

## 气相色谱-质谱联用快速检测果蔬汁中 56 种农药残留

李艳芳<sup>1</sup>, 叶瑜霏<sup>2</sup>, 胡楚维<sup>1</sup>, 钟鸣<sup>1</sup>, 徐匆<sup>1\*</sup>

(1. 东莞市农业科学研究中心, 广东东莞 523086; 2. 东莞市农产品质量安全监督检测所, 广东东莞 523086)

**摘要** [目的] 建立一种利用气相色谱-质谱联用仪快速检测果蔬汁中 56 种农药残留的方法。[方法] 测定 65 种市售果汁(浆)及果汁饮料和蔬菜汁(浆)及果汁饮料。[结果] 样液浓度在 0.001~0.100 mg/L 时, 校准曲线相关系数为 0.991 65~0.999 98, 回收率为 71.6%~116.1%, 相对标准偏差为 2.21%~9.84%, 检出限为 0.001~0.070 mg/L。[结论] 此方法操作简单、省时省力、灵敏度高, 适用于不同类别的果蔬汁中农药残留的测定, 为果蔬汁的质量安全监督检测提供依据。

**关键词** 果蔬汁; 农药残留; 气相色谱-质谱联用仪

**中图分类号** TS207.5<sup>+</sup>3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)18-0153-04

## A Rapid Method of GC-MS Detection of 56 Kinds of Pesticides Residue in Fruit &amp; Vegetable Juices

LI Yan-fang<sup>1</sup>, YE Yu-fei<sup>2</sup>, HU Chu-wei<sup>1</sup> et al (1. Agriculture Research Center of Dongguan, Dongguan, Guangdong 523086; 2. Dongguan Supervision and Test Institution of Agricultural Products Quality and Safety, Dongguan, Guangdong 523086)

**Abstract** [Objective] The research aimed to establish a method for rapid determination of 56 kinds of pesticide residues in fruit and vegetable juices by gas chromatography-tandem mass spectrometry (GC-MS). [Method] Sixty-five commercially available juices (pulp) and fruit juice beverages and vegetable juices (pulp) and fruit juice beverages were measured. [Result] The linear ranges of 56 kinds of pesticide standards were 0.001-0.100 mg/L, with linear correlation coefficients were 0.991 65-0.999 98, the recoveries were 71.6%-116.1%, and relative standard deviations (RSD) were 2.21%-9.84%. The limits of detections (LOD) were 0.001-0.070 mg/L. [Conclusion] This method is simple, time-saving and high sensitivity. It is suitable for the determination of pesticide residues in different types of fruit and vegetable juices, and provides a basis for quality and safety supervision and testing of fruit and vegetable juices.

**Key words** Fruit and vegetable juices; Pesticides residue; Gas chromatography-tandem mass spectrometry

果蔬汁是大众消费食品, 按种类主要分为果蔬汁(浆)、浓缩果蔬汁(浆)、果蔬汁(浆)类饮料三大类。在我国饮料市场的构成中, 果蔬汁约占 14%。2014 年我国果蔬汁市场规模为 1 490.7 亿元, 2008—2013 年我国果蔬汁市场规模年均增速在 20% 以上, 未来几年我国果汁市场消费量有望维持在 10% 左右的增长速度, 到 2018 年全国消费总量有望突破 70 亿 L。面对如此巨大的市场需求, 果蔬汁的质量安全尤其是果蔬汁中农药残留问题不可忽视。

水果与蔬菜作为果蔬汁的主要组成成分, 农户为避免其遭受病虫害的侵袭, 维护正常的生长, 不可避免会使用各种杀虫、杀菌农药。由于农户的大量施用, 使用方法不当、违规使用禁用、限用农药等因素, 造成果蔬中农药残留超标时有发生, 从而间接导致果蔬汁中农药残留的超标, 进而对生态环境和人身健康产生危害<sup>[1]</sup>。因此, 由农药残留引起的果蔬汁安全问题日益成为人们关注的焦点, 各国政府制定了越来越严格的农药残留限量标准。在我国, 2017 年 6 月 18 日起开始实施的《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》中对果蔬汁中各种农药的最高残留限量(maximum residue-limit, MRL)也有明确规定<sup>[2]</sup>。因此, 开展果蔬汁中多农药残留检测显得尤为重要。

为进一步加强对果蔬汁中农药残留进行检测监控, 提高市场果蔬汁产品的质量安全, 建立一套快速、科学、有效、可

靠且应用范围广泛的检测方法成为研究热点。现有学者利用分散液液微萃取<sup>[3]</sup>、分散液微固相萃取<sup>[4]</sup>等前处理方法, 通过液相色谱仪对果汁中农药残留进行检测, 结果显示此方法对果汁中有机磷类等农药残留具有较高的定性定量检出度; 也有学者利用高效液相色谱-质谱联用仪<sup>[5-7]</sup>对果汁中有机磷类农药、杀菌剂等进行测定, 此方法能达到很高的选择性和灵敏度; 部分学者利用气相色谱-串联质谱法对果汁中的毒死蜱等农药进行了不确定度评定<sup>[8]</sup>, 并建立了一套能够满足果汁中 90 种农药多残留快速确证检测的方法<sup>[9]</sup>, 此方法只以单一成分果汁作为研究对象, 未纳入浓缩果汁以及蔬菜汁; 极少数学者尝试利用气相色谱双柱法进行果汁中有机磷类农药多残留量的测定, 但仅局限于 25 种有机磷农药, 未涵盖有机氯、拟除虫菊酯等其他类别农药<sup>[10]</sup>。笔者选取东莞市市售果蔬汁 65 种, 其中原榨果汁 11 种、复原果汁 35 种、果蔬汁(浆)类饮料 19 种; 按来源分, 其中橙汁 14 种、葡萄汁 9 种、苹果汁 6 种、芒果汁 5 种、混合果蔬汁 5 种、柠檬汁 4 种、椰子汁 3 种、桑果汁 2 种等。并以此为基础, 着重研究气相色谱-质谱联用快速检测对果蔬汁中可能含有的 56 种农药残留进行定量检测分析, 建立起一套经济易行、简便快捷、科学可靠的果蔬汁中多农药残留检测方法。

## 1 材料与方法

## 1.1 试验材料

**1.1.1 原料。**1 000 mg/L 的农药标准品, 购自农业部环境监测中心(天津)。

**1.1.2 试剂。**安捷伦试剂盒(提取包 5982-5755CH、净化包 5982-5058CH); PALL 0.2 μm GHP 膜针头过滤器; 乙腈(色谱纯, 德国 Merck 公司); 丙酮(色谱纯, 德国 Merck 公司); 正己烷(色谱纯, 德国 Merck 公司); 气体: 载气为氮气(纯度 ≥

**基金项目** 广东省科技计划项目(2017A020208002)。

**作者简介** 李艳芳(1986—), 女, 湖南岳阳人, 工程师, 从事农产品质量安全、农产品加工研究。\* 通讯作者, 工程师, 博士, 从事生物技术、农产品加工研究。

**收稿日期** 2018-01-29

99.999%)。

**1.1.3 设备。**安捷伦气相色谱串联质谱 7890B-7000C,配有自动进样器,分流/不分流毛细管进样口;VM-3000型旋涡混合器;Sigma3K-15型离心机;往复式振荡摇床(德国 IKA, HS501)。

## 1.2 试验方法

**1.2.1 标准溶液的配制。**准确量取 56 种标准液 1 mL,用丙酮稀释定容至 10 mL,得到浓度为 100 mg/L 的混合标准储备液,后继续稀释为 0.005、0.010、0.020、0.050、0.100 mg/L 的 5 种标准溶液,冷藏待用。

**1.2.2 样品的预处理。**准确称量 4 mL 待测样品,放置在 50 mL 离心管,分别向离心管中加入水 6.0 mL、乙腈 10.0 mL、5 mol NaOH 溶液 2.0 mL,置于往复式振荡摇床萃取 10 min,后每离心管中分别加入 2 颗陶瓷粒、提取包,再置于漩涡混合器振荡 1 min,取出,用 4 000 r/min 离心 2 min,吸取上清液 6.0 mL 放置于含 2 颗陶瓷粒的净化包,振荡 10 min 后,4 000 r/min 离心 2 min,吸取上清液 1.0 mL,50 °C 水浴、氮吹浓缩至近干,丙酮定容至 1.0 mL,过膜,待上机测定。

**1.2.3 气相色谱-质谱联用仪测定条件。**色谱柱:DB-5MS UI(30 m×0.25 mm×0.25 μm);进样口温度 250 °C;柱温 60 °C;进样量 1 μL;色谱柱温度程序:起始升温至 60 °C,保持 1 min;再以 40 °C/min 升温至 120 °C;继续以 5 °C/min 升温至 310 °C;色谱载气为氦气;柱流量 1.2 mL/min;碰撞气为氮气,流量 1.5 mL/min;淬灭气为氦气,流量 2.25 mL/min;电子轰击源(EI):70 eV;离子源温度 280 °C;接口温度 280 °C。

**1.2.4 上机测定。**将待上机的样品液用气相色谱-质谱联用仪上机检测,以 56 种农药的保留时间定性,以获得的样品溶液峰面积与标准溶液峰面积比较(外标法)定量。

## 2 结果与分析

### 2.1 方法适用性分析

**2.1.1 目标农药的分离色谱图。**经试剂盒提取、净化,在“1.2.3”气相色谱-质谱联用仪仪器条件下,阴性样品图谱平整干净,适合准确定性,同时 56 种目标农药实现基线分离,分离情况良好,加标 0.045 mg/L 后能够准确定量,阴性样品图谱见图 1,目标农药分离色谱见图 2。

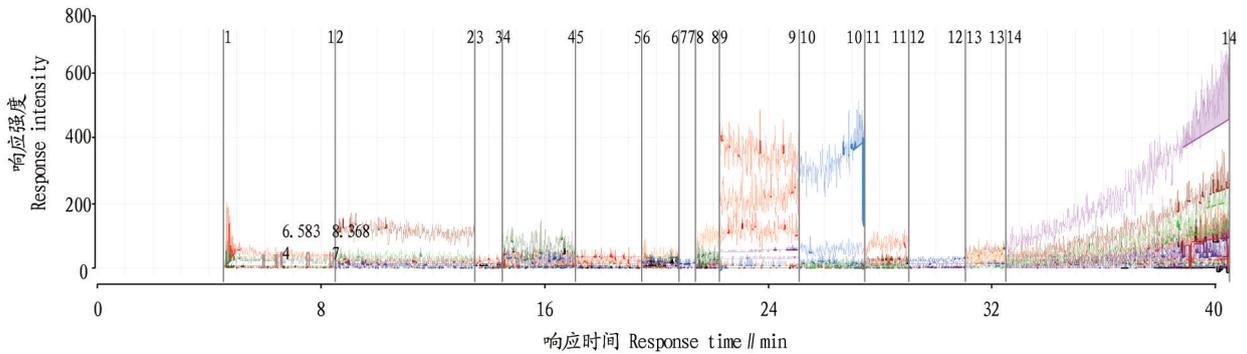


图 1 阴性样品离子图

Fig.1 Ion map of negative sample

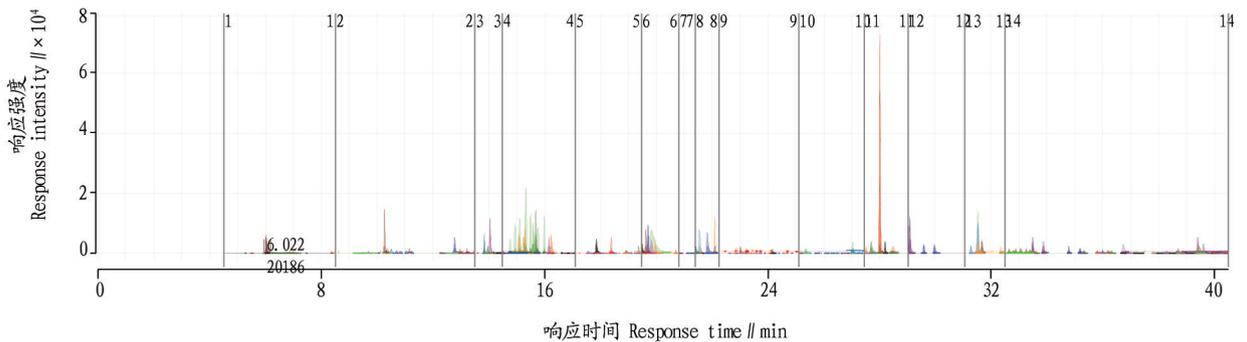


图 2 目标农药总离子图

Fig.2 Total ion map of target pesticides

**2.1.2 分析方法的线性相关性测定。**分别将“1.2.1”中标准溶液依次稀释成浓度为 0.005、0.010、0.020、0.050、0.100 mg/L 的 5 个系列浓度的标准液。以色谱峰面积为纵坐标、浓度为横坐标,绘制标准曲线,所得标准曲线相关系数在 0.991 65~0.999 98,各类农药在 0.001~0.100 mg/L 具有良好的线性关系。各农药的标准方程见表 1。

**2.1.3 方法的准确度和精密度。**按照阴性样品加标的试验方法,加标样品溶液中的添加水平分别为 0.045、0.090 mg/L,每个浓度均做 2 个平行。结果表明(表 2),各农药的加标样品回收率在 60.4%~116.1%,相对标准偏差为 2.21%~9.84%,符合农药残留检测试验所需的准确度和精密度的要求。

表 1 目标农药标准方程

Table 1 Standard equation of target pesticide

序号 No.	农药名称 Pesticide name	保留时间 Retention time// min	回归方程 Regression equation	相关系数( <i>r</i> ) Correlation coefficient	方法检出限 LQD mg/kg
1	敌敌畏	6.021	$Y=602\ 140X+1\ 756$	0.994 16	0.005
2	仲丁威	10.262	$Y=729\ 078X+12\ 155$	0.999 63	0.001
3	灭线磷	12.773	$Y=25\ 790X-3\ 336.3$	0.999 71	0.020
4	治螟磷	13.842	$Y=13\ 207X+5\ 863.2$	0.999 83	0.002
5	甲拌磷	13.961	$Y=6\ 937X-10\ 570.1$	0.998 93	0.003
6	$\alpha$ -六六六	14.046	$Y=472\ 978X+124\ 735$	0.999 55	0.001
7	硫线磷	14.048	$Y=174\ 770X+111.26$	0.999 62	0.003
8	克百威	15.219	$Y=405\ 591X+41\ 203.4$	0.999 52	0.002
9	$\beta$ -六六六	15.291	$Y=201\ 085X+103$	0.999 67	0.001
10	特丁硫磷	15.503	$Y=42\ 020X+9\ 598.6$	0.997 99	0.010
11	五氯硝基苯	15.510	$Y=630\ 100X+736.1$	0.991 65	0.001
12	地虫硫磷	15.683	$Y=4\ 896\ 623X-306.4$	0.999 52	0.010
13	磷胺	15.683	$Y=456\ 700X-54\ 903.4$	0.999 31	0.030
14	咪鲜胺	16.149	$Y=248\ 630X+2\ 326.7$	0.999 98	0.001
15	啉霉胺	16.149	$Y=167\ 890X+67\ 676$	0.994 07	0.002
16	二嗪磷	16.156	$Y=27\ 610X+5\ 571$	0.999 82	0.020
17	乙烯菌核利	17.855	$Y=320\ 110X+5\ 075$	0.999 44	0.001
18	甲霜灵	18.311	$Y=350\ 200X+5\ 811.6$	0.999 55	0.001
19	抗蚜威	18.389	$Y=21\ 165X-4\ 221.3$	0.998 62	0.001
20	氟虫腴	19.364	$Y=2061\ 530X+8\ 138$	0.995 51	0.003
21	倍硫磷	19.627	$Y=84\ 840X+2\ 276$	0.999 37	0.020
22	毒死蜱	19.705	$Y=1424\ 500X+46\ 341$	0.998 27	0.005
23	马拉硫磷	19.705	$Y=53\ 776\ 500X+241.35$	0.999 96	0.030
24	对硫磷	19.738	$Y=1\ 104\ 220X-2\ 179.5$	0.999 82	0.004
25	三唑酮	19.827	$Y=288\ 170X-1\ 328$	0.999 29	0.001
26	三氯杀螨醇	19.829	$Y=81\ 548X+9\ 255$	0.999 61	0.001
27	甲基异柳磷	19.964	$Y=403\ 800X-50\ 280.1$	0.999 83	0.005
28	腐霉利	21.553	$Y=378\ 110X-2\ 229.7$	0.999 93	0.100
29	杀扑磷	21.834	$Y=16\ 227X+43\ 296.9$	0.998 49	0.050
30	稻丰散	22.095	$Y=323\ 520X+5\ 382.1$	0.999 73	0.003
31	氟虫腴	22.099	$Y=1\ 858\ 069X+336.9$	0.999 56	0.003
32	丙溴磷	23.017	$Y=700\ 100X+2\ 192.71$	0.999 98	0.040
33	虫螨腴	24.161	$Y=8\ 341\ 020X+34.8$	0.999 76	0.001
34	DDE- <i>p,p'</i>	24.163	$Y=378\ 550X+5\ 423.8$	0.999 94	0.030
35	DDD- <i>p,p'</i>	24.170	$Y=203\ 780X+2\ 261.0$	0.999 90	0.001
36	$\alpha$ -硫丹	24.191	$Y=224\ 484\ 000X+685\ 933$	0.999 09	0.001
37	$\beta$ -硫丹	24.191	$Y=230\ 470X+25\ 169.07$	0.999 44	0.001
38	戊唑醇	27.017	$Y=980\ 060X+13\ 590.8$	0.999 02	0.001
39	丙环唑	27.029	$Y=315\ 120X-60\ 841.9$	0.999 64	0.001
40	三唑磷	27.030	$Y=1\ 510\ 500X+56\ 332$	0.995 12	0.005
41	异菌脲	27.514	$Y=30\ 085X+6\ 936.1$	0.996 18	0.060
42	克螨特	27.694	$Y=356\ 120X-7\ 754.5$	0.993 82	0.010
43	联苯菊酯	28.010	$Y=766\ 700X+1\ 116$	0.998 53	0.001
44	甲氰菊酯	28.201	$Y=2\ 735\ 900X-47\ 642.1$	0.999 83	0.002
45	伏杀硫磷	29.083	$Y=269\ 790X-22\ 577.62$	0.999 81	0.020
46	氯菊酯	31.528	$Y=4\ 563\ 260X-26\ 628.9$	0.999 84	0.001
47	哒螨灵	31.530	$Y=93\ 630X-507.3$	0.999 88	0.003
48	蝇毒磷	31.664	$Y=86\ 000X+7\ 614$	0.997 89	0.030
49	溴氰菊酯	33.483	$Y=16\ 190X+1\ 145.3$	0.996 57	0.001
50	氰戊菊酯	34.778	$Y=1\ 718\ 460X+796\ 437$	0.993 75	0.002
51	氟胺氰菊酯	35.200	$Y=1\ 186\ 190X+182\ 876$	0.998 44	0.002
52	啉菌酯	36.734	$Y=4\ 617\ 950X-5\ 443.4$	0.999 95	0.001
53	氟氯氰菊酯	39.399	$Y=166\ 300X+580$	0.996 51	0.002
54	氯氟氰菊酯	39.399	$Y=2\ 152\ 780X+2\ 435.9$	0.999 14	0.001
55	氟氰戊菊酯	39.402	$Y=852\ 919X+14\ 357.1$	0.999 35	0.001
56	氯氰菊酯	39.404	$Y=320\ 590X-12\ 976.2$	0.999 85	0.003

表2 方法的准确度和精密度  
Table 2 Accuracy and precision of method

序号 No.	农药名称 Pesticide name	添加浓度 Added concentration(0.045 mg/kg)		添加浓度 Added concentration(0.090 mg/kg)	
		回收率 Recovery rate//%	RSD//%	回收率 Recovery rate//%	RSD//%
1	敌敌畏	66.2	3.92	60.4	7.70
2	仲丁威	90.4	3.17	75.1	5.80
3	灭线磷	81.7	3.54	90.6	5.21
4	治螟磷	91.0	3.54	88.0	7.10
5	甲拌磷	74.4	4.34	89.4	7.29
6	$\alpha$ -六六六	74.0	4.37	78.4	7.65
7	硫线磷	89.4	3.55	86.5	8.72
8	克百威	96.3	3.09	85.4	6.07
9	$\beta$ -六六六	77.1	3.85	83.0	8.18
10	特丁硫磷	73.6	4.29	87.5	4.15
11	五氯硝基苯	74.2	3.56	79.7	4.77
12	地虫硫磷	74.0	3.63	77.8	7.40
13	磷胺	89.1	3.70	82.4	7.26
14	咪鲜胺	74.9	4.28	78.8	5.98
15	啉霉胺	90.0	3.29	97.3	6.52
16	二嗪磷	73.3	3.55	74.7	5.55
17	乙烯菌核利	75.7	3.00	77.1	6.04
18	甲霜灵	99.7	3.52	90.6	7.16
19	抗蚜威	88.7	3.59	88.2	6.60
20	氟虫腈	77.0	4.32	77.9	5.49
21	倍硫磷	107.3	3.69	116.1	7.47
22	毒死蜱	82.5	5.15	72.1	9.14
23	马拉硫磷	91.6	3.39	88.0	7.31
24	对硫磷	70.7	3.96	76.2	6.91
25	三唑酮	77.7	3.34	88.7	6.78
26	三氯杀螨醇	73.2	3.51	71.6	5.91
27	甲基异柳磷	80.2	4.38	85.2	6.49
28	腐霉利	71.3	4.39	67.6	8.44
29	杀扑磷	74.1	3.55	89.7	6.68
30	稻丰散	74.0	2.21	79.7	4.35
31	氟虫腈砒	77.3	3.29	89.8	6.38
32	丙溴磷	76.4	3.66	80.8	7.75
33	虫螨腈	80.1	3.74	80.2	7.08
34	DDE-p,p'	77.9	3.12	73.8	5.60
35	DDD-p,p'	78.9	3.81	89.4	7.28
36	$\alpha$ -硫丹	96.8	3.43	102.6	7.09
37	$\beta$ -硫丹	75.0	3.73	78.4	8.50
38	戊唑醇	88.7	4.52	86.3	9.07
39	丙环唑	106.2	3.30	85.9	6.66
40	三唑磷	77.7	3.76	88.5	7.36
41	异菌脲	69.5	4.28	65.9	6.62
42	克螨特	90.0	3.57	88.5	7.11
43	联苯菊酯	91.6	3.02	83.9	6.47
44	甲氧菊酯	94.4	4.32	94.6	6.57
45	伏杀硫磷	78.4	3.73	76.7	6.34
46	氯菊酯	89.2	3.73	96.0	8.51
47	哒螨灵	77.7	3.71	86.1	3.81
48	蝇毒磷	103.1	3.55	97.5	5.73
49	溴氰菊酯	78.9	4.64	102.9	9.84
50	氰戊菊酯	100.2	5.20	86.0	5.10
51	氟胺氰菊酯	96.5	4.50	93.3	3.35
52	啉菌酯	88.3	6.20	100.1	7.80
53	氟氯氰菊酯	106.2	7.12	100.2	5.80
54	氯氟氰菊酯	98.9	5.20	97.6	4.60
55	氟氰戊菊酯	75.9	4.41	80.2	6.30
56	氯氰菊酯	96.3	3.20	87.4	2.98

2.2 市售 65 种果蔬汁中农药残留检测结果 通过对东莞市随机抽取的 65 种市售果蔬汁进行检测测定,结果表明,除了

一种果汁饮料中有微量的氟虫腈(杀虫剂)检出外,其余样品  
(下转第 182 页)

区、湿地、植物迷宫区等;取款机分布于需要消费的场所附近,例如综合服务区、茶室、烧烤区。

其中公园厕所的服务半径不宜超过 250 m,按这一标准滨江公园需要设置 6 个公厕,环湖公园需要设置 10 个公厕<sup>[8]</sup>。

## 6 景观节点与景观轴线规划

滨江、环湖公园主要景观节点包括待月阁、浸书台、碧竹疏影、迎宾广场、溪门皓月综合服务区、眺望台、品书广场、书香亭、乐书广场、阅书广场、栖书码头、知书濠、水心榭、鱼沼飞池、清水湾湿地、文化广场、清水涧、近水阁、蓄水滴翠、心连心湿地、水镜台、绿荫舫、望书轩、书香轩、如意码头、宝书广场等(图 9)。



图 9 密溪沟滨江、环湖公园景观节点分布

Fig.9 Distribution of landscape nodes in Binjiang and Huanhu Lake Park of Mixi gully

主要的视线轴线是浸书台—眺望台—清水涧—清水湾湿地 4 点形成的轴线,该轴线穿过的区域主要集中在内湖区域,该区域多以水面和低矮植被为主,无高大乔木与密林,以保证视线通透。该轴线连接公园内 8 个主要景观节点,水心榭是公园内的中心点,可以观全园与江景。

以长度 20~25 m 为基本景观单元,长度 1 039 m 为最大

景观单元,在滨江、环湖公园布置景观变异点。在滨江公园平均每间隔 300 m 布置 1 个景观变异点,在环湖公园平均每间隔 277 m 布置 1 个景观变异点,这一尺度符合游人 5 min 路范围;且变异点与城市道路路口相结合,不仅提高景观节点的可达性,还极大地提高景观节点的可视化程度(表 2)。

表 1 滨江、环湖公园景观节点数量与密度

Table 1 Distribution and density statistics of entrance and exit in Binjiang Park and Huanhu Park

公园 Park	道路长度 Road length km	主要景点 Main scenic spots		次要景点 Secondary scenic spots	
		数量 No. 个	密度 Density 个/kg	数量 No. 个	密度 Density 个/kg
滨江公园 Binjiang Park	3.008	5	1.66	5	1.66
环湖公园 Huanhu Park	4.717	6	1.30	11	2.30

## 7 结语

该研究通过对重庆市万州区密溪沟滨水区规划设计,主张城市规划、建设者应从人的角度去思考与建设,尊重自然,顺应自然,而不是大量地用人工硬质的工程手法去处理滨水区。期望此次规划研究能够对万州今后滨水区的规划建设、活力提升、交通组织、生态建设等提供借鉴。

## 参考文献

- [1] 查君.城市大型滨水区规划设计研究:以俄罗斯圣彼得堡波罗的海滨水城规划设计为例[J].规划师,2008,24(4):83-86.
- [2] 李黎辉,陈华,孙小丽.武汉市公共自行车租赁点布局规划[J].城市交通,2009,7(4):39-44.
- [3] 潘萌萌,杨超.城市公园生态型停车场规划设计分析:以延安西北川山山体公园生态型停车场为例[J].中国园艺文摘,2013(5):143-144.
- [4] 耿雪,田凯,张宇,等.巴黎公共自行车租赁点规划设计[J].城市交通,2009,7(4):21-29.
- [5] 李胜,张万荣,魏馨.园林驳岸设计原则与方法探讨[J].西北林学院学报,2013,28(1):230-234.
- [6] 尉颖琪,袁樵,王咏笑,等.基于价值评估的城市景观照明规划研究:以上海为例[J].中国人口·资源与环境,2015,25(S1):580-583.
- [7] 骆天庆,李维敏,凯伦·C·汉娜.美国社区公园的游憩设施和服务建设:以洛杉矶市为例[J].中国园林,2015(8):34-39.
- [8] 李亭翠,周萍.浅谈风景区公共厕所景观设计[J].美术教育研究,2014(9):73-74.

(上接第 156 页)

均未发现有目标农药残留。

## 3 结语

本研究建立了一种利用试剂盒进行前处理,后利用气相色谱-质谱联用仪快速检测市售果蔬汁中 56 种农药残留的方法,该法能快速、准确、省时省力进行测定,单个样品分析只需 1 h 内便可拿到检测数据,为果蔬汁的农药残留质量安全提供了有效的技术保障与支持。

## 参考文献

- [1] 王晓燕,陈仁文.典型食品果汁中百菌清农药残留荧光检测建模研究[J].光谱学与光谱分析,2017,37(3):794-798.
- [2] 国家标准化管理委员会.食品中农药最大残留限量:GB 2763—2016[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [3] 张雪莲,张耀海,焦必宁,等.分散液液微萃取-气相色谱联用检测果汁

中有机磷类农药残留[J].高校化学工程学报,2013,27(6):974-979.

- [4] 刘芳伊,姚佳,王剑林.分散液液微萃取在果汁中农药残留检测中的应用研究[J].化工管理,2015(23):139,141.
- [5] 刘晓松,郑玲,黄文雯,等.浓缩果汁中甲基硫菌灵、2-氨基苯并咪唑、多菌灵、噻菌灵及 5-羟基噻菌灵残留量的液相色谱-串联质谱法测定[J].分析测试学报,2013,32(1):84-88.
- [6] 陈达伟,殷轶群,苗虹,等.分散微固相萃取-超高效液相色谱-高分辨质谱法测定果汁饮料中的吗啡残留[J].分析化学研究报告,2015,43(4):570-575.
- [7] 郑香平,丁立平,陈志涛,等.超高效液相色谱-串联质谱法快速测定浓缩果汁中噻菌灵和多菌灵的残留量[J].色谱,2015,33(6):652-656.
- [8] 许蓉蓉.气相色谱-串联质谱法测定果汁中毒死蜱残留量的不确定度评定[J].食品安全质量检测学报,2017,8(7):2804-2809.
- [9] 张弛,宋莹,潘家荣,等.气相色谱-质谱法测定果汁中 90 种农药残留[J].分析化学研究报告,2015,43(8):1154-1161.
- [10] 高巍,卢剑,武中平,等.气相色谱双柱法测定果汁中多种有机磷类农药残留量[J].食品科学,2010,31(4):190-193.