

# PTV-GC-MS/MS 法快速测定蔬菜中的 54 种农药残留

GCMSMS-034

**摘要：** 结合 QuEChERS 方法与程序升温进样 - 气相色谱串联二级质谱 (PTV-GC-MS/MS) 建立了快速检测蔬菜中 54 种农药残留同时检测的分析方法。结果表明, 54 种农药残留在一定浓度范围内线性关系良好, 相关系数 ( $r^2$ ) 大于 0.991。在 3 种不同样品基质中 10  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、20  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、100  $\mu\text{g}/\text{kg}$  下的农残加标回收均在 70%~130% 之间, 相对标准偏差 (RSD%) 为 0.3 ~ 19.6%, 方法定量限为 2.0 ~ 10.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。结果表明, 该方法简单、快速, 灵敏、准确, 耐用性好。适用于大批量样品的多残留快速筛查。

**关键词：** PTV-GC-MS/MS QuEChERS 方法 农药残留 蔬菜

QuEChERS 方法在 2003 年由美国的 Anastassiades 开发, 因其快速、简单、便宜、耐用和安全, 已成为蔬菜中农药残留的最常用的前处理方法之一。

本文采用 QuEChERS 前处理方法, 结合岛津程序升温进样 - 三重四级杆气相色谱质谱仪 (PTV-GC-MS/MS) 建立了快速检测蔬菜中 54 种农药残留同时检测的分析方法。其中程序升温 (PTV) 进样口的溶剂消除不分

流进样模式可以在进样时低温去除乙腈, 以提高色谱柱耐用性。另外, 与单级质谱相比, 三重四级杆串联质谱具有抗干扰能力强、灵敏度高和高通量离子传输效率等特点, 这使其在复杂基质背景下仍能完成目标化合物的准确鉴定。该方法具有简单、快速、灵敏、可靠及耐用性好等特点, 完全满足我国法规对蔬菜中农药残留限量的要求。

## 实验部分

### 1.1 仪器

三重四级杆气质联用仪:  
GCMS-TQ8030(配 PTV 进样口)

### 1.2 分析条件

色谱柱: Rxi-5 Sil ms, (30 m  $\times$  0.25 mm  $\times$  0.25  $\mu\text{m}$ )  
进样口温度程序: 65 $^{\circ}\text{C}$  (1 min)\_(200 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ )\_250 $^{\circ}\text{C}$  (15 min)  
分流阀程序:

0-0.9 min	Split:20:1
0.9-3.5 min	Splitless
3.5 min	Split:20:1

柱温程序: 40 $^{\circ}\text{C}$  (4 min) \_25 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ \_125 $^{\circ}\text{C}$  \_10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ \_300 $^{\circ}\text{C}$  (5 min)

恒线速度方式: 36.2 cm/sec

进样量: 2  $\mu\text{L}$

接口温度: 280 $^{\circ}\text{C}$

离子源温度: 200 $^{\circ}\text{C}$

检测器电压: 调谐电压 +0.6 kv

溶剂延迟时间: 7 min

采集方式: MRM, 特征离子见表 1

### 1.3 样品前处理

前处理条件见下图 1。

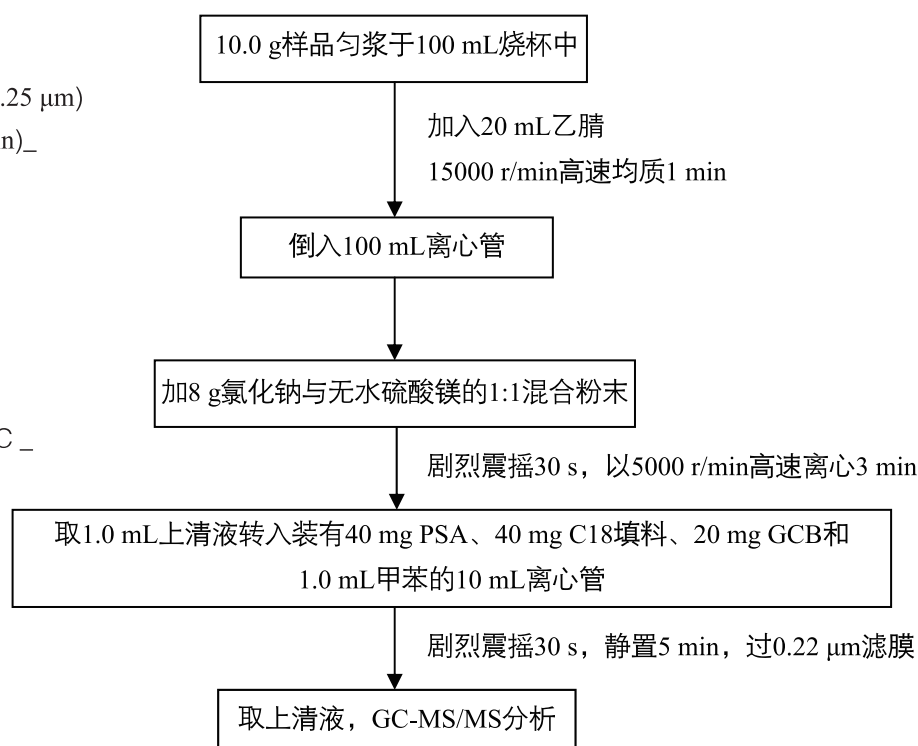


图1 前处理流程图

表1 农药组分保留时间及MRM参数

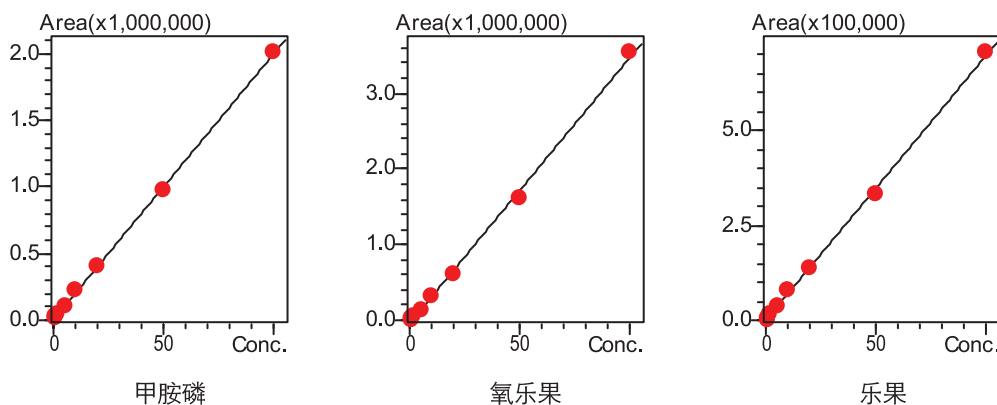
No.	中文名称	CAS号	英文名称	保留时间	定量离子对	CE	定性离子对	CE
1	甲胺磷	10265 - 92 - 6	Methamidophos	9.667	141.0>95.0	8	141.0>126.0	4
2	敌敌畏	62 - 73 - 7	Dichlorvos	9.853	185.0>93.0	14	185.0>109.0	14
3	氧化乐果	1113 - 02 - 6	Omethoate	13.686	156.0>110.0	8	156.0>141.0	4
4	灭线磷	13194 - 48 - 4	Ethoprophos	14.099	200.0>158.0	6	200.0>114.0	14
5	久效磷	6923 - 22 - 4	Monocrotophos	14.593	127.1>109.0	12	127.1>95.0	16
6	治螟磷	3689 - 24 - 5	Sulfotep	14.627	322.0>202.0	10	322.0>294.0	4
7	甲拌磷	298 - 02 - 2	Phorate	14.776	260.0>75.0	8	260.0>231.0	4
8	alpha-六六六	319 - 84 - 6	alpha-HCH	14.948	218.9>182.9	8	218.9>144.9	20
9	乐果	60 - 51 - 5	Dimethoate	15.18	125.0>79.0	8	125.0>47.0	14
10	beta-六六六	319 - 85 - 7	beta-HCH	15.5	218.9>182.9	8	218.9>144.9	20
11	gamma-六六六	58 - 89 - 9	gamma-HCH	15.635	218.9>182.9	8	218.9>144.9	20
12	特丁硫磷	13071 - 79 - 9	Terbufos	15.645	231.0>174.9	14	231.0>128.9	26
13	五氯硝基苯	82 - 68 - 8	Quintozene	15.73	294.8>236.8	16	294.8>264.8	12
14	地虫磷	944 - 22 - 9	Fonofos	15.762	246.0>109.1	18	246.0>137.1	6
15	内噁霉胺	53112 - 28 - 0	Pyrimethanil	15.83	198.1>183.1	14	198.1>158.1	18
16	二嗪农	333 - 41 - 5	Diazinon	15.836	304.1>179.1	10	304.1>162.1	8
17	磷胺	13171 - 21 - 6	Phosphamidon-1	15.909	264.1>127.1	14	264.1>193.1	8
18	delta-六六六	319 - 86 - 8	delta-HCH	16.115	218.9>182.9	10	218.9>144.9	20
19	磷胺	13171 - 21 - 6	Phosphamidon-2	16.651	264.1>127.1	14	264.1>193.1	8
20	乙烯菌核利	50471 - 44 - 8	Vinclozolin	16.841	285.0>212.0	12	285.0>178.0	14
21	甲基对硫磷	298 - 00 - 0	Parathion-methyl	16.874	263.0>109.0	14	263.0>136.0	8
22	杀螟硫磷	122 - 14 - 5	Fenitrothion	17.405	277.0>260.0	6	277.0>109.1	14
23	马拉硫磷	121 - 75 - 5	Malathion	17.56	173.1>99.0	14	173.1>127.0	6
24	倍硫磷	55 - 38 - 9	Fenthion	17.775	278.0>109.0	20	278.0>125.0	20
25	毒死蜱	2921 - 88 - 2	Chlorpyrifos	17.806	313.9>257.9	14	313.9>285.9	8
26	对硫磷	56 - 38 - 2	Parathion	17.829	291.1>109.0	14	291.1>137.0	6
27	三氯杀螨醇	0 - 00 - 0	Dicofol deg.	17.869	250.0>139.0	14	250.0>215.0	8
28	三泰芬	43121 - 43 - 3	Triadimefon	17.906	208.1>181.0	10	208.1>127.0	14
29	水胺硫磷	24353 - 61 - 5	Isocarbophos	17.952	289.1>136.0	14	289.1>113.0	6
30	甲基异柳磷	83733-82-8	Isofenphos-methyl	18.301	199.0>121.0	14	241.1>121.1	22
31	氟虫腈	120068 - 37 - 3	Fipronil	18.578	366.9>212.9	30	366.9>254.9	22
32	硫环磷	947-02-4	Phosfolan	18.579	255.0>227.0	6	255.0>140.0	22
33	稻丰散	2597 - 03 - 7	Phenthoate	18.673	273.9>125.0	20	273.9>246.0	6
34	喹硫磷	13593 - 03 - 8	Quinalphos	18.674	157.1>129.0	14	157.1>93.0	10
35	腐霉利	32809 - 16 - 8	Procymidone	18.805	283.0>96.0	10	283.0>255.0	12
36	杀扑磷	950 - 37 - 8	Methidathion	18.984	145.0>85.0	8	145.0>58.0	14
37	alpha-硫丹	959 - 98 - 8	alpha-Endosulfan	19.268	338.9>160.0	18	338.9>266.9	8
38	丙溴磷	41198 - 08 - 7	Profenofos	19.543	336.9>266.9	14	336.9>308.9	6

39	beta-硫丹	33213 - 65 - 9	beta-Endosulfan	20.362	338.9>160.0	18	338.9>266.9	8
40	三唑磷	24017 - 47 - 8	Triazophos	20.71	257.0>162.0	8	257.0>134.0	22
41	异菌脲	36734 - 19 - 7	Iprodione	21.797	314.0>245.0	12	314.0>56.0	22
42	联苯菊酯	82657 - 04 - 3	Bifenthrin	21.969	181.1>166.1	12	181.1>153.1	8
43	亚胺硫磷	732 - 11 - 6	Phosmet	22.041	160.0>133.0	14	160.0>77.0	24
44	甲氰菊酯	39515 - 41 - 8	Fenpropathrin	22.121	265.1>210.1	12	265.1>172.1	14
45	伏杀磷	2310 - 17 - 0	Phosalone	22.711	182.0>111.0	14	182.0>138.0	8
46	氯氟氰菊酯-1	68085 - 85 - 8	Cyhalothrin-1	22.747	197.0>161.0	8	197.0>141.0	12
47	氯氟氰菊酯-2	68085 - 85 - 8	Cyhalothrin-2	22.941	197.0>161.0	8	197.0>141.0	12
48	氯菊酯	52645 - 53 - 1	Permethrin-1	23.716	183.1>168.1	14	183.1>165.1	14
49	氯菊酯-2	52645 - 53 - 1	Permethrin-2	23.834	183.1>168.1	14	183.1>165.1	14
50	吡螨灵	96489 - 71 - 3	Pyridaben	23.895	147.1>117.1	22	147.1>132.1	14
51	蝇毒磷	56-72-4	Coumaphos	24	362.0>109.0	16	362.0>226.0	14
52	氟氯氰菊酯-1	68359 - 37 - 5	Cyfluthrin-1	24.276	226.1>206.1	14	226.1>199.1	6
53	氟氯氰菊酯-2	68359 - 37 - 5	Cyfluthrin-2	24.356	226.1>206.1	14	226.1>199.1	6
54	氟氯氰菊酯-3,4	68359 - 37 - 5	Cyfluthrin-3,4	24.47	226.1>206.1	14	226.1>199.1	6
55	氯氰菊酯-1	52315 - 07 - 8	Cypermethrin-1	24.597	163.1>127.1	6	163.1>91.0	14
56	氯氰菊酯-2	52315 - 07 - 8	Cypermethrin-2	24.685	163.1>127.1	6	163.1>91.0	14
57	氯氰菊酯-3,4	52315 - 07 - 8	Cypermethrin-3,4	24.78	163.1>127.1	6	163.1>91.0	14
58	氟氰戊菊酯-1	70124 - 77 - 5	Flucythrinate①	24.794	199.1>157.1	10	199.1>107.1	22
59	氟氰戊菊酯-2	70124 - 77 - 5	Flucythrinate②	24.987	199.1>157.1	10	199.1>107.1	22
60	氰戊菊酯-1	51630 - 58 - 1	Fenvalerate-1	25.622	419.1>225.1	6	419.1>167.1	12
61	氟胺氰菊酯-1	69409 - 94 - 5	Fluvalinate-1	25.795	250.1>55.0	20	250.1>200.0	20
62	氰戊菊酯-2	51630 - 58 - 1	Fenvalerate-2	25.854	419.1>225.1	6	419.1>167.1	12
63	氟胺氰菊酯-2	69409 - 94 - 5	Fluvalinate-2	25.86	250.1>55.0	20	250.1>200.0	20
64	苯醚甲环唑-1	119446 - 68 - 3	Difenoconazole-1	26.189	323.0>265.0	14	323.0>202.0	28
65	苯醚甲环唑-2	119446 - 68 - 3	Difenoconazole-2	26.276	323.0>265.0	14	323.0>202.0	28
66	溴氰菊酯-1	52918 - 63 - 5	Deltamethrin-1	26.289	252.9>93.0	20	252.9>171.9	8
67	溴氰菊酯-2	52918 - 63 - 5	Deltamethrin-2	26.57	252.9>93.0	20	252.9>171.9	8

## 结果讨论

### 2.1 标准曲线

采用空白菠菜提取液（按 1.3 步骤进行样品前处理）分别准确配制 54 种农药浓度分别为 0.5、1.0、2.0、5.0、10.0、20.0、50.0、100.0  $\mu\text{g/L}$  的系列标准溶液，以峰面积 (Y) 对质量浓度 (X,  $\mu\text{g/L}$ ) 做回归曲线，得回归方程  $Y=aX+b$ ，54 种农药线性相关系数见表 2，部分农残的标准曲线如下图 2 所示。



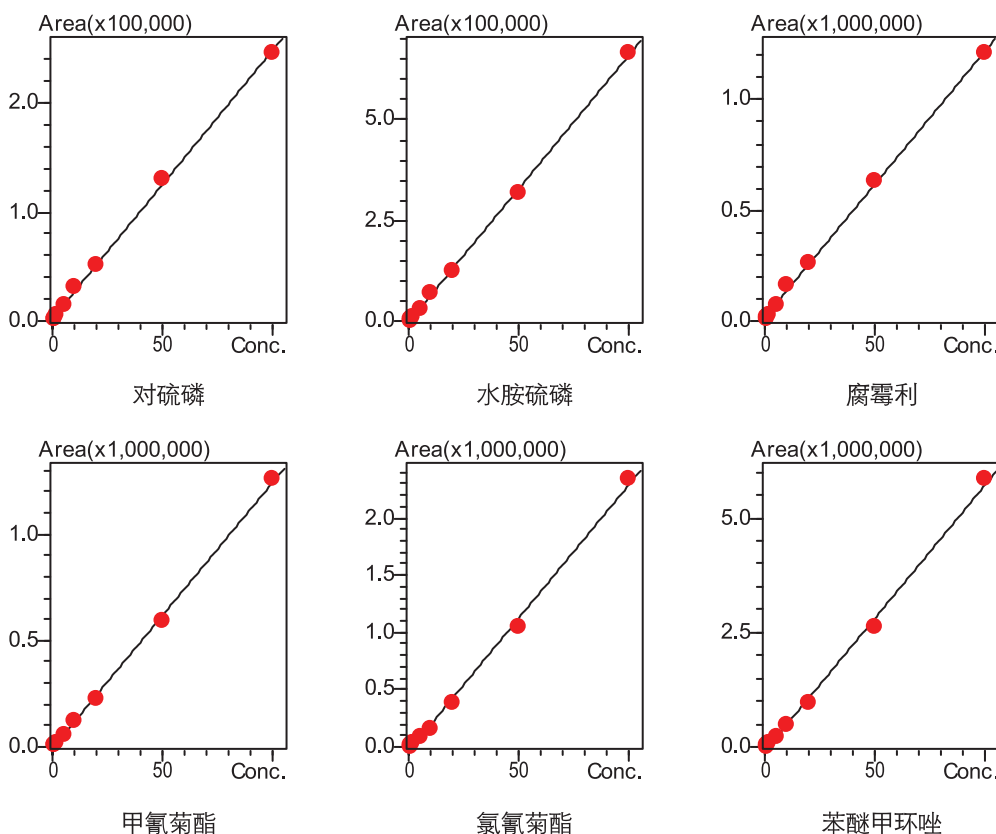


图2 部分农药的标准曲线

表2 各组分的线性相关系数

No.	名称	相关系数 $r^2$	No.	名称	相关系数 $r^2$	No.	名称	相关系数 $r^2$
1	甲胺磷	0.999	19	甲基对硫磷	0.997	37	异菌脲	0.999
2	敌敌畏	0.999	20	杀螟硫磷	0.998	38	联苯菊酯	0.994
3	氧乐果	0.998	21	马拉硫磷	0.995	39	亚胺硫磷	0.998
4	灭线磷	0.986	22	倍硫磷	0.99	40	甲氰菊酯	0.999
5	久效磷	0.998	23	毒死蜱	0.995	41	伏杀硫磷	0.998
6	治螟磷	0.999	24	对硫磷	0.999	42	哒螨灵	0.998
7	甲拌磷	0.999	25	三唑酮	0.999	43	蝇毒磷	0.998
8	$\alpha$ -六六六	0.999	26	三氯杀螨醇	0.998	44	磷胺	0.999
9	乐果	0.999	27	水胺硫磷	0.999	45	硫丹	0.999
10	$\beta$ -六六六	0.998	28	甲基异柳磷	0.996	46	氯氟氰菊	0.996
11	$\gamma$ -六六六	0.999	29	氟虫腈	0.998	47	氯菊酯	0.999
12	特丁硫磷	0.999	30	硫环磷	0.998	48	氟氯氰菊	0.997
13	五氯硝基苯	0.998	31	稻丰散	0.996	49	氯氰菊酯	0.997
14	地虫硫磷	0.999	32	啶硫磷	0.998	50	氟氰戊菊	0.996
15	嘧霉胺	0.991	33	腐霉利	0.999	51	氰戊菊酯	0.996
16	二嗪磷	0.998	34	杀扑磷	0.999	52	氟胺氰菊	0.993
17	$\delta$ -六六六	0.996	35	丙溴磷	0.999	53	苯醚甲环	0.997
18	乙烯菌核利	0.999	36	三唑磷	0.999	54	溴氰菊酯	0.993

## 2.2 方法的定量限、添加回收率及精密度

本文采用基质匹配标准溶液外标法定量,应用 1.3 节的样品前处理方法在菠菜、豇豆、韭菜等 3 种空白基质中添加 54 种农药进行回收率试验,添加水平为 10、20、100  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,每个添加水平重复测定 5 次,54 种农药的回收率均在 70 ~ 130% 间,RSD% 在 0.3 ~ 19.6% 间。表 2 为菠菜、豇豆、韭菜基质 3 个添加水平的平均回收率及 RSD。本实验通过向菠菜空白基质中添加多个较低水平的农药混合标准溶液分别进行基质加标试验,所得溶液经 GC-MS/MS 分析,取各农药的信噪比最接近 10 时的浓度来推测计算该农药的定量限 (LOQ, N=3),结果见表 2。本方法的定量限范围是 2.0 ~ 10.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。符合国内法规残留限量要求。

表3 菠菜、豇豆、韭菜基质3个添加水平的平均回收率及RSD%

No.	名称	LOQ ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	菠菜基质回收率(RSD/%)			豇豆基质回收率(RSD/%)			韭菜基质回收率(RSD/%)		
			10 $\mu\text{g}/\text{kg}$	20 $\mu\text{g}/\text{kg}$	100 $\mu\text{g}/\text{kg}$	10 $\mu\text{g}/\text{kg}$	20 $\mu\text{g}/\text{kg}$	100 $\mu\text{g}/\text{kg}$	10 $\mu\text{g}/\text{kg}$	20 $\mu\text{g}/\text{kg}$	100 $\mu\text{g}/\text{kg}$
1	甲胺磷	4.0	90.5 (6.9)	101.5 (7.4)	86.5 (5.7)	83.1 (8.2)	111.0 (4.8)	86.3 (2.8)	88.6 (1.2)	101.6 (5.4)	91.5 (6.4)
2	敌敌畏	4.0	97.9 (2.9)	98.5 (3.9)	89.0 (6.4)	99.6 (7.9)	120.8 (2.1)	95.7 (3.8)	83.2 (3.6)	93.8 (5.6)	98.5 (4.2)
3	氧乐果	2.0	90.6 (2.2)	103.9 (4.1)	84.8 (6.6)	100.1 (4.4)	111.0 (2.8)	96.7 (1.2)	98.6 (6.0)	96.1 (5.2)	93.1 (6.5)
4	灭线磷	2.0	107.4 (6.0)	105.9 (6.4)	91.7 (6.9)	88.3 (3.1)	112.4 (5.5)	96.7 (3.1)	99.5 (4.2)	92.3 (4.4)	90.9 (11.2)
5	久效磷	2.0	98.8 (3.4)	103.5 (7.2)	86.8 (6.6)	92.4 (8.7)	105.8 (4.0)	97.9 (1.3)	100.9 (6.2)	91.6 (4.2)	91.2 (7.9)
6	治螟磷	8.0	92.6 (9.2)	102.4 (8.5)	94.3 (8.2)	87.2 (8.5)	107.3 (9.6)	93.5 (4.3)	90.6 (11.7)	92.8 (7.2)	88.1 (13.2)
7	甲拌磷	8.0	110.1 (7.5)	99.8 (12.4)	93.5 (7.9)	89.8 (4.2)	109.7 (7.6)	98.6 (5.6)	88.8 (5.4)	104.7 (9.9)	92.4 (8.7)
8	$\alpha$ -六六六	8.0	100. (6.2)	114.5 (3.4)	94.9 (7.7)	94.4 (5.5)	112.0 (4.8)	94.7 (1.9)	104.7 (4.0)	91.3 (4.2)	95.6 (6.9)
9	乐果	8.0	116.2 (7.2)	112.7 (7.1)	93.9 (3.3)	94.4 (6.2)	112.2 (4.0)	97.1 (2.8)	98.6 (2.6)	90.6 (8.4)	92.5 (3.3)
10	$\beta$ -六六六	8.0	85.6 (6.9)	103.4 (6.5)	93.5 (6.9)	78.3 (10.7)	120.9 (3.4)	95.1 (4.5)	105.0 (8.0)	88.5 (8.7)	96.6 (12.1)
11	$\gamma$ -六六六	8.0	113.4 (8.6)	103.9 (7.8)	92.8 (7.5)	87.8 (7.7)	114.9 (8.0)	97.6 (1.7)	90.0 (15.5)	97.9 (9.7)	98.0 (5.3)
12	特丁硫磷	8.0	108.2 (6.8)	110.1 (8.5)	93.8 (6.8)	95.2 (8.7)	114.0 (8.7)	95.2 (3.5)	91.7 (6.4)	95.7 (3.2)	88.3 (8.5)
13	五氯硝基苯	10.0	112.9 (17.1)	93.2 (9.6)	92.7 (5.6)	75.7 (9.4)	115.5 (7.0)	95.7 (6.9)	85.3 (19.6)	93.2 (11.3)	91.1 (9.1)
14	地虫硫磷	2.0	104.8 (3.2)	105.9 (5.9)	94.2 (8.2)	91.0 (5.9)	115.0 (7.6)	97.4 (3.4)	106.5 (2.6)	93.6 (6.6)	87.2 (6.9)
15	嘧霉胺	4.0	100.0 (8.2)	109.2 (4.7)	95.5 (6.0)	83.3 (3.7)	104.3 (3.9)	97.3 (3.2)	106.6 (5.4)	85.5 (2.6)	94.5 (8.2)
16	二嗪磷	10.0	87.0 (3.4)	121.4 (11.2)	94.3 (7.1)	87.9 (10.4)	98.6 (6.2)	92.0 (2.7)	82.3 (11.4)	84.5 (4.5)	88.8 (18.7)
17	$\delta$ -六六六	4.0	95.3 (6.9)	107.4 (3.2)	93.3 (6.4)	71.7 (2.2)	111.2 (2.3)	99.1 (2.6)	105.2 (5.4)	84.3 (7.8)	99.1 (11.5)

18	乙烯菌核利	4.0	96.6 (5.5)	104.6 (6.1)	93.3 (6.8)	74.6 (3.2)	1089 (1.2)	99.4 (3.9)	105.1 (4.5)	89.1 (8.3)	95.2 (13.0)
19	甲基对硫磷	2.0	115.4 (3.7)	101.3 (3.5)	87.9 (6.2)	82.4 (4.5)	112.6 (2.7)	94.9 (3.8)	102.8 (4.0)	90.9 (6.1)	86.2 (14.5)
20	杀螟硫磷	2.0	83.4 (3.8)	104.3 (5.1)	87.4 (5.6)	77.0 (6.2)	1162 (2.0)	98.1 (0.8)	90.8 (6.2)	92.5 (7.6)	91.9 (13.8)
21	马拉硫磷	2.0	90.1 (7.2)	108.8 (1.7)	90.5 (5.7)	80.1 (3.9)	112.6 (3.4)	99.2 (2.7)	98.8 (5.0)	85.5 (6.5)	93.3 (12.7)
22	倍硫磷	2.0	91.4 (17.1)	102.6 (6.0)	87.6 (5.2)	82.3 (5.9)	1012 (6.9)	98.7 (2.0)	100.1 (5.0)	94.0 (7.0)	95.1 (10.5)
23	毒死蜱	4.0	104.6 (5.1)	107.0 (5.7)	90.5 (5.7)	72.5 (5.7)	113.0 (3.3)	97.5 (3.8)	98.1 (4.8)	92.3 (6.3)	96.9 (13.4)
24	对硫磷	2.0	106.9 (11.8)	104.3 (2.5)	87.9 (8.1)	85.4 (5.3)	106.0 (3.8)	96.1 (2.1)	99.9 (4.0)	100.9 (5.0)	88.7 (17.4)
25	三唑酮	2.0	91.6 (4.3)	108.5 (2.5)	90.8 (5.0)	85.9 (6.0)	111.4 (2.5)	98.1 (1.4)	95.4 (4.1)	88.0 (5.6)	97.5 (7.7)
26	三氯杀螨醇	2.0	96.7 (5.1)	106.4 (2.7)	88.8 (5.0)	91.9 (7.0)	109.1 (2.2)	99.2 (1.8)	104.9 (4.0)	96.1 (3.8)	97.3 (7.1)
27	水胺硫磷	4.0	93.7 (6.3)	110.7 (1.8)	91.2 (6.1)	83.3 (4.9)	99.1 (3.9)	97.7 (1.8)	101.2 (5.2)	88.3 (6.7)	89.6 (7.3)
28	甲基异柳磷	2.0	91.9 (3.1)	107.4 (3.3)	92.0 (6.3)	81.3 (6.4)	105.1 (8.2)	98.8 (2.6)	99.8 (4.9)	87.6 (5.6)	97.8 (11.0)
29	硫环磷	4.0	95.9 (7.7)	87.9 (14.5)	88.3 (6.1)	108.2 (8.0)	94.4 (3.8)	100.2 (1.1)	83.7 (5.0)	105.4 (8.1)	88.0 (11.3)
30	氟虫腈	2.0	97.5 (2.7)	104.2 (4.8)	85.3 (4.4)	101.9 (6.2)	102.4 (3.1)	99.0 (1.1)	106.5 (0.7)	91.6 (5.7)	90.0 (5.8)
31	啶硫磷	10.0	113.1 (4.6)	106.6 (1.2)	93.9 (5.3)	95.7 (10.9)	108.7 (1.7)	97.9 (2.4)	103.0 (1.7)	93.8 (3.2)	96.7 (6.2)
32	稻丰散	2.0	93.0 (5.3)	105.7 (3.6)	93.8 (6.2)	80.8 (5.2)	104.9 (3.2)	98.2 (2.9)	101.2 (4.4)	90.6 (6.0)	98.1 (12.9)
33	腐霉利	2.0	99.5 (5.7)	101.6 (3.0)	89.1 (3.4)	90.8 (4.8)	104.6 (3.3)	96.9 (1.9)	94.7 (4.2)	90.3 (4.6)	95.5 (6.1)
34	杀扑磷	2.0	123.4 (3.1)	110.6 (3.1)	92.2 (4.0)	99.7 (5.3)	104.0 (2.1)	97.3 (1.5)	106.6 (5.1)	92.4 (8.1)	96.4 (4.3)
35	丙溴磷	2.0	98.4 (2.7)	103.7 (2.7)	88.8 (4.7)	99.5 (4.9)	102.8 (1.4)	99.2 (1.2)	102.0 (1.9)	93.0 (4.6)	95.0 (4.6)
36	三唑磷	2.0	100.4 (4.3)	102.4 (2.5)	91.2 (3.5)	100.0 (5.2)	97.9 (3.7)	99.4 (0.8)	100.4 (0.8)	92.1 (3.2)	97.3 (5.0)
37	异菌脲	2.0	96.1 (6.8)	107.6 (3.9)	85.6 (4.0)	98.2 (6.6)	102.3 (6.1)	102.3 (2.3)	94.3 (2.8)	90.0 (2.0)	91.9 (5.8)
38	联苯菊酯	2.0	96.4 (3.7)	104.2 (3.2)	93.0 (2.9)	106.5 (6.2)	104.4 (4.6)	98.8 (1.6)	98.8 (2.3)	90.2 (2.0)	98.1 (4.1)
39	亚胺硫磷	2.0	97.8 (2.6)	102.4 (4.7)	91.1 (3.7)	104.5 (12.0)	106.2 (8.0)	99.5 (1.4)	88.3 (3.2)	81.6 (5.5)	97.7 (5.8)
40	甲氰菊酯	2.0	98.1 (2.0)	101.5 (4.3)	92.0 (2.6)	99.7 (3.0)	101.5 (3.6)	98.7 (1.3)	99.9 (2.6)	89.6 (4.1)	96.4 (4.1)

41	伏杀硫磷	2.0	101.7 (2.3)	101.5 (1.8)	91.9 (3.0)	100.9 (5.9)	993 (4.5)	98.5 (1.4)	101.0 (2.4)	89.8 (1.2)	96.6 (4.3)
42	哒螨灵	2.0	101.7 (2.7)	105.4 (3.0)	92.9 (2.4)	104.9 (5.2)	101.1 (3.9)	98.1 (1.1)	102.3 (1.9)	91.5 (1.7)	97.1 (4.1)
43	蝇毒磷	2.0	100.5 (2.2)	101.8 (4.3)	90.4 (4.5)	107.1 (7.0)	98.7 (5.1)	99.5 (0.3)	92.2 (5.6)	94.5 (3.2)	94.5 (3.7)
44	磷胺	4.0	90.5 (2.6)	108.0 (2.1)	87.8 (5.2)	93.9 (6.1)	1073 (2.8)	97.8 (2.5)	94.9 (5.8)	82.7 (8.2)	91.1 (6.6)
45	硫丹	10.0	99.6 (8.9)	93.6 (7.7)	98.1 (6.9)	96.6 (3.8)	111.6 (3.1)	100.9 (4.4)	100.4 (13.8)	78.7 (9.6)	96.7 (11.1)
46	氯氟氰菊酯	2.0	114.0 (1.5)	105.5 (3.1)	94.1 (3.2)	102.7 (5.2)	994 (4.5)	98.4 (0.9)	101.7 (1.4)	89.3 (8.3)	93.1 (4.1)
47	氯菊酯	8.0	103.3 (9.1)	102.9 (6.5)	92.9 (3.0)	91.1 (9.5)	888 (4.3)	97.7 (1.2)	92.9 (13.3)	97.3 (14.8)	98.5 (5.7)
48	氟氯氰菊酯	8.0	102.1 (4.8)	93.8 (7.3)	90.4 (4.1)	100.1 (4.2)	973 (9.6)	98.9 (2.2)	98.5 (5.6)	101.6 (4.9)	93.2 (4.9)
49	氯氰菊酯	2.0	103.9 (1.0)	97.9 (3.7)	93.3 (2.9)	103.0 (5.2)	993 (3.5)	97.2 (2.9)	94.7 (13.5)	89.4 (5.6)	91.0 (4.4)
50	氟氰戊菊酯	2.0	104.6 (2.7)	100.0 (3.8)	93.2 (4.5)	101.3 (2.5)	1073 (7.1)	97.9 (1.3)	100.6 (7.6)	91.0 (5.0)	92.4 (4.8)
51	氰戊菊酯	2.0	97.6 (3.7)	102.6 (2.0)	90.9 (5.6)	97.7 (3.7)	993 (3.4)	99.6 (4.8)	94.5 (6.3)	90.0 (3.4)	93.7 (8.0)
52	氟胺氰菊酯	2.0	99.2 (3.3)	96.4 (5.4)	91.5 (5.1)	98.9 (4.8)	1030 (4.0)	95.9 (3.0)	97.9 (3.7)	92.9 (1.9)	87.8 (8.7)
53	苯醚甲环唑	2.0	115.5 (1.6)	102.7 (4.6)	92.3 (4.4)	95.8 (3.7)	1037 (6.0)	95.9 (3.7)	96.8 (3.5)	94.6 (2.9)	87.6 (9.5)
54	溴氰菊酯	2.0	116.0 (4.7)	92.9 (5.3)	91.9 (7.1)	92.5 (7.9)	110.2 (7.3)	90.8 (6.8)	102.7 (7.9)	95.1 (5.6)	82.7 (8.0)

## 结论

本文建立了对蔬菜中的 54 种农药残留进行快速检测的方法。此方法简单、快速，灵敏、准确，耐用性好，为大批量蔬菜样品中的多种农药残留快速筛查提供了一种便捷、高效、可靠的分析手段。