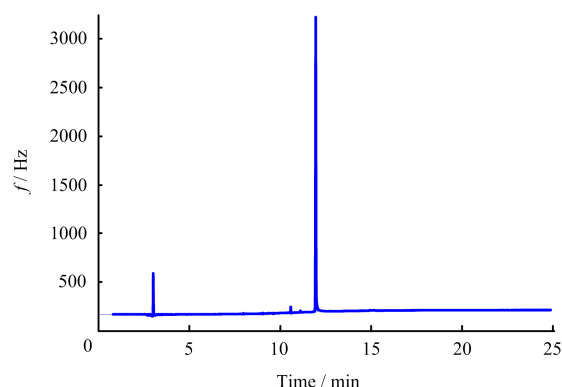


图 1 联苯菊酯标样的气相色谱

Fig.1 Gas chromatogram of bifenthrin standard sample

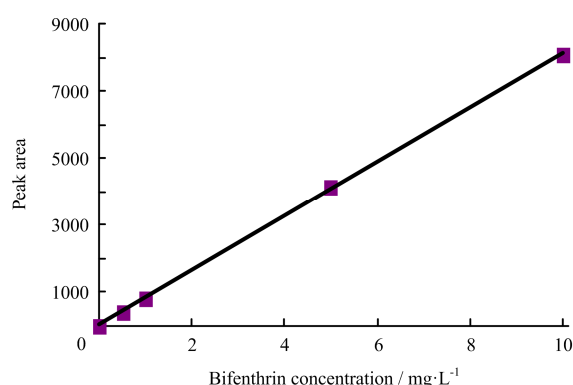


图 2 GC-ECD 联苯菊酯标准曲线

Fig.2 Linear relation of bifenthrin by GC-ECD

### 2.2 吸收剂量对绿茶中联苯菊酯降解的影响

将农残含量为  $13.6\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (高)、 $7.6\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (中) 和  $2.8\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (低) 的绿茶装入密封塑料袋中辐照。吸收剂量分别为  $3\text{ kGy}$ 、 $7\text{ kGy}$ 、 $10\text{ kGy}$ 、 $15\text{ kGy}$  和  $20\text{ kGy}$ 。吸收剂量率为  $50\text{ Gy}\cdot\text{min}^{-1}$ 。辐照后采用 1.2.4 方法处理茶样吸收剂量, 每个处理剂量分析 6 次, 同时设无辐照对照。处理后的样品利用 GC-ECD 法进行定量检测。吸收剂量对绿茶中联苯菊酯降解率的影响作用见图 3。

从图 3 中可以看出, 当剂量从  $3\text{ kGy}$  到  $20\text{ kGy}$  时, 绿茶中联苯菊酯的降解率先上升后下降。但相对于未辐照样品, 绿茶中联苯菊酯含量总体呈下降趋势。联苯菊酯不同含量的绿茶中其降解规律一致。结果表明, 当吸收剂量为  $10\text{ kGy}$  时联苯菊酯的降解率达到最大, 而在同一剂量下, 绿茶中联苯菊酯的浓度越低其降解率则越高, 这与张庆芳<sup>[12]</sup>的研究结果一致。

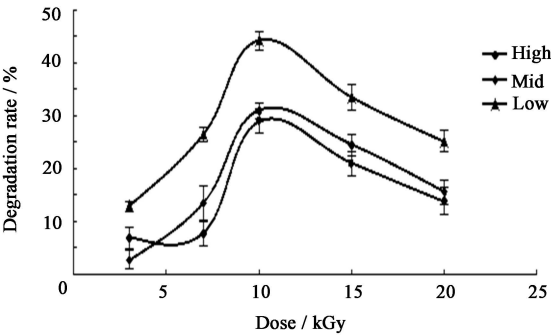


图3 吸收剂量对绿茶中联苯菊酯降解率的影响  
Fig.3 Effect of absorbed dose on degradation rate of bifenthrin in green tea

2.3 剂量率对绿茶中联苯菊酯降解的影响

分别将联苯菊酯含量为 2.8 mg·kg<sup>-1</sup> (低)、7.8 mg·kg<sup>-1</sup> (中) 和 15.8 mg·kg<sup>-1</sup> (高) 的绿茶装入密封塑料袋进行辐照。剂量率设为 10 Gy·min<sup>-1</sup>、

30 Gy·min<sup>-1</sup> 和 50 Gy·min<sup>-1</sup>。吸收剂量为 10 kGy。吸收剂量率对绿茶中联苯菊酯降解率的影响作用见表 1。

表 1 显示, 同一浓度下, 随着 <sup>60</sup>Co  $\gamma$  射线吸收剂量率的提高, 绿茶中联苯菊酯的降解率显著下降, 说明低能量持续的照射处理比高能量短时处理能加速绿茶中联苯菊酯的降解。同一吸收剂量下, 成品绿茶中联苯菊酯含量越低, 其降解率越高。

2.4 水分含量对茶叶中农残降解的影响

分别将水分含量为 5%、8%、10% 和 17%, 农残含量为 4.2 mg·kg<sup>-1</sup> (低)、7.8 mg·kg<sup>-1</sup> (中) 和 15.8 mg·kg<sup>-1</sup> (高) 的绿茶装入密封塑料袋进行辐照。吸收剂量为 10 kGy。吸收剂量率为 50 Gy·min<sup>-1</sup>。含水量对绿茶中联苯菊酯辐照降解率的影响作用见表 2。

表 1 不同浓度不同剂量率下绿茶中联苯菊酯的降解率及变异系数  
Table 1 Degradation rate and CV of bifenthrin of different concentrations rate in green tea

| 剂量率<br>/Gy·min <sup>-1</sup><br>Dose rate | 浓度 / mg·kg <sup>-1</sup> Concentration                        |                                |                                                               |                                |                                                                |                                |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------|
|                                           | 2.8                                                           |                                | 7.8                                                           |                                | 15.8                                                           |                                |
|                                           | 农残含量/mg·kg <sup>-1</sup><br>Average pesticide<br>content(n=6) | 降解率 / %<br>Degradation<br>rate | 农残含量/mg·kg <sup>-1</sup><br>Average pesticide<br>content(n=6) | 降解率 / %<br>Degradation<br>rate | 农残含量/mg·kg <sup>-1</sup><br>Average pesticide<br>content (n=6) | 降解率 / %<br>Degradation<br>rate |
| 0                                         | 2.82±0.04A                                                    | 0                              | 7.81±0.06A                                                    | 0                              | 15.80±0.53A                                                    | 0                              |
| 10                                        | 1.01±0.05D                                                    | 63.5                           | 5.4±0.03D                                                     | 30.8                           | 12.23±0.06D                                                    | 23.1                           |
| 30                                        | 1.19±0.04C                                                    | 57.1                           | 5.88±0.11C                                                    | 24.6                           | 12.74±0.07C                                                    | 19.0                           |
| 50                                        | 1.32±0.05B                                                    | 52.6                           | 6.24±0.01AB                                                   | 20.1                           | 13.34±0.14B                                                    | 15.1                           |

表 2 不同含水率在绿茶中联苯菊酯的降解率及变异系数  
Table 2 Degradation rate and CV of bifenthrin in green tea with different moisture content

| 含水率 / %<br>Moisture<br>content | 浓度 / mg·kg <sup>-1</sup> Concentration                        |                                |                                                               |                                |                                                               |                                |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------|
|                                | 4.2                                                           |                                | 7.8                                                           |                                | 15.8                                                          |                                |
|                                | 农残含量/mg·kg <sup>-1</sup><br>Average pesticide<br>content(n=6) | 降解率 / %<br>Degradation<br>rate | 农残含量/mg·kg <sup>-1</sup><br>Average pesticide<br>content(n=6) | 降解率 / %<br>Degradation<br>rate | 农残含量/mg·kg <sup>-1</sup><br>Average pesticide<br>content(n=6) | 降解率 / %<br>Degradation<br>rate |
| 5                              | 2.85±0.36A                                                    | 31.3                           | 5.25±0.04A                                                    | 29.3                           | 12.03±0.18A                                                   | 19.6                           |
| 8                              | 1.58±0.12B                                                    | 67.9                           | 4.13±0.11B                                                    | 47.8                           | 10.01±0.15B                                                   | 36.8                           |
| 10                             | 0.81±0.02C                                                    | 80.2                           | 3.53±0.04C                                                    | 52.1                           | 8.42±0.2C                                                     | 43.9                           |
| 17                             | 0.65±0.03D                                                    | 84.8                           | 2.45±0.09D                                                    | 67.7                           | 7.12±0.28C                                                    | 52.3                           |

注: 同一列不同字母表示经检验在 0.05 水平上差异显著 (表 1 & 表 2)。  
Note: The different letters in same column indicate that the difference is notable at 0.05 level analyzed by significance testing (Table 1 & Table 2).

从表2中可以看出,在绿茶中联苯菊酯含量一定时,随绿茶样品中水分含量的增加,降解率显著提高。绿茶中联苯菊酯的初始浓度越低越有利于辐照降解。当成品绿茶中联苯菊酯含量为  $7.8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  含水率为8%时,经  $10 \text{ Gy}$  辐照处理,联苯菊酯降解率达47.8%,其含量降低至  $4.13 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,达到了国家标准。由此可见,水分对联苯菊酯的辐照降解起到了促进作用。

### 3 结论

#### 3.1 $^{60}\text{Co}$ $\gamma$ 射线对超标绿茶中联苯菊酯的降解率影响显著

一般而言,在一定范围内,农残降解率随着样品吸收剂量的增大而增大,超过一定剂量,降解率反而会减小。本实验研究中,在  $0\text{--}10 \text{ kGy}$  剂量范围内,随着吸收剂量的增大,绿茶中联苯菊酯的降解率逐渐升高,吸收剂量大于  $10 \text{ kGy}$  后,联苯菊酯降解率反而降低,这与张庆芳<sup>[13]</sup>和林艳<sup>[14]</sup>的研究相似,农药残留随吸收剂量的增加降解率减小,形成了1个最高降解剂量值。这种变化趋势,可能是因为辐照同时引起联苯菊酯分子物质的降解、交联或聚合。在一定范围内,分解作用大于聚合作用,超过一定范围,则作用相反。也有可能剂量超过一定范围,联苯菊酯降解产物与联苯菊酯在色谱图上同一时间出峰,引起阳性误判,具体研究有待于进一步研究。

#### 3.2 同一剂量下,联苯菊酯的浓度越低辐照降解率越高

本研究中,同一吸收剂量下,绿茶中联苯菊酯含量与降解率呈显著地负相关关系。这与胡祎芳<sup>[15]</sup>的研究结果一致,其研究指出同一剂量下甲氰菊酯和溴氰菊酯的浓度越高降解率反而越低。究其原因可能是吸收剂量一定时,溶液中产生的活性离子数目基本上相同,与溶质分子反应是一个常数,溶液的浓度越高,则溶质分子增加其降解率也就低。

#### 3.3 随着剂量率的降低,绿茶中联苯菊酯降解率显著提高

剂量率越低,达到一定的吸收剂量就需要越多的时间,说明能量缓慢积累有利于绿茶中联苯菊酯的降解。Getoff N<sup>[16]</sup>等报道氧气饱和的浓度为  $2 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的苯酚,当剂量率从  $100 \text{ Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  降到

$13 \text{ Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  时降解量  $G$  值由2.6变到250,说明低剂量率显著提高药物的降解率。但是在实际操作中,应考虑到成本与效率,酌情降低剂量率。

#### 3.4 水分含量的增加,显著提高绿茶中联苯菊酯的降解率

绿茶中联苯菊酯含量一定时,降解率随着茶叶含水率的增加显著提高。表明辐照过程中发生的间接作用,即水分子在高能射线电离成的 $\cdot\text{OH}$ 、水合电子  $e_{\text{aq}}^-$  和 $\cdot\text{H}$  3种自由基促进联苯菊酯分子发生降解反应,从而对绿茶中联苯菊酯的降解起到显著的促进作用。这与李炎<sup>[3]</sup>的研究结果一致。

通过对绿茶中联苯菊酯降解率影响因素的分析,说明辐照技术能够显著降低绿茶中农残联苯菊酯的含量,有助于改善茶叶中农药残留超标问题。在采用辐照技术进行绿茶农残降解处理时,建议根据实际情况采用较低的剂量率,较高的含水率,吸收剂量  $10 \text{ kGy}$  左右。因此,利用辐照技术降解茶叶中农药残留有着良好的发展前景。但是辐照技术是否影响茶叶中主要功能成分茶多酚、咖啡碱、氨基酸等含量的变化及辐照技术对茶叶感官品质是否会产生不良的影响,如何采取措施降低这些不良影响同时发挥降解农残的作用还需进一步研究。

### 参考文献

- 1 陈冬梅,岳田利,袁亚宏,等.  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  辐照对苹果汁中有机磷农药降解及品质影响 [J]. 农业工程学报, 2008, 24(5): 270-274  
CHEN Dongmei, YUE Tianli, YUANYahong, et al. Effects of  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -ray radiation on the degradation of organophosphorous pesticides in apple juice and its quality [J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(5): 270-274
- 2 伍玲,陈春,陈浩,等. 辐照对茶叶中菊酯类农药的降解及品质影响的研究 [J]. 西南农业学报, 2010, 23(4): 1121-1125  
WU Ling, CHEN Chun, CHEN Hao, et al. Influence of Irradiation on degradation of pyrethroid pesticide residues in tea and quality of Tea [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2010, 23(4): 1121-1125
- 3 李焱. 溴氰菊酯在茶叶中的辐照降解研究 [D]. 合肥: 安徽农业大学, 2007

- LI Yan. Studies on irradiation degradation of deltamethrin in tea [D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2007
- 4 朱佳廷, 刘春泉, 余刚, 等. 辐照杀菌对绿茶品质的影响 [J]. 核农学报, 2005, **19**(5): 363-366  
ZHU Jiating, LIU Chunquan, YU Gang, *et al.* Effect of irradiation decontamination on the qualities of green tea [J]. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica, 2005, **19**(5): 363-366
- 5 赵华, 李康, 徐浩, 等. 甲氰菊酯农药环境行为研究 [J]. 浙江农业学报, 2004, **16**(5): 299-304  
ZHAO Hua, LI Kang, XU Hao, *et al.* Study on environmental behavior of fenprothrin [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2004, **16**(5): 299-304
- 6 Zhao Y C, Yi X Y, Zhang M, *et al.* Fundamental study of degradation of dichlorodiphenyltrichloroethane in soil by laccase from white rot fungi [J]. Int J Environ Sci Te, 2010, **7**(2): 359-366
- 7 Chelme-Ayala P, El-Din M G, Smith D W. Degradation of bromoxynil and trifluralin in natural water by direct photolysis and UV plus H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> advanced oxidation process [J]. Water Research, 2010, **44**(7): 2221-2228
- 8 葛筱琴, 高钰一, 沈美芳, 等. 水体中溴氰菊酯残留检测方法及其降解规律的研究 [J]. 水产养殖, 2007, **28**(5): 1-4  
GE Xiaoqin, GAO Yuyi, SHEN Meifang, *et al.* Research on determination method of deltamethrin residues in water and its degradation regulation [J]. Journal of Aquaculture, 2007, **28**(5): 1-4
- 9 迟恒, 李健, 王吉桥, 等. 水环境中低浓度溴氰菊酯的降解规律及其动力学研究 [J]. 农业环境科学学报, 2007, **26**(5): 1725-1728  
CHI Heng, LI Jian, WANG Jiqiao, *et al.* Residual elimination and kinetics of low concentration of deltamethrin in water [J]. Journal of Agro-environment Science, 2007, **26**(5): 1725-1728
- 10 Melchert W R, Rocha F R P. A greener and highly sensitive flow-based procedure for carbaryl determination exploiting long pathlength spectrophotometry and photochemical waste degradation [J]. Talanta, 2010, **81**(1-2): 327-333
- 11 Shawaqfeh A T, Al Momani F A. Photocatalytic treatment of water soluble pesticide by advanced oxidation technologies using uv light and solar energy [J]. Solar Energy, 2010, **84**(7): 1157-1165
- 12 张庆芳, 王锋, 哈益明. 毒死蜱和氯氰菊酯的辐射降解及产物特性研究 [J]. 中国农业科学, 2010, **43**(5): 1041-1049  
ZHANG Qingfang, WANG Feng, HA Yiming. Research on irradiation degradation and products characteristics of chlorpyrifos and cypermethrin [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2010, **43**(5): 1041-1049
- 13 张庆芳. 果蔬有机磷和菊酯类农药残留的辐射降解及产物特性研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2009  
ZHANG Qingfang. Research on irradiation degradation and products character of organophosphorus and pyrethroid in fruit and vegetable [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2009
- 14 林艳. 笋干中两种有机磷农药残留的辐照降解研究 [D]. 合肥: 安徽农业大学, 2007  
LIN Yan. Studies on the irradiation degradation of two organophosphorus pesticides in bamboo shoot [D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2007
- 15 胡祎芳. 辐照技术在绿茶加工中降解农药残留的可行性探讨 [D]. 合肥: 安徽农业大学, 2011  
HU Yifang. The possibility of irradiation to degrade pesticide residues in green tea manufacturing processes [D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2011
- 16 Getoff N. Factors influencing the efficiency of radiation-induced degradation of water pollutants [J]. Radiation Physics and Chemistry, 2002, **65**(425): 437-446

## Effects of $\gamma$ -ray irradiation on green tea pesticide residues bifenthrin degradation

ZHANG Haiwei<sup>1</sup> FENG Hui<sup>1</sup> FEI Chen<sup>1</sup> ZHENG Wenjia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(Key Laboratory of Tea Biochemistry & Biotechnology, School of Tea and Food Science, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

<sup>2</sup>(Guizhou Tea Research Institute, Guiyang 550009, China)

**ABSTRACT** The finished green tea irradiated by  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -rays was used to study the effects of absorbed dose, dose rate, and the water content of tea on the degradation rate of bifenthrin. The doses of 3 kGy, 7 kGy, 10 kGy, 15 kGy, and 20 kGy and the dose rates of  $10 \text{ Gy} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $30 \text{ Gy} \cdot \text{min}^{-1}$ , and  $50 \text{ Gy} \cdot \text{min}^{-1}$  were chosen. And the water contents of green tea were 5%, 8%, 10%, and 17%. The results show that the degradation rate of bifenthrin in green tea increases at first and then decreases with the increasing absorbed doses, and reaches the highest when the dose was 10 Gy. With the increasing dose rates, the degradation rate of bifenthrin plummets, and is relatively higher when the dose rate is  $10 \text{ Gy} \cdot \text{min}^{-1}$  in our experiment. There is a positive correlation between degradation rate of bifenthrin and water content of the green tea. Based on the practical situation, lower dose rate, higher water content and a 10 kGy absorbed dose are suggested to decrease the bifenthrin in green tea.

**KEYWORDS** Tea, Irradiation degradation, Pesticide residue, Bifenthrin

**CLC** TL13