

## · 基础研究 ·

圈养林麝产麝香中麝香酮含量测定分析<sup>△</sup>郑程莉<sup>1</sup>, 蒋桂梅<sup>1</sup>, 吴杰<sup>1</sup>, 王建明<sup>1</sup>, 陈凤<sup>1</sup>, 冯达勇<sup>1</sup>, 竭航<sup>2</sup>, 赵贵军<sup>2</sup>, 周磊<sup>1</sup>, 王欢<sup>1\*</sup>

1. 四川养麝研究所, 四川 成都 611845; 2. 重庆市药物种植研究所, 重庆 408435

**[摘要]** 目的: 采用气相色谱法(GC)测定圈养林麝所产麝香中的麝香酮含量, 为快速判定麝香质量提供参考。方法: 统一取香后, 分别于每份麝香样品中称取新鲜麝香1 g, 采用GC测定其中麝香酮的含量, 以期找到不同年龄林麝所产麝香、不同麝香产量、麝香色泽与麝香酮含量的相关性。结果: 根据年龄分组, 1岁龄林麝麝香产量不是最高, 但水分含量低, 麝香酮含量最高; 7岁及以上林麝所产的麝香质量较低; 根据同一年龄阶段林麝的麝香产量分组, 发现鲜产量>10 g的麝香中麝香酮质量分数>2.0%, 麝香品质较高; 从麝香色泽进行分析, 红棕色的麝香中麝香酮含量最高, 水分含量最低, 为品质好的麝香, 白色麝香质量最差。结论: 根据现场取香结果, 可以判定初产麝香的质量和产量高于10 g的麝香品质较高, 并且红棕色的麝香为优质麝香。

**[关键词]** 林麝; 麝香产量; 麝香酮; 含水量; 麝香净重

**[中图分类号]** R284 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-4890(2020)12-2021-06

**doi:**10.13313/j.issn.1673-4890.20191126001

**Determination and Analysis of Muscone Content in Musk Produced by Captive Forest Musk Deer**ZHENG Cheng-li<sup>1</sup>, JIANG Gui-mei<sup>1</sup>, WU Jie<sup>1</sup>, WANG Jian-ming<sup>1</sup>, CHEN Feng<sup>1</sup>, FENG Da-yong<sup>1</sup>,  
JIE Hang<sup>2</sup>, ZHAO Gui-jun<sup>2</sup>, ZHOU Lei<sup>1</sup>, WANG Huan<sup>1\*</sup>

1. Sichuan Institute of Musk Deer Breeding, Chengdu 611845, China;

2. Chongqing Institute of Medicinal Plant Cultivation, Chongqing 408435, China

**[Abstract]** **Objective:** Musk ketone of musk produced by captive forest musk deer was determined by gas chromatography (GC) to provide reference for rapid determination of musk quality. **Methods:** After unified sampling, 1 g of fresh musk was weighed in each musk sample, and the content of muscone was determined by GC to find out the correlation between musk of different ages, musk yield, musk color and muscone. **Results:** According to the age group, the musk yield of 1-year-old musk deer was not the highest, but the moisture content was low, the musk ketone content was the highest, and the musk quality of 7-year-old and above forest musk deer was lower. According to the musk yield of the same age group, the mass fraction of musk ketone in musk with a fresh yield of more than 10 g was greater than 2.0%, and the quality of musk was higher. According to the analysis of the color of musk, the content of muscone in the red brown musk was the highest, and the moisture content was the lowest. It is the musk if the good quality, and the white musk has the worst quality. **Conclusion:** According to the results of field sampling, it can be determined that the quality of the first-produced musk and the musk whose yield is higher than 10 g are higher, and the red brown musk is a high-quality musk.

**[Keywords]** forest musk deer; musk yield; musk ketone; water content; musk net weight

麝香 *Moschus* 是麝科动物林麝 *Moschus berezovskii* Flerov、马麝 *M. sifanicus* Przewalski 和原麝 *M. moschiferus* Linnaeu 等雄性个体香囊的干燥分泌物, 香气芳烈, 是我国传统中药。我国应用麝香防治疾病已有 2000

多年历史。汉代的《神农本草经》对其就有详细记述, 并列为“上品”。《中华人民共和国药典》(以下简称《中国药典》)2020年版中记载, 麝香具有开窍醒神、活血通经、消肿止痛的功效<sup>[1]</sup>。研究表明,

<sup>△</sup> **[基金项目]** 国家自然科学基金面上项目(81973428); 中央本级重大增减支项目(2060302); 重庆市基本科研业务费项目(cstc2020-jbky001); 四川省成果转化项目(2020JDZH0024); 四川省科技计划项目(2019YFS0186)

\* **[通信作者]** 王欢, 研究实习员, 研究方向: 麝香质量检测; E-mail: 2022662117@qq.com

麝香有抗炎<sup>[2-3]</sup>、抗肿瘤<sup>[4-5]</sup>的作用,并对中枢神经系统<sup>[6]</sup>、心脑血管系统<sup>[7]</sup>等均有显著的影响。

麝香酮是天然麝香重要的活性成分<sup>[8]</sup>,《中国药典》2020年版已明确规定将麝香酮作为麝香质量控制指标。天然麝香中麝香酮含量的研究较多集中在测定方法上<sup>[9-11]</sup>,对于麝香产量与麝香酮含量的分析尚未见相关文献报道。随着人工养殖林麝规模的不断扩大,天然麝香的产量逐年提高,为珍贵动物药麝香提供了重要的来源。同时,人们对林麝的产香规律有了初步的认识<sup>[12]</sup>,发现林麝的年麝香产量差异较大,但未有相关文献对麝香的形态及色泽进行研究,无法直接判定哪种麝香属于优质麝香。本研究采用气相色谱法(GC)对不同年龄阶段林麝所产麝香中的麝香酮含量进行测定,分析林麝年龄、

麝香色泽与麝香酮含量的相关性,为天然麝香质量快速评价体系的建立及林麝的高产品系选育提供参考。

## 1 材料

### 1.1 试药

选取四川养麝研究所马尔康养獐场同一个饲养员人工饲喂的公麝麝香样品72个,具体信息见表1,于2018年9月统一取香。为避免取香遗漏造成的差异,均由同一个取香人员取香。二氯甲烷、乙醚、甲醇、乙醇、正己烷、苯均为分析纯(成都市科隆化学制品有限公司);对照品麝香酮(批号:110719-201716,纯度:99.9%,中国食品药品检定研究院)。

表1 麝香样品分类表

序号	年龄/岁	耳号	体质量/kg	麝香产量/g	序号	年龄/岁	耳号	体质量/kg	麝香产量/g
1	1	17141	8.5	12.96	37		15179	7.5	10.67
2		17143	7.6	12.23	38		15191	7.6	13.47
3		17147	7.6	12.15	39		15195	7.5	16.78
4		17149	8.5	15.55	40		15213	7.5	12.81
5		17157	7.0	8.36	41		15217	7.4	12.88
6		17159	6.5	10.41	42		15227	7.0	16.32
7		17163	7.7	7.16	43		15257	6.6	16.39
8		17201	7.6	17.09	44	4	14129	7.5	10.53
9		17247	9.0	13.63	45		14133	8.0	6.71
10		17249	6.7	6.83	46		14169	7.5	13.09
11	2	16125	7.8	11.78	47		14193	7.0	11.32
12		16135	9.5	11.42	48		14197	9.5	14.05
13		16149	9.5	11.92	49		14205	7.3	18.82
14		16153	8.5	12.25	50		14211	8.3	18.09
15		16155	7.6	10.28	51		14239	8.4	11.01
16		16159	7.8	15.41	52		14241	10.0	2.83
17		16163	8.6	14.38	53		14257	8.5	10.28
18		16165	8.0	16.10	54		14279	7.9	18.49
19		16175	8.3	10.74	55		14303	8.0	12.49
20		16179	6.9	4.56	56	5~6	12217	7.0	14.85
21		16181	8.0	13.34	57		12263	7.6	10.47
22		16189	8.4	18.06	58		13135	8.5	5.91
23		16195	9.5	16.82	59		13161	8.5	8.10
24		16197	7.6	8.85	60	7	11035	7.8	13.57
25		16219	7.5	13.92	61		11047	8.5	8.68
26		16227	7.4	5.74	62		11083	8.0	12.98
27		16229	8.0	19.91	63		11091	7.6	6.71
28		16247	8.3	8.84	64	≥8	3251	7.4	4.32
29		16251	6.0	7.49	65		4143	7.0	15.25
30		16263	8.0	20.75	66		4251	8.4	10.00
31		16265	8.0	16.72	67		8285	8.0	19.64
32		16279	7.8	19.85	68		9133	6.5	8.86
33	3	15121	8.6	15.62	69		9151	9.8	6.27
34		15127	8.0	1.68	70		10143	7.9	9.77
35		15157	8.4	10.10	71		10207	8.1	12.19
36		15175	7.0	13.11	72		10217	7.6	14.03

## 1.2 仪器

7890A型气相色谱仪(上海安捷伦科技有限公司); BSA224S-CW型万分之一计量电子分析天平、0.01 mg 计量电子分析天平(北京赛多利斯科学仪器有限公司); 80-2型电动离心机(金坛市华特实验仪器有限公司)。

## 2 方法

### 2.1 GC-MS 条件与系统适用性试验

色谱柱型号为 DB-17 毛细管柱(30 m × 0.25 mm, 0.25 μm), 以苯基(50%)甲基硅酮(OV-17)为固定相, 涂布浓度为 2%; 进样量 1.0 μL, 程序升温, 起始温度为 80 °C, 保持 1 min, 25 °C·min<sup>-1</sup> 升温至 200 °C, 保持 8 min; 进样口温度为 230 °C, 检测器温度为 260 °C, 进样口总流速为 34.5 mL·min<sup>-1</sup>, 色谱柱流速为 1.5 mL·min<sup>-1</sup>, 分流比为 20:1, 理论板数按麝香酮峰计算应不低于 1500。

### 2.2 对照品溶液制备

取麝香酮对照品适量, 精密称定, 加无水乙醇制成 1.5 mg·mL<sup>-1</sup> 溶液, 即得。

### 2.3 供试品溶液制备

取麝香样品约 1 g, 精密称定, 置五氧化二磷干燥器中, 减压干燥至恒定质量, 计算麝香样品水分含量。取干燥品约 0.2 g, 精密称定, 精密加入无水乙醇 2 mL, 密塞, 振摇, 放置 1 h, 滤过, 取续滤液, 即得。

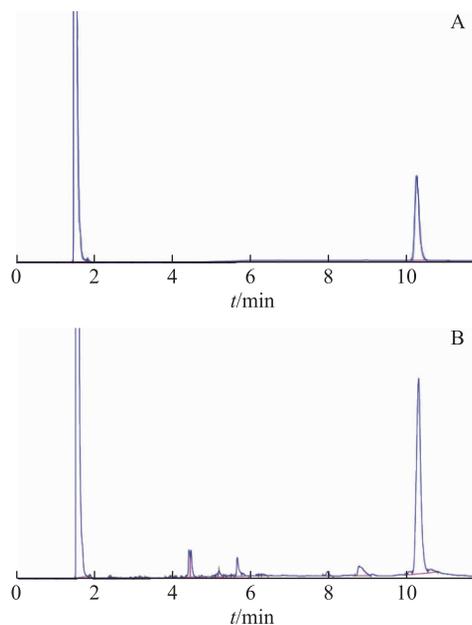
### 2.4 方法学考察

**2.4.1 系统适用性** 参考文献方法<sup>[13]</sup>, 测得的麝香酮气相色谱图见图 1。样品图谱中麝香酮保留时间为 10 min, 色谱峰对称性较好, 有效分离, 理论峰面积达 1500 以上, 表明方法可行。

**2.4.2 线性关系** 按照 2.1 项下色谱条件测定, 以麝香酮进样量为横坐标( $X$ ), 峰面积为纵坐标( $Y$ ), 绘制标准曲线, 其线性方程为  $Y = 982.2X + 8.410$  ( $r = 0.997$ ), 结果表明, 麝香酮进样量在 0.107 9 ~ 13.816 5 μg 与峰面积线性关系良好。

**2.4.3 精密度试验** 取对照品溶液 1 μL, 按 2.1 项下色谱条件测定, 连续进样 6 次, 结果峰面积 RSD 为 0.57%, 表明仪器精密度良好。

**2.4.4 重复性试验** 对同一个林麝的麝香样品(22)进行 5 次独立测定, 麝香酮的平均质量分数为 2.11%, RSD 为 1.55%, 表明方法重复性良好。



注: A. 对照品; B. 麝香样品(22)。

图1 麝香酮 GC 图谱

**2.4.5 稳定性试验** 取同一个林麝的麝香样品(22), 依法分别于 0、4、8、12 h 测定, RSD 为 1.93%, 表明样品在 12 h 内稳定性良好。

### 2.5 样品测定

分别精密吸取对照品溶液与供试品各 2 μL, 注入气相色谱仪, 测定, 即得。

### 2.6 数据分析

所有的数据均采用( $\bar{x} \pm s$ )表示, 数据间的差异显著性  $t$  检验采用 SPSS 19.0 统计软件的单因素方差分析, 差异显著性采用最小显著性差异法(LSD)进行比较。产量与麝香酮含量之间的相关性采用 SPSS 软件分析。

## 3 结果

### 3.1 不同年龄阶段林麝产麝香中麝香酮含量

在人工养殖条件下, 雄麝于 1 岁龄便发生初次泌香反应, 且 1 ~ 7 岁龄为泌香高峰期。72 头存栏林麝按照年龄分组, 每个林麝个体的麝香产量见表 1, 麝香酮分析结果见表 2。

通过分析不同年龄林麝的产香量, 发现差异无统计学意义。对其含水量进行测定, 发现 1 岁龄林麝所产麝香的含水量最低, 8 岁及以上林麝所产麝香含水量最高, 与 1 岁龄林麝所产麝香含水量比较差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。通过扣除新鲜麝香样

表2 不同年龄阶段林麝的麝香产量、麝香酮及水分含量( $\bar{x} \pm s$ )

林麝年龄/岁	动物数	麝香产量/g	含水量/%	麝香净质量/g	麝香酮质量分数/%
1	10	11.64 ± 3.44	58.57 ± 10.04a	4.54 ± 0.75	3.32 ± 0.96A
2	22	13.14 ± 4.54	59.36 ± 8.24a	5.32 ± 1.89A	2.10 ± 0.47Ba
3	11	12.71 ± 4.30	61.09 ± 10.87	4.81 ± 2.02	1.74 ± 0.35B
4	12	12.31 ± 4.76	61.49 ± 10.66	4.69 ± 2.07	1.89 ± 0.51B
5~6	4	9.83 ± 3.83	59.40 ± 2.78	4.02 ± 1.62	2.06 ± 0.47B
7	4	10.48 ± 3.33	65.56 ± 9.44	3.59 ± 1.47	1.79 ± 0.23B
≥8	9	11.15 ± 4.71	67.72 ± 7.90b	3.36 ± 1.01B	1.58 ± 0.41Bb

注: 同列数据不同大写字母表示  $P < 0.01$ ; 不同小写字母表示  $P < 0.05$ , 表3~4同。

品中的水分, 得到绝干麝香物质, 即麝香净质量。对比分析发现, 2岁龄林麝的麝香净质量最高, 并且显著高于8岁及以上林麝 ( $P < 0.01$ )。对麝香酮含量进行对比分析发现, 1岁龄林麝产麝香中麝香酮含量高于2岁及以上年龄林麝 ( $P < 0.01$ ), 2岁龄林麝产麝香中麝香酮含量显著高于8岁及以上林麝 ( $P < 0.05$ )。

### 3.2 同一年龄阶段林麝不同麝香产量与麝香酮含量

根据现场取香称取结果, 发现第2年泌香的林麝麝香产量差异较大, 其中, 最高产量可达20.75 g, 最低产量为4.56 g, 差值可达16.19 g。根据取香样本记录, 将第2年泌香的林麝的麝香产量分为3组, 10 g以下为第1组, 10~15 g为第2组, 15 g以上为第3组, 分析其麝香酮含量, 统计结果见表3。

从表3可以看出, 同一年龄阶段林麝根据麝香产量分组, 各组之间的麝香产量差异有统计学意义, 但麝香净质量却未表现出相应的规律, 产量在10 g以下的麝香净质量显著低于10 g以上的麝香, 但是产量在10~15 g的麝香净质量与产量高于15 g的麝

香净质量差异无统计学意义。产量在10 g以下的麝香中麝香酮质量分数显著低于10 g以上个体 ( $P < 0.05$ ), 表明产量 > 10 g的麝香品质较高。

### 3.3 不同色泽麝香中麝香酮含量

通过比色卡比对, 对现场采集的新鲜麝香进行了颜色区分, 新鲜麝香颜色主要分为黑色、棕褐色、深棕色、红棕色和白色(见图2)。由于新产出的麝香形态色泽各异, 为了探究新鲜麝香颜色与其麝香酮含量之间的相关性, 选取每种颜色中具有明显区别的麝香样品, 分析其麝香酮及水分含量与麝香色泽的关系, 结果见表4。

结果表明, 红棕色麝香中麝香酮含量最高。白色麝香中麝香酮含量最低, 与其他颜色麝香差异有统计学意义 ( $P < 0.01$ )。麝香水分含量测定结果显示, 棕褐色麝香水分含量最高, 白色的麝香水分含量最低, 并且黑色和棕褐色麝香的含水量与白色麝香比较, 差异有统计学意义 ( $P < 0.01$ )。黑色麝香的含水量显著高于红棕色麝香 ( $P < 0.05$ ), 同时, 棕褐色麝香的含水量显著高于深棕色和红棕色的麝香 ( $P < 0.05$ )。

表3 不同产量麝香中麝香酮及水分含量( $\bar{x} \pm s$ )

组别	动物数	平均麝香产量/g	含水量/%	麝香净质量/g	麝香酮质量分数/%
<10 g	7	8.07 ± 2.28A	58.84 ± 12.09	4.46 ± 1.70A	1.82 ± 0.24a
10~15 g	7	12.71 ± 1.16B	56.98 ± 7.21	5.46 ± 0.95B	2.39 ± 0.47b
>15 g	8	17.95 ± 2.00C	61.89 ± 4.56	6.85 ± 1.17B	2.09 ± 0.50



图2 圈养林麝所产麝香色泽

表4 不同色泽麝香中麝香酮及水分含量( $\bar{x} \pm s$ ,  $n=5$ )  
%

色泽	质量分数	
	麝香酮	水
黑色	2.16 ± 0.89A	67.20 ± 5.81Aa
棕褐色	2.04 ± 0.55A	68.57 ± 6.80Ac
深棕色	2.22 ± 0.53A	56.09 ± 4.44d
红棕色	2.43 ± 0.37A	54.41 ± 14.45bd
白色	0.58 ± 0.40B	51.11 ± 9.51B

## 4 讨论

### 4.1 不同年龄林麝产麝香中麝香酮含量分析

生产中,每头林麝的麝香产量具有随机性。在本研究中,分别对不同年龄段林麝的麝香产量以及所产麝香的含水量和麝香酮含量进行了比较分析。结果显示,在麝香净产量上,2岁龄的林麝麝香净产量最高,随年龄增长,麝香净产量逐渐减低,8岁及以上年龄段的林麝麝香净产量最低,1~6岁的林麝所产麝香的平均净产量差异不大,与程建国等<sup>[14]</sup>研究4.5岁龄达到产香最高峰值的结果存在一定的差异。对麝香中含水量的测定结果显示,1岁龄林麝产的麝香与2岁龄林麝产麝香的含水量之间差异无统计学意义,但是皆显著低于8岁及以上的老年麝所产的麝香水分含量,除此之外不同年龄段林麝所产麝香水分含量之间差异无统计学意义。对测定的麝香酮含量进行分析,结果显示,1岁龄林麝产的麝香中麝香酮含量最高,显著高于2岁及以上林麝所产麝香,2~7岁林麝所产麝香的平均麝香酮含量差异不大,8岁及以上的老年麝所产的麝香的麝香酮含量最低。表明初产林麝麝香质量最优,其后2~7岁林麝产香状况平稳,及至8岁龄,林麝产香质量明显变差。

麝香为雄性林麝分泌物,泌香机制极为复杂,研究不同年龄段林麝对其麝香产量与质量影响,对指导林麝养殖、提高麝香质量具有重要的意义。

### 4.2 同年龄不同产麝香量的林麝产麝香中麝香酮含量分析

对同一年龄阶段的鲜麝香进行分析,发现鲜麝香产量越高,其麝香净质量也越高,但麝香中的水分含量与鲜麝香的质量没有相关性,鲜麝香产量大于10g的个体,麝香酮质量分数>2.0%,麝香品质较高。根据现有结论,麝香高产量与高品质是否具有遗传性,还有待在生产中进行选育实践。

### 4.3 麝香色泽与麝香酮含量的相关性分析

麝香是雄麝特有的麝香腺囊的分泌物,不同个体,甚至同一个体雄麝麝香腺囊所分泌形成的麝香形态不一。《中国药典》2020年版把麝香的性状分为毛壳麝香和麝香仁。麝香仁质软,在人工饲养条件下呈颗粒状、短条形或不规则的团块;表面不平,紫黑色或深棕色,显油性,微有光泽,并有少量毛和脱落的内层皮膜<sup>[1]</sup>。根据多年现场取香经验,麝香形态色泽各异,由深到浅主要分为黑色、棕褐色、深棕色、红棕色和白色,对造成麝香不同颜色的原因,还有待进一步分析。

目前,麝香酮含量是检验麝香质量合格与否的标准,为此,本实验测定了不同色泽新鲜麝香的麝香酮含量,并进行比较分析,以期找到麝香色泽与麝香酮含量之间的联系。分析结果显示,林麝所产白色的麝香中麝香酮含量最低,且麝香酮含量显著低于其他4种颜色的麝香。在其他4种颜色的麝香中,红棕色的麝香麝香酮含量最高,其次为深棕色、黑色和棕褐色。

同时,对不同颜色新鲜麝香的含水量进行测定分析,发现白色麝香的水分含量最低,棕褐色麝香水分含量最高。红棕色麝香的麝香酮含量最高,水分含量也较低,可认为红棕色的麝香是品质最高的麝香。

根据以上结果可以判定,初产麝香的质量和产量高于10g的麝香品质较高,并且红棕色的麝香为优质麝香。

## 参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2020:402.
- [2] TIAN D K, LING S, CHEN G, et al. Hypertensive nephropathy treatment by heart-protecting musk pill: A study of anti-inflammatory therapy for target organ damage of hypertension[J]. Int J Gen Med,2011,4:131-139.
- [3] 杨洪,周青,田雪飞,等. 麝香配伍乳香对小鼠前列腺抗原诱导的单核细胞分泌炎症因子的调控作用[J]. 中医药导报,2014,20(8):18-21.
- [4] ASADA R, KAGEVAMA K, TANAKA H, et al. Antitumor and anti-invasion effects of diverse musk-fragrant macrocyclic ketones and their enhancement by hyperthermia[J]. Mol Med Rep,2011,5:148-152.
- [5] 尹士敏,王士贤. 麝香的药理作用及临床研究近况[J]. 天津药学,2002,14(3):42-44.

(下转第2052页)

#### 4 讨论

种苗的好坏是决定中药材种植后产量和质量的重要前提和基础。聚类分析法作为一种既简单方便又符合实际生产需求的分级方法,其结果能客观地反映出不同质量种苗的实际情况<sup>[24]</sup>。因此,本研究对阳春砂种子苗和分株苗进行调查和测定,采用K类中心聚类法结合生产实践,初步将阳春砂种苗分为3个等级。种植1年后观察发现,不同等级种苗在成活率、丛芽数、新萌发株株高、新萌发株球状茎粗方面都表现出一定的正相关,说明该分级标准是可行的。考虑到Ⅲ级种苗质量较差、成活率低、生长较慢,最终将2种阳春砂种苗各分为2个等级。苗高、丛芽数、叶片数作为阳春砂种苗质量分级的代表性指标,在实际生产过程中具有较高的可操作性。生产中种苗的成活率不仅受种苗好坏的影响,也与地理环境、病虫害、田间管理等因素有关<sup>[3-7]</sup>。建议生产上不仅要选用优质的种苗,更需要采用规

范化的田间管理措施,以保障砂仁药材的质量和产量。

#### 参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2015:253.
- [2] 高娜,孙永军,张建军,等. 中药材种子种苗质量分级标准研究进展[J]. 中国中医药信息杂志,2018,25(4):129-132.
- [3] 马伟,张美琦,徐姣,等. 短瓣金莲花种子及种苗质量分级标准[J]. 东北林业大学学报,2018,46(8):56-59.
- [4] 张佩雯,张春荣,唐晓敏,等. 高良姜种苗分级标准的研究[J]. 种子,2019,38(4):145-147.
- [5] 张友彬,施济普. 西双版纳砂仁种植模式探讨[J]. 热带农业科技,2005,28(3):14-17.
- [6] 李荣英,彭建明,高微微. 阳春砂仁植株新株萌发与叶枯病发生的关系[J]. 中国中药杂志,2009,34(12):1588-1590.
- [7] 彭建明,王艳芳,张丽霞,等. 西双版纳新发现一种阳春砂仁害虫[J]. 中药材,2015,38(11):2255-2256.

(收稿日期:2020-01-20 编辑:戴玮)

(上接第2025页)

- [6] SETH S D, MUKHOPADHYAY A B, BAGCHI N, et al. Antihistaminic and spasmolytic effects of musk [J]. Jpn J Pharmacol, 1973, 23(5):673-679.
- [7] 邹慧兰,郭宏伟,唐婕,等. 麝香保心丸联合阿司匹林对稳定型心绞痛患者 APN、ET-1、NO 的影响[J]. 中西医结合心脑血管病杂志,2013,11(2):143-144.
- [8] 齐晓妍,安培培,李春义,等. 麝香酮含量测定分析方法的研究进展[J]. 特产研究,2016,38(1):63-68.
- [9] 何易玲,汤晓勤,向仕学,等. 扫描极谱法测定天然麝香中的麝香酮[J]. 华西药学杂志,2002,17(1):53-54.
- [10] 张芳,张霞,刘春美,等. 手性 GC 法测定麝香中麝香酮的含量[J]. 中国药房,2011,22(43):4089-4091.
- [11] 蒋且英,罗云,谭婷,等. 气质联用和化学计量学比较不同品种和产地麝香挥发性成分组成[J]. 中国实验方剂学杂志,2018,24(3):49-55.
- [12] 郭妍妍,周杨,蔡永华,等. 川西高原圈养林麝 (*Moschus berezovskii*) 的麝香分泌及影响因素研究[J]. 四川农业大学学报,2018,36(2):273-278.
- [13] 平欲晖,毛红梅,关志宇,等. 气相色谱法测定小金丸中麝香酮的含量研究[J]. 江西师范大学学报(自然科学版),2011,35(3):263-265.
- [14] 程建国,罗燕,乔美萍,等. 影响林麝泌香量的因素[J]. 特产研究,2002,24(3):15-18.

(收稿日期:2019-11-26 编辑:田苗)