福建农业学报 28(4):366～371,2013
Fujian Journal of Agricultural Sciences
文章编号：1008－0384（2013）04－366－06

吴光远，曾明森，夏会龙，等. 联苯菊酯茶园残留与使用安全性［J］. 福建农业学报，2013，28（4）：366－371.
WU G-Y，ZENG M-S，XIA H-L，et al. Security Analysis of Residual Bifenthrin in Tea Plantation［J］. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*，2013，28（4）：366－371.

联苯菊酯茶园残留与使用安全性

吴光远[1]，曾明森[1]，夏会龙[2]，马香娟[2]，王庆森[1]，王文建[3]，陈忠林[4]

（1. 福建省农业科学院茶叶研究所，福建　福安　355015；2. 浙江工商大学环境科学与工程学院，浙江　杭州　310035；3. 福建省安溪县茶叶科学研究所，福建　安溪　362400；4. 福建省武夷山市武夷街道办事处，福建　武夷山　354300）

摘　要：为了探讨联苯菊酯在绿茶和乌龙茶中的残留及其消解动态的差异，明确其在福建茶区使用的安全性，在福安、安溪和武夷山进行福云6号、金观音、铁观音和水仙等4个不同品种茶树上联苯菊酯残留田间试验，用2.5%联苯菊酯乳油1 000～4 000倍液进行施药，药液干后以及施药后1、3、5、7、10、15 d分别取样，采用丙酮和石油醚提取，气相色谱检测，样品添加回收率为93.9%以上。检测统计结果表明，联苯菊酯在茶叶上的原始残留量随着农药稀释倍数的增加而减少，而且差异变小。除福安绿茶2003年秋茶期的原始残留量较高外，不同品种同一季节或同一品种秋茶与春茶期间原始残留的差异均不显著，1 000～4 000倍液的平均原始残留量在同一品种不同季节间均表现出气温高，原始残留量低的负相关关系。联苯菊酯在茶叶中的消解动态符合一级动力学方程。在福安、安溪和武夷山，4个不同品种联苯菊酯1 000、2 000、3 000和4 000倍液的平均残留半衰期差异不显著，平均为4.22 d，而同一茶季不同地域间（品种）存在显著或极显著差异，其中安溪2003年秋季1 000～4 000倍液的残留半衰期最长，平均达8.48 d；在相同地域相同气候条件下，福安绿茶品种和乌龙茶品种上的残留半衰期平均分别为2.19、6.16 d，季节间差异不显著，而品种间差异达显著或极显著水平。试验期间的平均气温、相对湿度和降雨量与残留半衰期均未表现出统计学相关性。2.5%联苯菊酯乳油1 000～4 000倍液的原始残留量均小于3.5 mg·kg^{-1}，超标风险相对较低。

关键词：联苯菊酯；农药残留；消解动态；茶树品种；茶区；安全性
中图分类号：S 481＋.1　　**文献标识码**：A

Security Analysis of Residual Bifenthrin in Tea Plantation

WU Guang-yuan[1], ZENG Ming-sen[1], XIA Hui-long[2], MA Xiang-juan[2], WANG Qing-sen[1], WANG Wen-Jian[3], CHEN Zhong-lin[4]

(1. *Tea Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fu'an, Fujian* 355015, *China*; 2. *College of Environmental Science and Engineering, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou, Zhejiang* 310035, *China*; 3. *Anxi Tea Research Institute, Anxi, Fujian* 362400, *China*; 4. *Wuyi Sub-District Office of Wuyishan city, Wuyishan, Fujian* 354300, *China*)

Abstract: To investigate the final residues and dynamic degradation of bifenthrin sprayed on *Fuyun* 6, *Jinguanyin*, *Tieguanyin* and *Shuixian* (*Camellia sinensis*), a security analysis of residual bifenthrin in different tea plantation (Fu'an, Anxi and Wuyishan) was carried out after 1000－4000 times of 2.5% bifenthrin was air-dried or 1, 3, 5, 7, 10, 15 days after spraying. Our results showed that the recovery rates of bifenthrin were over 93.9% and the original residues declined with diluted times of the pesticides. Meanwhile, higher residual contents was found in the *Fu'an* green teas in autumn of the year 2003, and there were no significant differences in the original residues in different tea varieties at different seasons. The average original residual amounts in the same tea varieties between different seasons was decreased with negative correlation to higher temperature after spraying with 1000－4000

收稿日期：2013－01－07 初稿；2013－04－02 修改稿
作者简介：吴光远（1962－），男，研究员，主要从事生物防治和食品安全研究（E-mail：gywupt@163.com）
基金项目：福建省科技计划项目（2003N046）；福建省财政专项——福建省农业科学院科技创新团队建设项目（CXTD2011-23）；国家茶叶产业技术体系项目（CARS-23）

times of 2.5% bifenthrin. Dynamic degradation of bifenthrin was coincided with first-order kinetic equation. Furthermore, the average residue half life after treatment was 4.22 days and there was no significant difference among the four kinds of tea varieties cultivated in *Fu'an*, *Anxi* and *Wuyishan*. There were significant differences among tea varities at the same seasons in different regions, and the the longest was 8.48 days in *Anxi* autumn tea, However, the residue half life in the same climatic conditions of *Fu'an* were 2.19 and 6.16 days for oolong teas and green teas, suggesting that there were no significant differences between seasons but significant differences between two tea varieties. The average temperature, relative humidity and rainfall did not show a statistically significant correlation with the residue half life during the test period. The original residues resulted from 1000－4000 times of 2.5% bifenthrin was less than 3.5 mg/kg, which made a relatively low risk of exceeding criterion.

Key words: bifenthrin; pesticide residues; dynamic degradation; tea tea varieties; tea producing areas; security

联苯菊酯 bifenthrin 又名氟氯菊酯，化学名称为 2-甲基联苯基-3-基甲基（2）-（1RS）-顺-3-(2-氯-3，3，3-三氟丙-1-烯基）-2，2-二甲基环丙烷羧酸酯，可溶于丙酮、氯仿、二氯甲烷、乙醚、甲苯、庚烷，微溶于戊烷、甲醇，具有高效、低毒及生物降解快的特点，而且其代谢产物无毒或低毒，因此被广泛用于防治植物害虫及某些害螨，在防治茶尺蠖等鳞翅目食叶幼虫、茶蚜、黑刺粉虱、小绿叶蝉、茶叶象甲、茶叶螨类等茶树害虫的综合效果优于其他拟除虫菊酯类农药，为茶园首选拟除虫菊酯农药品种[1]。欧盟（EU）从 2000 年 7 月 1 日开始对茶叶的农药最高残留量（MRL）执行新标准，联苯菊酯的限量一度从 5.0 mg·kg^{-1}降到 0.1 mg·kg^{-1}，尽管后经核实确认为 5.0 mg·kg^{-1}[2]，但对于欧盟在茶叶中农药残留限量要求的变化趋势，联苯菊酯的用药安全性问题应予以充分重视。联苯菊酯在绿茶中的残留动态已有研究[3－4]，但在乌龙茶中的残留动态研究报道很少见。由于气候条件、茶树品种以及茶树的生长稀释作用对农药在茶叶中的残留降解有一定影响[5－8]，而乌龙茶的加工原料相对较粗老，这也是乌龙茶中的农药残留较高于红、绿茶的原因之一[9]。因此，绿茶中农药的残留研究结果不一定适合于指导乌龙茶的安全生产与消费。为此，于 2003～2004 年间在福安、安溪和武夷山同时对联苯菊酯在绿茶和乌龙茶中的残留动态进行研究，比较其消解差异，以期更有效地指导福建茶区茶叶的安全生产。

1　材料与方法

1.1　试验材料

1.1.1　*试验仪器*　气相色谱仪（GC-2010，日本岛津），电子俘获器（ECD），微型层析柱，以及超声波清洗器、高速组织捣碎机等前处理设备。

1.1.2　*试验试剂*　2.5%联苯菊酯乳油（天王星），苏州富美实植物保护剂有限公司产品。联苯菊酯标准样品由浙江省疾病控制中心提供。丙酮、石油醚、环己烷、乙酸乙酯、无水硫酸钠、弗罗里硅土、活性炭，所有药剂均为分析纯。

1.2　试验方法

1.2.1　*田间试验与样品制作*　2003 年 8～10 月（秋茶）和 2004 年 4～5 月（春茶）在福建省福安（FA）、安溪（AK）和武夷山（WY）茶区分别进行田间施药试验。福安试验点为福建省农业科学院茶叶研究所二号山试验茶园，绿茶品种和乌龙茶品种分别为福云 6 号和金观音；安溪试验点为安溪县茶叶研究所试验茶园，乌龙茶品种为铁观音；武夷山试验点为武夷镇星村群众茶园，乌龙茶品种为水仙。以上试验茶园均为生产茶园，试验地在最近 1 个月内未喷过联苯菊酯，施药时茶丛新梢生产期近采摘期。设茶园喷施 2.5%联苯菊酯乳油 1 000、2 000、3 000 和 4 000 倍液处理，每处理面积 30 m^{2}以上，重复 3 次，采用工农-16 型普通喷雾器均匀喷雾至茶蓬始有滴水为度。采样时间分别为喷药后 1 h 及 1、3、5、7、10、15 d。每个重复随机采集茶青 0.5 kg，茶样采摘标准绿茶为一芽二叶、乌龙茶为 3～4 叶对夹叶。茶青采回后摊放晾干露水，在 100～120℃下烘干后包装。以上试验按前 2 个字母标记福安（FA）、安溪（AK）、武夷（WY）等地名，第 3 个字母标记绿茶（L）、乌龙茶（W）等茶类，后 4 个数字标记试验年度，最后 1 个汉字标记茶季的方法代表每次试验。

1.2.2　*残留分析方法*　参照 Wan 等[10]的方法改进后进行，具体操作步骤与方法如下。

提取：取 5.0 g 磨碎的干茶，放入 250 mL 带塞三角瓶，加入 25 mL 的石油醚∶丙酮（9∶1，v/v），过夜浸提。

净化：采用层析柱法。层析柱为微型玻璃柱（12×0.5 cm i. d.），自下而上内填 1 cm 无水硫酸钠、1 g 弗罗里硅土∶活性炭（20∶1，m/m）和 1 cm 无水硫酸钠。吸取提取液 5 mL 上柱，以

环己烷∶乙酸乙酯（9∶1，v/v）为淋洗液，收集于 10 mL 容量瓶。净化后的样品存放在冰箱中待 GC 检测。

GC 检测：色谱仪为日本岛津生产的配电子捕获检测器（ECD）的 GC-2010，色谱柱为 30 m×0.53 mm 的非极性毛细管柱。分析条件为：柱温 250℃、进样口温度 260℃、检测器温度 280℃、载气压力 200 kPa。采用外标法定性定量分析。联苯菊酯的残留量以单位干茶中的总量计算。

2 结果与分析

2.1 残留检测方法评价

采用 GC 法测定茶叶中联苯菊酯残留量的报道已有不少[11-16]，但本试验以石油醚∶丙酮（9∶1，v/v）为提取剂，用弗罗里硅土∶活性炭（20∶1，m/m）填装微型层析柱（12×0.5 cm i.d.），以环己烷∶乙酸乙酯（9∶1，v/v）为淋洗液，能很好地去除杂质，消除杂质对联苯菊酯的干扰（图 1、2），其最低检出浓度为 0.01 mg·kg^{-1}。添加浓度为 0.5 和 5 mg·kg^{-1}时，联苯菊酯的添加回收率分别为 93.9%和 94.5%，变异系数为 3.44%（表 1），完全符合农药残留检测的要求。本试验采用微型层析柱对样品进行净化，一次填柱仅需 1 g 弗罗里硅土∶活性炭（20∶1，m/m）、1 g 左右无水硫酸钠，净化 1 个样品仅需 5 mL 左右淋洗液，比使用常规的层析柱要节约 2/3 的药品和试剂，其操作工作量也减少了约 1/2。从技术指标和经济指标进行综合考察，认为该分析方法为理想的茶叶中联苯菊酯残留量检测方法。

2.2 联苯菊酯在茶叶中的残留及其降解规律

2.2.1 联苯菊酯在茶叶中的消解动态 联苯菊酯在茶叶中的消解动态回归方程如表 2 所示，其中仅 WYW2003 秋 3 000 倍液处理的相关系数未达到显著水平，其余 31 个处理均达到显著或极显著水平，说明联苯菊酯在茶叶中的消解动态符合一级动力学方程 $C_t = C_0 e^{-kt}$［其中 C_t为施药后 t 时刻的联苯菊酯在茶叶中的残留量（mg·kg^{-1}），C_0为初始残留量或原始沉积量（mg·kg^{-1}），k 为消解速率常数（d^{-1}），t 为施药后的天数（d）］，施药后随时间的延长，其在茶叶中的残留量逐渐下降，呈负指数函数变化。

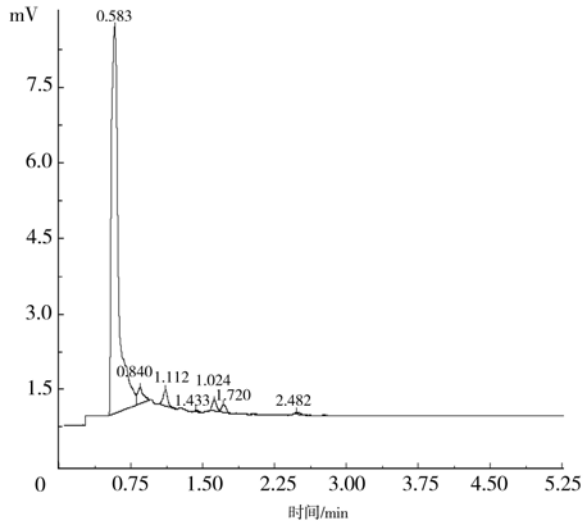

图 1 空白样品色谱图

Fig. 1 Chromatogram of blank sample

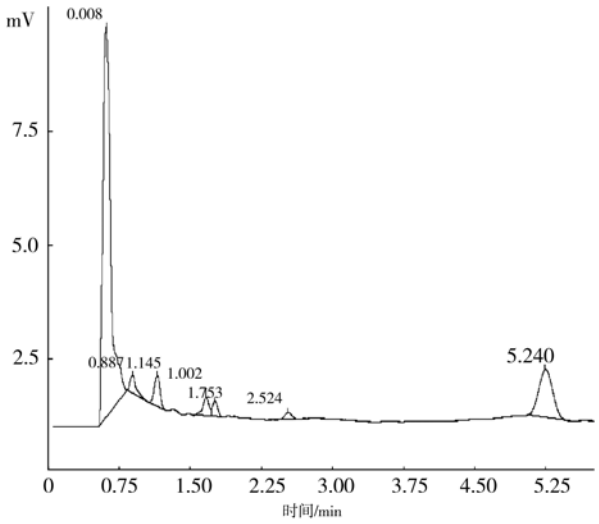

图 2 含联苯菊酯样品色谱图

Fig. 2 Chromatogram of blank sample spiked with bifenthrin

表 1 联苯菊酯回收率

Table 1 Recovery rates of bifenthrin

添加浓度/(mg·kg^{-1})	回收率/%						变异系数/%
	1	2	3	4	5	平均	
0.5	96.0	87.9	94.1	95.3	96.0	93.9	3.3
5.0	96.8	93.3	93.6	98.3	90.6	94.5	3.0

表 2　不同处理残留降解动态

Table 2　Dynamic degradation of bifenthrin in different treatments

处理	回归方程	决定系数（R^2）	处理	回归方程	决定系数（R^2）
FAL2003 秋 1000 倍液	$C_t=8.7045e^{-0.4512t}$	$R^2=0.6998^*$	FAL2004 春 1000 倍	$C_t=1.5093e^{-0.2222t}$	$R^2=0.9788^{**}$
FAL2003 秋 2000 倍液	$C_t=5.466e^{-0.4611t}$	$R^2=0.807^*$	FAL2004 春 2000 倍	$C_t=1.075e^{-0.2419t}$	$R^2=0.96^{**}$
FAL2003 秋 3000 倍液	$C_t=2.8383e^{-0.2368t}$	$R^2=0.9556^{**}$	FAL2004 春 3000 倍	$C_t=1.0549e^{-0.2467t}$	$R^2=0.9372^{**}$
FAL2003 秋 4000 倍液	$C_t=3.6322e^{-0.53t}$	$R^2=0.9783^{**}$	FAL2004 春 4000 倍	$C_t=0.4073e^{-0.5t}$	$R^2=0.8123^*$
FAW2003 秋 1000 倍液	$C_t=1.7591e^{-0.118t}$	$R^2=0.9309^{**}$	FAW2004 春 1000 倍	$C_t=1.431e^{-0.1673t}$	$R^2=0.9314^{**}$
FAW2003 秋 2000 倍液	$C_t=1.1461e^{-0.0921t}$	$R^2=0.8356^*$	FAW2004 春 2000 倍	$C_t=0.9816e^{-0.1579t}$	$R^2=0.9352^{**}$
FAW2003 秋 3000 倍液	$C_t=0.8839e^{-0.1127t}$	$R^2=0.916^{**}$	FAW2004 春 3000 倍	$C_t=0.5762e^{-0.0718t}$	$R^2=0.8978^{**}$
FAW2003 秋 4000 倍液	$C_t=0.5334e^{-0.1512t}$	$R^2=0.9777^{**}$	FAW2004 春 4000 倍	$C_t=0.4112e^{-0.1001t}$	$R^2=0.9182^*$
AKW2003 秋 1000 倍液	$C_t=2.3971e^{-0.0716t}$	$R^2=0.8541^*$	AKW2004 春 1000 倍	$C_t=1.8658e^{-0.3002t}$	$R^2=0.9424^{**}$
AKW2003 秋 2000 倍液	$C_t=1.4854e^{-0.0845t}$	$R^2=0.8255^*$	AKW2004 春 2000 倍	$C_t=0.4649e^{-0.1388t}$	$R^2=0.8864^*$
AKW2003 秋 3000 倍液	$C_t=1.3573e^{-0.0899t}$	$R^2=0.9609^{**}$	AKW2004 春 3000 倍	$C_t=1.0365e^{-0.2697t}$	$R^2=0.8925^{**}$
AKW2003 秋 4000 倍液	$C_t=1.1421e^{-0.0832t}$	$R^2=0.9724^{**}$	AKW2004 春 4000 倍	$C_t=1.5352e^{-0.3264t}$	$R^2=0.8747^{**}$
WYW2003 秋 1000 倍液	$C_t=4.9033e^{-0.4603t}$	$R^2=0.8182^*$	WYW2004 春 1000 倍	$C_t=1.1235e^{-0.1981t}$	$R^2=0.9097^{**}$
WYW2003 秋 2000 倍液	$C_t=0.7951e^{-0.379t}$	$R^2=0.8619^{**}$	WYW2004 春 2000 倍	$C_t=0.5602e^{-0.1377t}$	$R^2=0.9477^{**}$
WYW2003 秋 3000 倍液	$C_t=0.7142e^{-1.1466t}$	$R^2=0.8625$	WYW2004 春 3000 倍	$C_t=0.3482e^{-0.1258t}$	$R^2=0.9462^{**}$
WYW2003 秋 4000 倍液	$C_t=0.1975e^{-0.9907t}$	$R^2=0.9675^*$	WYW2004 春 4000 倍	$C_t=0.4281e^{-0.1882t}$	$R^2=0.945^{**}$

注：“*”、“**”分别表示差异显著和极显著。

2.2.2　施药浓度及茶树品种对原始残留量的影响

联苯菊酯以不同浓度施用后在茶树上的原始残留量（即药后 1 h 的残留量）均不同（表 3），原始残留量均随着施用倍数的增加而减少，1 000 与 2 000 倍液处理的原始残留量差异显著或极显著，而 2 000与 3 000、4 000 倍液的差异不显著，说明在茶叶上的原始残留量随着使用浓度的降低，原始残留量的差异变小。

同一季节，在 2003 年秋茶期，福安绿茶的原始残留量与其他处理存在显著或极显著差异，而其他处理间差异不显著，但 2004 年春茶期 4 个品种间的差异均不显著。同时，除福安绿茶外，另 3 个品种秋茶与春茶期间原始残留量的差异也不显著。此外，1 000～4 000 倍液的平均原始残留量在同一品种不同季节间均表现出气温高，原始残留量低的负相关关系。

表 3　施药浓度与原始残留量的关系

Table 3　The relationships between pesticide concentrations and their original residues

处理	原始残留量/(mg·kg^{-1})					气温/℃
	1000 倍液	2000 倍液	3000 倍液	4000 倍液	平均值	
FAL2003 秋	2.65	2.12	3.42	2.96	2.79 aA	24.6
FAW2003 秋	1.89	1.57	1.05	0.64	1.29 bcB	24.6
AKW2003 秋	3.01	1.9	1.44	1.26	1.90 bAB	21.2
WYW2003 秋	2.85	0.69	0.43	0.16	1.03 bcB	16.3
FAL2004 春	1.55	1.34	0.85	0.96	1.18 bcB	30.7
FAW2004 春	1.75	1.22	0.66	0.44	1.02 bcB	30.7
AKW2004 春	2.31	0.67	1.68	1.98	1.66 bcB	26.2
WYW2004 春	1.97	0.75	0.42	0.58	0.93 cB	22.4
平均值	2.25 aA	1.28 bB	1.24 bB	1.12 bB		

注：同行或同列数据后不同大小写字母表示差异达显著水平（$P<0.05$）和极显著水平（$P<0.01$）。表 4 同。

2.2.3 施药浓度及茶树品种对残留降解半衰期的影响 已知联苯菊酯残留降解的一级动力学方程，根据 $t_{1/2}=\ln 2/k$ 计算各处理的残留半衰期（表4）。2003～2004年两个茶季3个地点4个品种的试验结果表明，不同季节及品种间残留半衰期的变化较大，其中AKW2003年秋1 000～4 000倍液的残留半衰期最长，平均达8.48 d，在同一地域，福安绿茶和乌龙茶的春季与秋季残留半衰期的差异不显著，但福安绿茶春茶和秋茶期的半衰期均极显著短于福安乌龙茶，平均分别为2.19、6.16 d。1 000～4 000倍液施用后在茶树上的半衰期平均为3.63～4.74 d，不同浓度处理间无显著差异，残留半衰期与使用浓度无关。此外，同一品种不同季节间1 000～4 000倍液的平均残留半衰期与试验期间的平均温度、平均相对湿度和平均降雨量均没有表现出一致的相关性。

表4 联苯菊酯在绿茶和乌龙茶品种上残留半衰期

Table 4 The residue half life of bifenthrin in green tea and oolong tea

处理	1000倍液/d	2000倍液/d	3000倍液/d	4000倍液/d	平均值/d	试验期间气候状况		
						平均气温/℃	平均相对湿度/%	平均降雨量/mm
FAL2003秋	1.54	1.50	2.93	1.31	1.82 dCD	25.0	69.13	0.67
FAW2003秋	5.87	7.53	6.15	4.58	6.03 bAB	25.0	69.13	0.67
AKW2003秋	9.68	8.20	7.71	8.33	8.48 aA	21.2	67.44	0
WYW2003秋	1.51	1.83	0.60	0.70	1.16 dD	18.8	58.87	0
FAL2004春	3.12	2.87	2.81	1.39	2.55 cdCD	29.4	48.47	30.67
FAW2004春	4.14	4.39	9.65	6.92	6.28 bAB	29.4	48.47	30.67
AKW2004春	2.31	4.99	2.57	2.12	3.00 cdCD	19.9	72.93	1.82
WYW2004春	3.50	5.03	5.51	3.68	4.43 bcBC	20.7	70.33	5.49
平均	3.96aA	4.54aA	4.74aA	3.63aA	4.22	—	—	—

2.2.4 联苯菊酯茶园使用的安全性 在所有试验处理中，实际原始残留量均小于3.5 mg·kg^{-1}，若按欧盟的茶叶中联苯菊酯最高残留限量（MRL，5 mg·kg^{-1}）要求，2.5%联苯菊酯乳油1 000～4 000倍液在茶园使用是安全的。目前，国家标准GB/T 8321.2－2000农药合理使用准则（二）中10%联苯菊酯4 000～6 000倍液的安全间隔期为7 d，完全能保证生产要求。

3 讨论与结论

3.1 联苯菊酯在茶叶上的原始残留量均随着施用倍数的增加而减少，随着使用浓度的降低，原始残留量的差异变小。除福安绿茶2003年秋茶期的原始残留量较高外，不同品种同一季节或同一品种秋茶与春茶期间原始残留量的差异均不显著，1 000～4 000倍液的平均原始残留量在同一品种不同季节间均表现出气温高，原始残留量低的负相关关系，这是因为气温的升高会增加农药的挥发[6]，减少原始附着量，进而减少原始残留量。从福安绿茶与乌龙茶2个季节的原始残留量看，2003年秋茶两者的差异达极显著水平，但2004年春茶的差异不显著，说明品种可能不是影响原始残留量的主要因素，而可能与采摘时新梢发育状态（嫩度）有密切关系，相对较嫩的茶青，干茶的容重相对较小，即单位重量的叶面积相对较大，原始附着量高[17]，原始残留量也高。

3.2 联苯菊酯在茶叶中的消解动态符合一级动力学方程。试验结果表明，不同地域或品种间残留半衰期的变化较大，其中安溪2003年秋季1 000～4 000倍液的残留半衰期最长，平均达8.48 d；在同一地域，福安绿茶和乌龙茶的春季与秋季残留半衰期的差异不显著，但福安绿茶春茶和秋茶期的半衰期均极显著短于福安乌龙茶，平均分别为2.19、6.16 d，绿茶品种在生产季节新梢抽长快，产量高，生长稀释作用强[7]，消解速率快，残留半衰期短，因此采用以绿茶制定的农药安全使用标准来指导乌龙茶或其他加工原料相对粗老的茶类的生产可能会在一定程度低估乌龙茶中的农药残留量。1 000～4 000倍液施用后在茶树上的半衰期平均为3.63～4.74 d，不同浓度处理间无显著差异，说明残留半衰期与使用浓度无关。同时，试验期间的平均气温、相对湿度和降雨量与残留半衰期均未表现

出统计学相关性，可能不是影响联苯菊酯残留降解的主导因子。

3.3　联苯菊酯的加工降解率达 30%[4]，本研究中采用烘干固样的方法，消解动态也符合一级动力学方程，说明不同使用浓度或品种对烘干过程中的消解率的影响不明显，而可能与农药的蒸汽压有关，实际情况有待研究。

3.4　2.5%联苯菊酯乳油 1 000～4 000 倍液的原始残留量均小于 3.5 mg·kg^{-1}，低于欧盟的茶叶中联苯菊酯最高残留限量（MRL，5 mg·kg^{-1}）要求。因此，2.5%联苯菊酯乳油 1 000～4 000 倍液在茶园如按国家标准要求使用的情况下是安全的。联苯菊酯农残超标问题较轻，但仍时有发生，可能与个别茶园不合理使用有关。此外，国家标准 GB/T 8321.2-2000 推荐使用 10%联苯菊酯 4 000～6 000 倍液，而高含量剂型更易造成过量使用，因此，建议使用低含量剂型的联苯菊酯。

参考文献：

[1] 陈宗懋. 无公害茶叶生产中拟除虫菊酯类农药的选择 [J]. 中国茶叶，2002，(3)：3－4.

[2] 陈宗懋. 欧盟关于茶叶中农药最高残留限量的一些最新规定 [J]. 农药科学与管理，2001，(1)：17.

[3] 王运浩，万海滨，薛玉柱，等. 拟除虫菊酯类农药对茶树害虫的生物活性与残留降解[J].昆虫学报,1991,34(1):20－25.

[4] 王运浩，万海滨，夏会龙. 拟除虫菊酯农药在茶叶中应用的安全性评价 [J]. 中国环境科学，1997，17 (2)：176－179.

[5] 陈宗懋. 茶叶中农药残留量的形成、消解与控制 [J]. 中国茶叶，1979，(2)：16－20.

[6] 陈宗懋，岳瑞芝. 化学农药在茶叶中的残留降解规律及茶园用药安全性指标的设计 [J]. 中国农业科学,1983,(1):62－70.

[7] 夏会龙，王运浩，万海滨，等. 茶树生长稀释在农药降解中的定量 [J]. 茶叶科学，1992，12 (1)：1－6.

[8] 江昌俊，李卓民，徐玲，等. 茶树品种与水溶性农药残留量关系初探 [J]. 安徽农业科学，1999，27 (1)：78－79.

[9] 陈宗懋. 乌龙茶和花茶中的农药残留问题 [J]. 福建茶叶，2000，(4)：2－4.

[10] WAN H，XIA H，CHEN Z. Extraction of pesticide residues in tea by water during the infusion process [J]. Food Additives and Contaminants，1991，8 (4)：497－500.

[11] 丁慧瑛，鲍晓霞，郑自强. 茶叶中 7 种拟除虫菊酯农药残留量的检测方法 [J]. 分析测试学报，2000，19 (6)：31－34.

[12] 刘忠. 茶叶中多种拟除虫菊酯农药残留的测定 [J]. 中国卫生检验杂志，2001，11 (6)：684.

[13] 钟艳梅. 茶叶有机氯及菊酯类农药检测方法的改进 [J]. 广州食品工业科技，2003，19 (2)：94－95.

[14] 张林田，罗惠明. 气相色谱法检测茶叶中硫丹、多种拟除虫菊酯类农药残留 [J]. 中国卫生检验杂志，2003，13 (2)：190－192.

[15] CHEN Z M，WAN Y H. Chromatography methods for the determination of pyrethrin and pyrethrin pesticide residues in crops，foods and environmental samples [J]. J Chromatoger A，1996，754：367－395.

[16] TORRES C M，PICO Y，MANES J. Comparison of octadecylsilica and graphitized carbon blank as materials for solid-phase extraction of fungicide and insecticide residues from fruit and vegetables [J]. J Chromatoger A，1997，778：127－137.

[17] 夏会龙，肖强. 改进茶园农药喷撒技术的理论探讨 [J]. 中国茶叶，1989，(3)：10－11.

（责任编辑：林海清）