

# 道地阳春砂种质资源评价

涂宇婷<sup>1</sup>,李明晓<sup>1,2</sup>,汤丽云<sup>3</sup>,  
苏景<sup>4</sup>,何卓航<sup>1,5</sup>,徐杰<sup>1,6</sup>,张玉仪<sup>1</sup>,何国振<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>广州中医药大学中药学院,广州 510006;<sup>2</sup>珠海市中西医结合医院,珠海 519000;

<sup>3</sup>华南农业大学生命科学学院,广州 510642;<sup>4</sup>阳春市农业试验场(阳春市春砂仁试验场),阳春 529600;

<sup>5</sup>广州达安基因股份有限公司,广州 510525;<sup>6</sup>广东一方制药有限公司 广东省中药配方颗粒企业重点实验室,佛山 528244

**摘要:**广东省阳春市是阳春砂的道地产区,阳春市有 15 个镇和 2 个街道。以阳春市 28 份不同产地阳春砂种质为材料,测定了不同产地阳春砂果实挥发油、乙酸龙脑酯及挥发油化学成分含量,并结合果实产量进行综合评价,以筛选高产优质阳春砂种质。结果表明,不同产地阳春砂的亩产量、乙酸龙脑酯和挥发油含量及化学成分存在显著差异。对 28 种阳春砂种质的产量进行比较,发现编号为 XAC、XBW、XBC、XBI、XAB、XBX、XBA、XBR、XBK、XAM、XBG、XAF、XBX、XBO、XAP 等 15 种种质的亩产均超过 40 kg,远高于阳春市内其它种质;对 28 份种质的果实质量进行比较,发现编号为 XBR、XBC、XAP、XAN、XBF、XBM、XBD、XBH、XAL、XAU、XBE、XBV、XBG 等 13 种的挥发油含量高于 3.50% (mL/g)、且乙酸龙脑酯的含量高于 2.20% (mL/g),两个指标均远高于 2020 版《中华人民共和国药典》的规定。通过对各个产地果实挥发油特征化学成分进行聚类分析,可将 28 个种质分为 4 类。结论:阳春市不同产地阳春砂的质量和产量存在显著差异。种质 XBC、XBH、XBR、XBG 和 XAP 亩产在 40 kg 以上,且乙酸龙脑酯和挥发油含量分别高于 2.20% 和 3.50%,因此可作为阳春砂高产优质候选种质。

**关键词:**阳春市;阳春砂;不同产地;质量;GC-MS;聚类分析

中图分类号:R282.5

文献标识码:A

文章编号:1001-6880(2023)7-1222-13

DOI:10.16333/j.1001-6880.2023.7.014

## Evaluation on germplasm resources of genuine *Amomum villosum*

TU Yu-ting<sup>1</sup>, LI Ming-xiao<sup>1,2</sup>, TANG Li-yun<sup>3</sup>,  
SU Jing<sup>4</sup>, HE Zhuo-hang<sup>1,5</sup>, XU Jie<sup>1,6</sup>, ZHANG Yu-yi<sup>1</sup>, HE Guo-zhen<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>College of Traditional Chinese Medicine, Guangzhou University of Traditional Chinese Medicine, Guangzhou 510006, China;

<sup>2</sup>Zhuhai Integrated Traditional Chinese and Western Medicine Hospital, Zhuhai 519000, China;

<sup>3</sup>College of Life Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

<sup>4</sup>Agricultural Experiment Farm of Yangchun City (*Amomum villosum* Testing Farm of Yangchun City), Yangchun 529600, China;

<sup>5</sup>Daan Gene Co., Ltd., Guangzhou 510525, China; <sup>6</sup>Guangdong Provincial Key Laboratory of Traditional Chinese Medicine Formula Granule, Guangdong Yifang Pharmaceutical Co., Ltd., Foshan 528244, China

**Abstract:** There are 15 towns and two streets in Yangchun city of Guangdong province which is the genuine producing area of *Amomum villosum*. In order to select high-yield and high-quality germplasm of *A. villosum*, 28 *A. villosum* germplasms were collected from different producing areas in Yangchun City. The contents of volatile oil, bornyl acetate and chemical components of *A. villosum* fruit in each producing area were detected, and the germplasm resources were evaluated combining with the yield of *A. villosum*. The results showed that there were significant differences in yield per mu, the contents of volatile oil and bornyl acetate. A comparison of the yields of 28 *A. villosum* germplasm, the yields of the germplasms of XAC, XBW, XBC, XBI, XAB, XBH, XBA, XBR, XBK, XAM, XBG, XAF, XBX, XBO and XAP were greater than 40 kg per 666.67 m<sup>2</sup>, which are

收稿日期:2022-12-06 接受日期:2023-04-03

基金项目:广东省 2022 年乡村振兴战略专项(粤财农[2022]92 号);广东省 2022 年种业振兴项目(粤财农[2022]184 号);广东省重点领域研发计划“现代种业”重大专项(2020B020221002)

\* 通信作者 Tel:86-013527631070; E-mail:heguozhen@gzucm.edu.cn

much higher than the average yield of *A. villosum* in Yangchun City, so the germplasms are defined as high-yield germplasm. The essential oil and bornyl acetate contents of the germplasms of XBR, XBC, XAP, XAN, XBF, XBM, XBD, XBH, XAL, XAU, XBE, XBV and XBG exceeded 3.50% and 2.20% respectively, which are much higher than the limit values of *Pharmacopoeia of the People's Republic of China* (2020 Edition). All of 28 germplasms of *A. villosum* were clustered into 4 categories by analyzing the chemical components in the volatile oil of *A. villosum* fruits. Conclusion: there are differences in the quality of *A. villosum* from different places of Yangchun City. The germplasms of XBC, XBH, XBR, XBG and XAP can be the candidates of high-yielding and high-quality of *A. villosum* basing on their high yield exceeding 40 kg per 666.67 m<sup>2</sup>, the high essential oil content exceeding 3.50% and the high bornyl acetate content exceeding 2.20%.

**Key words:** Yangchun City; *Amomum villosum*; different producing areas; quality; GC-MS; HCA

阳春砂(*Amomum villosum* Lour.)是姜科豆蔻属多年生常绿草本植物<sup>[1]</sup>,其干燥成熟的果实是著名的中药,名“阳春砂”或“春砂仁”<sup>[2]</sup>。阳春砂性温,味辛,具有祛湿开胃、温脾止泻、理气安胎的功效,是我国“四大南药”之一。阳春砂有1300多年的应用历史,目前主要分布于广东、云南、广西、福建、海南等地,广东省阳春市是道地产区,其生产的阳春砂药效最佳<sup>[3,4]</sup>。

近年来,道地阳春砂的价格持续稳定在高位,价格在2000元/kg以上。阳春市内各乡镇阳春砂的种植面积也逐年扩大。然而,阳春砂的单位面积产量仍然很低,本课题组统计平均亩产只有7.07 kg。产量低和质量参差不齐是道地阳春砂存在的主要问题<sup>[5,6]</sup>。因此,选育高产优质的阳春砂已成为亟待

解决的重要问题。挥发油是阳春砂的主要有效成分,含有樟脑、蒎烯、乙酸龙脑酯、龙脑等化学成分,其中乙酸龙脑酯是最重要的活性成分<sup>[7]</sup>。通过测定阳春砂有效成分可评价其药材质量<sup>[8]</sup>。本研究在道地产区内28个不同产地测定阳春砂产量、挥发油和乙酸龙脑酯含量,以及挥发油特征化学成分图谱,综合评价各个种质的优劣,以期获得高产优质的阳春砂种质。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

28份成熟新鲜阳春砂果实,采自阳春市不同产地6镇8村,经广州中医药大学何国振教授鉴定均来自姜科豆蔻属植物阳春砂(*Amomum villosum* Lour.),样品详细信息(见表1)。

表1 阳春砂样品来源信息

Table 1 *A. villosum* sample source information

样品编号 Sample number	采集地点 Collection location	采集时间 Acquisition time	样品编号 Sample number	采集地点 Collection location	采集时间 Acquisition time
XAB	阳春市春城镇蟠龙村(大滑A地)	2018.08.16	XAL	阳春市春湾镇钟蕉洞村干坑屋后	2018.08.13
XAC	阳春市春城镇蟠龙村(大滑B地)	2018.08.16	XAM	阳春市春湾镇钟蕉洞村干坑陡坡	2018.08.13
XAE	阳春市合水镇那软村(屋后)	2018.08.17	XAN	阳春市春湾镇钟蕉洞村干坑坡地	2018.08.13
XAF	阳春市合水镇那软村(小学旁)	2018.08.17	XAO	阳春市合水镇大洞水村中间坑	2018.08.15
XBA	阳春市合水镇那软村(旧屋旁)	2018.08.18	XAP	阳春市合水镇大洞水村(老屋后)	2018.08.15
XBC	阳春市合水镇那软村(山脚)	2018.08.19	XBM	阳春市合水镇大洞水村尾背坑	2018.08.15
XBD	阳春市永宁镇双底村(尾角坑)	2018.08.14	XBO	阳春市春湾镇钟蕉洞村山坳	2018.08.13
XBE	阳春砂永宁镇双底村	2018.08.14	XAU	阳春市三甲镇京冲村	2018.08.19
XBF	阳春市永宁镇双底村同窝	2018.08.14	XBR	阳春市双滘镇塘基头村	2018.08.19
XAK	阳春市春城镇蟠龙村金花坑	2018.08.16	XBU	阳春市春湾镇钟蕉洞村(山洞)	2018.08.13
XBG	阳春市合水镇那软村(河对面)	2018.08.17	XAV	阳春市春湾镇钟蕉洞村(斜坡)	2018.08.13
XBH	阳春市合水镇那软村(村委会后)	2018.08.18	XBV	阳春市永宁镇造和村(山沟)	2018.08.14
XBI	阳春市合水镇那软村(果园)	2018.08.18	XBW	阳春市永宁镇造和村(坡地)	2018.08.14
XBK	阳春市合水镇那软村(村口)	2018.08.17	XBX	阳春市永宁镇造和村(陡坡)	2018.08.14

## 1.2 方法

### 1.2.1 产量测定

#### 1.2.1.1 坐果数统计

随机选取3块1 m×1 m小样方,统计样方内果实的总数、果序数、单个果序坐果数。

#### 1.2.1.2 产量性状测定

用电子分析天平测定阳春砂果实百果鲜重、种子团鲜重、种子千粒鲜重,统计单个种子团种子数,分别重复3次。

将阳春砂鲜果于50℃下烘干至恒重,用电子分析天平测定百果干重、种子团干重、种子千粒干重,分别重复3次。

#### 1.2.1.3 亩产量测定

计算单位面积果实的重量,再折算各个种质的亩产量。单位面积果实的重量,是单位面积果实的总数与单果干重的乘积。

### 1.2.2 挥发油含量测定

参照《中华人民共和国药典》(2020版)(以下简称《药典》)通则2204(甲法)测定阳春砂挥发油含量<sup>[9]</sup>。取过2号筛的种子团粉末约15 g,置于1 000 mL事先加入沸石的圆底烧瓶中,加入约400 mL去离子水,置电热套中缓慢加热,保持微沸5 h,至挥发油测定器中油量不再增加时,停止加热,放置1 h,读取挥发油量。挥发油含量为每100 g种子团含挥发油的量(mL)。

### 1.2.3 乙酸龙脑酯含量测定

#### 1.2.3.1 GC-MS 色谱条件

参照《药典》通则0521气相色谱法测定阳春砂乙酸龙脑酯含量<sup>[9]</sup>。色谱条件为:CD-5MS毛细管柱(柱长30 m,内径0.25 mm,膜厚0.25 μm);柱温为100℃,进样口温度为230℃,检测器(FID)温度为250℃;分流比为10:1。理论塔板数不低于10 000(按乙酸龙脑酯峰计算)。

#### 1.2.3.2 对照品溶液的制备

取乙酸龙脑酯对照品适量,精密称定,加无水乙醇制成1.5 mg/L的母液;将母液稀释成0.3 mg/L的溶液,备用。

#### 1.2.3.3 供试品溶液的制备

准确称取过2号筛种子团粉末1.0 g,置具塞锥形瓶中,精密加入无水乙醇25.0 mL,密塞,称定重量,超声处理(功率300 W,频率40 kHz)30 min,放冷,用无水乙醇补足重量,摇匀,滤过,取续滤液,即得。

#### 1.2.3.4 系统适用性试验

取对照品、供试品溶液各1 μL,按照“1.2.3.1”中的色谱条件用GC色谱仪进行测定,并记录测定结果。

#### 1.2.3.5 专属性试验

分别取对照品、供试品和空白样品溶液(色谱级无水乙醇)各1 μL,注入GC色谱仪中,记录测定结果和色谱图。

#### 1.2.3.6 线性关系考察

精密量取乙酸龙脑酯母液(1.5 mg/L)0、0.5、1.0、2.0、3.0、5.0、7.0、9.0 mL,分别加入10 mL的棕色容量瓶中,用无水乙醇定容至10 mL,摇匀,配成不同浓度梯度的标准液。分别精密量取上述各浓度的标准液1 μL,按照“1.2.3.1”中的色谱条件用GC色谱仪进行测定,记录峰面积。以峰面积为纵坐标,乙酸龙脑酯的浓度为横坐标,进行线性回归。

#### 1.2.3.7 精密度试验

精密量取1 μL XAB 供试品溶液,将样品连续注入气相色谱仪6次,按照“1.2.3.1”的色谱条件进行测定,同时记录峰面积,计算RSD值。

#### 1.2.3.8 稳定性试验

精密量取1 μL XAB 供试品溶液,于0、2、4、6、8、12、24 h注入气相色谱仪中,同时记录峰面积,计算RSD值。

#### 1.2.3.9 重复性试验

称取阳春砂 XAB 样品粉末6份,按照“1.2.3.3”制备供试品溶液,精密量取1 μL供试品溶液,注入气相色谱仪中,记录峰面积,计算乙酸龙脑酯的含量与RSD值。

#### 1.2.3.10 加样回收率试验

分别称取6份已知乙酸龙脑酯含量的 XAB 粉末1 g,分别加入等量的乙酸龙脑酯标准品溶液,按“1.2.3.3”制备供试品溶液,精确量取1 μL供试品溶液,注入气相色谱仪,记录峰面积,计算乙酸龙脑酯的含量、RSD值及回收率。

#### 1.2.3.11 阳春砂样品乙酸龙脑酯含量测定

按照“1.2.3.3”制备各种质的供试品溶液,精密量取1 μL供试品溶液,注入气相色谱仪中,并记录峰面积,计算乙酸龙脑酯的含量,重复测定三次。

## 1.2.4 挥发油化学成分的测定

参考 Lu 等<sup>[8]</sup>和 Fu 等<sup>[10]</sup>的阳春砂挥发油化学成分测定方法,并进行改良。

供试品的制备:用1.5 mL EP管收集“1.2.2”

提取的挥发油,加入约 0.2 g 无水硫酸钠,振摇,静置过夜。离心 2 min,用 1 mL 注射器将挥发油取出转入新的 1.5 mL EP 管中。取挥发油 0.05 mL,加入 5 mL 容量瓶中,加入色谱级无水乙醇至刻度,摇匀,即得。

色谱条件:HP5-MS 毛细管柱(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm),进样口温度为 230 ℃;分流注入液相色谱仪中,分流比 20:1;高纯氦气,恒定流速 1.0 mL/min;采用程序升温:初始温度 50 ℃,以每分钟升温 4 ℃至 150 ℃,保持 2 min,再以每分钟 8 ℃升至 250 ℃;接口温度 280 ℃。

质谱条件:质量扫描范围为  $m/z$  60 ~ 600;离子源温度 230 ℃;电子轰击(EI)离子源电子能量 70 eV;四级杆温度 150 ℃。

## 2 结果与分析

### 2.1 各种质的坐果数

为了考察阳春砂不同种质的产量,统计了各种质单位面积的果序数、坐果数和单个果序的坐果数(见表 2)。结果显示,各种质间单位面积果序数差异较大,种质 XBE 的每平方米面积果序数为 5.67 个,在 28 个种质中最少;而种质 XBW 的为最多,有

76.67 个,是种质 XBE 的 13.52 倍。每平方米果序数超过 50 个的有 XBC、XBI 和 XBR,分别为 60.67 个、55.67 个和 51.67 个。不同种质单位面积的坐果数差异较大,种质 XBE 的坐果数最低,为 10.33 个/ $m^2$ ;种质 XBW 的坐果数最高,为 190.33 个/ $m^2$ ,是 XBE 的 18.42 倍。坐果数大于 100 个/ $m^2$  的种质有 10 个,按高低顺序分别为 XBW、XBC、XAB、XAC、XBI、XBH、XBA、XBR、XBK、XBG。不同种质的单个果序坐果数差异较大,种质 XBE 最少,为 1.76 个;种质 XAB 数量的最多,为 5.22 个,是 XBE 的 2.97 倍;大多数种质 1 个果序中有 2.0 ~ 3.0 个果实。

道地产区阳春砂每亩花序数量为 0.6 万个以上,高的可达到 2.0 万个<sup>[11]</sup>,即道地产区每亩花序数量为 9.0 ~ 30.0 个/ $m^2$ 。一个花序上有平均 11.1 朵花<sup>[12]</sup>,当所有的花都没有授粉时,花序在 1 周内会枯萎,之后会消失。因此,在果实成熟时能被统计到的花序,至少有 1 个果实。换言之,果序的数量一定会少于花序的数量。每平方米超过 50 个果序的种质,其花序的数量超过 3.3 万个,远高于已知的多花序阳春砂。

表 2 各种质坐果数比较( $\bar{x} \pm s, n = 3$ )

Table 2 Comparison of the numbers of fruit setting among different germplasms of *A. villosum* ( $\bar{x} \pm s, n = 3$ )

种质编号 Germplasm number	单位面积果序数 Fruit ordinal number per unit area (piece / $m^2$ )	单位面积坐果数 Number of fruit sets per unit area (piece / $m^2$ )	单个果序挂果数 The number of fruit sets in a single fruit sequence (piece)
XAB	34.00 ± 5.00 <sup>c</sup>	174.33 ± 14.19 <sup>b</sup>	5.22 ± 1.07 <sup>a</sup>
XAC	35.00 ± 14.42 <sup>c</sup>	172.67 ± 54.50 <sup>b</sup>	5.05 ± 0.57 <sup>a</sup>
XAE	19.67 ± 3.51 <sup>d</sup>	43.00 ± 11.14 <sup>g</sup>	2.18 ± 0.41 <sup>c</sup>
XAF	32.67 ± 6.51 <sup>c</sup>	95.67 ± 28.18 <sup>ef</sup>	2.91 ± 0.59 <sup>bc</sup>
XBA	34.00 ± 7.21 <sup>c</sup>	121.00 ± 9.64 <sup>de</sup>	3.66 ± 0.76 <sup>b</sup>
XBC	60.67 ± 1.15 <sup>b</sup>	181.67 ± 20.55 <sup>a</sup>	2.99 ± 0.32 <sup>bc</sup>
XBD	12.33 ± 8.50	24.00 ± 12.50 <sup>h</sup>	1.80 ± 0.45 <sup>d</sup>
XBE	5.67 ± 1.15 <sup>e</sup>	10.33 ± 4.93 <sup>h</sup>	1.76 ± 0.46 <sup>d</sup>
XBF	6.33 ± 0.58 <sup>e</sup>	14.33 ± 2.31 <sup>h</sup>	2.25 ± 0.15 <sup>c</sup>
XAK	22.00 ± 7.00 <sup>d</sup>	49.00 ± 20.42 <sup>g</sup>	2.18 ± 0.23 <sup>c</sup>
XBG	36.67 ± 10.01 <sup>c</sup>	105.67 ± 19.86 <sup>c</sup>	2.94 ± 0.48 <sup>bc</sup>
XBH	48.33 ± 14.22 <sup>bc</sup>	138.67 ± 62.32 <sup>d</sup>	2.84 ± 0.81 <sup>bc</sup>
XBI	55.67 ± 9.50 <sup>b</sup>	150.00 ± 15.59 <sup>c</sup>	2.78 ± 0.72 <sup>c</sup>
XBK	36.00 ± 7.81 <sup>c</sup>	112.00 ± 58.10 <sup>c</sup>	2.99 ± 1.09 <sup>bc</sup>
XAL	21.67 ± 2.08 <sup>d</sup>	48.00 ± 10.54 <sup>g</sup>	2.20 ± 0.28 <sup>c</sup>
XAM	26.67 ± 10.69 <sup>cd</sup>	97.33 ± 59.37 <sup>ef</sup>	3.38 ± 1.04 <sup>b</sup>

续表 2 (Continued Tab. 2)

种质编号 Germplasm number	单位面积果序数 Fruit ordinal number per unit area (piece /m <sup>2</sup> )	单位面积坐果数 Number of fruit sets per unit area (piece /m <sup>2</sup> )	单个果序挂果数 The number of fruit sets in a single fruit sequence (piece)
XAN	7.00 ± 0.00	20.67 ± 2.08 <sup>b</sup>	2.95 ± 0.30 <sup>bc</sup>
XAO	30.00 ± 11.36 <sup>c</sup>	75.67 ± 23.12 <sup>f</sup>	2.61 ± 0.79 <sup>c</sup>
XAP	33.33 ± 4.73 <sup>c</sup>	85.67 ± 16.80 <sup>f</sup>	2.57 ± 0.38 <sup>c</sup>
XBM	7.33 ± 3.06 <sup>e</sup>	16.67 ± 6.11 <sup>b</sup>	2.32 ± 0.16 <sup>c</sup>
XBO	17.33 ± 5.86 <sup>d</sup>	85.33 ± 23.97 <sup>f</sup>	4.99 ± 0.47 <sup>a</sup>
XAU	20.00 ± 2.00 <sup>d</sup>	57.00 ± 7.00 <sup>g</sup>	2.86 ± 0.31 <sup>bc</sup>
XBR	51.67 ± 2.52 <sup>b</sup>	119.67 ± 20.60 <sup>e</sup>	2.32 ± 0.38 <sup>c</sup>
XBU	15.67 ± 0.58 <sup>d</sup>	71.00 ± 18.68 <sup>f</sup>	4.51 ± 1.07 <sup>ab</sup>
XAV	19.67 ± 1.53 <sup>d</sup>	69.00 ± 9.54 <sup>fg</sup>	3.55 ± 0.78 <sup>b</sup>
XBV	30.67 ± 6.11 <sup>c</sup>	80.67 ± 6.51 <sup>f</sup>	2.72 ± 0.66 <sup>c</sup>
XBW	76.67 ± 4.16 <sup>a</sup>	190.33 ± 28.18 <sup>a</sup>	2.48 ± 0.31 <sup>c</sup>
XBX	30.00 ± 4.36 <sup>c</sup>	86.33 ± 13.58 <sup>f</sup>	2.88 ± 0.08 <sup>bc</sup>

注:同一列中不同字母表示在 0.05 水平上差异显著,下同。

Note: Different letters in the same column indicate a significant difference at the level of 0.05, the same below.

## 2.2 各种质的产量

各种质的折合亩产量等于折合每亩果实数量与单果干重的乘积(见表 3)。结果表明,各种质的折合亩产量差异很大,从 4.62 kg 到 102.45 kg 不等,相差 22.2 倍。其中种质 XAC 的折合亩产量最高,达到 102.45 kg;种质 XBE 的折合亩产量最低,只有 4.62 kg。15 个种质的折合亩产量超过 40 kg,按产量高低顺序为 XAC、XBW、XBC、XBI、XAB、XBH、XBA、XBR、XBK、XAM、XBO、XBG、XAF、XBX 和

XAP。

亩产量与立地条件和栽培技术关系很大,同一种质在不同的环境条件和栽培管理下,产量会有显著的差异。然而,在环境条件和栽培管理相似的情况下,如种质 XAL、XAM 和 XAN,产量相差 6 倍以上,推测这是不同的种质造成的。不管如何,在道地产区阳春砂平均产量只有 7.07 kg 的大背景下,折合亩产量超过 40 kg 的 15 个种质应该是高产种质。

表 3 不同阳春砂种质折合亩产量比较( $\bar{x} \pm s, n=3$ )

Table 3 Comparison of equivalent yields per 666.67 m<sup>2</sup> among different germplasms of *A. villosum* ( $\bar{x} \pm s, n=3$ )

种质编号 Germplasm number	单位面积挂果数 Number of hanging fruits per unit area (piece/666.67 m <sup>2</sup> )	单果干重 Single fruit dry weight (g)	亩产量 Mu yield (kg/666.67 m <sup>2</sup> )
XAB	116 222.80 ± 9 459.51 <sup>b</sup>	0.66 ± 0.01 <sup>c</sup>	76.71 ± 5.1 <sup>ac</sup>
XAC	115 111.69 ± 36 334.02 <sup>b</sup>	0.89 ± 0.01 <sup>ab</sup>	102.45 ± 26.4 <sup>a</sup>
XAE	28 666.81 ± 7 423.72 <sup>e</sup>	0.49 ± 0.01 <sup>d</sup>	14.05 ± 2.97 <sup>df</sup>
XAF	63 778.10 ± 18 789.37 <sup>ef</sup>	0.76 ± 0.01 <sup>b</sup>	48.47 ± 11.66 <sup>bc</sup>
XBA	80 667.07 ± 6 429.13 <sup>de</sup>	0.88 ± 0.01 <sup>ab</sup>	70.99 ± 4.62 <sup>ac</sup>
XBC	121 111.72 ± 13 700.57 <sup>a</sup>	0.79 ± 0.02 <sup>b</sup>	95.68 ± 8.84 <sup>a</sup>
XBD	16 000.08 ± 14 437.68 <sup>h</sup>	0.51 ± 0.01 <sup>d</sup>	8.16 ± 6.01 <sup>df</sup>
XBE	6 888.92 ± 3 288.61 <sup>b</sup>	0.67 ± 0.01 <sup>c</sup>	4.62 ± 1.8 <sup>f</sup>
XBFB	9 555.60 ± 1 539.61 <sup>b</sup>	0.66 ± 0.01 <sup>c</sup>	6.31 ± 0.83 <sup>ef</sup>
XAK	32 666.83 ± 13 613.79 <sup>e</sup>	0.76 ± 0.01 <sup>b</sup>	24.83 ± 8.45 <sup>df</sup>
XBG	70 444.80 ± 13 238.62 <sup>c</sup>	0.69 ± 0.01 <sup>c</sup>	48.61 ± 7.46 <sup>de</sup>

续表 3 (Continued Tab. 3)

种质编号 Germplasm number	单位面积挂果数 Number of hanging fruits per unit area (piece/666.67 m <sup>2</sup> )	单果干重 Single fruit dry weight (g)	亩产量 Mu yield (kg/666.67 m <sup>2</sup> )
XBH	92 444.91 ± 41 549.82 <sup>d</sup>	0.80 ± 0.02 <sup>b</sup>	73.96 ± 27.14 <sup>ac</sup>
XBI	100 000.50 ± 10 392.36 <sup>e</sup>	0.86 ± 0.02 <sup>ab</sup>	86 ± 7.3 <sup>ab</sup>
XBK	74 667.04 ± 38 735.76 <sup>e</sup>	0.93 ± 0.02 <sup>a</sup>	69.44 ± 29.41 <sup>ac</sup>
XAL	32 000.16 ± 7 023.80 <sup>e</sup>	0.55 ± 0.00 <sup>d</sup>	17.6 ± 3.15 <sup>df</sup>
XAM	64 889.21 ± 39 577.60 <sup>ef</sup>	0.78 ± 0.01 <sup>b</sup>	50.61 ± 25.21 <sup>bd</sup>
XAN	13 777.85 ± 1 387.78 <sup>b</sup>	0.57 ± 0.01 <sup>d</sup>	7.85 ± 0.65 <sup>df</sup>
XAO	50 444.7 ± 15 410.51 <sup>f</sup>	0.73 ± 0.01 <sup>bc</sup>	36.82 ± 9.19 <sup>ef</sup>
XAP	57 111.4 ± 11 201.91 <sup>f</sup>	0.74 ± 0.01 <sup>bc</sup>	42.26 ± 6.77 <sup>ef</sup>
XBM	11 111.17 ± 4073.42 <sup>b</sup>	0.65 ± 0.01 <sup>c</sup>	7.22 ± 2.16 <sup>df</sup>
XBO	56 889.17 ± 15 976.91 <sup>f</sup>	0.77 ± 0.01 <sup>b</sup>	43.8 ± 10.04 <sup>ef</sup>
XAU	38 000.19 ± 4 666.69 <sup>fg</sup>	0.52 ± 0.01 <sup>d</sup>	19.76 ± 1.98 <sup>dc</sup>
XBR	79 778.18 ± 13 732.97 <sup>e</sup>	0.88 ± 0.04 <sup>ab</sup>	70.2 ± 9.87 <sup>ac</sup>
XBU	47 333.57 ± 12 454.42 <sup>f</sup>	0.76 ± 0.01 <sup>b</sup>	35.97 ± 7.73 <sup>ef</sup>
XAV	46 000.23 ± 6 359.63 <sup>fg</sup>	0.62 ± 0.01 <sup>c</sup>	28.52 ± 3.22 <sup>df</sup>
XBV	53 778.05 ± 4 337.63 <sup>f</sup>	0.70 ± 0.01 <sup>bc</sup>	37.64 ± 2.48 <sup>ef</sup>
XBW	126 889.52 ± 18 789.37 <sup>a</sup>	0.77 ± 0.00 <sup>b</sup>	97.7 ± 11.81 <sup>a</sup>
XBX	57 555.84 ± 99 051.34 <sup>f</sup>	0.77 ± 0.01 <sup>b</sup>	44.32 ± 5.69 <sup>ef</sup>

### 2.3 各种质的产量性状

详细分析各种质的产量性状,可以阐明产量差异的来源。各种质产量性状统计结果(见表4)。结果表明,百果鲜重、百果干重、单个种子团鲜重、单个种子团干重、单个种子团种子数、种子千粒鲜重、种子千粒干重等7个指标在各种质间均存在显著差异。各种质果实百果鲜重在174.20~363.63g之间,种质XBD的最小,只有174.20g;种质XBR的最大,达到363.63g,是种质XBD的2.1倍;百果鲜重大于280g的种质按高低顺序有XBR、XBK、XBH、XBI和XBC。各种质百果干重在49.13~92.82g之间,种质XAE的最小,只有49.13g;XBK的最大,达到92.82g,是种质XAE的1.89倍。百果干重大于80g的种质有XBK、XAC、XBA、XBR和XBI,这5个种质的单个种子团干重也是最大的。此外,种质XBK的单个种子团的鲜重和干重都最大,而种质XAU的种子千粒鲜重和干重都最大。

5个百果鲜重最大的种质是XBR、XBK、XBH、XBI和XBC,而5个百果干重最大的种质是XBK、XAC、XBA、XBR和XBI,其中种质XAC和XBA的百果干重在28个种质中占第2和第3名,但是,它们的百果鲜重却是第12和第20名。这说明种质

XAC和XBA的干物质比重比较大。

分析各种质的产量与各产量性状的关系,可知高百果干重和高单个种子团干重是高产的主要因素(如种质XBI、XBA、XBR、XBK),单位面积果实数量大也是高产的主要因素(如种质XBW、XAB),而果实数量大且高百果干重和高单个种子团干重无疑产量是最高的(种质XAC)。

### 2.4 各种质挥发油含量

挥发油含量是衡量阳春砂质量的指标之一,不同产地阳春砂种子团挥发油含量测定结果(见图1)。结果表明,所有种质种子团的挥发油含量都大于3.0%,均达到了《药典》规定的挥发油含量标准<sup>[2]</sup>。大部分种质的挥发油含量处于3.50%~3.65%之间,但挥发油含量最高的种质与最低的差异较大。种质XBX的挥发油含量最低,只有3.23%;而种质XBR的含量最高,为4.01%,是种质XBX的1.24倍。挥发油含量大于3.50%的种质有17个,占总样本数的60.71%,表明大多数种质的挥发油含量处于较高水平。高挥发油含量的种质按高低顺序排列分别是XBR、XBC、XAP、XBF、XAN、XBM、XBD、XAL、XBH、XAU、XBE、XAK、XBV、XAE、XAC、XAF、XBG。

表4 各种质产量性状比较( $\bar{x} \pm s, n=3$ )Table 4 Comparison of yield traits among germplasms of *A. villosum* ( $\bar{x} \pm s, n=3$ )

种质编号 Germplasm number	百果鲜重 Hundred fruits fresh weight (g)	百果干重 Hundred fruits dry weight (g)	单个种子团鲜重 Individual seed clumps are fresh weight (g)	单个种子团干重 Individual seed masses dry weight (g)	单个种子团 种子数 Number of seeds in a single seed cluster (grain)	种子千粒鲜重 Seeds are fresh in weight of 1 000 seeds (g)	种子千粒干重 Thousand seeds dry weight (g)
XAB	192.87 ± 3.50 <sup>h</sup>	66.07 ± 0.98 <sup>c</sup>	1.09 ± 0.03 <sup>f</sup>	0.57 ± 0.00 <sup>d</sup>	49.78 ± 1.15 <sup>a</sup>	18.94 ± 0.18 <sup>d</sup>	10.57 ± 0.23 <sup>h</sup>
XAC	247.67 ± 4.67 <sup>f</sup>	89.27 ± 1.28 <sup>a</sup>	1.34 ± 0.04 <sup>d</sup>	0.81 ± 0.05 <sup>a</sup>	44.45 ± 4.62 <sup>b</sup>	25.90 ± 0.94 <sup>c</sup>	15.46 ± 0.25 <sup>d</sup>
XAE	217.87 ± 3.51 <sup>g</sup>	49.13 ± 0.71 <sup>d</sup>	1.04 ± 0.08 <sup>g</sup>	0.43 ± 0.01 <sup>e</sup>	25.22 ± 0.50 <sup>d</sup>	35.53 ± 0.25 <sup>b</sup>	16.10 ± 0.11 <sup>e</sup>
XAF	264.30 ± 1.25 <sup>e</sup>	75.59 ± 0.97 <sup>b</sup>	1.25 ± 0.04 <sup>e</sup>	0.68 ± 0.01 <sup>c</sup>	43.42 ± 0.92 <sup>b</sup>	26.51 ± 0.65 <sup>c</sup>	13.63 ± 0.16 <sup>f</sup>
XBA	213.00 ± 0.70 <sup>g</sup>	88.31 ± 1.41 <sup>a</sup>	1.54 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.79 ± 0.04 <sup>ab</sup>	46.18 ± 0.25 <sup>ab</sup>	29.98 ± 0.37 <sup>e</sup>	15.87 ± 0.16 <sup>d</sup>
XBC	283.93 ± 1.40 <sup>d</sup>	78.78 ± 1.79 <sup>b</sup>	1.40 ± 0.07 <sup>c</sup>	0.70 ± 0.02 <sup>b</sup>	39.22 ± 1.43 <sup>bc</sup>	31.29 ± 0.74 <sup>bc</sup>	14.77 ± 0.24 <sup>e</sup>
XBD	174.20 ± 14.35	51.08 ± 0.86 <sup>d</sup>	1.03 ± 0.03 <sup>g</sup>	0.45 ± 0.04 <sup>e</sup>	30.03 ± 1.41 <sup>c</sup>	29.34 ± 1.25 <sup>c</sup>	14.97 ± 0.06 <sup>de</sup>
XBE	240.27 ± 0.85 <sup>f</sup>	66.99 ± 1.32 <sup>c</sup>	1.13 ± 0.10 <sup>f</sup>	0.60 ± 0.02 <sup>c</sup>	33.55 ± 2.40 <sup>e</sup>	29.62 ± 1.67 <sup>c</sup>	15.01 ± 0.08 <sup>d</sup>
XBF	232.60 ± 0.70 <sup>f</sup>	65.91 ± 0.67 <sup>c</sup>	1.14 ± 0.12 <sup>f</sup>	0.61 ± 0.02 <sup>c</sup>	32.32 ± 3.37 <sup>e</sup>	30.95 ± 1.14 <sup>bc</sup>	15.20 ± 0.16 <sup>d</sup>
XAK	231.17 ± 2.74 <sup>f</sup>	75.63 ± 1.19 <sup>b</sup>	1.18 ± 0.09 <sup>ef</sup>	0.67 ± 0.01 <sup>c</sup>	29.17 ± 0.80 <sup>cd</sup>	35.73 ± 0.24 <sup>b</sup>	17.37 ± 0.18 <sup>b</sup>
XBG	261.73 ± 2.36 <sup>e</sup>	68.69 ± 1.15 <sup>c</sup>	1.22 ± 0.05 <sup>e</sup>	0.62 ± 0.00 <sup>c</sup>	38.83 ± 0.66 <sup>bc</sup>	28.25 ± 0.59 <sup>c</sup>	13.83 ± 0.08 <sup>f</sup>
XBH	306.17 ± 10.97 <sup>c</sup>	79.67 ± 1.71 <sup>b</sup>	1.35 ± 0.05 <sup>d</sup>	0.66 ± 0.01 <sup>c</sup>	38.03 ± 2.04 <sup>bc</sup>	31.31 ± 0.60 <sup>bc</sup>	15.36 ± 0.16 <sup>d</sup>
XBI	288.30 ± 2.65 <sup>d</sup>	85.85 ± 2.31 <sup>a</sup>	1.42 ± 0.06 <sup>e</sup>	0.82 ± 0.03 <sup>a</sup>	40.12 ± 0.91 <sup>b</sup>	31.35 ± 0.57 <sup>bc</sup>	17.41 ± 0.50 <sup>b</sup>
XBK	323.30 ± 2.52 <sup>b</sup>	92.82 ± 2.28 <sup>a</sup>	1.60 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.86 ± 0.02 <sup>a</sup>	45.75 ± 3.16 <sup>ab</sup>	31.03 ± 0.40 <sup>bc</sup>	16.30 ± 0.07 <sup>c</sup>
XAL	186.17 ± 4.09 <sup>h</sup>	54.58 ± 0.37 <sup>d</sup>	1.00 ± 0.01 <sup>g</sup>	0.44 ± 0.03 <sup>e</sup>	29.37 ± 1.82 <sup>cd</sup>	29.15 ± 0.24 <sup>c</sup>	13.10 ± 0.18 <sup>f</sup>
XAM	230.70 ± 5.11 <sup>f</sup>	78.47 ± 0.82 <sup>b</sup>	1.53 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.67 ± 0.03 <sup>c</sup>	55.22 ± 1.25 <sup>a</sup>	25.53 ± 0.56 <sup>c</sup>	11.87 ± 0.10 <sup>g</sup>
XAN	194.90 ± 5.67 <sup>h</sup>	57.00 ± 0.61 <sup>d</sup>	1.03 ± 0.04 <sup>g</sup>	0.45 ± 0.02 <sup>e</sup>	29.25 ± 1.87 <sup>cd</sup>	30.96 ± 1.12 <sup>bc</sup>	13.99 ± 0.13 <sup>ef</sup>
XAO	278.40 ± 5.19 <sup>d</sup>	72.77 ± 1.15 <sup>b</sup>	1.42 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.64 ± 0.01 <sup>c</sup>	35.13 ± 1.34 <sup>bc</sup>	35.64 ± 0.37 <sup>b</sup>	16.23 ± 0.06 <sup>c</sup>
XAP	262.57 ± 2.80 <sup>e</sup>	73.96 ± 1.23 <sup>b</sup>	1.19 ± 0.08 <sup>ef</sup>	0.65 ± 0.00 <sup>c</sup>	35.33 ± 2.34 <sup>bc</sup>	30.18 ± 1.42 <sup>bc</sup>	15.47 ± 0.04 <sup>d</sup>
XBM	229.70 ± 5.67 <sup>f</sup>	65.13 ± 0.82 <sup>c</sup>	1.17 ± 0.05 <sup>ef</sup>	0.53 ± 0.02 <sup>d</sup>	38.87 ± 1.13 <sup>bc</sup>	27.21 ± 0.62 <sup>c</sup>	13.39 ± 0.07 <sup>f</sup>
XBO	262.37 ± 14.50 <sup>e</sup>	76.54 ± 0.88 <sup>b</sup>	1.59 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.63 ± 0.04 <sup>c</sup>	54.13 ± 1.02 <sup>a</sup>	27.05 ± 0.60 <sup>c</sup>	11.99 ± 0.07 <sup>g</sup>
XAU	263.70 ± 4.37 <sup>e</sup>	51.89 ± 1.48 <sup>d</sup>	1.28 ± 0.05 <sup>e</sup>	0.39 ± 0.03 <sup>f</sup>	24.87 ± 1.41 <sup>d</sup>	45.67 ± 1.34 <sup>a</sup>	18.39 ± 0.20 <sup>a</sup>
XBR	363.63 ± 8.56 <sup>a</sup>	87.71 ± 4.03 <sup>a</sup>	1.55 ± 0.14 <sup>b</sup>	0.80 ± 0.02 <sup>a</sup>	37.73 ± 2.86 <sup>bc</sup>	35.45 ± 0.64 <sup>b</sup>	16.46 ± 0.25 <sup>c</sup>
XBU	221.40 ± 2.79 <sup>g</sup>	76.39 ± 1.27 <sup>b</sup>	1.51 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.66 ± 0.01 <sup>c</sup>	49.80 ± 0.34 <sup>a</sup>	28.93 ± 1.73 <sup>c</sup>	11.53 ± 0.09 <sup>g</sup>
XAV	211.37 ± 7.26 <sup>g</sup>	62.37 ± 1.15 <sup>c</sup>	1.22 ± 0.03 <sup>e</sup>	0.52 ± 0.01 <sup>d</sup>	34.55 ± 1.19 <sup>c</sup>	30.37 ± 0.50 <sup>bc</sup>	15.17 ± 0.25 <sup>d</sup>
XBV	215.80 ± 7.00 <sup>g</sup>	70.22 ± 1.21 <sup>b</sup>	1.22 ± 0.03 <sup>e</sup>	0.62 ± 0.02 <sup>c</sup>	32.88 ± 2.20 <sup>c</sup>	31.53 ± 0.58 <sup>bc</sup>	14.46 ± 0.33 <sup>c</sup>
XBW	210.33 ± 4.91 <sup>g</sup>	77.14 ± 0.31 <sup>b</sup>	1.31 ± 0.07 <sup>d</sup>	0.70 ± 0.02 <sup>b</sup>	40.55 ± 1.13 <sup>b</sup>	29.39 ± 1.97 <sup>c</sup>	14.00 ± 0.04 <sup>e</sup>
XBX	197.23 ± 2.82 <sup>h</sup>	76.67 ± 1.22 <sup>b</sup>	1.18 ± 0.05 <sup>ef</sup>	0.67 ± 0.02 <sup>c</sup>	35.18 ± 1.17 <sup>bc</sup>	31.13 ± 0.26 <sup>bc</sup>	16.13 ± 0.41 <sup>e</sup>

## 2.5 各种质乙酸龙脑酯含量

### 2.5.1 系统适用性试验

供试品溶液与对照组的乙酸龙脑酯分离度在1.5以上,拖尾因子在0.95~1.05范围内,均满足

测定需求。

### 2.5.2 专属性试验

结果(见图2)表明本法的专属性良好,空白液对检测没有干扰。

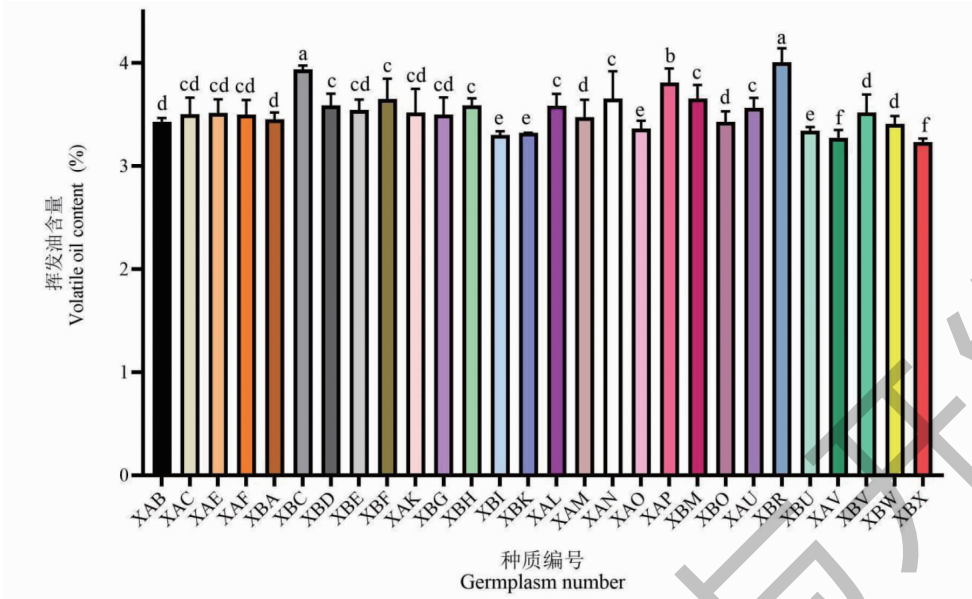
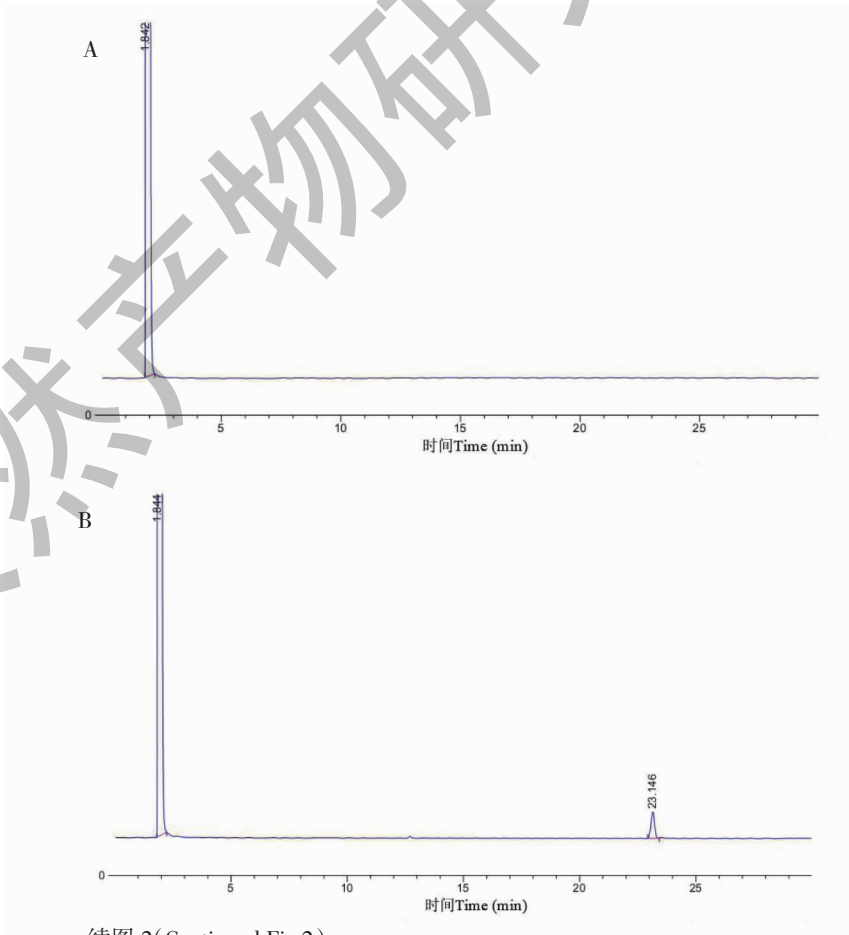


图1 各种质阳春砂种子团挥发油含量比较 (n = 3)

Fig. 1 Comparison of volatile oil contents in seed clusters among different germplasms of *A. villosum* (n = 3)

注:图中不同字母表示在0.05水平上差异显著,下同。Note: The different letters in the figure indicate a significant difference at the level of 0.05, the same below.



续图 2 (Continued Fig.2)



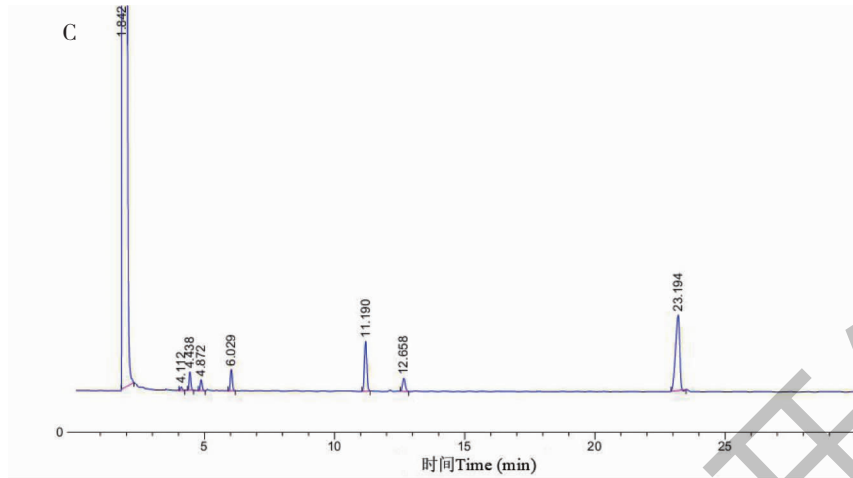


图2 专属性试验色谱图

Fig. 2 Specificity test chromatogram

注:A:空白溶液;B:对照品溶液;C:供试品溶液。Note:A:Blank solution,B:Reference solution,C:Test solution.

### 2.5.3 线性关系考察

以峰面积( $A$ )作为纵轴、乙酸龙脑酯浓度( $C$ )作为横轴,得线性回归方程为  $A = 1\ 089.2C - 6.4557$ ,  $r = 0.9991$ 。结果表明乙酸龙脑酯在  $0 \sim 1.35 \mu\text{g}/\text{mL}$  之间与峰面积的线性关系良好。

### 2.5.4 精密度试验

供试品溶液连续进样6次,记录的峰面积积分值分别为779.31、805.74、786.9、803.14、805.21和814.97,计算RSD值为1.67%,结果表明试验精密度良好。

### 2.5.5 稳定性试验

供试品溶液先后于0、2、4、6、8、12、24 h进样,记录的峰面积积分值分别为780.46、773.65、806.26、798.44、798.91、805.21、815.46,计算RSD值为1.77%,结果表明试验的稳定性良好。

### 2.5.6 重复性试验

6份供试品溶液,进样后根据峰面积计算乙酸龙脑酯的含量分别为1.99%、1.97%、2.05%、2.05%、2.02%、2.01%,计算RSD值为1.59%,结果表明试验的重复性良好。

### 2.5.7 加样回收率试验

6份供试品溶液的加样回收率分别为100.72%、92.12%、101.41%、93.64%、94.85%、93.60%,平均回收率为96.06%,计算RSD值为4.14%。

### 2.5.8 各种质乙酸龙脑酯含量

不同地区的阳春砂中乙酸龙脑酯的含量测定结

果(见图3)。结果显示,所有种质的乙酸龙脑酯含量都超过了《药典》规定的0.90%的数值<sup>[21]</sup>,但各种质的乙酸龙脑酯含量存在很大的差别。含量最低的是种质XAE,为1.68%。即使XAE的乙酸龙脑酯含量最低,也比《药典》规定的标准高86.7%。乙酸龙脑酯最高的种质是XBR,为2.81%,是最低种质XAE的1.67倍。乙酸龙脑酯含量超过2.20%的种质有19个,占总样本数的67.86%。高含量乙酸龙脑酯种质按高低顺序排列为XBR、XBC、XBE、XAL、XBO、XBD、XBU、XAN、XAP、XAU、XBF、XAO、XBV、XBW、XAM、XBG、XBI、XBM、XBH。

## 2.6 各种质挥发油化学成分

各种质挥发油的化学成分测定结果(见表5)。结果表明,各种质种子团挥发油所含的化学成分种类与含量均不同。各种质挥发油中共有的化学成分有5种,分别为乙酸龙脑酯、龙脑、樟脑、柠檬烯、 $\gamma$ -榄香烯;其中前4种成分在各种质挥发油中含量都是居多,且除种质XBM外,乙酸龙脑酯的含量都高于50%。虽然有18种化学成分能在本检测系统中检出,但没有一个种质含有18种化学成分。种子团挥发油含有最多化学成分的是种质XBC,有15种;最少的是种质XAC,只有5种。 $\beta$ -榄香烯、 $\delta$ -芹子烯、 $\alpha$ -香柠烯存在于较少的种质中。 $\beta$ -榄香烯仅在XAB和XAU中含有; $\delta$ -芹子烯也只在XBF和XBW中发现; $\alpha$ -丁香烯存在种质XAE、XBC、XBM、XBR中。



续表 5 (Continued Tab. 5)

种质编号 Germplasm number	挥发性化学成分相对含量 Relative content of volatile chemical components (%)																	
	3-萜烯 3-Radiene	蒎烯 Camphene	$\beta$ - 蒎烯 Pinene	$\beta$ - 月桂烯 Myrcene	柠檬烯 Limonene	樟脑 Camphor	异龙脑 Allodragon brain	龙脑 Borneol	乙酸 龙脑酯 Dragon brain acetate	$\alpha$ - 可巴烯 Copaxen	$\beta$ - 榄香烯 Elemiene	$\beta$ - 丁香烯 Syringene	$\alpha$ - 香柠檬 Limonene	$\alpha$ - 丁香烯 Syringene	大根香 叶烯 D Geraniene D	$\delta$ - 芹子烯 Apige- nene	$\gamma$ - 榄香烯 Elemiene	$\gamma$ - 依兰烯 Elam- ylangene
XAN	0.41	1.73	-	1.14	4.59	11.90	1.08	19.87	52.43	1.18	-	-	-	-	-	4.27	0.46	
XAO	2.09	4.99	-	2.07	7.37	13.72	0.68	12.51	51.58	1.78	-	-	-	-	-	2.55	0.65	
XAP	0.90	2.47	1.15	-	5.45	17.48	0.74	12.44	53.41	1.88	-	-	-	0.42	-	3.06	0.61	
XBM	0.81	2.38	-	1.19	5.16	18.32	0.71	16.54	48.82	1.37	-	-	-	0.42	0.62	-	3.26	0.39
XBO	-	0.59	-	-	2.59	6.12	0.51	29.23	53.00	0.65	-	-	-	-	-	-	7.30	-
XAU	0.85	2.28	-	1.23	6.08	20.81	-	7.18	56.41	1.30	0.52	-	-	-	0.47	-	2.86	-
XBR	0.96	5.20	-	2.58	6.69	19.70	-	6.09	53.41	1.69	-	0.68	-	0.40	-	1.94	0.64	
XBU	1.61	4.15	-	1.56	6.24	6.00	0.44	22.59	50.97	0.78	-	-	-	-	-	5.67	-	
XAV	-	1.72	-	0.88	3.75	9.07	0.91	22.82	54.78	1.88	-	-	-	-	-	3.64	0.55	
XBV	-	1.75	1.12	-	4.33	17.98	-	9.61	59.38	0.99	-	0.36	0.32	0.49	-	3.29	0.37	
XBW	-	1.18	-	0.80	3.72	20.12	0.67	13.54	55.30	0.70	-	-	-	1.13	0.61	2.22	-	
XBX	-	1.22	-	0.72	3.08	12.39	-	15.21	62.18	0.69	-	-	-	1.10	-	3.41	-	

注：“-”表示该化学成分未检出。

Note:“-” indicates that the chemical composition is not detected.

利用 SPSS 20 软件的系统聚类分析法对各种质挥发油化学成分测定结果进行聚类,结果(见图 4 和表 6)。在相对距离约为 18 时,可将 28 份种质分为四大类。其中 XAM、XBU、XBO 聚为一类,它们被采自阳春市春湾镇钟蕉垌村区域;XAB、XAC 聚为

一类,两者来自阳春市春城镇蟠龙村大滑自然村;XAO、XBR、XAU、XAK 聚为一类,它们分别来自阳春市合水镇大垌水村、双滘镇塘基头村、三甲镇京冲村、春城镇蟠龙村金花坑;其余 19 种种质聚为另一类,它们来自阳春市永宁镇双底村、合水镇那软村、

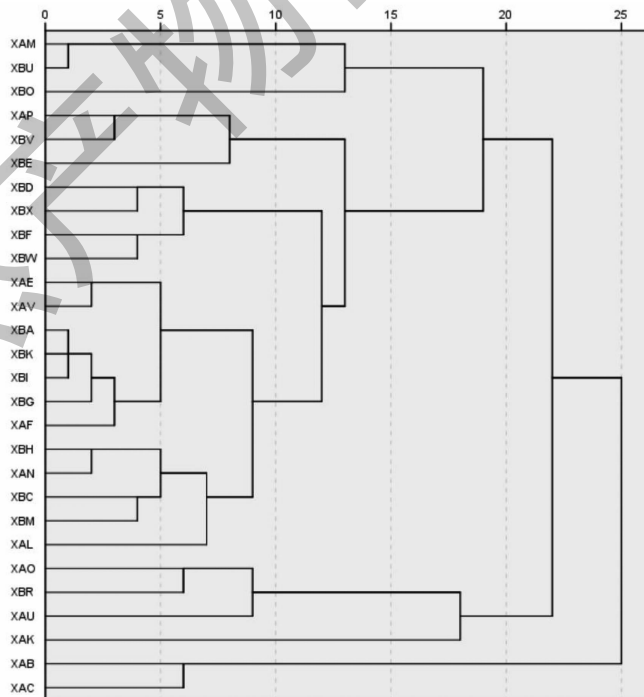


图 4 各种质种子团挥发油化学成分聚类图

Fig. 4 Cluster map by the chemical constituents in the volatile oil of seed clusters from different germplasm of *A. villosum*

春湾镇钟蕉垌村、合水镇大垌水村、永宁镇造和村。聚类分析结果表明,同类的种质可能来自同一种植区域,也可能来自不同的区域。不同区域相距 60 公

里以上,自然环境有明显的差异。这说明各种质的遗传差异是导致挥发油化学成分差异的主要因素。

表 6 各种质种子团挥发油化学成分聚类结果

Table 6 Cluster results by the chemical constituents in the volatile oil of seed clusters from different germplasms

类群 Taxa	阳春砂种质编号 <i>A. villosum</i> germplasm number
第 1 大类 Category 1	XAB、XAC
第 2 大类 Category 2	XAO、XBR、XAU、XAK
第 3 大类 Category 3	XAP、XBV、XBE、XBD、XBX、XBF、XBW、XAE、XAV、XBA、XBK、XBI、XBG、XAF、XBH、XAN、XBC、XBM、XAL
第 4 大类 Category 4	XAM、XBU、XBO

## 2.7 各种质产量与质量综合分析

28 份道地产区阳春砂种质中,有 53.57% 的种质的折合亩产量超过 40 kg;有 46.43% 的种质的挥发油含量大于 3.50% (mL/g) 且乙酸龙脑酯含量大于 2.20%。同时符合三者条件的种质,即亩产量大

于 40 kg、同时挥发油含量大于 3.50% 和乙酸龙脑酯含量大于 2.20% 的种质有 5 种(见表 7),分别为 XBC、XBH、XBR、XBG、XAP,这 5 个种质可视为高产优质的阳春砂。

表 7 高产优质阳春砂种质汇总

Table 7 Summary for high-yield and high-quality germplasms of *A. villosum*

种质编号 Germplasm number	果实平均亩产量 Average fruit yield per acre (kg)	挥发油含量 Volatile oil content (%)	乙酸龙脑酯含量 Dipteryl acetate content (%)
XBC	95.42	3.94	2.74
XBH	73.68	3.59	2.23
XBR	70.32	4.01	2.81
XBG	48.40	3.50	2.32
XAP	42.33	3.81	2.51

## 3 讨论与结论

阳春砂在国内有 1 300 多年的应用历史<sup>[11]</sup>,经过上千年的栽培,在道地产区出现了丰富的种质多样性<sup>[13]</sup>。各种质种子团挥发油化学成分种类和含量的巨大差异(见表 5),以及单个果序坐果数的差异,也就是落果率的差异,说明了阳春砂各个种质在遗传和生理上发生了变异。化学成分种类和含量的差异,以及落果率的差异,固然与生长环境和栽培条件密切相关,然而,种质 XAL、XAM 和 XAN 的生长环境和栽培条件是相似的,它们被采自阳春市春湾镇钟蕉垌村干坑的邻近区域,栽培管理措施相同,但种质 XAM 的落果率比 XAL 低,含有的化学成分的种类和含量也不同于 XAL 和 XAN。落果率的高低与阳春砂体内的赤霉素水平有关<sup>[5]</sup>。它们的成分和生理差异,主要是来源于遗传的差异。相似情况的还有如种质 XAO、XAP 和 XBM 等。

国内阳春砂主产于广东省、云南省和广西省,云南省的栽培面积最大,达到 72 万亩,2020 年的总产量达 1.65 万吨<sup>[15]</sup>。广东省阳春市是阳春砂的道地产区<sup>[14]</sup>,道地阳春砂的质量最好,但 2020 年的总产量只有 300 吨,低产是道地阳春砂种植业发展的瓶颈。低产的原因主要有三个:一是阳春砂种质混杂,同一块种植地至少有两种不同的种质<sup>[13]</sup>;二是落果率很高,高达 70%<sup>[5]</sup>;三是自然结实率只有 1.17%<sup>[16]</sup>,必须依赖人工授粉提高产量,人工授粉效率很低且劳动强度很大,人工授粉过程中踩伤地面的根状茎导致落果更加严重,形成了增产的瓶颈。突破道地产区阳春砂种植业发展瓶颈的可行途径是培育高产优质的优良品种。

如何定义高产和优质,当前还没有统一的标准。在产量方面,目前道地阳春砂的平均亩产量为 7.07 kg,而云南省的平均亩产量为 22.9 kg,广西产区在

20 世纪 80 年代初期,有些种植区域的亩产量达到 85 kg<sup>[11]</sup>,如此比较,道地产区的亩产量非常低。本课题组调查了文山州马关县八寨镇阳春砂花序的数量,发现每亩达到 6 万个,每个花序平均有 11.1 朵花<sup>[12]</sup>,如果全部花都能够结实,则有 66.6 万粒果,折合亩产可达 416.25 kg(每 kg 干果为 1 600 粒)。所以,即使 85 kg 的亩产量也还有巨大的增产空间。

在质量方面,优质的标准也缺乏。《药典》只规定了挥发油和乙酸龙脑酯含量的最低限量,规定阳春砂种子团的挥发油含量不得少于 3.0% (mL/g),乙酸龙脑酯的含量不得少于 0.90%<sup>[2]</sup>。没有研究阐明挥发油含量和乙酸龙脑酯含量越高,阳春砂的质量就越好。然而,中药讲究道地性,道地药材被公认为质量最优的药材。本研究的 28 份种质均采自道地产区,是道地阳春砂。图 3 的结果表明,道地阳春砂的乙酸龙脑酯含量很高,含量最低的种质 XAE 也达到了 1.68%,比《药典》规定的标准高 86.7%,最高的是种质 XBR,达到 2.81%,比《药典》规定的标准高 212.2%。而且,67.86% 的样品的乙酸龙脑酯含量高于 2.20%,而云南产区阳春砂的乙酸龙脑酯含量高于 2.20% 的只有 10%<sup>[6]</sup>。

综合以上的分析,我们认为高产优质的阳春砂种质的亩产量要达 40 kg 以上,且挥发油含量和乙酸龙脑酯含量分别高于 3.50% (mL/g) 和 2.20%。依此标准,本文筛选获得种质 XBC、XBH、XBR、XBG、XAP 为阳春砂高产优质候选种质。下一步将研究良种与生物学性状的关系,以期通过生物学性状分析,更快地筛选获得更多的优良种质。

#### 参考文献

- 1 Flora of China Editorial Board, Chinese Academy of Sciences. Flora of China: Vol. 16, No. 2 (中国植物志:第 16 卷,第 2 分册) [M]. Peking: Science Press, 1981: 125.
- 2 National Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China: Vol I (中华人民共和国药典:第一部) [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2020: 264-265.
- 3 Yang R, Wang J, Gao W, et al. Research on the reproductive biological characteristics of *Amomum villosum* Lour. and *Amomum longiligulare* T. L. Wu [J]. PLoS One, 2021, 16: e0250335.
- 4 He ZH, Chen H, Tang LY, et al. Forming process of gynandrium-like in *Amomum villosum* [J]. Chin J Exp Med Form (中国实验方剂学杂志), 2020, 26: 177-183.
- 5 Lv BD, HU JJ, Tang LY, et al. The study on the fruit dropping law and physiological mechanism of *Amomum villosum* [J]. Acta Phytophysiol Sin (植物生理学报), 2021, 57: 429-438.
- 6 Li G, Li XL, Tang DY, et al. Quality of commercial *Amomum villosum* [J]. China J Chin Mater Med (中国中药杂志), 2016, 41: 1608-1616.
- 7 Chen L, Ao H, Ye Q, et al. GC-MS analysis of volatile oil components in different parts of *Amomum villosum* Lour. [J]. Chin J Exp Med Form (中国实验方剂学杂志), 2014, 20: 80-83.
- 8 Lu Y, Shen L, Wang Y, et al. Determination of 7 active components involatile oil of *Amomum Fructus* [J]. J Pharm Anal (药物分析杂志), 2016, 36: 1536-1543.
- 9 National Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China: Vol IV (中华人民共和国药典:第五部) [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2020: 233, 462-463.
- 10 Fu C, Zhou S, Zhou GX. GC-MS analysis of chemical constituents of essential oil from fruits of *Amomum villosum* Lour growing in different production regions [J]. Lishizhen Med Mater Med Res (时珍国医国药), 2010, 21: 2534-2535.
- 11 Tang LY, He GZ, Su J, et al. The strategy to promote the development of industry of genuine medicinal material of *Amomum villosum* [J]. Chin Agric Sci Bull (中国农学通报), 2012, 28: 94-99.
- 12 He GZ, Gao W, Su J, et al. Floweret configuration characters of the medicinal plant *Amomum villosum* [J]. Chin Bull Bot (植物学报), 2014, 49: 313-321.
- 13 Xu J, Yang B, Li M, et al. Research on germplasm diversity of *Amomum villosum* Lour. in genuine producing area [J]. PLoS One, 2022, 17: e0268246.
- 14 Huang LQ, Guo LP, Zhan ZL. Standard Compilation of Genuine Medicinal Materials (道地药材标准汇编) [M]. Beijing: Beijing Science and Technology Publishing Co., Ltd., 2020: 781-787.
- 15 Yunnan Forestry and Grassland Bureau. The Fourteenth Five-Year Plan of Yunnan Province for Forest Chinese Herbs Industry [EB/OL]. (2022-01-07) [2022-12-01]. [http://lcj.yn.gov.cn/html/2022/fazhanguihua\\_0107/65062.html](http://lcj.yn.gov.cn/html/2022/fazhanguihua_0107/65062.html).
- 16 Peng JM, Li RY, Li G, et al. Study on pollination characteristics and pollinating insects of *Amomum villosum* [J]. J Yunnan Univ Tradit Chin Med (云南中医学院学报), 2012, 35: 51-55.