

# LC-MS/MS 法检测中药材白芍中 66 种植物生长调节剂残留量

## LCMSMS-992

**摘要：** 本文使用岛津三重四极杆液质联用系统，建立了中药材白芍中的 66 种植物生长调节剂残留量的检测方法。样品前处理和分析方法均参考国家药典委官网发布的《植物生长调节剂残留量测定法》公示稿中第一法的内容，样品经过乙腈提取后采用盐包进行净化，取净化液浓缩后进行液质联用分析。采用内标法建立校准曲线，66 种化合物在各自浓度范围内线性关系良好，相关系数  $r > 0.992$ 。在 100  $\mu\text{g/L}$  浓度下连续 6 针进样，化合物的保留时间和峰面积的 RSD 分别在 0.020%~0.085% 和 0.318%~9.954% 之间，表明仪器精密度良好。

**关键词：** 三重四极杆液质联用仪 中药材 植物生长调节剂 白芍

### 技术特点：

- ❖ 一针进样分析的化合物数量共 66 种，优于公示稿的数量。
- ❖ 采用 co-injection 功能可有效消除溶剂效应，改善峰形。

植物生长调节剂 (plant growth regulators, PGRs, 以下简称植调剂) 是一类与植物激素具有相似生理和生物学效应的物质。这类化合物在增强植物抗逆性、促进植物生长发育、提高产量等方面发挥着重要作用。自 1934 年生长素被发现以来，植调剂在农、林、花卉等多种作物上得到越来越广的应用。目前，我国的中药材中大部分野生品种已经枯竭，因此主要采用人工种植的方式获得。人工种植的中药材在生长过程中施加植调剂对其生长发育过程进行系列调控，从而提高药材的产量和品质的现象已经非常普遍。研究表明，植调剂的使用可能会对中药材质量产生影响。

为了规范化管理中药材中植调剂的使用，国家药典委员会官方网站于 2024 年 7 月，发布了《植物生长调节剂残留量测定法国家药品标准草案公示稿》，里面包含 3 种分析方法，其中第一法中规定采用高效液相色谱 - 串联质谱法对 59 种植调剂进行检测。

本文参考公示稿中第一法的分析条件，使用岛津 LCMS-8060 NX 建立了中药材白芍中的植物生长调节剂残留量的测定方法。该方法的化合物数量在公示稿基础上又增加了 7 种，共 66 种，该方法灵敏度高，重复性好，可为相关检测人员提供帮助。

## ■ 实验部分

### 1.1 仪器

岛津三重四极杆液质联用仪 LCMS-8060 NX，配置信息如下：

系统控制器：	CBM-20A	脱气机：	DGU-20A 5R
输液泵：	LC-30AD×2	柱温箱：	CTO-30A
自动进样器：	SIL-30AC	质谱仪：	LCMS-8060 NX
色谱工作站：	Labsolutions Ver. 5.118		

### 1.2 分析条件

液相色谱条件

色谱柱：Shim-pack Velox C18 (150 mm x 3 mm I.D., 2.7  $\mu\text{m}$ )  
(岛津 (上海) 实验器材有限公司, P/N: 227-32010-04)

流 动 相 : A相 -0.05% 甲酸水溶液 (含 10 mmol/L 甲酸铵)  
 B相 -0.05% 甲酸甲醇溶液 (含 10 mmol/L 甲酸铵)  
 进 样 体 积 : 2  $\mu$ L (co-injection, 10  $\mu$ L 水)  
 流 速 : 0.4 mL/min 柱 温 : 35°C  
 洗 脱 方 式 : 梯度洗脱, B相起始浓度为 5%, 时间程序如表 1 所示。

表 1 梯度洗脱时间程序

时间 (min)	单元	处理命令	值
1.00	泵	B Conc	5
4.00	泵	B Conc	60
8.00	泵	B Conc	64
8.50	泵	B Conc	68
9.00	泵	B Conc	75
16.00	泵	B Conc	95
20.00	泵	B Conc	95
20.50	泵	B Conc	5
25.00	控制器	STOP	

质谱条件

离子化模式 : ESI (+/-) 雾化气流速 : 3.0 L/min  
 接口电压 : 羧乙酸 1 kV, 其余 +4 kV, -3 kV 干燥气流速 : 10.0 L/min  
 接口温度 : 250°C 加热气流速 : 20.0 L/min  
 D L 温度 : 150°C 碰撞气 : 氦气  
 加热模块温度 : 400°C 扫描模式 : 多反应监测 (MRM)  
 MRM 参 数 : 见表 2

表 2 MRM 参数

序号	化合物名称	保留时间 (min)	前体离子	产物离子	Q1 Pre Bais (V)	CE (V)	Q3 Pre Bais (V)
1	莠去津	8.133	216.30	173.90*	-24.0	-18.0	-36.0
				131.90	-24.0	-23.0	-24.0
				104.00	-24.0	-27.0	-20.0
				96.00	-24.0	-23.0	-20.0
2	氘代莠去津 (内标)	8.088	221.00	178.80*	-22.0	-19.0	-32.0
				101.10	-22.0	-26.0	-20.0
3	芸苔素内酯	12.511	481.40	315.20*	-14.0	-19.0	-14.0
				445.40	-11.0	-14.0	-11.0
				427.20	-14.0	-16.0	-30.0

				409.30	-25.0	-19.0	-23.0
				315.30*	-25.0	-19.0	-23.0
4	24- 表芸苔素内酯	12.511	481.35	445.30	-23.0	-14.0	-21.0
				349.40	-14.0	-18.0	-12.0
				427.30	-14.0	-15.0	-11.0
				459.40*	-32.0	-15.0	-15.0
5	丙酰芸苔素内酯	17.871	589.40	441.40	-32.0	-19.0	-20.0
				515.10	-32.0	-13.0	-26.0
				533.40	-22.0	-15.0	-38.0
				361.00	-28.0	-18.0	-17.0
6	28- 表高芸苔素内酯	13.420	495.50	459.50	-15.0	-15.0	-29.0
				315.20*	-14.0	-18.0	-14.0
				240.10*	-24.0	-15.0	-26.0
7	仲丁灵	15.809	296.00	222.00	-24.0	-22.0	-24.0
				58.20*	-24.0	-27.0	-24.0
8	矮壮素	1.555	122.30	62.80	-22.0	-23.0	-24.0
				154.90*	-10.0	-15.0	-30.0
9	坐果胺	7.086	200.00	71.90	-18.0	-22.0	-12.0
				127.00	-10.0	-21.0	-23.0
				172.10*	-22.0	-8.0	-10.0
10	氯苯胺灵	10.914	214.00	154.05	-24.0	-18.0	-10.0
				100.00*	-30.0	-19.0	-20.0
				57.90	-30.0	-26.0	-22.0
11	增产胺	6.454	262.10	73.10	-30.0	-20.0	-28.0
				189.10	-30.0	-18.0	-20.0
				143.10*	-24.0	-19.0	-30.0
12	胺鲜酯	5.914	216.00	100.20	-22.0	-17.0	-30.0
				217.10*	-13.0	-9.0	-14.0
13	调味酸	5.794	275.10	59.10	-14.0	-23.0	-23.0
				159.10	-14.0	-13.0	-10.0
				94.00*	-26.0	-22.0	-30.0
14	1,3- 二苯基脲	7.890	213.20	76.90	-24.0	-39.0	-28.0
				120.10	-24.0	-20.0	-22.0
				193.10	-13.0	-15.0	-22.0
15	吲熟酯	9.345	239.10	165.00*	-12.0	-20.0	-10.0
				111.00	-12.0	-45.0	-19.0

16	氟节胺	15.660	422.10	143.00*	-22.0	-20.0	-29.0
				107.00	-15.0	-55.0	-17.0
17	咪啉醇	10.880	313.10	270.10*	-34.0	-25.0	-28.0
				269.10	-34.0	-35.0	-28.0
18	糠氨基嘌呤	5.764	216.00	80.70*	-20.0	-14.0	-26.0
				147.90	-22.0	-15.0	-20.0
				188.00	-20.0	-16.0	-32.0
19	抗倒胺	9.961	339.20	172.90	-20.0	-14.0	-26.0
				321.20*	-26.0	-19.0	-22.0
				79.90	-26.0	-29.0	-30.0
				214.00	-26.0	-27.0	-20.0
20	3- 吡啶乙酸	6.072	176.20	52.00	-26.0	-55.0	-20.0
				130.30*	-20.0	-17.0	-26.0
				103.20	-20.0	-33.0	-20.0
21	3- 吡啶丁酸	7.136	204.10	158.20	-22.0	-14.0	-22.0
				186.20*	-20.0	-22.0	-26.0
				144.20	-20.0	-20.0	-30.0
				168.10	-20.0	-24.0	-28.0
22	3- 吡啶丙酸	6.553	190.10	130.40	-20.0	-22.0	-26.0
				130.00*	-23.0	-20.0	-22.0
				172.10	-22.0	-13.0	-19.0
				55.00	-10.0	-20.0	-20.0
23	甲哌酮	1.695	114.10	103.00	-10.0	-37.0	-18.0
				98.10*	-40.0	-28.0	-30.0
				58.20	-40.0	-25.0	-22.0
24	茉莉酸甲酯	9.904	225.00	84.00	-40.0	-29.0	-32.0
				151.10*	-20.0	-13.0	-26.0
				147.20	-20.0	-14.0	-28.0
				133.00	-20.0	-16.0	-22.0
				175.20	-20.0	-12.0	-32.0
25	烯腺嘌呤	6.586	204.00	193.30	-20.0	-12.0	-20.0
				136.00*	-20.0	-17.0	-26.0
				148.10	-20.0	-15.0	-32.0
26	萘乙酸乙酯	11.446	215.20	69.00	-20.0	-22.0	-26.0
				141.00*	-11.0	-18.0	-23.0
				169.10	-24.0	-10.0	-11.0
				115.10	-24.0	-42.0	-20.0

27	萘乙酸甲酯	10.184	201.10	141.20	-10.0	-15.0	-28.0
				115.15	-10.0	-38.0	-11.0
				201.10	-23.0	-10.0	-21.0
				141.10*	-25.0	-17.0	-30.0
28	萘乙酰胺	6.549	186.10	140.80*	-20.0	-18.0	-26.0
				115.00	-20.0	-39.0	-20.0
				89.00	-20.0	-55.0	-34.0
				62.00	-20.0	-55.0	-22.0
29	多效唑	10.718	294.20	70.00*	-34.0	-22.0	-26.0
				125.00	-34.0	-35.0	-22.0
				165.20	-32.0	-24.0	-32.0
30	调环酸	6.217	213.10	157.00*	-19.0	-11.0	-16.0
				139.10	-25.0	-15.0	-26.0
31	茉莉酮	13.235	255.20	195.20	-28.0	-12.0	-36.0
				177.00	-26.0	-10.0	-20.0
				153.10*	-30.0	-15.0	-28.0
				237.20	-28.0	-9.0	-26.0
32	吡啶醇	1.723	137.90	120.10*	-30.0	-20.0	-20.0
				92.00	-32.0	-25.0	-20.0
				78.00	-32.0	-30.0	-30.0
33	反式玉米素 (羟烯腺嘌呤)	4.968	220.10	136.00*	-22.0	-19.0	-24.0
				147.90	-24.0	-16.0	-24.0
				184.90	-22.0	-18.0	-30.0
				202.30	-24.0	-13.0	-22.0
34	抑芽唑	12.016	264.20	69.70*	-32.0	-24.0	-26.0
				109.00	-28.0	-22.0	-22.0
				67.10	-30.0	-32.0	-26.0
				120.70	-28.0	-21.0	-22.0
35	脱叶磷	16.567	315.10	169.00*	-36.0	-16.0	-32.0
				225.10	-36.0	-12.0	-24.0
				207.10	-28.0	-12.0	-22.0
36	抗倒酯	8.617	253.20	69.00*	-28.0	-22.0	-26.0
				164.90	-28.0	-17.0	-32.0
				185.10	-28.0	-12.0	-20.0
				139.00	-28.0	-20.0	-26.0
37	烯效唑	11.849	292.00	69.90*	-28.0	-23.0	-26.0
				124.80	-28.0	-30.0	-22.0
				170.20	-28.0	-23.0	-38.0

38	脱落酸	6.563	263.20	204.10	13.0	17.0	11.0
				201.10	29.0	16.0	24.0
				153.25*	29.0	11.0	26.0
39	6- 苄氨基嘌呤	6.438	224.20	133.00*	24.0	22.0	28.0
				106.00	26.0	32.0	22.0
				117.00	24.0	35.0	24.0
40	4- 溴苯氧乙酸	6.660	230.90	172.90*	17.0	16.0	12.0
				229.00	27.0	16.0	30.0
				185.05	127.00	13.0	14.0
41	4- 氯苯氧乙酸	6.422	230.95	110.70	20.0	15.0	22.0
				127.00*	11.0	22.0	12.0
				185.15	28.0	8.0	29.0
42	调果酸	7.214	199.00	126.80	21.0	14.0	22.0
				70.90	10.0	10.0	22.0
				245.20	126.90*	12.0	19.0
43	坐果酸	5.877	215.30	199.15	16.0	8.0	14.0
				156.80*	11.0	13.0	10.0
				126.90	11.0	27.0	13.0
44	氯氨环丙酸	10.397	271.90	155.05	26.0	23.0	30.0
				159.90*	20.0	23.0	34.0
				227.80	20.0	11.0	24.0
45	2,4- 二氯苯氧乙酸	7.407	218.90	192.20	20.0	15.0	20.0
				161.00*	24.0	14.0	28.0
				125.10	22.0	27.0	20.0
46	2,4- 滴丙酸	8.940	233.00	89.10	20.0	35.0	38.0
				89.20	26.0	37.0	20.0
				161.00*	11.0	14.0	17.0
47	地乐酚	11.958	239.00	125.00	11.0	26.0	12.0
				193.00	20.0	24.0	40.0
				162.90	22.0	32.0	32.0
48	4- 氟苯氧乙酸	5.768	169.10	175.90	20.0	27.0	40.0
				134.10*	20.0	46.0	26.0
				110.90*	13.0	15.0	11.0
49	氯吡脞	8.353	245.90	124.90	18.0	13.0	21.0
				91.10	12.0	30.0	13.0
				126.60*	20.0	12.0	40.0
				90.90	28.0	27.0	20.0

50	赤霉酸	5.622	345.10	221.15	24.0	24.0	15.0
				143.10*	13.0	29.0	14.0
51	赤霉素 7	8.959	329.15	239.25	17.0	16.0	12.0
				223.15*	12.0	21.0	15.0
				211.20	10.0	26.0	15.0
				254.90	16.0	20.0	23.0
52	14- 羟基芸苔素甾醇	6.246	481.10	285.10	24.0	17.0	30.0
				347.10	19.0	28.0	25.0
				369.00	17.0	18.0	28.0
				387.40	24.0	25.0	12.0
				159.20	26.0	30.0	30.0
53	4- 碘苯氧乙酸	7.088	276.70	527.30	20.0	31.0	13.0
				387.40*	20.0	31.0	13.0
54	5- 硝基邻甲氧基苯酚钠	6.060	168.10	218.90*	20.0	15.0	24.0
				126.80	20.0	32.0	22.0
55	萘乙酸	7.845	185.10	153.05*	12.0	18.0	10.0
				122.90	29.0	23.0	21.0
				141.05	13.0	12.0	27.0
56	2- 萘氧乙酸	7.020	201.10	204.10	-10.0	-19.0	-25.0
				115.15*	-10.0	-47.0	-22.0
				143.20*	10.0	18.0	14.0
				157.00	14.0	12.0	28.0
57	对硝基苯酚钠	6.178	137.90	126.70	22.0	15.0	24.0
				114.95	10.0	37.0	21.0
				107.80	24.0	22.0	30.0
58	噻苯隆	6.854	218.90	91.70*	26.0	24.0	24.0
				46.00	24.0	34.0	20.0
				99.90*	26.0	10.0	20.0
59	2,4,5- 三氯苯氧乙酸	8.897	252.95	70.70	26.0	32.0	20.0
				91.90	28.0	44.0	20.0
60	2,3,5- 三碘苯甲酸	8.668	498.80	195.00*	12.0	14.0	13.0
				159.00	12.0	28.0	16.0
61	西玛津	6.945	202.10	454.50*	18.0	10.0	16.0
				126.90	16.0	28.0	21.0
62	戊唑醇	12.377	308.10	132.00*	-11.0	-20.0	-22.0
				124.10	-11.0	-20.0	-12.0
				70.10*	-15.0	-22.0	-12.0
				125.00	-15.0	-35.0	-22.0

63	三唑酮	10.920	294.10	69.15	-15.0	-22.0	-11.0
				197.05*	-15.0	-16.0	-12.0
64	噻菌灵	5.930	202.00	175.05*	-20.0	-25.0	-20.0
				131.10	-10.0	-33.0	-20.0
65	异噁草松	9.279	240.10	125.00*	-12.0	-21.0	-26.0
				89.10	-12.0	-48.0	-15.0
66	灭草松	6.109	239.05	132.10*	11.0	26.0	13.0
				197.10	12.0	20.0	13.0
				175.20	28.0	20.0	19.0
67	氟铃脲	13.555	459.00	438.90	22.0	13.0	16.0
				175.10*	13.0	36.0	18.0

\* 表示定量离子

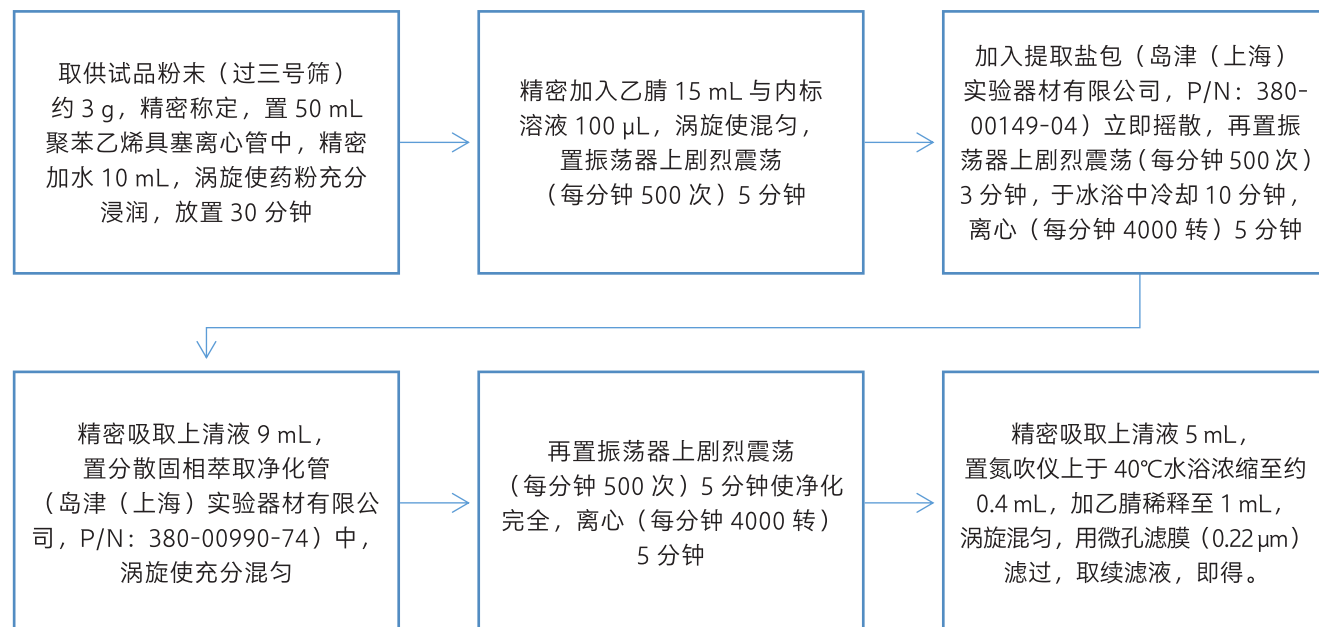
### 1.3 标准溶液配制

混合对照品溶液的制备：精密量取 66 个植物生长调节剂混合对照品溶液适量，用乙腈分别配制成 1 L 含 100  $\mu\text{g}$  和 1000  $\mu\text{g}$  的两种溶液，即得。

内标溶液的制备：精密量取氘代莠去津内标储备溶液适量，加乙腈制成每 1 mL 含 6  $\mu\text{g}$  的溶液，即得。

基质混合对照品工作溶液的制备：取空白基质样品（本底样品经测试未检出植调剂或含量低于标曲最低点的 1/2）3 g，一式 11 份，同供试品溶液的制备方法处理至“置氮吹仪上于 40 $^{\circ}\text{C}$  水浴浓缩至约 0.4 mL”，向每份中分别加入适量混合对照品溶液，配制成浓度分别为 1  $\mu\text{g}/\text{L}$ 、5  $\mu\text{g}/\text{L}$ 、10  $\mu\text{g}/\text{L}$ 、20  $\mu\text{g}/\text{L}$ 、50  $\mu\text{g}/\text{L}$ 、100  $\mu\text{g}/\text{L}$ 、150  $\mu\text{g}/\text{L}$ 、200  $\mu\text{g}/\text{L}$ 、300  $\mu\text{g}/\text{L}$ 、400  $\mu\text{g}/\text{L}$ 、500  $\mu\text{g}/\text{L}$  的系列基质混合对照品工作溶液，涡旋混匀，用微孔滤膜（0.22  $\mu\text{m}$ ）滤过，取续滤液待测。

### 1.4 供试品溶液的制备



## ■ 结果与讨论

### 2.1 标准溶液谱图

采用上述分析条件对各浓度的基质混合对照品工作溶液上机分析, 色谱分离良好, 无干扰, 结果见图 1 和图 2。

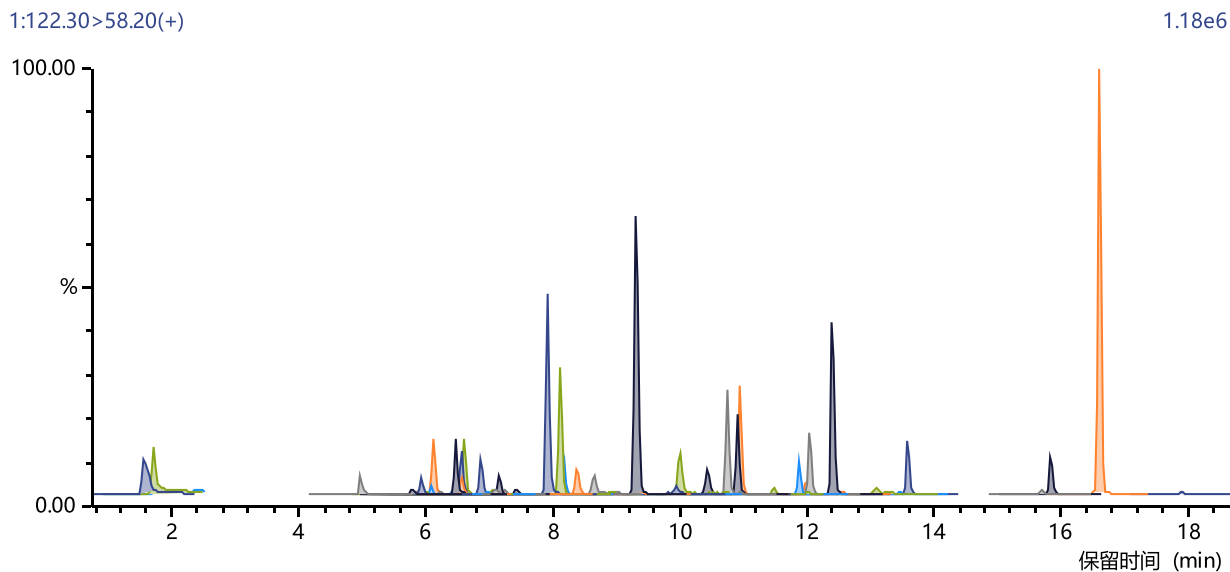
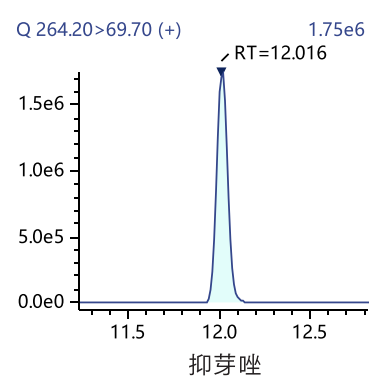
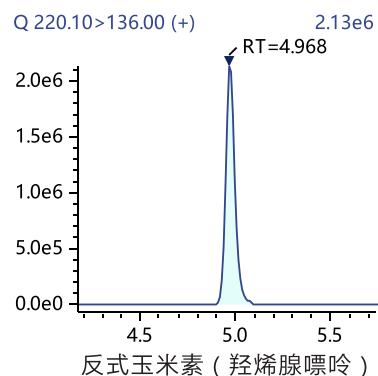
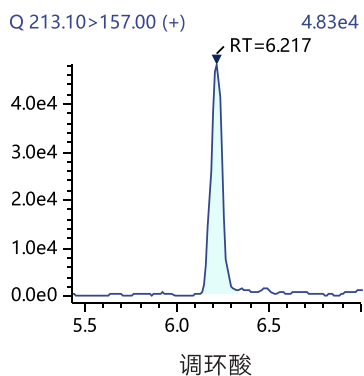
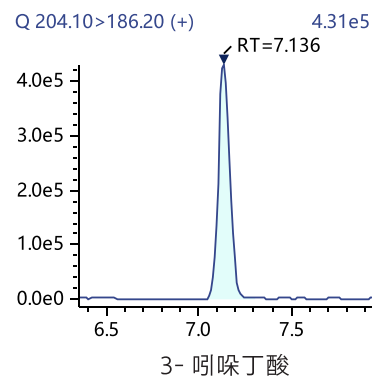
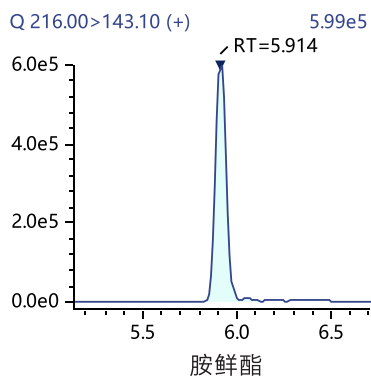
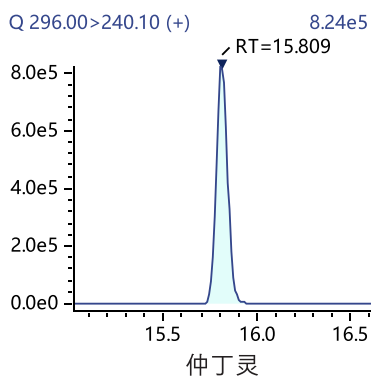


图 1 白芍基质中 66 种植物生长调节剂的 MRM 色谱图 (100  $\mu\text{g/L}$ )



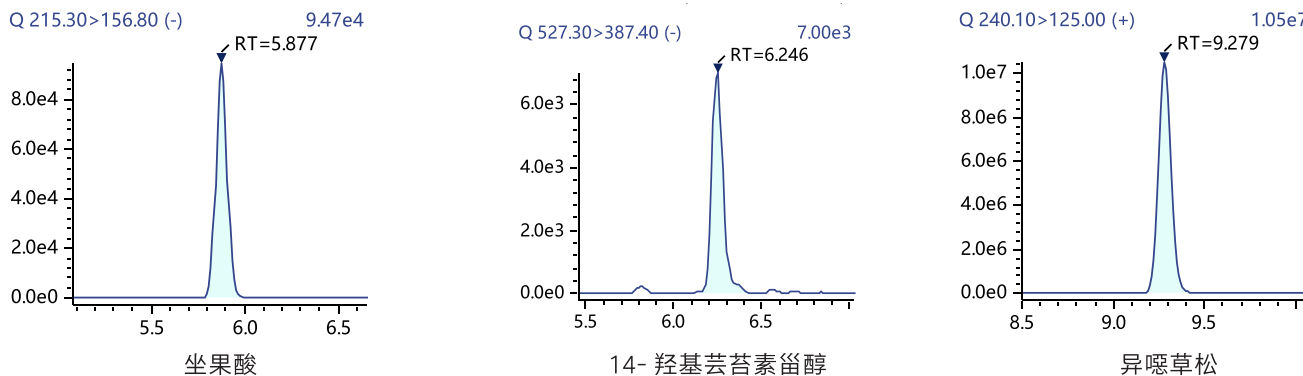


图 2 部分化合物的 MRM 色谱图 (100 µg/L)

## 2.2 溶剂效应优化

溶剂效应主要指样品溶液的溶剂强度强于流动相溶剂强度时，造成色谱峰展宽或峰分叉的现象，常发生于极性化合物。传统的解决办法通常采用极性溶剂溶解样品。岛津自动进样器拥有丰富的预处理功能，其中同时注入功能 (co-injection) 模式相较传统直接进样 (标准模式) 可以去除溶剂效应，改善峰型，提高定量灵敏度。仅需简单设定，就可以改善溶剂效应。如下图 3 所示，使用 co-injection 功能后，峰形对称尖锐。



图 3 使用 co-injection 前后色谱图以及同时注入功能参数设定界面

## 2.3 校准曲线

将不同浓度的混合标准工作液按照 1.2 中的分析条件进行测定，采用内标法定量。以浓度比为横坐标，峰面积比为纵坐标，绘制校准曲线，66 种化合物在各自的浓度范围内所得曲线线性关系良好，校准曲线见图 4。各化合物的线性范围、相关系数  $r$ 、仪器检出限 (根据线性最低浓度点计算，ASTM 法， $S/N=3$ ) 见表 3。结果显示，各化合物在相应线性范围内线性关系良好，相关系数  $r$  均大于 0.992，仪器检出限在 0.01~30.11 µg/L 之间，满足相关测试要求。

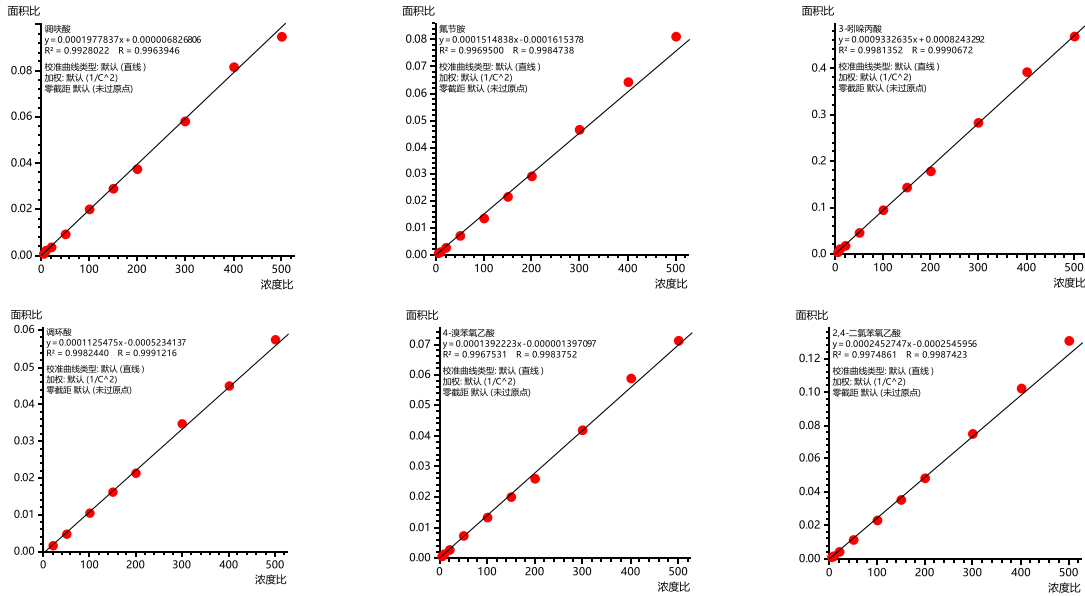


图4 部分化合物校准曲线

## 2.4 重复性

选取浓度为 100  $\mu\text{g/L}$  的标准品溶液连续进样 6 次，用于考察仪器的精密度，保留时间和峰面积的重复性结果如表 3 所示。结果显示，保留时间和峰面积的相对标准偏差分别在 0.020%~0.085% 之间和 0.318%~9.954% 之间，仪器精密度良好。

## 2.5 回收率

取白芍空白样品（本底样品经测试未检出各植调剂或含量低于标曲最低点的 1/2）加入一定浓度的植物生长调节剂混标（加标浓度为 100  $\mu\text{g/L}$ ），按照 1.4 中样品制备方法，每个浓度平行制备 2 份样品。加标回收率测试结果显示：其中有 55 种植物生长调节剂的样品加标回收率满足标准中规定的 60%-130% 的要求。另有 11 种化合物的回收率低于 60%，按照标准要求对这些化合物采用标准加入法进行定量，对回收率进行校正后各化合物的回收率在 64.3%~105.3% 之间，满足要求，结果见表 3。

## 2.6 实际样品检测

取白芍样品按照 1.4 中样品制备方法，平行制备 2 份样品，上机测定。2 份样品中均检出脱落酸和对硝基苯酚钠，且峰面积均低于校准曲线最低点浓度。因此采用标准加入法对样品中的这两种目标物含量进行测定，分别向待测样品中加入标准品，加标浓度为 20、50、100、200、300  $\mu\text{g/L}$ ，之后按照 1.4 中样品制备方法制备样品，建立校准曲线进行检测，结果如图 5、6 所示。

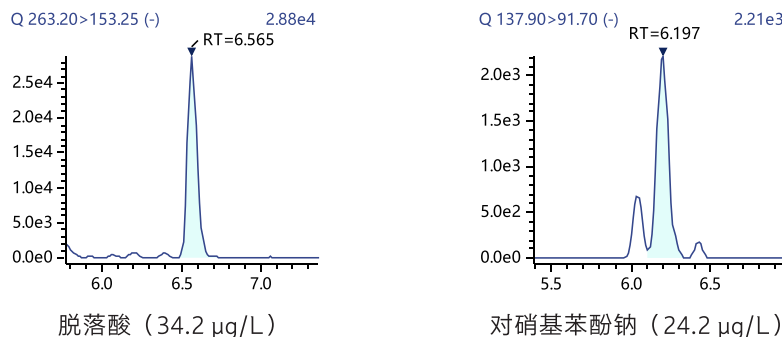


图5 白芍样品中检出的 2 种植调剂色谱图及定量结果

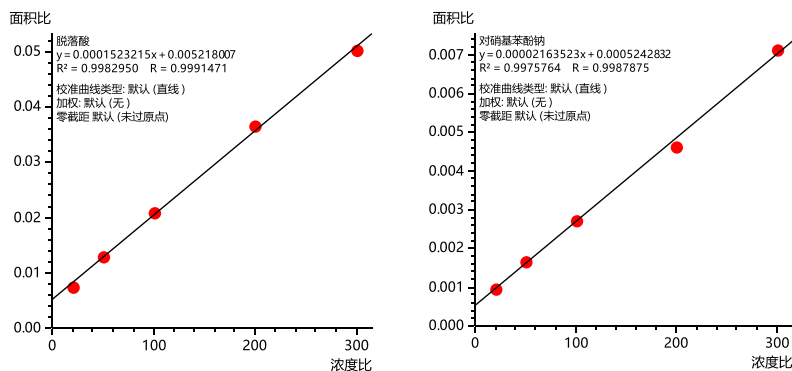


图 6 标准加入法检测 2 种植物调节剂的校准曲线

## ■ 结论

本文参考国家药典委员会官方网站发布的《植物生长调节剂残留量测定法》公示稿中第一法的分析条件，使用岛津三重四极杆液质联用系统建立了白芍基质中 66 种植物生长调节剂的测定方法。采用内标法建立校准曲线，各化合物在各自浓度范围内线性关系良好，相关系数  $r > 0.992$ 。在分析精密性上，各化合物的保留时间和峰面积的相对标准偏差分别在 0.020%~0.085% 和 0.318%~9.954% 之间。加标回收率和仪器检出限均满足方法检测限要求，该方法可用于白芍药材中 66 种植物调节剂的检测。

岛津应用云



表 3 校准曲线参数、保留时间和峰面积重复性及回收率测试结果

No.	化合物	线性范围 ( $\mu\text{g/L}$ )	相关系数 $r$	检出限 ( $\mu\text{g/L}$ )	RSD% (100 $\mu\text{g/L}$ )		加标浓度 (100 $\mu\text{g/L}$ )
					R.T.	Area	回收率 (%)
1	莠去津	1-500	0.9975	0.11	0.051	1.295	92.0
2	芸苔素内酯 *	5-500	0.9989	1.07	0.040	1.942	96.9
3	24-表芸苔素内酯 *						
4	丙酰芸苔素内酯	10-500	0.9972	2.74	0.020	0.963	73.4
5	28-表高芸苔素内酯	5-500	0.9971	1.59	0.031	1.681	72.1
6	仲丁灵	1-500	0.9973	0.05	0.026	0.453	94.7
7	矮壮素 *	1-100	0.9918	0.01	0.060	1.700	101.7
8	坐果胺	5-500	0.9996	1.43	0.051	4.740	100.1
9	氯苯胺灵	20-500	0.9988	6.56	0.047	3.135	90.2
10	增产胺	1-500	0.9989	0.03	0.058	1.797	65.4
11	胺鲜酯	1-500	0.9986	0.24	0.058	2.254	71.0
12	调味酸	5-500	0.9964	1.55	0.059	2.761	88.7
13	1,3-二苯基脲	1-200	0.9996	0.02	0.050	1.256	98.8
14	吲熟酯	1-500	0.9971	0.10	0.048	0.514	86.2
15	氟节胺	5-500	0.9985	0.65	0.027	1.016	97.4
16	咪啉醇	1-500	0.9974	0.04	0.041	0.519	86.7
17	糠氨基嘌呤 *	5-500	0.9994	1.39	0.064	2.562	104.8
18	抗倒胺	5-500	0.9983	0.52	0.049	0.494	79.1
19	3-吲哚乙酸	10-500	0.9980	1.85	0.062	2.836	102.8
20	3-吲哚丁酸	5-500	0.9986	1.11	0.051	3.349	83.9
21	3-吲哚丙酸	5-500	0.9991	0.52	0.056	2.379	95.7
22	甲哌鎗 *	1-500	0.9978	0.03	0.085	0.981	98.0
23	茉莉酸甲酯	10-500	0.9988	2.27	0.047	1.865	85.7
24	烯腺嘌呤 *	1-500	0.9995	0.05	0.054	0.633	99.9
25	萘乙酸乙酯	10-500	0.9987	1.43	0.039	1.468	84.1
26	萘乙酸甲酯	20-500	0.9989	1.85	0.055	2.121	80.6
27	萘乙酰胺	1-500	0.9976	0.21	0.053	4.991	99.9
28	多效唑	1-500	0.9979	0.03	0.041	0.773	89.1
29	调环酸	20-500	0.9991	4.59	0.055	6.521	77.3
30	茉莉酮	5-500	0.9992	0.89	0.034	1.243	83.3
31	吡啉醇 *	1-500	0.9972	0.24	0.069	1.569	103.8
32	反式玉米素 (羟烯腺嘌呤) *	1-500	0.9974	0.09	0.067	0.862	98.1
33	抑芽唑	1-500	0.9997	0.02	0.039	0.603	88.4
34	脱叶磷	1-100	0.9959	0.01	0.024	1.251	85.6

35	抗倒酯	1-500	0.9980	0.12	0.055	2.003	83.4
36	烯效唑	1-500	0.9979	0.03	0.039	0.486	87.8
37	脱落酸	100-500	0.9990	0.90	0.063	2.756	74.8
38	6- 苄氨基嘌呤 *	1-500	0.9993	0.12	0.058	3.272	105.3
39	4- 溴苯氧乙酸	5-500	0.9984	0.61	0.062	3.069	86.2
40	4- 氯苯氧乙酸	5-500	0.9979	1.09	0.051	5.706	84.1
41	调果酸	5-500	0.9990	0.21	0.053	1.572	89.4
42	坐果酸	1-500	0.9986	0.03	0.057	3.959	65.3
43	氯氨环丙酸	1-500	0.9950	0.03	0.043	0.971	79.1
44	2,4- 二氯苯氧乙酸	5-500	0.9987	1.26	0.053	1.411	81.2
45	2,4- 滴丙酸	5-400	0.9953	0.52	0.051	1.499	76.1
46	地乐酚	1-500	0.9969	0.01	0.039	1.736	86.7
47	4- 氟苯氧乙酸	5-500	0.9939	0.25	0.071	8.807	97.8
48	氯吡脞	1-500	0.9949	0.01	0.049	1.174	91.5
49	赤霉酸	20-500	0.9956	6.02	0.078	8.752	79.5
50	赤霉素 7	5-500	0.9972	1.54	0.055	1.236	84.9
51	14- 羟基芸苔素甾醇 *	20-500	0.9989	1.32	0.065	8.757	81.5
52	4- 碘苯氧乙酸	5-500	0.9969	0.32	0.054	1.231	84.5
53	5- 硝基邻甲氧基苯酚钠	50-500	0.9963	12.46	0.058	5.964	90.6
54	萘乙酸	100-500	0.9985	30.11	0.041	9.954	93.7
55	2- 萘氧乙酸	5-500	0.9990	0.14	0.064	5.112	83.5
56	对硝基苯酚钠	50-500	0.9945	2.76	0.066	4.454	97.7
57	噻苯隆	1-500	0.9978	0.01	0.056	2.653	88.8
58	2,4,5- 三氯苯氧乙酸	5-500	0.9970	0.62	0.043	1.735	74.9
59	2,3,5- 三碘苯甲酸	10-500	0.9965	3.43	0.053	4.678	64.3
60	西玛津	20-500	0.9979	3.87	0.058	5.935	88.7
61	戊唑醇	1-200	0.9991	0.01	0.039	0.489	92.2
62	三唑酮	1-500	0.9992	0.03	0.040	0.318	89.0
63	噻菌灵 *	1-500	0.9986	0.11	0.062	2.943	99.5
64	异噁草松	1-150	0.9994	0.01	0.047	0.877	94.1
65	灭草松	1-500	0.9981	0.02	0.059	2.666	93.2
66	氟铃脞	1-200	0.9928	0.07	0.031	1.129	85.8

注：1、芸苔素内酯和 24- 表芸苔素内酯两个化合物未分开，结果采用面积加合形式计算。

2、标记 \* 的化合物回收率结果为标准加入法校正后的结果。